14701

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

ภาควิชาปฐพีวิทยา

เรื่อง

ความเป็นประโยชน์ต่อพืชของตะกอนที่ได้จากโรงงานบำบัดน้ำเสียสี่พระยา ; ศึกษากรณีชุดดินบางกอก(Bk) โดยใช้ผักกาดขาวปลี (Brassica pekinensis L.) เป็นพืชทดสอบ

Available for plant of sladge cake from Si-Praya Wastewater Assuage Factory ; study in case of Bangkok series and use Chainese Cabbage to experiment

โดย

นายไชยยุทธ ชูยอด

นายสมชเนศ ดั้งภัทรชนางศ์

---------- อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์อนันต์ วิสัยเกษม)

ภาควิชารับรองแล้ว

(รศ. ดร. สุมิตรา ภู่วโรดม)

หัวหน้าภาควิชาปฐพีวิทยา

T099679

ปพ.
ช885ค 9 เม.ย. 39
2539
เลขหมู่
เลขทะเบียน 99679 17 มิ.ย. 2539
วัน.เดือน.ปี

ปพ.
ช885ค
2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไชยยุทธ ชูยอด และ สมธเนศ ตั้งภัทรธนวงศ์ 2539 : ความเป็นประโยชน์ต่อพืชของตะกอนที่ได้จากโรงงานบำบัดน้ำเสียสี่พระยา; ศึกษาในกรณีชุดดินบางกอก (Bk) โดยใช้ผักกาดขาวปลี(Brassica pekinensis L.) เป็นพืชทดสอบ ปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา
อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์อนันต์ วิสัยเกษม 94 หน้า

ในการหาอัตราส่วนของวัสดุปลูกที่เหมาะสมระหว่างชุดดินบางกอก(Bk) และตะกอนที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียของโรงงานบำบัดน้ำเสียสี่พระยา โดยนำดินมาผสมกับตะกอนในอัตราส่วนต่างกันคือ ดิน 100% : ตะกอน 0% ดิน 95% : ตะกอน 5% ดิน 90% : ตะกอน 10% ดิน 85% : ตะกอน 15% ดิน 80% : ตะกอน 20% ดิน 75% : ตะกอน 25% วัสดุปลูกที่ได้จากการผสมดิน : ตะกอนในอัตราส่วนต่างๆ นำไปทดสอบหาอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยใช้ผักกาดขาวปลี (Chainese Cabbage) เป็นพืชทดสอบ ทำการทดลองในกระถางดินเผาที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว ปริมาตร 4 ลิตร โดยใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 6 ตำรับ 4 ซ้ำ

จากการทดลองพบว่า ในอัตราส่วนของดิน : ตะกอน 80% : 20% มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลีดีที่สุด เมื่อทำการวิเคราะห์พบว่า มีปริมาณของธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในวัสดุปลูกสูง และยังมีการระบายน้ำและอากาศดี ซึ่งจากทุกข้อมูลที่ศึกษาพบว่าอัตราส่วนระหว่างดิน : ตะกอน 80% : 20% นี้จะให้ความเหมาะสมต่อการปลูกพืชเกือบทุกกรณี

สมธเนศ ..... , ... 9/4/39

ลายมือชื่อนักศึกษา ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างสูงจาก อาจารย์อนันต์ วิสัยเกษม อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ซึ่งได้กรุณาให้ความช่วยเหลือให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางในการศึกษาข้อมูล ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำปัญหาพิเศษมาโดยตลอด ทั้งยังช่วยแก้ไขปัญหาพิเศษนี้ให้มีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ อาจารย์พรทิวา กัญยวงศ์หา ที่ได้เอื้อเฟื้อคำแนะนำในการทดลอง และข้อมูลในการตรวจเอกสาร อีกทั้งยังเป็นกำลังใจในการทำปัญหาพิเศษมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ คุณนุจรี บุญแปลง ที่ได้ช่วยเหลือในด้านการทดลอง และอำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ ทั้งยังเป็นกำลังใจที่ดีมาเสมอ

ขอขอบคุณ คุณประโชติ มารยาท และเจ้าหน้าที่โรงงานบำบัดน้ำเสียสี่พระยาทุกท่าน และขอขอบคุณกองควบคุมคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร ที่อำนวยความสะดวกในเรื่องตะกอน และให้แนวทางในการศึกษาคุณสมบัติของตะกอน

ขอขอบคุณ คุณสำราญ ช้างน้อย และ คุณทองม้วน สุนทรา ที่กรุณาช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการทดลอง และคอยเป็นกำลังใจตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง

ขอบคุณเพื่อนๆ และน้องๆ ภาควิชาปฐพีวิทยา และภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช ที่ให้ความช่วยเหลือ และให้กำลังใจระหว่างที่ทำการทดลอง และเขียนตรวจเอกสารจนสำเร็จลุล่วง และขอบคุณพี่ๆ สำนักศึกษาและวิจัยคอมพิวเตอร์ที่อำนวยความสะดวกในการพิมพ์ปัญหาพิเศษ

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้ให้กำลังใจ และสนับสนุนด้านการศึกษาและความเป็นอยู่ด้วยดีตลอดมา จนประสบความสำเร็จในการศึกษาครั้งนี้

ไชยยุทธ ชูยอด

สมชเนศ ตั้งภัทรธนวงศ์

มีนาคม 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเป็นประโยชน์ต่อพืชของตะกอนที่ได้จากโรงงานบำบัดน้ำเสียสี่พระยา; ศึกษากรณีชุดดินบางกอก (Bk) และใช้ผักกาดขาวปลี (Brassica pekinensis L.) เป็นพืชทดสอบ

Avaible for plant of sladge cake from Si-Praya Wastewater Assuage Factory; study in case of Bangkok serie and use Chainese cabbage to experiment.

บทคัดย่อ

ปัจจุบันสิ่งแวดล้อมได้รับความสนใจมากขึ้นเป็นพิเศษ โดยเฉพาะเรื่องน้ำ ซึ่งในปัจจุบันพบว่าในชุมชนเมืองที่ใหญ่ๆทั่วไปจะได้รับผลกระทบจากปัญหาเรื่องน้ำมาก เช่น กรุงเทพฯ ซึ่งถือว่าเป็นชุมชนเมืองขนาดใหญ่ มีประชากรอาศัยอยู่หนาแน่น ประกอบกับเป็นเมืองที่มีแม่น้ำลำคลองมาก ปัญหาเรื่องน้ำเสียจึงเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญมากในปัจจุบัน การแก้ไขปัญหาน้ำเสียอีกวิธีหนึ่งคือ การบำบัดน้ำเสีย ซึ่งในขบวนการบำบัดน้ำเสียขั้นสุดท้ายจะมีการแยกส่วนที่เป็นของแข็งกับน้ำออกจากกัน ของแข็งที่ได้คือ Sladge Cake ซึ่งมีคุณสมบัติทางกายภาพดี เมื่อนำมาใช้ร่วมกันกับชุดดินบางกอก (Bk) ซึ่งมีคุณสมบัติทางฟิสิกส์ไม่ดีคือ มีความหนาแน่นรวมสูง ความพรุนต่ำ การระบายน้ำและการระบายอากาศเลว ซึ่งเมื่อนำ Sladge Cake มาใช้ในอัตราส่วนที่เหมาะสมกับชุดดินบางกอก(Bk) อัตราส่วนระหว่างดิน:ตะกอน เท่ากับ 80%:20% พบว่าทำให้การเจริญเติบโตของพืชดี คือ ทำให้น้ำหนักสดน้ำหนักแห้งของพืชสูงที่สุด การเจริญเติบโตของพืชทดสอบสม่ำเสมอ การผสมตะกอนในชุดดินบางกอก (Bk) สามารถปรับปรุงคุณสมบัติด้านความพรุนของดินได้ดีขึ้น ทำให้ดินมีการระบายน้ำระบายอากาศดี อีกทั้งใน Sladge Cake ยังมีอินทรียวัตถุ ซึ่งสามารถปรับปรุงคุณสมบัติด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินให้ดีขึ้น เนื่องจาก Sladge Cake มาจากแหล่งชุมชนต่างๆ ซึ่งมีปริมาณของฟอสฟอรัสสูง เมื่อนำมาใช้ประโยชน์กับพืชพบว่า สามารถให้ค่าความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส(Avai-P) สูงมาก แนวทางการนำ Sladge Cake ไปใช้ทางการเกษตรนั้น สามารถนำไปใช้ในรูปของวัสดุปลูก โดยการใช้ร่วมกับดินในการปลูกพืช ซึ่งจะเกิดประโยชน์ในทางการเกษตร อีกทั้งยังเป็นการช่วยลดภาระการกำจัดเศษเหลือใช้จากโรงงานอีกวิธีหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญ

	หน้า
สารบาญ	(a)
สารบาญตาราง	(b)
สารบาญภาพ	(e)
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	22
ผลการทดลอง	28
วิจารณ์ผลการทดลอง	46
สรุป	50
เอกสารอ้างอิง	52
ภาคผนวก	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญตารางภาคผนวก

ตารางผนวกที่ **หน้า**

1 แสดงความสูงเฉลี่ยของผักกาดขาวปลี 56

2 Analysis of Variance แสดงความสูงของผักกาดขาวปลี 56

3 แสดงความสูงของผักกาดขาวปลี 56

4 แสดงความกว้างเฉลี่ยของใบผักกาดขาวปลี 57

5 Analysis of Variance แสดงความกว้างของใบผักกาดขาวปลี 57

6 แสดงความกว้างของใบผักกาดขาวปลี 57

7 แสดงความยาวเฉลี่ยของรากแก้วผักกาดขาวปลี 58

8 Analysis of Variance แสดงความยาวของรากแก้วผักกาดขาวปลี 58

9 แสดงความยาวของรากแก้วผักกาดขาวปลี 58

10 แสดงน้ำหนักสดเฉลี่ยของผักกาดขาวปลีในระยะเก็บเกี่ยว 59

11 Analysis of Variance แสดงน้ำหนักสดของผักกาดขาวปลีในระยะเก็บเกี่ยว 59

12 แสดงน้ำหนักสดของผักกาดขาวปลีในระยะเก็บเกี่ยว 59

13 แสดงน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักกาดขาวปลีในระยะเก็บเกี่ยว 60

14 Analysis of Variance แสดงน้ำหนักแห้งของผักกาดขาวปลีในระยะเก็บเกี่ยว 60

15 แสดงน้ำหนักแห้งของผักกาดขาวปลีในระยะเก็บเกี่ยว 60

16 แสดงค่าเฉลี่ยของ pH (ดิน : น้ำ = 1 : 5) 61

17 แสดงปริมาณเฉลี่ยของ CEC ในดินก่อนปลูกพืช 62

18 Analysis of Variance แสดงค่า CEC ในดินก่อนปลูกพืช 62

19 แสดงค่าเฉลี่ยของ CEC ในดินก่อนปลูกพืช 62

20 แสดงปริมาณเฉลี่ยของไนโตรเจน (%N) ในดินก่อนปลูกพืช 63

21 Analysis of Variance แสดงปริมาณไนโตรเจน (%N) ในดินก่อนปลูกพืช 63

22 แสดงปริมาณของไนโตรเจน (%N) ในดินก่อนปลูกพืช 63

23 แสดงปริมาณเฉลี่ยของไนโตรเจน (%N) ในดินหลังปลูกพืช 64

24 Analysis of Variance แสดงปริมาณไนโตรเจน (%N) ในดินหลังปลูกพืช 64

25 แสดงปริมาณของไนโตรเจน (%N) ในดินหลังปลูกพืช 64

26 แสดงปริมาณเฉลี่ยของไนโตรเจน (%N) ในพืช 65

27 Analysis of Variance แสดงปริมาณไนโตรเจน (%N) ในพืช 65

28 แสดงปริมาณของไนโตรเจน (%N) ในพืช 65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญตารางภาคผนวก (ต่อ)

29 แสดงปริมาณเฉลี่ยของฟอสฟอรัส (%P) ในดินก่อนปลูกพืช 66

30 Analysis of Variance แสดงปริมาณฟอสฟอรัส (%P) ในดินก่อนปลูกพืช 66

31 แสดงปริมาณของฟอสฟอรัส (%P) ในดินก่อนปลูกพืช 66

32 แสดงปริมาณเฉลี่ยของฟอสฟอรัส (%P) ในดินหลังปลูกพืช 67

33 Analysis of Variance แสดงปริมาณฟอสฟอรัส (%P) ในดินหลังปลูกพืช 67

33 แสดงปริมาณของฟอสฟอรัส (%P) ในดินหลังปลูกพืช 67

34 แสดงปริมาณเฉลี่ยของฟอสฟอรัส (%P) ในพืช 68

35 Analysis of Variance แสดงปริมาณฟอสฟอรัส (%P) ในพืช 68

36 แสดงปริมาณของฟอสฟอรัส (%P) ในพืช 68

38 แสดงปริมาณเฉลี่ยของโพแทสเซียม (K) ในดินก่อนปลูกพืช 69

39 Analysis of Variance แสดงปริมาณโพแทสเซียม (K) ในดินก่อนปลูกพืช 69

40 แสดงปริมาณของโพแทสเซียม (K) ในดินก่อนปลูกพืช 69

41 แสดงปริมาณเฉลี่ยของโพแทสเซียม (K) ในดินหลังปลูกพืช 70

42 Analysis of Variance แสดงปริมาณโพแทสเซียม (K) ในดินหลังปลูกพืช 70

43 แสดงปริมาณของโพแทสเซียม (K) ในดินหลังปลูกพืช 70

44 แสดงปริมาณเฉลี่ยของโพแทสเซียม (K) ในพืช 71

45 Analysis of Variance แสดงปริมาณโพแทสเซียม (K) ในพืช 71

46 แสดงปริมาณของโพแทสเซียม (K) ในพืช 71

47 แสดงปริมาณเฉลี่ยของธาตุแมกนีเซียม (Mg) ในดินก่อนปลูกพืช 72

48 Analysis of Variance แสดงธาตุแมกนีเซียม (Mg) ในดินก่อนปลูกพืช 72

49 แสดงปริมาณธาตุแมกนีเซียม (Mg) ในดินก่อนปลูกพืช 72

50 แสดงปริมาณเฉลี่ยของธาตุแมกนีเซียม (Mg) ในดินหลังปลูกพืช 73

51 Analysis of Variance แสดงธาตุแมกนีเซียม (Mg) ในดินหลังปลูกพืช 73

52 แสดงปริมาณธาตุแมกนีเซียม (Mg) ในดินหลังปลูกพืช 73

53 แสดงปริมาณเฉลี่ยของธาตุแคลเซียม (Ca) ในดินก่อนปลูกพืช 74

54 Analysis of Variance แสดงธาตุแคลเซียม (Ca) ในดินก่อนปลูกพืช 74

55 แสดงปริมาณธาตุแคลเซียม (Ca) ในดินก่อนปลูกพืช 74

56 แสดงปริมาณเฉลี่ยของธาตุแคลเซียม (Ca) ในดินหลังปลูกพืช 75

57 Analysis of Variance แสดงธาตุแคลเซียม (Ca) ในดินหลังปลูกพืช 75

58 แสดงปริมาณธาตุแคลเซียม (Ca) ในดินหลังปลูกพืช 75

59 แสดงปริมาณเฉลี่ยของแมงกานีส (Mn) ในดินก่อนปลูกพืช 76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญตารางภาคผนวก (ต่อ)

60 Analysis of Variance แสดงแมงกานีส (Mn) ในดินก่อนปลูกพืช 76

61 แสดงปริมาณแมงกานีส (Mn) ในดินก่อนปลูกพืช 76

62 แสดงปริมาณเฉลี่ยของแมงกานีส (Mn) ในดินหลังปลูกพืช 77

63 Analysis of Variance แสดงแมงกานีส (Mn) ในดินหลังปลูกพืช 77

64 แสดงปริมาณแมงกานีส (Mn) ในดินหลังปลูกพืช 77

65 แสดงปริมาณเฉลี่ยของcopper (Cu) ในดินก่อนปลูกพืช 78

66 Analysis of Variance แสดง copper (Cu) ในดินก่อนปลูกพืช 78

67 แสดงปริมาณ copper (Cu) ในดินก่อนปลูกพืช 78

68 แสดงปริมาณเฉลี่ยของcopper (Cu) ในดินหลังปลูกพืช 79

69 Analysis of Variance แสดง copper (Cu) ในดินหลังปลูกพืช 79

70 แสดงปริมาณ copper (Cu) ในดินหลังปลูกพืช 79

71 แสดงปริมาณเฉลี่ยของธาตุเหล็ก (Fe) ในดินก่อนปลูกพืช 80

72 Analysis of Variance แสดงธาตุเหล็ก (Fe) ในดินก่อนปลูกพืช 80

73 แสดงปริมาณธาตุเหล็ก (Fe) ในดินก่อนปลูกพืช 80

74 แสดงปริมาณเฉลี่ยของธาตุเหล็ก (Fe) ในดินหลังปลูกพืช 81

75 Analysis of Variance แสดงธาตุเหล็ก (Fe) ในดินหลังปลูกพืช 81

76 แสดงปริมาณธาตุเหล็ก (Fe) ในดินหลังปลูกพืช 81

77 แสดงปริมาณเฉลี่ยของธาตุสังกะสี (Zn) ในดินก่อนปลูกพืช 82

78 Analysis of Variance แสดงธาตุสังกะสี (Zn) ในดินก่อนปลูกพืช 82

79 แสดงปริมาณธาตุสังกะสี (Zn) ในดินก่อนปลูกพืช 82

80 แสดงปริมาณเฉลี่ยของธาตุสังกะสี (Zn) ในดินหลังปลูกพืช 83

81 Analysis of Variance แสดงธาตุสังกะสี (Zn) ในดินหลังปลูกพืช 83

82 แสดงปริมาณธาตุสังกะสี (Zn) ในดินหลังปลูกพืช 83

83 แสดงปริมาณเฉลี่ยของธาตุโซเดียม (Na) ในดินก่อนปลูกพืช 84

84 Analysis of Variance แสดงธาตุโซเดียม (Na) ในดินก่อนปลูกพืช 84

85 แสดงปริมาณธาตุโซเดียม (Na) ในดินก่อนปลูกพืช 84

86 แสดงปริมาณเฉลี่ยของธาตุโซเดียม (Na) ในดินหลังปลูกพืช 85

87 Analysis of Variance แสดงธาตุโซเดียม (Na) ในดินหลังปลูกพืช 85

88 แสดงปริมาณธาตุโซเดียม (Na) ในดินหลังปลูกพืช 85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญภาพ

หน้า

กราฟที่ 1 แสดงความสูงของผักกาดขาวปลี 30
กราฟที่ 2 แสดงความกว้างของใบผักกาดขาวปลี 31
กราฟที่ 3 แสดงความยาวของรากแก้วผักกาดขาวปลี 32
กราฟที่ 4 แสดงน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักกาดขาวปลี 33
กราฟที่ 5 แสดงปริมาณธาตุไนโตรเจนในดินก่อนปลูกพืช,หลังปลูกพืช และในผักกาดขาวปลี 35
กราฟที่ 6 แสดงปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในดินก่อนปลูกพืช,หลังปลูกพืช และในผักกาดขาวปลี 37
กราฟที่ 7 แสดงปริมาณธาตุโพแทสเซียมในดินก่อนปลูกพืช,หลังปลูกพืช และในผักกาดขาวปลี 38
กราฟที่ 8 แสดงปริมาณธาตุแมกนีเซียม (Mg) ในดินก่อนปลูกพืช และหลังปลูกพืช 39
กราฟที่ 9 แสดงปริมาณธาตุแคลเซียม (Ca) ในดินก่อนปลูกพืช และหลังปลูกพืช 40
กราฟที่ 10 แสดงปริมาณธาตุแมงกานีสในดินก่อนปลูกพืช และหลังปลูกพืช 41
กราฟที่ 11 แสดงปริมาณธาตุ copper (Cu) ในดินก่อนปลูกพืช และหลังปลูกพืช 42
กราฟที่ 12 แสดงปริมาณธาตุเหล็กในดินก่อนปลูกพืช และหลังปลูกพืช 43
กราฟที่ 13 แสดงปริมาณธาตุสังกะสีในดินก่อนปลูกพืช และหลังปลูกพืช 44
กราฟที่ 14 แสดงปริมาณธาตุโซเดียม (Na) ในดินก่อนปลูกพืช และหลังปลูกพืช 45
ภาพที่ 1 แสดงลักษณะชุดดินบางกอก 86
ภาพที่ 2 แสดงลักษณะตะกอนน้ำเสีย 86
ภาพที่ 3 แสดงลักษณะการวางหน่วยการทดลองแบบ CRD 87
ภาพที่ 4 แสดงลักษณะการเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลีในแต่ละตำรับ 87
ภาพที่ 5 แสดงลักษณะการเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลีในตำรับที่ 1 88
ภาพที่ 6 แสดงลักษณะการเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลีในตำรับที่ 2 88
ภาพที่ 7 แสดงลักษณะการเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลีในตำรับที่ 3 89
ภาพที่ 8 แสดงลักษณะการเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลีในตำรับที่ 4 89
ภาพที่ 9 แสดงลักษณะการเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลีในตำรับที่ 5 90
ภาพที่ 10 แสดงลักษณะการเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลีในตำรับที่ 6 90
ภาพที่ 11 แสดงลักษณะการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลีระหว่างตำรับควบคุมกับตำรับที่ 2 91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบาญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 12 แสดงลักษณะการเปรียบเทียบการเจริญเติบโต
ของผักกาดขาวปลีระหว่างตำรับควบคุมกับตำรับที่ 3 91
ภาพที่ 13 แสดงลักษณะการเปรียบเทียบการเจริญเติบโต
ของผักกาดขาวปลีระหว่างตำรับควบคุมกับตำรับที่ 4 92
ภาพที่ 14 แสดงลักษณะการเปรียบเทียบการเจริญเติบโต
ของผักกาดขาวปลีระหว่างตำรับควบคุมกับตำรับที่ 5 92
ภาพที่ 15 แสดงลักษณะการเปรียบเทียบการเจริญเติบโต
ของผักกาดขาวปลีระหว่างตำรับควบคุมกับตำรับที่ 6 93
ภาพที่ 16 แสดงลักษณะความยาวรากของผักกาดขาวปลีในแต่ละตำรับ 93
ภาพที่ 17 แสดงลักษณะความสูงของผักกาดขาวปลีในแต่ละตำรับ 94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเป็นประโยชน์ต่อพืชของตะกอนที่ได้จากโรงงานบำบัดน้ำเสียสี่พระยา ; ศึกษากรณีชุดดินบางกอก(Bk) โดยใช้ผักกาดขาวปลี (Brassica pekinensis L.) เป็นพืชทดสอบ

Available for plant of sladge cake from Si-Praya Wastewater Assuage Factory ; study in case of Bangkok series and use Chainese Cabbage to experiment

คำนำ

ประเทศไทยในปัจจุบันนี้มีความเจริญมากกว่าสมัยก่อนมาก และจำนวนประชากรก็เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะในเมืองใหญ่ เช่น กรุงเทพมหานคร จะมีประชากรมากกว่าในต่างจังหวัด เพราะกรุงเทพเป็นศูนย์กลางของการปกครอง และเป็นศูนย์กลางของความเจริญของประเทศไทย คนจึงหลั่งไหลเข้ามาทำการศึกษาหรือประกอบอาชีพมากขึ้นทุกปี

เมื่อมีประชากรเพิ่มมากขึ้นก็จะเกิดปัญหาต่างๆ ตามมา โดยเฉพาะปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมต่างๆ เช่น อากาศเป็นพิษ , ขยะล้นเมือง , น้ำเน่า เป็นต้น ทางกรุงเทพมหานครจึงได้มีการริเริ่มการก่อตั้งโรงงานบำบัดน้ำเสียขึ้นมาเพื่อที่จะทำการแก้ไขปัญหาน้ำเน่าน้ำเสียในเขตชุมชนต่างๆ น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วก็จะถูกปล่อยลงในแม่น้ำต่อไป

ในกระบวนการบำบัดน้ำเสียนั้นนอกจากจะได้น้ำที่ผ่านการบำบัดออกมาแล้ว ยังได้ผลพลอยได้อีกอย่างหนึ่งคือ ตะกอน ซึ่งตะกอนที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียนี้ทางกรุงเทพมหานครจะนำไปถมที่ โดยไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์อะไร จึงได้มีการทดลองโดยการนำตะกอนที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียมาใช้ทางด้านการเกษตร แต่เนื่องจากตะกอนที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียนี้เป็นที่รวมของสารพิษหลายลักษณะ เช่น สารเคมี สารปราบศัตรูพืช และเชื้อโรคต่างๆ การนำตะกอนที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียมาใช้เป็นวัสดุปลูกสำหรับพืชที่ใช้บริโภคโดยตรงจึงเสี่ยงต่อการได้รับสารพิษค่อนข้างสูง ดังนั้นการศึกษาหาสัดส่วนของตะกอนที่จะใช้ร่วมกับดินปลูกพืชจึงน่าจะเกิดประโยชน์และลดภาวะการเสี่ยงต่อการได้รับสารพิษลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดประสงค์

1. เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างชุดดินบางกอกต่อตะกอนที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียเพื่อใช้เป็นวัสดุปลูกในการปลูกพืชผัก

2. ศึกษาปริมาณของธาตุอาหาร N, P, K, Ca, Mg, Cu และ Zn ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชตลอดจนปริมาณของ Na ที่มีอยู่ในวัสดุปลูกพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจเอกสาร

1 ตะกอนที่ได้จากการบำบัดน้ำเสีย (Sludge Cake)

ตะกอนที่ได้จากการบำบัดน้ำเสีย คือตะกอนที่ติดมากับน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน จากการเกษตรกรรมและจากโรงงานอุตสาหกรรม

น้ำทิ้ง (Wastewater)

วิทยา (2525) กล่าวว่า น้ำทิ้งหรือน้ำโสโครก (sewage of wastewater) หมายถึง น้ำที่ใช้แล้วในกิจกรรมต่างๆ ของชุมชนจากบ้านเรือน อาคารพานิชย์ สถานประกอบการต่างๆ ตลอดจนโรงงานอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม ซึ่งอาจจะมีทั้งน้ำใต้ดิน น้ำผิวดิน และน้ำฝนรวมอยู่ด้วย ธรรมนูญและคณะ (2526)* กล่าวว่า น้ำเสียเป็นน้ำที่เสื่อมคุณภาพต่อการใช้ประโยชน์ของมนุษย์และการดำรงชีวิต

แหล่งที่มาของน้ำทิ้ง

เปี่ยมศักดิ์ (2525) กล่าวว่า แหล่งที่มาของน้ำทิ้งสามารถแบ่งออกได้ 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ แหล่งชุมชน แหล่งเกษตรกรรม และแหล่งอุตสาหกรรม

1. น้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน (domestic wastewater)

เบญจา (2525) อธิบายว่า น้ำและสิ่งสกปรกจากอาคารบ้านเรือนที่จัดว่าเป็นน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชนมีหลายประเภท และหลายลักษณะด้วยกัน เป็นน้ำทิ้งที่เกิดจากการชำระล้าง ซักล้าง อาบ กิน ประกอบอาหาร ทำความสะอาดภาชนะอุปกรณ์และอาคารบ้านเรือน อันประกอบด้วยน้ำจากท่อระบายน้ำโสโครก น้ำโสโครกที่ซึมผ่านจากระบบส้วมซึม และผ่านทางผิวดินลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ตลอดจนขยะมูลฝอย และสิ่งปฏิกูลที่เจือปนมากับน้ำทิ้ง น้ำทิ้งหรือน้ำโสโครกเหล่านี้ส่วนใหญ่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ และสามารถสลายตัวได้ในธรรมชาติโดยจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในน้ำ ซึ่งสารอินทรีย์นี้เป็นสาเหตุที่สำคัญที่ทำให้ปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

* ถูกอ้างโดย สุนี ตันติกุล 2531

ออกซิเจนที่ละลายน้ำลดลง และอาจทำให้แหล่งน้ำเน่าเสียได้ในที่สุด จึงแบ่งน้ำทิ้งจากชุมชนออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1.1 น้ำทิ้งจากคนและสัตว์ ได้แก่ อุจจาระ ปัสสาวะ และมูลสัตว์ที่ลงสู่ท่อน้ำทิ้ง น้ำทิ้งประเภทนี้มีความสำคัญที่สุด เพราะอาจมีเชื้อโรคปะปนอยู่ด้วย

1.2 น้ำทิ้งจากครัวเรือน ได้แก่ น้ำซักผ้า น้ำอาบ น้ำห้องน้ำ น้ำล้างถ้วยชามในครัวเรือน น้ำประกอบอาหาร เป็นต้น น้ำทิ้งเหล่านี้จะมีสบู่ ผงซักฟอก เศษอาหาร และไขมันเป็นต้น

1.3 น้ำฝน และน้ำล้างถนน น้ำฝนที่ไหลไปตามผิวดิน จะพาเอาดิน ทราย ใบไม้ และขยะลงสู่ท่อน้ำทิ้ง

1.4 น้ำใต้ดินที่ไหลซึมเข้าสู่ท่อน้ำทิ้ง ท่อน้ำทิ้งปกติฝังอยู่ใต้ดิน และบางแห่งอาจจะอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดิน น้ำใต้ดินจึงซึมผ่านเข้าท่อตามข้อต่อได้

2. น้ำทิ้งจากแหล่งเกษตรกรรม (agricultural wastewater)

น้ำทิ้งจากการเกษตรเกิดขึ้นได้ทุกขบวนการ เช่น เริ่มจากการเตรียมที่เพาะปลูก ซึ่งอาจมีการไถพรวนดิน มีการใช้ปุ๋ย และวัตถุมีพิษเพื่อช่วยเพิ่มผลผลิต ซึ่งจะเกิดการพัดพาลงสู่แหล่งน้ำในที่สุด เกษม (2524) และ เบญจา (2525) รายงานว่า แหล่งที่มีการเพาะปลูก เลี้ยงสัตว์ และการชลประทาน เป็นแหล่งที่สืบเนื่องไปถึงการเกิดน้ำเสียในแหล่งน้ำธรรมชาติ เพราะบริเวณที่มีการเพาะปลูกมากย่อมมีการใช้สารเคมีปราบศัตรูพืชโดยเกษตรกรมากขึ้นเช่นกัน หลังจากใช้สารดังกล่าวกับพืชแล้ว สารเหล่านั้นจะไม่สลายตัวในทันที เมื่อสลายตัวได้ช้าจึงมีโอกาสตกหล่นอยู่ตามพื้นผิวดินได้ง่าย เมื่อฝนตกหรือน้ำท่วม น้ำก็จะพัดพาเอาส่วนที่เหลือตกค้างไปสะสมในแหล่งน้ำนั้นจนถึงขั้นเป็นอันตรายต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์น้ำ นอกจากนี้เมื่อคนนำน้ำไปบริโภคก็อาจจะไม่ปลอดภัยต่อชีวิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. น้ำทิ้งจากแหล่งอุตสาหกรรม (industrial wastewater)

Black (1977)* ได้อธิบายว่าโรงงานอุตสาหกรรมเป็นแหล่งที่นำเอาวัตถุดิบต่างๆ มาผลิตแปรรูปเป็นสินค้าทางเศรษฐกิจและบริการเพื่อประโยชน์ทั่วไปของมนุษย์ จึงเป็นแหล่งที่มาของน้ำทิ้งที่นับว่ามีส่วนทำให้มลภาวะในแหล่งน้ำเกิดขึ้น เพราะนอกจากน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมจะมีปริมาณสูงแล้ว ยังมีสิ่งเจือปนที่สกปรก และเป็นพิษซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในน้ำอีกด้วย มีผลทำให้น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมเพิ่มปริมาณมากขึ้น เมื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำก็เกินความสามารถที่น้ำในแหล่งน้ำจะปรับให้อยู่ในสภาพสมดุลตามธรรมชาติได้ ซึ่งเมื่อมีปริมาณมากขึ้นโอกาสที่จะทำให้แหล่งน้ำธรรมชาติเกิดการเน่าเสียก็เพิ่มขึ้นด้วย น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมเป็นน้ำทิ้งที่มาจากขบวนการต่างๆ ดังต่อไปนี้

3.1 น้ำหล่อเย็น (cooling water) โรงงานอุตสาหกรรมหลายชนิดต้องใช้น้ำเป็นจำนวนมากในการระบายความร้อนของเครื่องจักรในการผลิต บางโรงงานระบายน้ำหล่อเย็นที่ใช้แล้วลงสู่แหล่งน้ำ โดยทั่วไปแล้วน้ำทิ้งพวกนี้ไม่มีสิ่งเจือปนมากนัก แต่มีอุณหภูมิสูง

3.2 น้ำล้าง (wash water) อันได้แก่น้ำล้างพื้นโรงงาน น้ำล้างห้องน้ำ ห้องส้วม น้ำล้างเครื่องจักร น้ำล้างวัตถุดิบ เป็นต้น ซึ่งน้ำทิ้งพวกนี้มีสารเจือปนมาก

3.3 น้ำจากขบวนการผลิต (process wastewater) น้ำเสียที่เกิดจากขบวนการผลิต มีทั้งสารอินทรีย์และสารพิษพวกโลหะหนัก ซึ่งอาจมีกรดหรือด่างสูงเมื่อทิ้งลงสู่แหล่งน้ำก็จะทำให้เกิดการเน่าเสีย ออกซิเจนในน้ำถูกใช้หมดไป

<u>คุณภาพน้ำ</u>

แหล่งน้ำธรรมชาติมีสิ่งต่างๆ ปะปนอยู่มากมายทั้งเป็นสิ่งที่ละลายน้ำได้ และละลายน้ำไม่ได้ เป็นสาเหตุที่ทำให้คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งโดยทั่วไปมีคุณภาพต่างๆ ดังนี้

1. อุณหภูมิน้ำ จะมีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาในแต่ละวัน แต่ละฤดู และแต่ละปี อุณหภูมิของน้ำมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าอุณหภูมิของอากาศและดิน Rutter (1953)*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

* ถูกอ้างโดย สุนี ตันติกุล 2531

กล่าวว่า รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ ลม และการระเหยของน้ำมีส่วนทำให้อุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนแปลง นอกจากเหตุผลดังกล่าวแล้ว อุณหภูมิของน้ำยังเปลี่ยนแปลงเนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์ Warren (1971)* รายงานว่า มีกิจกรรมของมนุษย์หลายอย่าง ที่เป็นเหตุทำให้อุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากระดับปกติ

การเปลี่ยนแปลงระดับอุณหภูมิของน้ำมีผลต่อสิ่งต่างๆที่อยู่ในน้ำมากมาย ดัง McKinney (1962)* และ Hammer (1975)* กล่าวว่า อุณหภูมิมีผลโดยตรงต่อความสามารถในการละลายของออกซิเจนในน้ำ อุณหภูมิสูง ออกซิเจนจะละลายน้ำได้น้อย นอกจากนั้นยังมีผลต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ

อุณหภูมิของน้ำทิ้งจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์โดยปกติจะสูงกว่าอุณหภูมิของน้ำธรรมชาติ ดังนั้นอุณหภูมิจึงเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญของคุณภาพน้ำ

2. ความเป็นกรด-ด่าง (pH) เป็นค่าที่บอกถึงปริมาณความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออนในน้ำ (Holden, 1970)* และมีผลต่อการใช้ประโยชน์ของน้ำในกิจการต่างๆ เกษม (2524) รายงานว่า น้ำที่ปลาและสัตว์น้ำจะมีชีวิตอยู่ได้ควรมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 6.5-8.5 ซึ่งโดยธรรมชาตินำ้จะมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ผันแปรอยู่ระหว่าง 6.5-8.5 ธีระศักดิ์ (2526)* รายงานว่า น้ำบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมมีความเป็นกรด-ด่าง ประมาณ 7.0 โดยค่าความเป็นกรด-ด่างจะสูงขึ้นในฤดูฝน และลดลงในฤดูแล้ง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากถูกปะปนโดยกรด หรือด่างในน้ำทิ้งจากชุมชน หรือโรงงานอุตสาหกรรม

3. ออกซิเจนละลาย (dissolved oxygen) ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความกดดันของบรรยากาศ และสารที่ละลายอยู่ในน้ำเป็นสำคัญ เมื่อความเข้มข้นของออกซิเจนละลายในน้ำน้อยกว่าค่าอิ่มตัวออกซิเจนจากอากาศ ออกซิเจนจากบรรยากาศจะถ่ายเทลงสู่ผิวน้ำได้เอง ซึ่งเป็นการรักษาสมดุลย์ของออกซิเจนละลายน้ำตามธรรมชาติ Harold (1950)* กล่าวว่า จำนวนของออกซิเจนละลายในน้ำทิ้ง ใช้วัดปริมาณการมีออกซิเจนละลาย ชี้ให้เห็นความใหม่ (fresh) ของน้ำทิ้ง และการมีออกซิเจนละลายในน้ำทิ้ง แสดงให้เห็นถึงการออกซิไดซ์ว่าสมบูรณ์เพียงไร ซึ่งน้ำทิ้งโดยทั่วไปจะไม่มีออกซิเจนละลายนอกจากน้ำทิ้งใหม่ กรรณิการ์ (2522) กล่าวว่า ปริมาณออกซิเจนละลายเป็นพื้นฐานของความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD) เพื่อหากำลังความสกปรกของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

* ถูกอ้างโดย สุนี ตันติกุล 2531

น้ำเสีย และอัตราการออกซิเดชั่นทางชีวะ ซึ่งวัดได้โดยการหาค่าออกซิเจนละลายน้ำที่เหลือในเวลาต่างๆ

4. ซัลเฟต (sulphate) ในน้ำธรรมชาติหากมีซัลเฟตเจือปนอยู่มาก จะทำให้เกิดกลิ่นเหม็นอันพึงรังเกียจ (สุนันทา, 2522)* และเมื่อซัลเฟตในน้ำเกิดปฏิกิริยาภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนจะทำให้เกิดกาซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ซึ่งมีกลิ่นเหม็นเหมือนไข่เน่า การเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ มีความสัมพันธ์กับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ หากค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 8 ขึ้นไป ปริมาณไฮโดรเจนซัลไฟด์อิสระจะมีน้อยจนกลิ่นไม่ปรากฏ ขณะที่น้ำไหลในท่อน้ำทิ้งจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีววิทยาซึ่งต้องอาศัยออกซิเจน ถ้าหากในท่อน้ำทิ้งมีปริมาณอากาศไม่เพียงพอก็จะทำให้ซัลไฟด์ (sulfide) เปลี่ยนไปเป็นซัลไฟต์ (sulfite) ได้เช่นกัน

5. ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (biochemical oxygen demand)

กรรณิการ์ (2522) และ Holden (1970)* กล่าวว่า ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี หรือ BOD คือ ปริมาณออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ชนิดที่ย่อยสลายได้ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจนที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ในเวลา 5 วัน ซึ่งค่า BOD นี้บอกให้ทราบถึงปริมาณการเจือปนของอินทรีย์สารที่มีอยู่ในน้ำ และเป็นการวัดความสามารถของแหล่งน้ำที่จะทำความสกปรกโดยธรรมชาติ และยังมีรายงานว่าค่า BOD จะบอกถึงความสกปรกของน้ำในรูปของออกซิเจน ซึ่งแบคทีเรียต้องการใช้ ถ้ามีสารอินทรีย์ในน้ำมาก ออกซิเจนจะถูกใช้ในขบวนการทางชีวเคมีมากขึ้น ทำให้ค่า BOD สูง แต่ถ้ามีสารอินทรีย์น้อย ขบวนการย่อยสลายก็จะมีน้อย ทำให้ค่า BOD ต่ำ

6. ความต้องการออกซิเจนทางเคมี (chemical oxygen demand)

Leith (1975)* กล่าวว่าความต้องการออกซิเจนทางเคมี หรือ COD คือ ปริมาณออกซิเจนที่ใช้ในการทำลายสารอินทรีย์ในน้ำทิ้ง โดยใช้สารที่เป็นตัวเติมออกซิเจน ทำให้สารเกือบทุกชนิดถูกออกซิไดซ์เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ COD ถือว่าเป็นการวัดปริมาณความสกปรกของสารในน้ำโดยตรง กรรณิการ์ (2522) กล่าวว่า กำลังความสกปรกของน้ำทิ้งจากอาคารบ้านเรือน และโรงงานอุตสาหกรรมบอกได้จากค่า COD ซึ่งเป็นปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในน้ำ ทำให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ซึ่งสารอินทรีย์เกือบทั้งหมดสามารถจะถูกออกซิไดส์โดยตัวเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

* ถูกอ้างโดย สุนี ตันติกุล 2531

ออกซิเจน ภายใต้ภาวะที่เป็นกรด ซึ่งตามปกติค่า COD จะสูงกว่าค่า BOD และสารอินทรีย์คาร์บอนจะถูกเปลี่ยนไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำโดยไม่ต้องอาศัยการดูดซึมทางชีวะ

7. ของแข็งแขวนลอย (Suspended solids) เป็นของแข็งที่เป็นสารแขวนลอย เช่น ตะกอน และสารที่ละลายน้ำได้ (เกษม, 2524) และ Bolton and Klein (1976)* ได้กล่าวว่า ของแข็งในน้ำทิ้ง มีทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ซึ่งสารอินทรีย์ได้แก่ สิ่งขับถ่าย สบู่ ขยะชิ้นเล็ก และกระดาษ เป็นต้น ส่วนสารอนินทรีย์ ได้แก่ ทราย ดิน กรวด และแร่ธาตุที่ละลายน้ำ เปี่ยมศักดิ์ (2525) กล่าวว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำเป็นเครื่องชี้ความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำที่สำคัญอย่างหนึ่ง กรรณิการ์ (2522) กล่าวว่า สำหรับน้ำทิ้งต่างๆ ปริมาณสารที่ละลายน้ำไม่ว่าจะอยู่ในรูปคอลลอยด์ หรือเป็นชิ้นใหญ่ที่ห้อยแขวนอยู่จะเพิ่มตามความสกปรกของน้ำนั้น

8. ไนโตรเจน และสารประกอบไนโตรเจน

ไนโตรเจน เป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่สำคัญต่อนิเวศน์ของแหล่งน้ำ เพราะเป็นส่วนประกอบของอินทรีย์สารหลายชนิดที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของพืช และสัตว์ ธาตุอาหารพืชที่จำเป็นต่อพืชน้ำมีหลายชนิด เปี่ยมศักดิ์ (2525) รายงานไว้ว่า ไนโตรเจนเข้าสู่แหล่งน้ำทางอากาศในรูปของกาซไนโตรเจน จากนั้นจะเปลี่ยนเป็นสารประกอบหลายชนิด ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสารประกอบไนโตรเจนนี้มีส่วนเกี่ยวข้องกับพวกพืชและสัตว์ที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้น นอกจากนี้ยังมีสารประกอบไนโตรเจนเข้าสู่แหล่งน้ำได้จากทางอื่น เช่น อาจถูกพัดพามาโดยน้ำผิวดิน หรือน้ำใต้ดิน (ground water) และอาจมาจากการระบายน้ำเสียจากอาคารบ้านเรือน (domestic waste water) รวมไปถึงน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial Wastewater) ใช้สารอินทรีย์เป็นวัตถุดิบ เช่น โรงงานน้ำตาล และโรงงานสับปะรดกระป๋อง เป็นต้น

Feth (1966)* กล่าวไว้ว่า ในการตรวจคุณภาพน้ำจึงวิเคราะห์ไนโตรเจนในรูปไนเตรต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

* ถูกอ้างโดย สุนี ตันติกุล 2531

สารประกอบไนโตรเจนที่สำคัญมี 4 ประเภท คือ

1. สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน (organic-N) ได้แก่ สารประกอบโปรตีน และยูเรีย เป็นต้น

2. สารประกอบแอมโมเนีย (NH_3-N) ส่วนมากอยู่ในรูปเกลือแอมโมเนีย เช่น แอมโมเนียมคาร์บอเนต และบางส่วนอยู่ในรูปแอมโมเนียอิสระ

3. สารประกอบไนไตรท์ (NO_2 -N) เป็นสารประกอบที่เกิดขึ้นระหว่างขั้นตอนการสลายตัวของสารอินทรีย์ไนโตรเจน และมีอยู่ในน้ำในจำนวนไม่มากนัก

4. สารประกอบไนเตรท (NO_3 -N) เป็นสารประกอบที่เกิดขึ้นในขั้นสุดท้ายของการสลายตัวของอินทรีย์ไนโตรเจน

การเติมออกซิเจนในสารประกอบไนโตรเจน โดยจุลินทรีย์เกิดขึ้นเป็นขั้นตอนดังนี้

$$\text{org.-N} \xrightarrow{O_2} \underset{\text{แอมโมเนีย}}{NH_3\text{-N}} \xrightarrow{O_2} \underset{\text{ไนไตรท์}}{NO_2\text{-N}} \xrightarrow{O_2} \underset{\text{ไนเตรท}}{NO_3\text{-N}}$$

แต่ถ้าปริมาณออกซเจนในแหล่งน้ำมีน้อย ปริมาณออกซิเจนสารประกอบไนเตรท จะถูกนำมาใช้โดยจุลินทรีย์อีกชนิดหนึ่ง ซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นไปในทางตรงกันข้าม

9. ฟอสฟอรัส เป็นธาตุที่สำคัญธาตุหนึ่งที่พบในแหล่งน้ำโดยเฉพาะบริเวณที่มีการระบายน้ำจากอาคารบ้านเรือน และพื้นที่ปลูกพืชเลี้ยงสัตว์ ซึ่งแหล่งน้ำจะมีฟอสฟอรัสบางส่วนอยู่ในรูปของสารฟอสฟอรัสอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ และในรูปอนุภาคที่ไม่ละลายน้ำ แต่ส่วนใหญ่จะพบฟอสฟอรัสทั้งประเภทสารอินทรีย์และอนินทรีย์ในรูปที่เติมออกซิเจน คือ สารฟอสเฟตอินทรีย์ และสารฟอสเฟตอนินทรีย์ ซึ่งเป็นรูปที่เกี่ยวข้องกับระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำอย่างมาก (สมสุข, 2524)* แหล่งน้ำที่มีฟอสเฟตในรูปที่ละลายน้ำได้ในปริมาณมากอาจเกิดปรากฏการณ์พืชน้ำเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วได้ ทั้งนี้แล้วแต่ขนาดและรูปร่างของแหล่งน้ำ อัตราการรับสารอาหารและความสามารถในการปรับสมดุลของแหล่งน้ำ แต่หาก

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

* ถูกอ้างโดย สุนี ตันติกุล 2531

เป็นฟอสเฟตที่มาจากปุ๋ยฟอสเฟตจะตกตะกอนในรูปที่ไม่ละลายน้ำ และภาวะมลพิษทางน้ำจะเกิดขึ้นโดยอ้อมเมื่อเปลี่ยนเป็นรูปที่ละลายน้ำ และพืชสามารถใช้เป็นอาหารได้

เปี่ยมศักดิ์ (2525) กล่าวว่า ฟอสฟอรัสที่พบอยู่ในแหล่งน้ำมีอยู่หลายรูปด้วยกัน รูปของฟอสฟอรัสที่พบมากและเกี่ยวข้องกับระบบนิเวศน์วิทยาของแหล่งน้ำได้แก่ phosphate (PO_4^{3-}) soluble organic phosphorus และ particulate organic phosphorus

ในแหล่งน้ำต่างๆ นั้นฟอสเฟตจะอยู่รวมกับธาตุที่มีประจุบวกชนิดต่างๆ เช่น เหล็ก แคลเซียม และโซเดียม pH ของน้ำอาจถูกใช้เป็นเครื่องชี้ว่าฟอสฟอรัสจะรวมอยู่กับธาตุที่มีประจุบวกชนิดใด เช่น ถ้า pH ของน้ำเป็นด่างเล็กน้อยก็จะมี calcium phosphate ละลายอยู่มากที่สุด ถ้า pH เป็นด่างมากเราจะพบ sodium phosphate ละลายอยู่มากที่สุด แต่ถ้า pH เป็นกรดเราจะพบ ferric phosphate ละลายอยู่เป็นจำนวนมากที่สุด

ระยะใกล้หรือไกลจากแหล่งน้ำโสโครกหรืออินทรีย์สาร ถ้าแหล่งน้ำตั้งอยู่ใกล้แหล่งดังกล่าว น้ำล้นผิวดินอาจนำพาฟอสฟอรัสลงมาในแหล่งน้ำได้มาก ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสก็จะสูงขึ้น

10. แคลเซียมและแมกนีเซียม (Ca & Mg)

Alkaline earth metals ทั้งสองชนิดนี้มีปริมาณมากในน้ำจืด เมื่อเปรียบเทียบกับชนิดอื่น นอกจากนี้คุณสมบัติทางเคมีของธาตุทั้งสองชนิดนี้ก็มีความคล้ายคลึงกัน โดยมากธาตุทั้งสองจะอยู่ในรูปของเกลือคาร์บอเนต แมกนีเซียมมีความสำคัญมากเพราะเป็นส่วนสำคัญของ Chlorophyll (เปี่ยมศักดิ์, 2525)

ปริมาณของแคลเซียมในน้ำสามารถใช้เป็นเครื่องชี้ความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำได้ นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันชื่อ Ohle ได้จำแนกว่า น้ำที่มีแคลเซียมน้อยกว่า 10 มล.ก./ลิตร จัดว่าเป็นน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ น้ำที่มีแคลเซียมระหว่าง 10 ถึง 25 มล.ก./ลิตร จัดว่าเป็นน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง และน้ำที่มีแคลเซียมมากกว่า 25มล.ก./ลิตรจัดว่าเป็นน้ำที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง (เปี่ยมศักดิ์, 2525)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. โซเดียมและโปแตสเซียม (Na & K)

เปี่ยมศักดิ์ (2525) กล่าวว่า โดยทั่วไปแล้วในแหล่งน้ำต่างๆ เราจะพบว่ามีจำนวนของโซเดียมและโปแตสเซียมน้อยกว่าธาตุที่มีประจุบวกอื่นๆ แต่เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโซเดียมกับโปแตสเซียมแล้วจะพบว่าโซเดียมมีปริมาณมากกว่าโปแตสเซียมอยู่มาก ในน้ำอ่อนปริมาณของโซเดียมอาจจะมีมากเป็นอันดับรองจากแมกนีเซียม โดยทั่วไปแล้ว เราจะพบโซเดียมอยู่ในรูปเกลือแกง (NaCl) แต่บางครั้งอาจพบโซเดียมบ้างเล็กน้อยในรูปของ sodium tetraborate ($Na_2B_4O_7$) หรือ borax นั่นเอง

12. เหล็ก (Fe)

เปี่ยมศักดิ์ (2525) กล่าวว่า เหล็กที่อยู่ในรูปของ ferric ละลายน้ำได้น้อยมาก แต่ถ้าอยู่ในรูปของ ferrous ก็จะละลายได้ดีมาก ตามธรรมดา ferrous จะรวมตัวกับน้ำที่มีคาร์บอนไดออกไซด์เป็น ferrous bicarbonate ซึ่งละลายน้ำได้ดี แต่เหล็กจะอยู่ในรูปนี้ได้ก็ต่อเมื่ออยู่ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน ferrous bicarbonate จะถูกเติมออกซิเจนแล้วเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของ ferric hydroxide ดังสมการ

$$4\ Fe(HCO_3)_2 + H_2O + O_2 \text{ ----------> } 4\ Fe(OH)_3 + 8\ CO_2$$

ดังนั้นรูปของเหล็กจึงขึ้นอยู่กับปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ

14. อินทรีย์วัตถุ (Organic matter)

น้ำในแหล่งน้ำบางแห่งจะมีอินทรีย์วัตถุปะปนอยู่เป็นจำนวนมากในบางครั้งอาจทำให้น้ำมีสีต่างๆ ที่ผิดไปจากธรรมชาติ อินทรีย์วัตถุที่มีอยู่ในน้ำนั้นมีทั้งที่ละลายอยู่เรียกว่า soluble organic matter และที่ไม่ละลายซึ่งอาจอยู่ในรูปแขวนลอยเรียกว่า particulate organic matter อินทรีย์วัตถุในแหล่งน้ำที่สมบูรณ์จะมีมากกว่าในแหล่งน้ำที่ไม่สมบูรณ์ อินทรีย์วัตถุมีบทบาทสำคัญ ที่เกี่ยวกับการแพร่กระจายของแร่ธาตุชนิดต่างๆ ทั้งนี้เพราะมีคุณสมบัติที่เป็น chelating agents

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

chelating agents คือ สารประกอบที่สามารถสร้าง ionic bond หรือ covalent bond กับธาตุที่มีประจุบวกตั้งแต่ 2 bonds ขึ้นไป คำว่า chela เป็นคำในภาษาลาติน แปลว่าก้ามปู ฉะนั้น chelate เปรียบเหมือนปูที่หนีบวัตถุอย่างหนึ่งอย่างใดไว้ ตัวอย่างเช่น EDTA นอกจากนี้แล้วก็ยังมีสารประกอบเคมีชนิดอื่นๆ ที่มีคุณสมบัติเป็น chelating agents เช่น pectin , nitrilotriacetic acid (NTA) , sulfhydryl resin (SH-resin) และ glutamic acid สารที่กล่าวมานี้ล้วนแต่เป็นสารอินทรีย์ บางตัวเป็นสารที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ เช่น pectin และ SH-resin เป็น intercellular substances ของพืช บางตัวเป็นสารที่สังเคราะห์ขึ้น เช่น NTA และ glutamic acid (ผงชูรส) chelating agents ซึ่งเกิดจากสารอินทรีย์วัตถุยังมีบทบาทที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือมันสามารถลดความเป็นพิษของโลหะหนักได้โดยการรวมตัวในปฏิกริยา เช่น การลดความเป็นพิษของปรอทโดย EDTA (เปี่ยมศักดิ์, 2525)

<u>ขบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ (Biological Treatment Process)</u>

ในการออกแบบสำหรับขบวนการทางชีววิทยา คือ การใช้หลักการสมดุลย์ของมวล (material balance) สำหรับในแต่ละระบบที่สนใจซึ่งสมการสมดุลของมวล ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ และอัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

Lawrence และ Mccarty (1970)* ได้เสนอสมการแสดงความสัมพันธ์ดังนี้

$$\frac{dF}{dt} = \frac{kXS}{Ks + S} \quad \text{.....(1)}$$

dF/dt คือ อัตราการย่อยสลายอินทรีย์ทั้งหมดโดยจุลินทรีย์

k คือ อัตราการย่อยสลายอินทรีย์สูงสุดต่อหน่วยน้ำหนักจุลินทรีย์ (ต่อเวลา)

S คือ ความเข้มข้นของสารจุลินทรีย์ในน้ำทิ้ง (น้ำหนัก / ปริมาตร)

X คือ ความเข้มข้นของจุลินทรีย์ (น้ำหนัก / ปริมาตร)

Ks คือ ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งที่จุดซึ่งอัตราการย่อยสลายเท่ากับครึ่งหนึ่งของอัตราสูงสุด (น้ำหนัก / ปริมาตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*ถูกอ้างโดย สมบัติ เจริญพัฒน์ 2532

Grau (1975)* ได้เสนอสมการแสดงความสัมพันธ์ดังนี้

$$dF/dt = KX[S/So]^n \quad \text{.....(2)}$$

n คือ ลำดับของปฏิกริยาโดยทั่วไปเท่ากับ 1

So คือ ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ก่อนเข้าสู่ระบบ (น้ำหนัก / ปริมาตร)

S คือ ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง (น้ำหนัก / ปริมาตร)

K คือ ค่าคงที่ของอัตราการสลายสารอินทรีย์ต่อหน่วยน้ำหนักจุลินทรีย์ (ต่อหน่วยเวลา)

Henkolekian (1951)* ได้เสนอความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญเติบโตสุทธิของจุลินทรีย์กับอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ดังนี้

$$dX/dt = Yt\ dF/dt - K\ dx \quad \text{.....(3)}$$

$$dX/dt\ /\ X = Yt\ dF/dt\ /\ X - Kd \quad \text{.....(4)}$$

$$1\ /\ X\ /(\ dX/dt\ ) = Yt\ dF/dt\ /\ X - Kd \quad \text{.....(5)}$$

$$\theta c = Xm\ /(\ \Delta X/\Delta t\ )\ m \quad \text{.....(6)}$$

$$U = (\ dF/dt\ )/\ X \quad \text{.....(7)}$$

$$1\ /\ \theta c = Yt\ U - Kd \quad \text{.....(8)}$$

จากสมการที่ (8) แสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพของขบวนการบำบัดทางชีววิทยาจะถูกควบคุมโดยค่า θc และค่า U ตัวใดตัวหนึ่ง แต่จากการศึกษาพบว่า การวัดค่า θc ง่ายกว่าการวัดค่า U ฉะนั้นตัวกำหนดที่ใช้ควบคุมการทำงานและประสิทธิภาพของระบบควรเป็นค่า θc

dX/dt คือ อัตราการเจริญเติบโตสุทธิของจุลินทรีย์ (น้ำหนัก / ปริมาตร / เวลา)

Yt คือ สัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*ถูกอ้างโดย สมบัติ เจริญพัฒน์ 2532

($\Delta X/\Delta t$) คือ ปริมาณของจุลินทรีย์ที่ถูกนำออกจากระบบ (น้ำหนัก / ปริมาตร / เวลา)

θc คือ อายุของตะกอนจุลินทรีย์ (เวลา)

U คือ อัตราการย่อยสลายอาหารของจุลินทรีย์ต่อหน่วยน้ำหนักของจุลินทรีย์ (ต่อเวลา)

Kd คือ สัมประสิทธิ์การตายของจุลินทรีย์ (ต่อเวลา)

ขบวนการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ (Activated Sludge Process)

ในขบวนการเลี้ยงตะกอนจุลินทรีย์ (Activated Sludge) สารอินทรีย์ที่ละลายน้ำและที่แขวนลอยอยู่จะถูกย่อยสลายโดยตะกอนจุลินทรีย์ไปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และมีปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น เนื่องจากได้รับพลังงานสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จากขบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ซึ่งจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น แยกออกได้โดยการตกตะกอน ในถังตกตะกอนที่ต่อจากถังเติมอากาศ

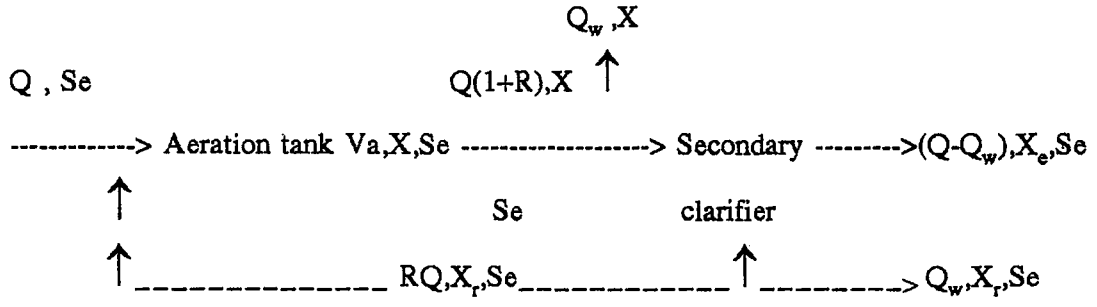
หลังจากแยกจุลินทรีย์โดยตกตะกอนจากน้ำทิ้งแล้ว จุลินทรีย์ส่วนหนึ่งจะถูกนำออกจากระบบเพื่อกำจัด อีกส่วนหนึ่งหมุนเวียนเข้าสู่ระบบ (return sludge) ดังนั้นในระบบปริมาณจุลชีพจะมีค่าคงที่ตลอดเวลา มีผลทำให้การทำงานของระบบขึ้นอยู่กับการหมุนเวียนจุลินทรีย์กลับสู่ระบบอย่างเพียงพอ และถ้าขบวนการตกตะกอนไม่ทำงาน จะมีผลทำให้ระบบในส่วนทั้งหมดล้มเหลวด้วย

Edkenfelder และคณะ (1971)* แสดงถึงรูปแบบโดยทั่วไปของขบวนการเลี้ยงตะกอนจุลินทรีย์ ประกอบด้วยถังเติมอากาศที่มีจุลินทรีย์แขวนลอย ถังแยกตะกอนน้ำทิ้งส่วนของน้ำทิ้งและส่วนของการทิ้งจุลินทรีย์ส่วนเกิน หรือจุลินทรีย์ที่หมุนเวียนเข้าสู่ถังเติมอากาศ

Lawrence และ Mccarty (1970)* พบว่า θc จะง่ายกว่าค่า U มาก ซึ่งเขาได้พัฒนาสมการสำหรับ Completely Mixed Activated Sludge (CMAS) ที่มีการหมุนเวียนจุลินทรีย์ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*ถูกอ้างโดย สมบัติ เจริญพัฒน์ 2532



รูปทั่วไปของ Completely Mixed Activated Sludge (CMAS)

θc = Xva / Qw + (Q - Qw) Xe .....(9)

Se = Ks (1 + Kd θc) / θc (Yt K - Kd) - 1 .....(10)

X = θc YtQ (So - Se) / Va (1 + Kd θc) .....(11)

U = Q (So - Se) / X Va .....(12)

$1 / \theta c$ = Q (1 + R - R Xr/X) / Va .....(13)

F / M = Q So / X Va .....(14)

Q คือ อัตราการไหลของน้ำเสีย (ปริมาตร / เวลา)

Se คือ ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ที่ออกจากระบบ (น้ำหนัก / ปริมาตร)

Va คือ ปริมาตรของถังเติมอากาศ (ปริมาตร)

(CH_2O) ----------Bact. ----------> $CO_{2\,(g)}$ + H_2O + biomass

สารอินทรีย์ไนโตรเจน ----Bact. ----------> NH_4^+ หรือ NO_3^-

สารอินทรีย์ฟอสฟอรัส ----------> PO_4^{3-}

2 ผักกาดขาวปลี (Chainese cabbage)

ผักกาดขาวปลี (Chainese cabbage) เป็นพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของไทย ผักกาดขาวปลีมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Brassica campestris L. ssp. pekinensis (Lour) Olsson อยู่ใน Family Cruciferae มีถิ่นกำเนิดในประเทศจีน แต่ไม่พบพันธุ์ป่าเหลืออยู่ คาดกันว่าผักกาดขาวปลีน่าจะเป็นพันธุ์ผสมของปักซอย (Pak - Choi) จากตอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใต้ของจีนกับเทอร์นิบ (Turnip) จากตอนเหนือของจีน และถูกนำมาปลูกที่เมืองยุงซู (Young Chou) ซึ่งเป็นเขตติดต่อระหว่างภาคเหนือและภาคใต้ของจีน (Li, 1981)*

ผักกาดขาวปลีเป็นพืชที่ชอบอากาศเย็น (cool season crop) อุณหภูมิที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตอยู่ในช่าง 15 - 17 องศาเซลเซียส คือ มีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 20 -25 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 5 - 7 องศาเซลเซียส (Knott, 1957)* ในภาคกลางของประเทศไทย ในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน อุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่านี้มาก บางทีผักกาดที่ปลูกในฤดูร้อนและฤดูฝนไม่ห่อปลี การปลูกผักกาดขาวปลีในฤดูร้อนที่พอจะได้ผลดีต้องปลูกในที่สูงจากระดับน้ำทะเลมากๆ เช่น ในบางจังหวัดทางภาคเหนือของประเทศไทย ในปี ค.ศ. 1973 เป็นต้นมา ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักแห่งเอเชีย (Asian Vegetable Research and Development Center, AVRDC) ได้พัฒนาผักกาดขาวปลีทนร้อนขึ้นมา ผักกาดขาวปลีเหล่านี้ สามารถห่อปลีได้ที่อุณหภูมิสูงเกิน 23 องศาเซลเซียส (AVRDC, 1980) ผักกาดขาวปลีต้องการแสงที่มีความเข้มต่ำในการห่อปลี จากรายงานของ AVRDC (AVRDC, 1979) พบว่าการใช้ตาข่ายไนล่อน (1 mesh) คลุมห่างจากผิวแปลง 40 เซนติเมตร หรือใช้พลาสติกสีดำคลุมปลี ทำให้ผลผลิตสูงกว่าผักกาดขาวปลีที่ปล่อยให้รับแสงเต็มที่

3 ชุดดินบางกอก

ชุดดินบางกอก (Bk) เป็น Hydromorphic Alluvial Soils คือ ดินใหม่เกิดจากการทับถมของตะกอนน้ำ ยังไม่มีการพัฒนาชั้นดินอย่างชัดเจน หน้าตัดดินมีชั้น A- C ส่วนใหญ่เป็นดินที่ใช้ทำนา

สุริยา (2525) กล่าวว่า ชุดดินบางกอกเป็นชุดดินที่อยู่ใน Suitability class PI คิดเป็นพื้นที่ 1,076,780 ไร่ หรือ 9.77 % ของพื้นที่ราบกรุงเทพฯ (marine alluvial occuredon former tidal flat)

ชุดดินบางกอก (Bk) สามารถจำแนกตามระบบจำแนกดินใหม่ของสหรัฐอเมริกา (Soil Texonomy 1975) ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*ถูกอ้างโดย อดุลย์ คนยัง 2532

99679

Order INCEPTISOLS

Suborder Aquepts

Greatgroup Tropaquepts

Subgroup Typic Tropaquepts

Family f.c. mix , non acid brackish no run no gypsum no jarosite

Series Bangkok (Bk)

ความพรุนรวมของดิน

ความพรุนรวมของดิน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงสัดส่วนของปริมาตรของช่องว่างทั้งหมดภายในดินเปรียบเทียบกับปริมาตรของดินทั้งหมด ความพรุนรวมของดิน สามารถคำนวนได้โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรวม และความหนาแน่นอนุภาคดินโดยใช้สมการ

$$E = 1 - (\rho b / \rho s)$$

เมื่อ E เป็นค่าความพรุนรวมของดิน ρs เป็นค่าความหนาแน่นของอนุภาคดิน (gm : cc) และ ρb เป็นความหนาแน่นรวมของดิน (gm : cc)

การขยายตัวของดินขณะอิ่มตัวด้วยน้ำเกิดจากแร่ดินเหนียวชนิดยืดหดตัวได้ มีพื้นที่ผิวภายในที่ให้โมเลกุลน้ำเข้าไปแทรกตัวอยู่ จึงเกิดการขยายตัวเมื่อได้รับน้ำ และเมื่อดินสูญเสียน้ำจะมีผลทำให้หดตัว หากดินไม่มีการยืดหดตัว เมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำเต็มที่น้ำจะเข้าไปอยู่เต็มช่องว่างดิน ค่าความชื้นขยะดินอิ่มตัวจะเท่ากับค่าความพรุนรวม แต่ในดินที่มีการยืดตัวค่าสองค่านี้จะไม่เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตะกั่วในดิน

ตะกั่วเป็นโลหะชนิดหนึ่งที่พบมากในผิวโลก อัตราเฉลี่ยประมาณ 10 - 150 ส่วนในล้านส่วน Swaine (1955) กล่าวว่า ในดินที่ทำการเกษตรกรรมจะมีปริมาณตะกั่ว 2 - 200 ส่วนในล้านส่วน จากรายงานต่างๆ พบว่า ตะกั่วในดินที่อยู่ตามธรรมชาติส่วนมากจะมีปริมาณค่อนข้างต่ำ และยอมรับกันโดยทั่วไปว่ามี 15 ส่วนในล้านส่วนโดยเฉลี่ย ตะกั่วในดินที่มีปริมาณสูงกว่านี้มักพบในผิวดินที่อยู่ใกล้บริเวณถลุงแร่ตะกั่ว หรือแร่อื่นที่มีตะกั่วปนอยู่ (Beavington . 1975, Tiller and Devries 1977)

Zimdsahl (1975) ได้รวบรวมผลการศึกษาจากหลายรายงานเกี่ยวกับตะกั่ว พบว่าตะกั่วเป็นพิษต่อข้าวโพด ถั่ว ผักกาดหอม และแรดดิช และความเป็นพิษจะเพิ่มขึ้นเมื่อดินค่อนข้างเป็นกรด โดยทั่วไปการที่พืชจะดูดเอาโลหะหนักไปไว้ในลำต้นได้มากหรือน้อยเพียงไร ก็ขึ้นอยู่กับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน อุณหภูมิ ปริมาณธาตุแคลเซียม ปริมาณสารอินทรีย์ในดิน ชนิดของเนื้อดิน ฯลฯ อย่างไรก็ตามจากข้อเขียนของ Zimdahl อ้างว่า Wilson และ Cline พบว่า ส่วนใหญ่ตะกั่วในดินจะอยู่ในรูปที่พืชใช้ไม่ได้ พืชจะได้รับเพียง 0.003 - 0.005 เปอร์เซนต์ของปริมาณตะกั่วทั้งหมดที่มีอยู่ในดิน มีหลายรายงานที่สนับสนุนข้อเขียนของ Zimdahl เช่น Singer and Hanson (1969) และ Smith (1975) ว่าตะกั่วในดินจะทำปฏิกริยากับแอนไอออน เช่น ซัลเฟต คาร์บอเนต หรือสารประกอบระหว่างอนุภาคดินเหนียว และสารอินทรีย์ ซึ่งทำในพืชนำตะกั่วเหล่านี้ไปใช้ไม่ได้เพราะตะกั่วจะไม่ละลายในรูปนี้ เนื่องจากพืชดูดเอาตะกั่วจากดินได้น้อย การที่ตะกั่วจากท่อไอเสียของน้ำมันรถยนต์ จะเข้าทางใบได้มากกว่า นอกจากนี้ Kravse and Kaiser (1977) กล่าวว่า การทดลองของเขาพบว่า แม้ตะกั่วอยู่ในรูปที่ไม่ละลายแต่พืชก็รับเข้าสู่ทางใบไม่ได้

ตะกอนดิน

พัชรีสาร (2534) ได้ทำการทดลองโดยนำตะกอนดินบึงมักกะสันมาใช้ในรูปวัสดุปลูก ซึ่งใช้ดาวเรืองเป็นพืชทดสอบ โดยนำตะกอนดินบึงมักกะสันผสมกับวัสดุปลูกอื่น เช่น ขุยมะพร้าว ทราย ปุ๋ยหมัก ปรากฏว่า การใช้ขุยมะพร้าวผสมในวัสดุปลูกมีผลต่อความสูงของทรงพุ่ม ซึ่งแนวโน้มของความสูงของทรงพุ่มจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มขุยมะพร้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นของขุยมะพร้าวจะมีผลต่อการเพิ่มความสูงของทรงพุ่มแล้ว ยังมีผลต่อความยาวของก้านดอกด้วย ซึ่งทิศทางการเพิ่มขึ้นจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มสัดส่วนขุยมะพร้าวในวัดดุปลูก

สัดส่วนของตะกอนดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของดาวเรืองคือ สัดส่วนของตะกอนดินที่ต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากสัดส่วนของตะกอนที่สูง ทำให้วัสดุปลูกมีลักษณะเหนียว การระบายน้ำและอากาศเลว แนวโน้มของวัสดุปลูกที่มีสัดส่วนดินสูง มีผลต่อการบานของดอกซึ่งการบานของดอกจะเร็วขึ้น และความเข้มของสีใบก็เพิ่มขึ้นด้วย

ผลการทดลองของพัชรีสาร (2534) ยังกล่าวอีกว่า คุณสมบัติทางฟิสิกส์ที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของดาวเรืองมากคือ ความหนาแน่นรวมและความพรุน ดังจะเห็นได้จาก วัสดุปลูกที่มีความหนาแน่นรวมต่ำมีความพรุนสูง มีแนวโน้มที่จะให้การเจริญเติบโตดีกว่าวัสดุปลูกที่มีความหนาแน่นรวมสูง และมีความพรุนน้อยกว่า

ในการผสมวัสดุปลูก ควรมีดินผสมอยู่ด้วย เพื่อช่วยรักษาระดับธาตุอาหารไม่ให้เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว รวมทั้งยังช่วยเพิ่มจุลธาตุให้แก่พืชด้วย

<u>ธาตุอาหารในดินตามระดับความลึก</u>

Rhods และ Sutton (1978)* ศึกษาเปรียบเทียบดินบนที่สูงเกิดจากกษัยการของลานตะพักริมน้ำและที่ราบลุ่มแม่น้ำ พบว่า ปริมาณอัตราส่วนของอิออนของเหล็กที่ไวต่อปฏิกริยาจะพบมากในดินชั้นที่ 3 ของดินบนที่ราบลุ่มแม่น้ำ Van der Kevie และ Yenmanas (1972)* ซึ่งทำการศึกษาบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางของประเทศไทย พบว่า ดินที่เกิดจากแม่น้ำ เช่น Klaeng series จะมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียมแตกต่างกันตามระดับความลึกของชั้นดิน โดยทำการเจาะเก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์ ตั้งแต่ระดับผิวดินจนถึงระดับความลึกที่ 230 เซนติเมตร พบว่า ไนโตรเจนมีค่าอยู่ระหว่าง 0.02 - 0.14 เปอร์เซนต์ ซึ่งมีแนวโน้มน้อยลงตามระดับความลึกของดิน ฟอสฟอรัสมีค่าอยู่ระหว่าง 3 - 20 ส่วนในล้านส่วน มีค่าแปรผันตามระดับความลึกไม่แน่นอน ส่วนโปแตสเซียมพบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 21 - 104 ส่วนในล้านส่วนโดยมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามระดับความลึกยกเว้นบริเวณพื้นผิว (0-3 เซนติเมตร) มีปริมาณโปแตสเซียมมากที่สุดคือ 104 ส่วนในล้านส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*ถูกอ้างโดย พิรพล นนทแก้ว 2534

Yate (1971)* ได้ศึกษาพบว่า ในด้านความลึกของท้องน้ำ ลำน้ำ ตะกอนบนพื้นท้องน้ำจะมีความลึกขึ้น ; ลำน้ำตอนกลางจะมีการทับถมของตะกอนมากขึ้น และส่วนล่างของลำน้ำไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ

คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของวัสดุปลูก

เนื่องจากระบบของรากพืชที่ปลูกในภาชนะมักถูกจำกัดโดยปริมาตรของวัสดุปลูก รวมทั้งลักษณะของภาชนะที่ใช้ที่จำกัดจะสกัดกั้นการระบายน้ำ ทำให้เกิดการขังน้ำ โดยเฉพาะในส่วนล่างของภาชนะ (Beardsell, 1979)* การให้น้ำบ่อยๆทำให้เกิดการชะล้างอาหารแร่ธาตุที่มีอยู่สูญเสียไป พืชขาดธาตุอาหารได้ ขณะที่การใส่ปุ๋ยเพียงครั้งเดียวในระดับความเข้มข้นสูงอาจทำให้เกิดการเสียหายรุนแรงได้ (Criley และ Watanabe, 1974) ดังนั้นคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของวัสดุปลูกที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น คุณสมบัติทางฟิสิกส์ที่ควรพิจารณาได้แก่ ความหนาแน่นรวมที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 721 - 962 กก./ลบ.ม. หรือ 0.15 - 0.5 ก./มล. CEC อยู่ในช่วง 10 - 30 me/100 gds , pH อยู่ในช่วง 5.05 - 6.5 ความสามารถในการดูดยึดน้ำ (water holding capacity) 30 - 60 % โดยปริมาตร total air space อยู่ในช่วง 5 % หรือ 10 - 20 % โดยปริมาตร ค่าเกลือที่ละลายน้ำได้ควรน้อยกว่า 200 ppb หรือ ต่ำกว่า 2 mmhos (Waters และ คณะ, 1970 ; Poole และ Waters, 1972 ; Crilay และ Watanabe, 1974)

การศึกษาเรื่องคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของวัสดุปลูก ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชได้มีรายงานไว้ อาทิเช่น Fonteno และ คณะ (1981) พบว่า ภายหลังการปลูกต้นคริสต์มาสได้ 9 สัปดาห์ ความหนาแน่นรวมของวัสดุปลูกจะเพิ่มขึ้นแต่ total porosity ลดลง เนื่องจากการหดตัวของวัสดุปลูก ต้นคริสต์มาสที่ปลูกในวัสดุปลูกที่มีดินเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วยจะให้ความสูงของต้นสูงสุด Bilderblack และ คณะ (1982)* ศึกษาคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของวัสดุปลูก พบว่า การใส่เปลือกถั่วจะเพิ่ม total porosity แต่ air space , easely available water , water holding capacity และความหนาแน่นรวมของวัสดุปลูกลดลง

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*ถูกอ้างโดย พิรพล นนทแก้ว 2534

อุปกรณ์และวิธีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1 ตะกอนน้ำเสีย ตะกอนที่ใช้ทดลองเป็นตะกอนที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียชุมชน ของโรงงานบำบัดน้ำเสียสี่พระยา กองควบคุมคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร ครอบคลุมพื้นที่ในเขตสัมพันธวงศ์ บางรัก และป้อมปราบศรัตรูพ่าย

2 เมล็ดพันธ์ผักกาดขาวปลี (Chainese cabbage) โดยใช้พันธุ์ PQ ชื่อวิทยาศาสตร์ Brassica campestris L.

3 ดิน ใช้ชุดดินบางกอก Typic Tropaquepts f.c. mix , non acid brackish no run no gypsum no jarosite (Bk)

4 อุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการปลูกและการเก็บเกี่ยวตัวอย่างพืช และเก็บตัวอย่างดิน

- 4.1 กระถางดินเผา ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว ปริมาตร 4 ลิตร
- 4.2 ถุงกระดาษสำหรับใส่ตัวอย่างพืช
- 4.3 กรรไกรตัดกิ่งสำหรับเก็บตัวอย่างพืช
- 4.4 สายยางพร้อมเครื่องกรองสำหรับรดน้ำ
- 4.5 เครื่องเจาะเก็บดินขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร
- 4.6 กระป๋องพลาสติกสำหรับใส่ตัวอย่างดินหลังการเพาะปลูก
- 4.7 ตลับเมตรวัดความสูงของพืช

5 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ดินและพืช เช่น flask pipet beaker etc.

วิธีการ

การเตรียมตัวอย่างและตะกอนน้ำเสียเพื่อใช้เป็นวัสดุปลูก

1 การเตรียมตัวอย่างดิน

ทำการเก็บตัวอย่างดินโดยใช้จอบขุดดินบริเวณแปลงปลูกพืชอาหารสัตว์ หน้าคณะเทคโนโลยีการเกษตร โดยเก็บที่ความลึก 5 - 10 เซนติเมตรจากผิวดิน ตากดิน ผสมตัวอย่างดินให้คละกันโดยแยกวัสดุเจือปนออก ทุบดินให้มีขนาดเล็ก สำหรับดินที่จะนำไปวิเคราะห์จะร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 การเก็บตะกอนที่ได้จากการบำบัดน้ำเสีย

ติดต่อขอรับตะกอนที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียไปที่ กองควบคุมคุณภาพน้ำ สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร เก็บตะกอน (sladge cake) โดยใช้ถุงพลาสติกขนาด 20 ลิตร ซึ่งตะกอนจะมีลักษะกึ่งเปียกกึ่งแห้ง (solid constent = 20%) จากนั้นนำมาทำให้แห้งโดยการผึ่งลมในที่ร่ม ตำให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร

3 การผสมดินกับตะกอนเพื่อทดสอบกับพืช

ทำโดยการผสมดินกับตะกอนตามอัตราส่วนต่างๆ แล้วใส่ในกระถางปลูก โดยทำการปิดรูก้นกระถางสำหรับระบายน้ำเพื่อกันดินออกจากกระถาง

4 การปลูกพืช

ทำการปลูกผักกาดขาวปลีโดยการใช้เมล็ดปลูก โดยปลูกประมาณ 5 - 7 เมล็ดต่อกระถาง เมื่อผักกาดขาวปลีมีใบจริง 1 ใบถอนแยกให้เหลือ 3 ต้นต่อกระถาง เมื่อผักมีใบจริง 3 ใบถอนแยกเหลือ 2 ต้นต่อกระถาง และเมื่อมีใบจริง 4 ใบ และเจริญเติบโตดีแล้วทำการแยกให้เหลือต้นเดียว

<u>การทดลองปลูกพืชในกระถาง</u>

ทำการทดลองในกระถาง โดยใช้พื้นที่ดาดฟ้าชั้น 5 ตึกคณะเทคโนโลยีการเกษตรเป็นสถานที่ทดลอง พืชทดสอบเป็นผักกาดขาวปลี วัสดุปลูกประกอบด้วยดินและตะกอนที่ได้จากการบำบัดน้ำเสีย (sludge cake) โดยมี 6 สูตรเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัสดุปลูก

อัตราส่วนระหว่างดินต่อตะกอน คือ 75 : 25 (T6) , 80 : 20 (T5) , 85 : 15 (T4) , 90 : 10 (T3) , 95 : 5 (T2) และ 100 : 0 (T1) ซึ่งเป็นตำรับควบคุม (control) รวมตำรับการทดลองทั้งสิ้น 6 ตำรับ ในการทดลองแบบ Completely Randommized Design (CRD) จำนวน 4 ซ้ำ รวมทั้งสิ้น 24 กระถาง มีรายละเอียดดังนี้

ตำรับที่ 1 (T1) เป็นตำรับที่ใช้ชุดดินบางกอกทั้งหมด (control) น้ำหนักดินรวมเท่ากับ 3 กิโลกรัม

ตำรับที่ 2 (T2) อัตราส่วนระหว่างดินต่อตะกอนเท่ากับ 95 : 5 คิดเป็นน้ำหนักดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2,850 กรัม น้ำหนักตะกอน 150 กรัม โดยน้ำหนักแห้งที่อุณหภูมิห้อง

ตำรับที่ 3 (T3) อัตราส่วนระหว่างดินต่อตะกอนเท่ากับ 90 : 10 คิดเป็นน้ำหนักดิน

2,700 กรัม น้ำหนักตะกอน 300 กรัม โดยน้ำหนักแห้งที่อุณหภูมิห้อง

ตำรับที่ 4 (T4) อัตราส่วนระหว่างดินต่อตะกอนเท่ากับ 85 : 15 คิดเป็นน้ำหนักดิน

2,550 กรัม น้ำหนักตะกอน 450 กรัม โดยน้ำหนักแห้งที่อุณหภูมิห้อง

ตำรับที่ 5 (T5) อัตราส่วนระหว่างดินต่อตะกอนเท่ากับ 80 : 20 คิดเป็นน้ำหนักดิน

2,400 กรัม น้ำหนักตะกอน 600 กรัม โดยน้ำหนักแห้งที่อุณหภูมิห้อง

ตำรับที่ 6 (T6) อัตราส่วนระหว่างดินต่อตะกอนเท่ากับ 75 : 25 คิดเป็นน้ำหนักดิน

2,250 กรัม น้ำหนักตะกอน 750 กรัม โดยน้ำหนักแห้งที่อุณหภูมิห้อง

การดูแลรักษา

รดน้ำเช้าเย็นในวันที่ฝนไม่ตก เพื่อรักษาความชื้นของวัสดุปลูกในกระถางให้เท่ากับความชื้นสนาม สำหรับวันที่ฝนตกก็ไม่มีการรดน้ำ และมีการเทน้ำออกในกรณีที่มีการขังน้ำในกระถางนานเกินกว่าที่วัสดุปลูกจะระบายน้ำออกได้ เพื่อป้องกันอันตรายแก่พืชในกระถาง

การบันทึกข้อมูลและเก็บตัวอย่าง

1 พืช

ทำการบันทึกข้อมูลพืชโดยวัดความสูงของลำต้นจากบริเวณใบล่างของพืชถึงบริเวณส่วนยอด วัดความกว้างของใบที่กว้างที่สุด ความยาวของใบจากบริเวณที่ติดกับลำต้นจนถึงปลายใบของใบที่ยาวที่สุด เมื่อทำการเก็บเกี่ยวแล้วจะชั่งน้ำหนักสด แล้วนำไปอบเพื่อหาน้ำหนักแห้ง สำหรับรากและส่วนที่อยู่ต่ำกว่ารอยตัดจะมีการวัดความยาวจากรอยตัดไปยังปลายสุดของรากแก้ว

2 วัสดุปลูก

หลังจากทำการเก็บเกี่ยวพืชแล้วก็จะเก็บตัวอย่างดินในแต่ละกระถางเพื่อทำการวิเคราะห์หาธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์หลังการปลูกพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์วัสดุปลูกและตะกอนที่ได้จากการบำบัดน้ำเสีย

1 การวิเคราะห์ก่อนปลูก

1 หาค่า CEC ของวัสดุปลูก โดยใช้ดิน 5 กรัม ต่อสารละลายที่ใช้ 100 มล. จากนั้นนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบเท่ากับ 180 เขย่า 3 ชั่วโมง (อาจารย์พรทิวา)*

2 วิเคราะห์หา Ca Mg K ตลอดจนปริมาณ Na ทั้งหมดที่มีอยู่ในดิน ตามบทปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช (อาจารย์สุมิตรา)*

3 หาปริมาณ Fe Mn Cu Zn โดยใช้ดิน 10 กรัมต่อสารละลายที่ใช้สกัด 20 มล. ตามบทปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช (อาจารย์สุมิตรา)*

4 วิเคราะห์หา Available Phosphorus โดยสกัดด้วยสารละลาย Bray II และใช้ Ammoniummolybdate Ascobic acid เป็นสารที่ใช้ในการ develope สี ตามบทปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช (อาจารย์สุมิตรา)*

5 หา Total Nitrogen โดยการ digest ด้วยวิธี Kjeldahl ตามบทปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช (อาจารย์สุมิตรา)*

6 วัดค่า pH โดยใช้ดินต่อน้ำ 1 : 5 ตามบทปฏิบัติการปฐพีวิทยาเบื้องต้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)

2 การวิเคราะห์หลังปลูกพืช

1 วิเคราะห์หา Total Nitrogen โดยการ digest ด้วยวิธี Kjeldahl ตามบทปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช (อาจารย์สุมิตรา)*

2 วิเคราะห์หา Available Phosphorus โดยการใช้สารละลาย Bray II และใช้ Ammoniummolybdate Ascobic acid เป็นสารที่ใช้ develope สี ตามบทปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช (อาจารย์สุมิตรา)*

3 วิเคราะห์หา Ca Mg K ตลอดจนปริมาณ Na ทั้งหมดที่มีอยู่ในดิน ตามบทปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช (อาจารย์สุมิตรา)*

4 หาปริมาณ Fe Mn Cu Zn โดยใช้ดิน 10 กรัม ต่อสารละลายที่ใช้สกัด 20 มล. ตามบทปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช (อาจารย์สุมิตรา)*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*อาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

3 วิเคราะห์พืช

1 วิเคราะห์หา Total Nitrogen โดยการ digest ด้วยวิธี Kjeldahl ตามบทปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช (อาจารย์สุมิตรา)*

2 วิเคราะห์หา Total Phosphorus โดยการ digest ด้วยวิธี acid mixture ตามบทปฏิบัติการวิเคราห์ดินและพืช (อาจารย์สุมิตรา)*

3 วิเคราะห์หา K ในพืช โดยการ digest ด้วยวิธี acid mixture แล้วนำไปวัดด้วยเครื่อง atomic absorption spectro photometer ตามบทปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช (อาจารย์สุมิตรา)*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*อาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

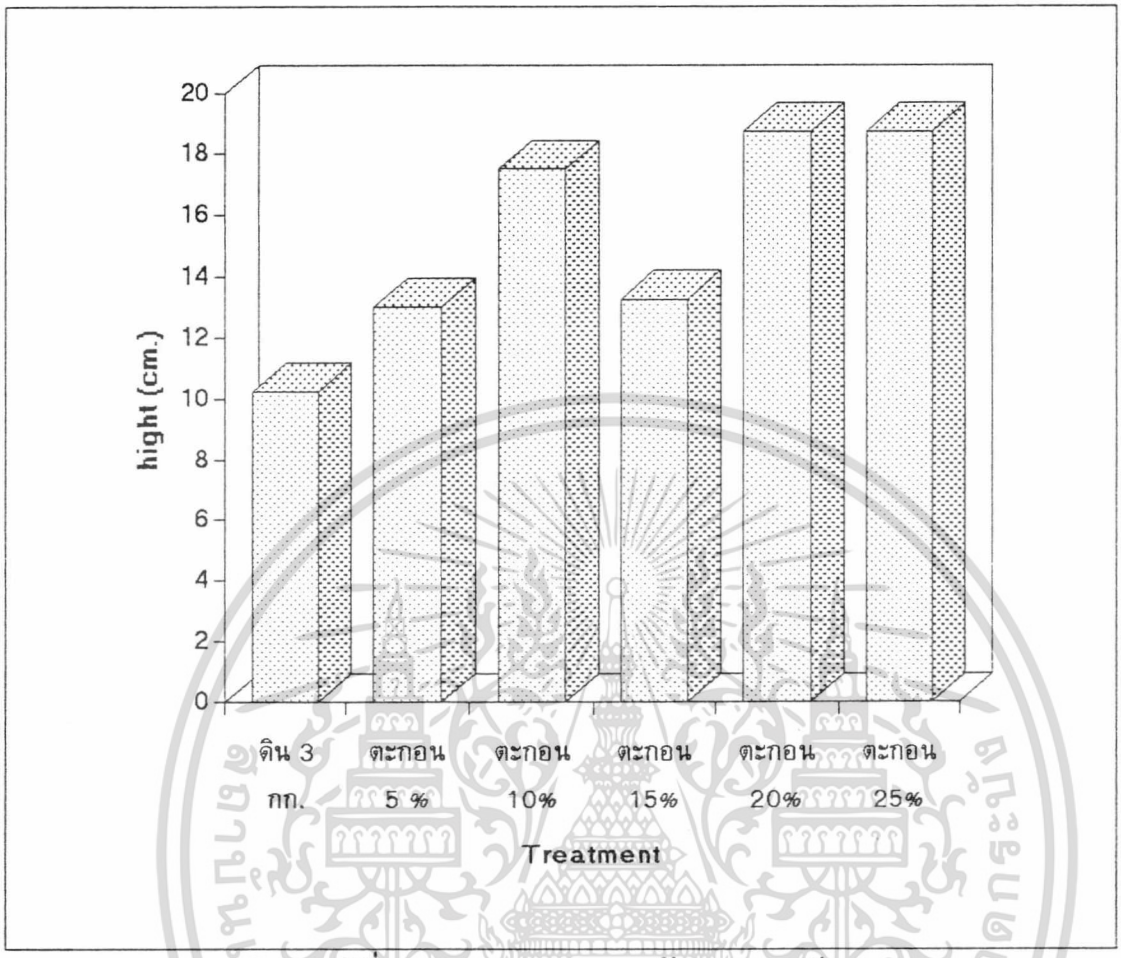
จากการทดลองพบว่าการนำตะกอนที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียมาใช้ในรูปวัสดุปลูกนั้น สามารถให้คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของชุดดินบางกอก มีความเหมาะสมต่อการปลูกพืชผัก พบว่าการผสมตะกอนในปริมาณ 20 % ของวัสดุปลูกพืชทั้งหมด สามารถทำให้การเจริญเติบโตโดยรวมของพืชดีที่สุด การเจริญเติบโตของพืชในแต่ละตำรับมีความแปรปรวนอยู่บ้าง เพราะปัจจัยเรื่องกระถางสำหรับปลูกพืชที่มีความจำกัดในหลายด้าน ปริมาณน้ำฝนที่ตกมากในช่วงการปลูกพืช ก็มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของวัสดุปลูก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในตำรับที่มีเปอร์เซนต์ของชุดดินบางกอกมากๆ จะมีปัญหาเรื่องการระบายน้ำออกจากกระถาง ดังนั้นการเพิ่มเปอร์เซนต์ของตะกอนลงในวัสดุปลูกจึงลดปัญหาการระบายน้ำของวัสดุปลูก

การทดลองนี้แบ่งเป็น 6 ตำรับ ซึ่งเป็นการหาสูตรอัตราส่วนที่เหมาะสมที่ทำให้พืชเจริญเติบโตดีที่สุด โดยไม่ต้องใส่ปุ๋ย ซึ่งปรากฏผลการทดลองดังนี้

1. ความสูงของทรงพุ่ม

จากการทดลองพบว่าผักกาดขาวปลีที่ปลูกในวัสดุปลูกที่มีสัดส่วนของตะกอนสูง 20% และ 25% (T_5)และ(T_6) ตามลำดับให้ความสูงของทรงพุ่ม สูงสุดคือ 18.75 เซนติเมตร ซึ่งความสูงของทรงพุ่มจะมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่ออัตราส่วนของตะกอนเพิ่มขึ้น ซึ่งในตำรับทดลองที่ไม่มีตะกอน (T_1 หรือตำรับควบคุม) ความสูงของทรงพุ่มคือ 10.25 ตำรับการทดลองที่ให้ความสูงของทรงพุ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคุญยิ่งทางสถิติคือ ตำรับที่มีสัดส่วนของตะกอน 20% และ 25% ให้ความสูงเท่ากับ 18.75 และ สัดส่วนของตะกอน 10 % (T_3) ให้ความสูง 17.50 ซึ่งจะให้ค่าที่ไม่แตกต่างทางสถิติกับวัสดุปลูกที่มีอัตราส่วนของตะกอน 20% และ 25% คือ T_5 และ T_6 ตามลำดับ ซึ่งค่าเปรียบเทียบความสูงของทรงพุ่มผักกาดขาวปลี แสดงในตารางที่ 1,2,3. ดูภาพที่ 17 และกราฟที่ 1 เปรียบเทียบความสูงของทรงพุ่มผักกาดขาวปลี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

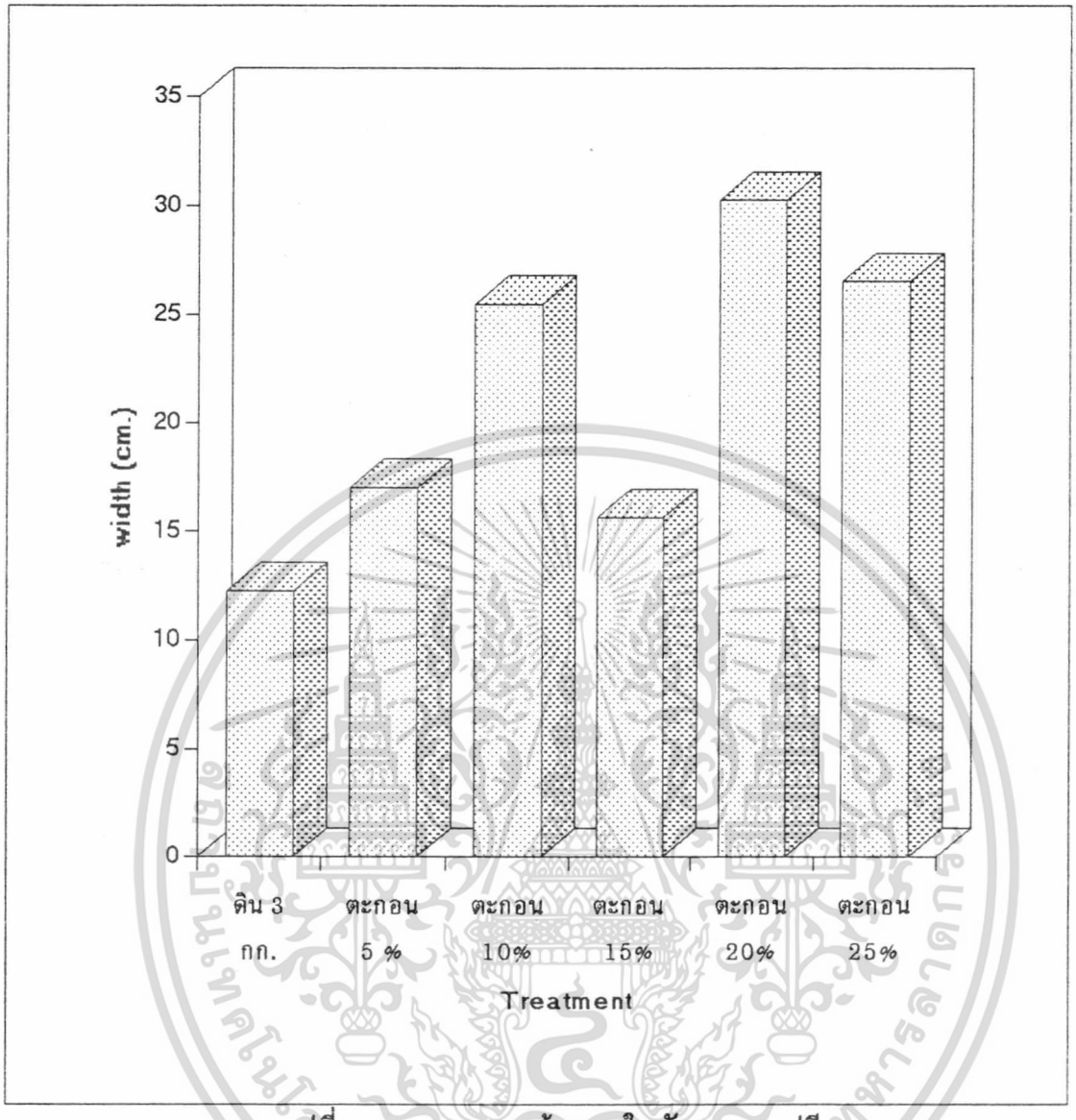


กราฟที่ 1 แสดงความสูงของผักกาดขาวปลี

2. ความกว้างของใบ

ในการทดลองจะพบว่าวัสดุปลูกที่มีสัดส่วนของตะกอนสูง จะให้ความกว้างของใบผักกาดขาวปลีมากที่สุดคือ 10.25 เซนติเมตร ในตำรับที่ 5 ซึ่งมีตะกอน 20% และในตำรับที่ 6 ที่มีตะกอน 25% นั้น จะให้ความกว้างของใบ 10.00 เซนติเมตร ทั้งสองตำรับไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในวัสดุปลูกที่ไม่มีตะกอน หรือมีตะกอนในปริมาณที่น้อย 5% ได้แก่ T_1 และ T_2 ตามลำดับ จะพบว่ามีความกว้างเฉลี่ยของใบเพียง 4.75 เซนติเมตร และ 6.5 เซนติเมตรตามลำดับ เมื่อเพิ่มสัดส่วนของตะกอน แนวโน้มของความกว้างของใบจะเพิ่มขึ้น และในตำรับที่ 5 และ 6 ความกว้างของใบจะกว้างขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงในตารางที่ 4,5,6 และกราฟที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



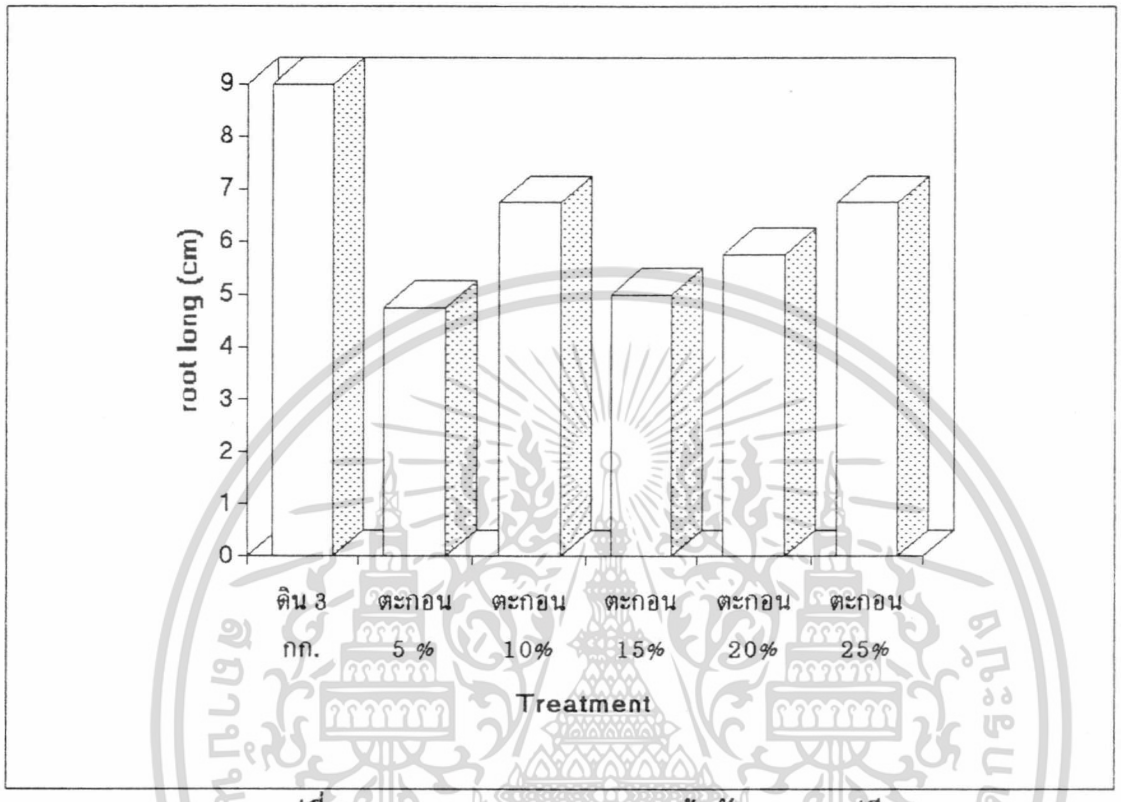
กราฟที่ 2 แสดงความกว้างของใบผักกาดขาวปลี

3. ความยาวของรากแก้ว

ในตำรับที่มีเฉพาะชุดดินบางกอก (ตำรับควบคุม) ความยาวของรากแก้วจะมากที่สุดคือ 9.00 เซนติเมตร ลักษณะรากจะเล็ก ผอม มีรากแขนงน้อย ส่วนในตำรับที่ 2 ซึ่งมีตะกอน 5% มีความยาวของรากเฉลี่ยน้อยที่สุด เพียง 4.75 เซนติเมตรเท่านั้น ลักษณะของรากในตำรับที่ตะกอนสูง จะมีลักษณะอวบใหญ่ มีรากแขนงและรากฝอยมาก ลักษณะของรากมีความปกติไม่หงิกงอ สัดส่วนของตะกอนที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อความแตกต่างของความยาวรากแก้วอย่างมีนัยสำคัญ คือ ความยาวของรากไม่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น หรือลดลงอย่างสม่ำเสมอ เมื่อมีการเพิ่มสัดส่วนของตะกอน ในตำรับที่ 1 ความยาวของรากแก้วมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตำรับที่ 2,4 และ 5 ซึ่งมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัดส่วนของตะกอน 5%, 15% และ 20% ตามลำดับ ความแตกต่างของความยาวราก แสดงเปรียบเทียบใช้ในตารางผนวกที่ 7,8,9 ภาพที่ 16 และกราฟที่ 3



กราฟที่ 3 แสดงความยาวของรากแก้วผักกาดขาวปลี

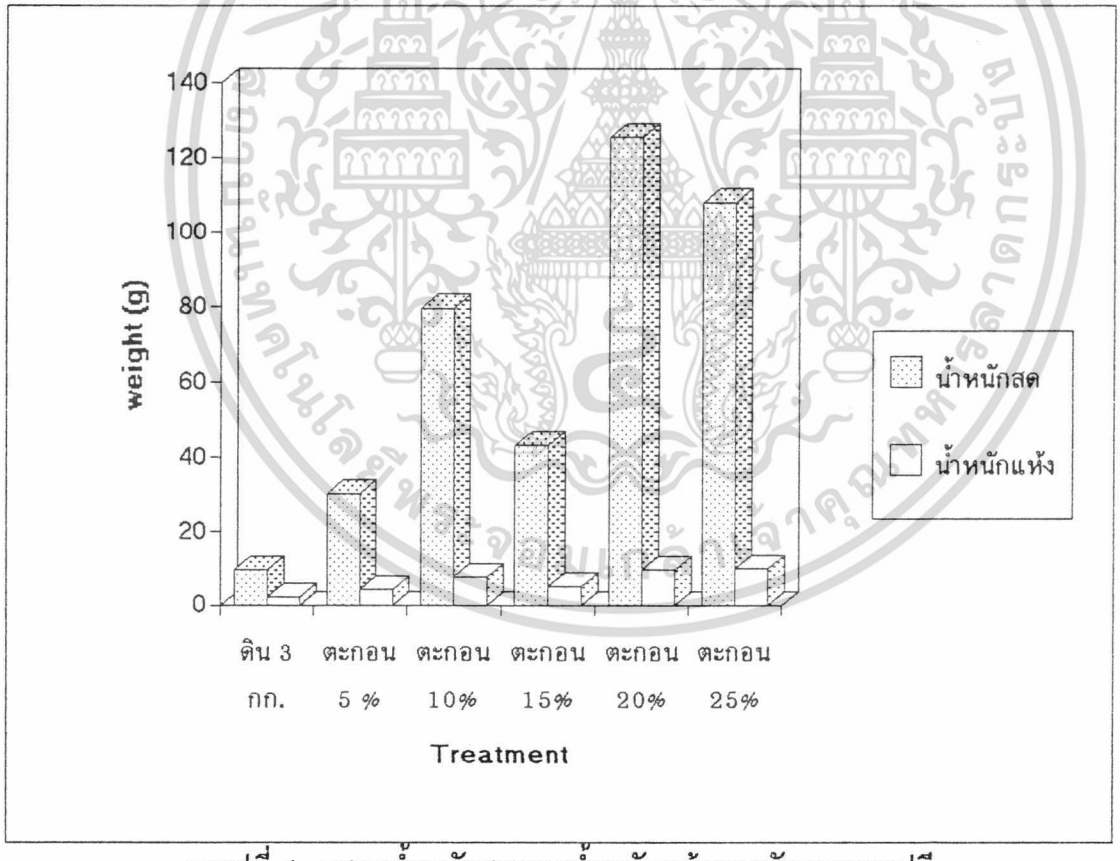
4. น้ำหนักสด

ในการทดลองพบว่าตำรับที่ให้น้ำหนักสดของพืชมากที่สุดได้แก่ตำรับที่ 5 ซึ่งมีสัดส่วนของตะกอน 20% ให้ค่าน้ำหนักมากเท่ากับ 125 กรัม และในตำรับที่ 6 ซึ่งให้น้ำหนักสด รองลงมาให้น้ำหนักสดเท่ากับ 108.06 กรัม ซึ่งในตำรับที่ 6 มีสัดส่วนของตะกอนมากที่สุดเท่ากับ 25% สัดส่วนของตะกอนที่เพิ่มขึ้นทำให้แนวโน้มของน้ำหนักสดมากขึ้น ซึ่งในตำรับที่ 1 (ตำรับควบคุม) น้ำหนักสดเท่ากับ 9.76 กรัม ซึ่งน้อยกว่าในตำรับอื่นๆ มาก การใช้ตะกอนที่มีสัดส่วนสูงทำให้น้ำหนักสดของพืชมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ น้ำหนักสดของพืชในแต่ละตัวอย่างการทดลองในตารางผนวกที่ 10,11,12 และกราฟที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. น้ำหนักแห้ง

ค่าน้ำหนักแห้งของพืช จะมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อมีการเพิ่มสัดส่วนของตะกอน จากการทดลองพบว่า ในตำรับที่ 5 มีค่าน้ำหนักแห้งสูงที่สุด และในตำรับที่ 1 (ตำรับควบคุม) ซึ่งไม่มีตะกอนจะพบว่ามีน้ำหนักแห้งน้อยที่สุด เพียง 2.23 กรัม ซึ่งในตำรับที่มีการใช้ตะกอนในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น เช่น ในตำรับที่ 2 (5%) และตำรับที่ 3 (10%) จะพบว่ามีน้ำหนักแห้ง 4.16 กรัม และ 7.73 กรัมตามลำดับ ตำรับที่ให้น้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติอยู่ในตำรับที่มีการใช้ตะกอนในสัดส่วน 20% คือตำรับที่ 5 ให้ค่าน้ำหนักแห้งเท่ากับ 9.82 กรัม ซึ่งในตำรับที่ 5 จะให้ค่าน้ำหนักแห้งใกล้เคียงกับตำรับที่ 6 ซึ่งมีสัดส่วนของตะกอน 25% ค่าน้ำหนักแห้งที่ได้คือ 9.22 กรัม น้ำหนักแห้งของพืชในแต่ละตัวอย่างการทดลองแสดงในตารางผนวกที่ 13,14,15 และกราฟที่ 4 เปรียบเทียบน้ำหนักแห้งของแต่ละตำรับการทดลอง



กราฟที่ 4 แสดงน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผักกาดขาวปลี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. pH

ในการวัด pH ในแต่ละตัวอย่างการทดลองโดยใช้อัตราส่วน ดิน : น้ำ 1: 5 พบว่าค่า pH จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีสัดส่วนของตะกอนเพิ่มขึ้น ในตำรับที่ 1 (ตำรับควบคุม) pH จะต่ำที่สุด คือ 5.73 และจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอเมื่อเพิ่มสัดส่วนของตะกอน และในตำรับที่ 6 ซึ่งมีตะกอนมากที่สุดคือ 25% นั้น จะให้ค่า pH สูงที่สุดคือ 6.29 สำหรับตะกอน 100% นั้นจะมี pH = 6.95 ดูตารางที่ 16 แสดงค่าเฉลี่ยของ pH ในแต่ละหน่วยการทดลอง

7. CEC

CEC ของแต่ละตำรับการทดลองมีค่าใกล้เคียงกันและอยู่ในระดับที่สูง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อมีสัดส่วนของตะกอนเพิ่มขึ้น ซึ่งในตำรับที่ 6 ซึ่งมีสัดส่วนของตะกอน 25% นั้น พบว่ามีค่า CEC = 45.57 meq/100g ซึ่งในตารางที่ 19 แสดงค่า CEC ในแต่ละตำรับการทดลอง และมีการเปรียบเทียบค่า CEC ในแต่ละตำรับการทดลอง ดูตารางผนวกที่ 17,18,19

8. Nitrogen (N)

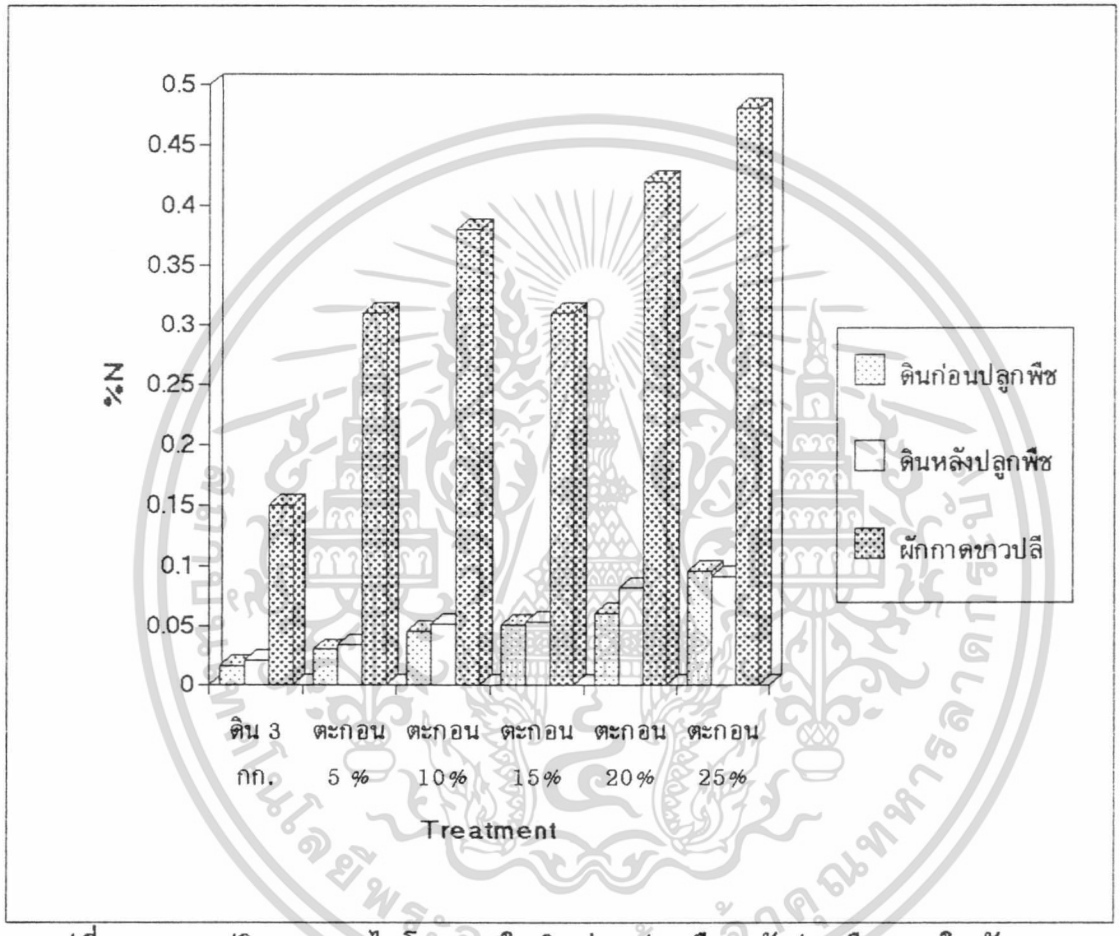
จากการทดลองพบว่า ปริมาณของไนโตรเจน(N) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีสัดส่วนของตะกอนเพิ่มขึ้น ในตำรับที่ 1 (ตำรับควบคุม) ซึ่งไม่มีส่วนผสมของตะกอนพบว่ามีปริมาณไนโตรเจน(N) เพียง 0.016% ซึ่งมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับตำรับที่มีส่วนผสมของตะกอน แนวโน้มของไนโตรเจน(N) ที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีการผสมตะกอนในสัดส่วน 5%, 10% และ 15% ซึ่งได้แก่ ในตำรับที่ 2,3 และ 4 ให้ปริมาณไนโตรเจน(N) เป็น 0.030%, 0.046% และ 0.051% ตามลำดับ ตำรับที่ให้ปริมาณของไนโตรเจน(N) สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือตำรับที่มีสัดส่วนของตะกอนสูงสุด คือตำรับที่ 6 มีสัดส่วนของตะกอน 25% ปริมาณไนโตรเจน(N) คือ 0.096% ดูตารางผนวกที่ 20,21,22,23,24,25 และกราฟที่ 5 แสดงค่าเปอร์เซนต์ไนโตรเจน(N) ในแต่ละตำรับการทดลอง และแสดงเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจน(N) ทางสถิติ

9. ไนโตรเจนในพืช (N)

จากการทดลองพบว่าปริมาณของไนโตรเจน(N)ในพืช จะเพิ่มขึ้นเมื่อสัดส่วนของตะกอนในดินสูงขึ้น ในตำรับที่ 6 ซึ่งมีสัดส่วนของตะกอน 25% พบว่าให้ปริมาณของไนโตรเจน(N)ในพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงสุดคือ 0.48% และในตำรับที่มีปริมาณของไนโตรเจน(N) รองลงมาคือ ตำรับที่ 5 ซึ่งมีสัดส่วนของตะกอน 20% ให้ปริมาณของไนโตรเจน(N)ในพืช 0.42% และในตำรับที่ 1 ซึ่งมีเฉพาะชุดดินบางกอกนั้นให้ปริมาณของไนโตรเจนในพืชน้อยที่สุดคือ 0.15% ปริมาณไนโตรเจน(N)ในพืช ที่มีมากที่สุดในตำรับที่ 6 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งในตารางผนวกที่ 26,27,28 และกราฟที่ 5 แสดงปริมาณไนโตรเจน(N) ในพืช และเปรียบเทียบค่าทางสถิติในแต่ละตำรับไว้



กราฟที่ 5 แสดงปริมาณธาตุไนโตรเจนในดินก่อนปลูกพืช,หลังปลูกพืช และในผักกาดขาวปลี

10. Phosphorus (P)

ค่าความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส(aviable P) จะเพิ่มขึ้นมีสัดส่วนของตะกอนเพิ่มขึ้น กล่าวคือ ในตำรับที่ไม่มีตะกอน(ตำรับควบคุม) จะมีปริมาณฟอสฟอรัส(%P) 0.001% ซึ่งมีปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับตำรับที่มีสัดส่วนของตะกอน Available P ที่สกัดได้โดยใช้ Bray II ถือว่าอยู่ในระดับความเป็นประโยชน์ที่สูงมาก ซึ่งเมื่อมีตะกอนในสัดส่วน 5% พบว่ามีค่าความเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

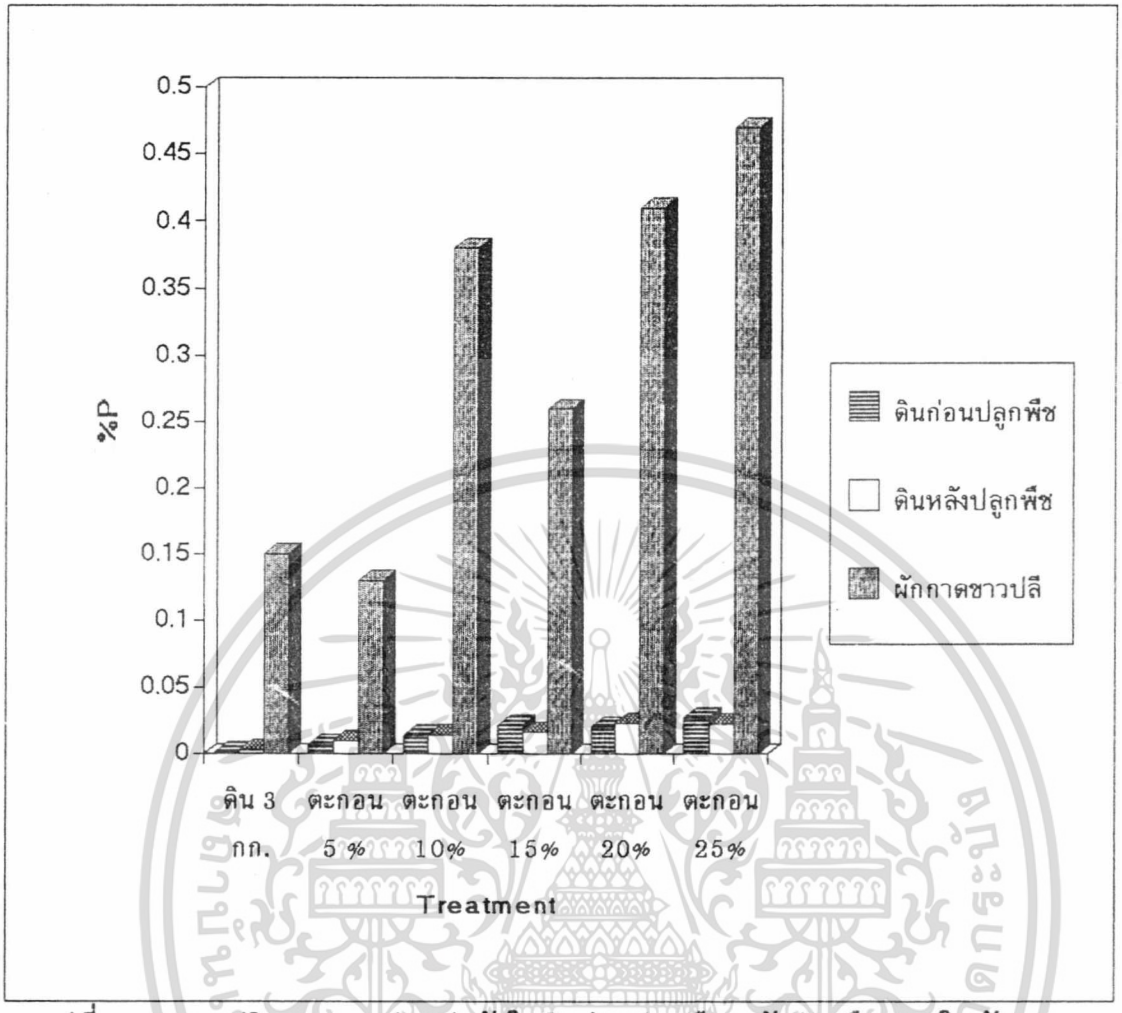
ประโยชน์ของฟอสฟอรัสเมื่อคิดเป็นเปอร์เซนต์(%P) ถึง 0.007% ซึ่งเพิ่มขึ้นจากเดิมถึง 0.006% และค่าความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส(avi-P) นี้จะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มสัดส่วนของตะกอน

จากการทดลองพบว่าตำรับที่ใช้ค่าความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส(avi-P) สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอยู่ในตำรับที่มีสัดส่วนของตะกอนสูงสุดคือ 25% (T_6) ค่าความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสเมื่อคิดเป็นเปอร์เซนต์(%P) เท่ากับ 0.027% ดูตารางผนวกที่ 29,30,31,32,33,34 และกราฟที่ 6 แสดงค่าความเป็นประโยชน์ของแต่ละตำรับและเปรียบเทียบค่าความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสเมื่อคิดเป็นเปอร์เซนต์(%P) ในแต่ละตำรับทางสถิติ

11. ฟอสฟอรัสในพืช

ปริมาณของฟอสฟอรัส (P) ในพืช จะให้ค่าสูงสุดในตำรับที่ 6 ซึ่งมีสัดส่วนของตะกอนมากที่สุดคือ 25% เช่นเดียวกับปริมาณของไนโตรเจน(N) และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณของฟอสฟอรัส (P) ก็มีแนวโน้มเหมือนกันคือ เพิ่มขึ้นเมื่อสัดส่วนของตะกอนเพิ่มขึ้น ตำรับที่ 1 (ตำรับควบคุม) จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ ตำรับที่มีตะกอนในสัดส่วน 20% และ 25% ซึ่งได้แก่ตำรับที่ 5 และ 6 มีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 0.41 และ 0.47 เปอร์เซนต์ ฟอสฟอรัส (P) ตามลำดับ ตารางผนวกที่ 35,36,37 และกราฟที่ 6 แสดงปริมาณความเข้มข้นและเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัส (P) ในพืช แต่ละตำรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 6 แสดงปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในดินก่อนปลูกพืช,หลังปลูกพืช และในผักกาดขาวปลี

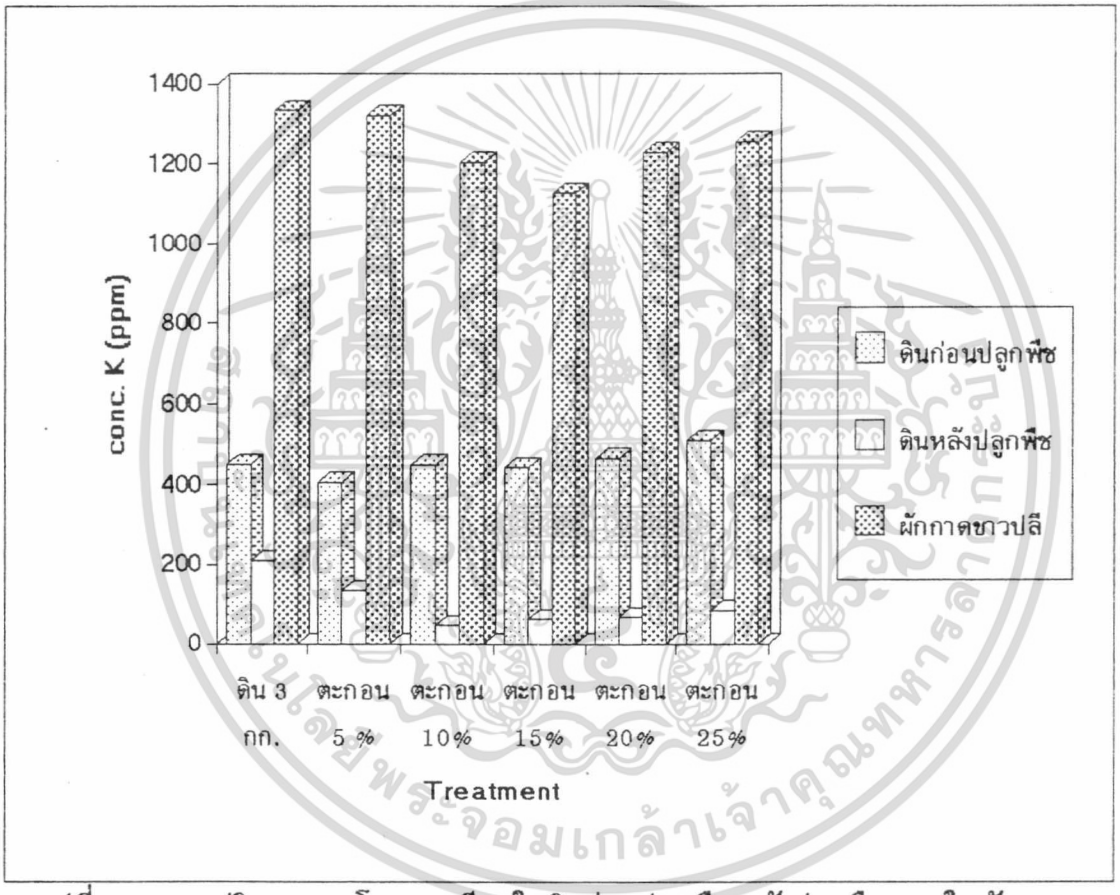
12. Potassium (K)

จากการทดลองพบว่า ปริมาณของโปแตสเซี่ยม(K) จะมีมากในตำรับที่มีเฉพาะชุดดินบางกอก(ตำรับควบคุม) และจะค่อยๆ ลดลงเมื่อสัดส่วนของตะกอนเพิ่มขึ้นในระดับหนึ่ง พบว่าในตำรับที่ 1 (ตำรับควบคุม) มีปริมาณโปแตสเซี่ยม(K) เท่ากับ 450.11 ppm ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าในตำรับที่ 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคุญทางสถิติ ในตำรับที่ 5 และ 6 ซึ่งมีสัดส่วนของตะกอน 20% และ 25% นั้นจะมีปริมาณของโปแตสเซี่ยม(K) มากที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 464.83 และ 509.40 ppm ตามลำดับ ซึ่งได้แสดงเปรียบเทียบค่าปริมาณโปแตสเซี่ยม(K) และเปรียบเทียบทางสถิติของโปแตสเซี่ยม(K) และเปรียบเทียบทางสถิติของโปแตสเซี่ยม(K) ในแต่ละตำรับ (ตารางผนวกที่ 38,39,40,41,42,43 และกราฟที่ 7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20. โปแตสเซี่ยมในพืช

ความเข้มข้นของโปแตสเซี่ยม(K) ในพืชจะมีค่าลดลงเมื่อสัดส่วนของตะกอนเพิ่มขึ้น ปริมาณความเข้มข้นสูงสุดได้แก่ 1334.21 ppm ซึ่งพบในตำรับที่มีเฉพาะชุดดินบางกอก (ตำรับควบคุม) ค่าความเข้มข้นของโปแตสเซี่ยม(K) ที่ลดลงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งได้แสดงและเปรียบเทียบทางสถิติค่าความเข้มข้นของโปแตสเซี่ยม(K) ในพืชไว้ในตารางผนวกที่ 44,45,46 และกราฟที่ 7



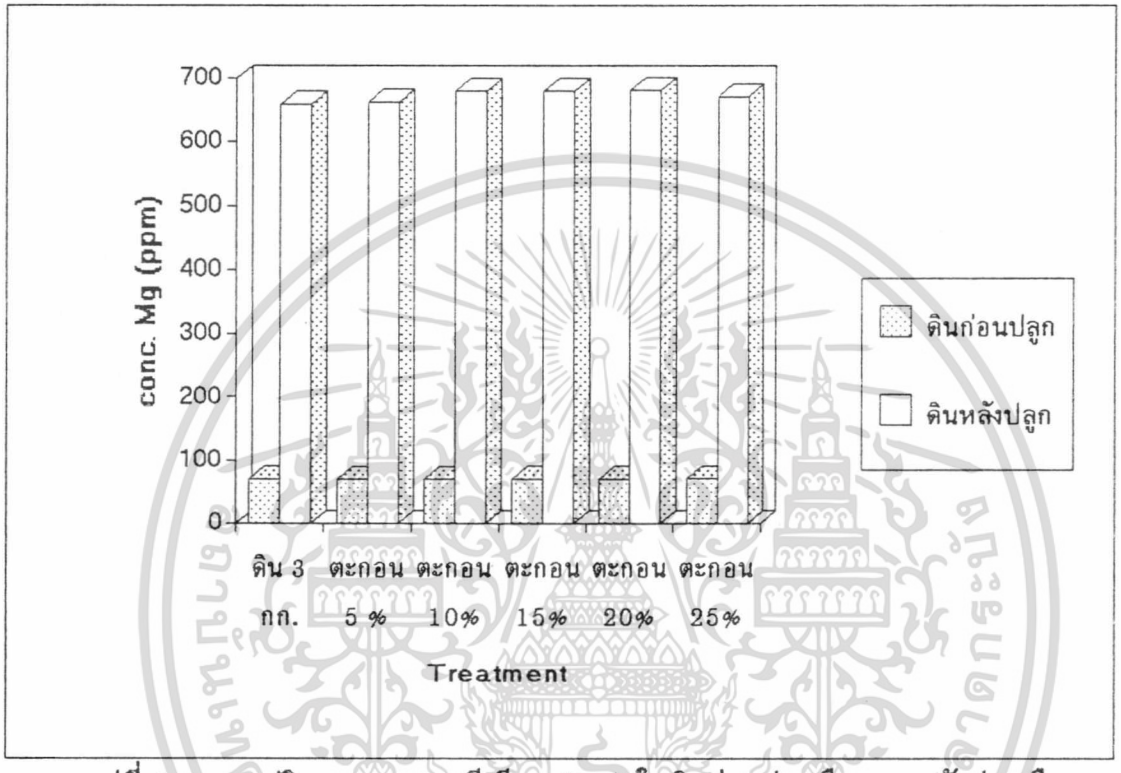
กราฟที่ 7 แสดงปริมาณธาตุโพแทสเซียมในดินก่อนปลูกพืช,หลังปลูกพืช และในผักกาดขาวปลี

21. Magnesium (Mg)

ปริมาณของแมกนีเซี่ยม (Mg) จะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากในแต่ละตำรับพบว่า เมื่อมีการเพิ่มสัดส่วนของตะกอน ปริมาณของปริมาณของแมกนีเซี่ยม (Mg) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และจะมีมากที่สุดเมื่อมีสัดส่วนของตะกอน 25% (T_6) แต่อย่างไรก็ตามในตำรับที่ 1 (ตำรับควบคุม) จะมีปริมาณของแมกนีเซี่ยม (Mg) มากกว่าในตำรับที่มีสัดส่วนของตะกอน 5% และ 10% ซึ่งได้แก่

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำรับที่ 2 และ 3 มีปริมาณของแมกนีเซี่ยม (Mg) เท่ากับ 69.28 ppm และ 69.38 ppm ตามลำดับ ในตำรับที่มีสัดส่วนของตะกอนมากที่สุด คือมีตะกอน 25% (T_5) มีปริมาณของแมกนีเซี่ยม (Mg) สูงกว่าตำรับอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 70.50 ppm ซึ่งได้แสดงปริมาณของแมกนีเซี่ยม (Mg) ในแต่ละตำรับและเปรียบเทียบค่าทางสถิติไว้ในตารางผนวกที่ 47,48,49,50,51,52 และกราฟที่ 8

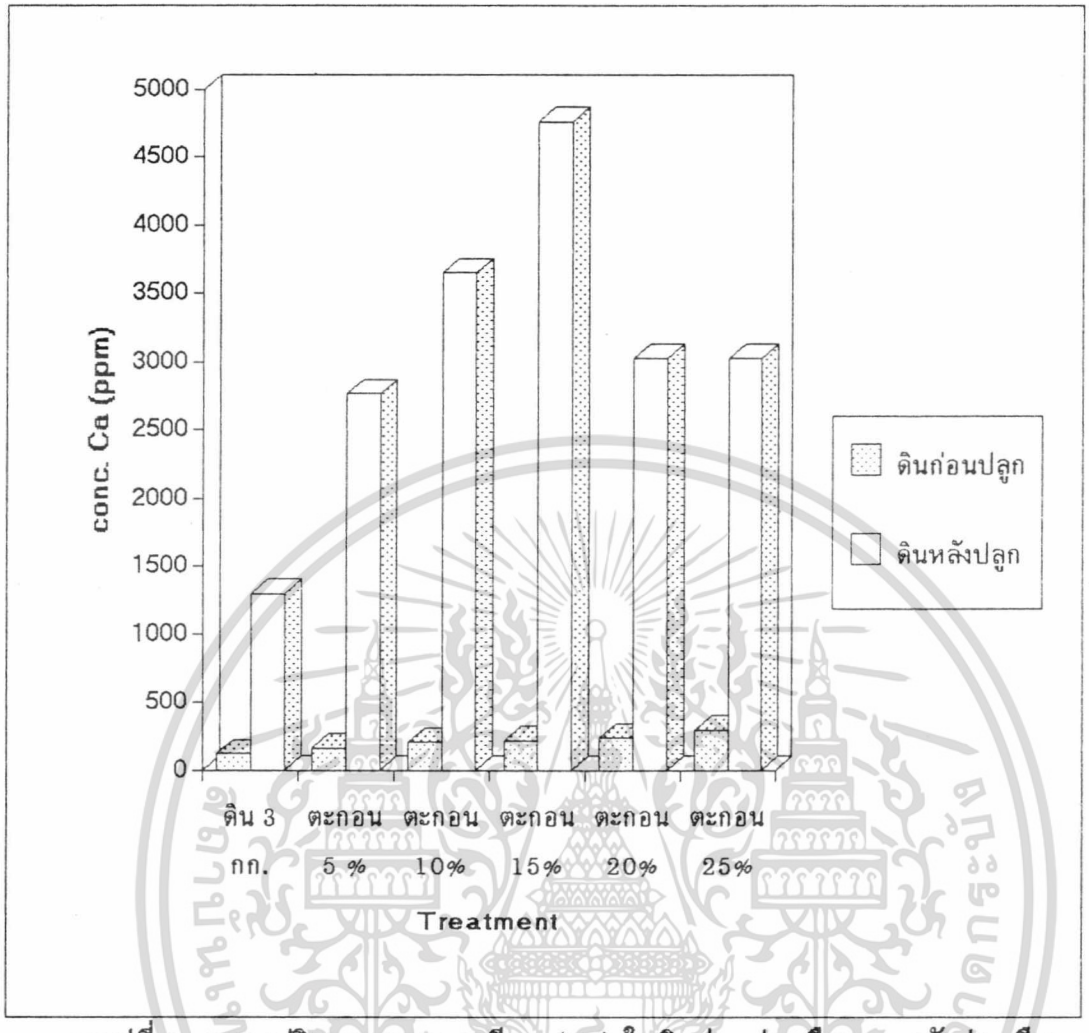


กราฟที่ 8 แสดงปริมาณธาตุแมกนีเซียม (Mg) ในดินก่อนปลูกพืช และหลังปลูกพืช

12. Calcium (Ca)

จากการทดลองพบว่าปริมาณของแคลเซี่ยม (Ca) จะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงน้อย ลักษณะการเปลี่ยนแปลงคล้ายกับแมกนีเซี่ยม (Mg) ในตำรับที่มีปริมาณของแคลเซี่ยม (Ca) มากที่สุดได้แก่ ตำรับที่ 6 และตำรับที่มีปริมาณของแคลเซี่ยม (Ca) น้อยที่สุด ได้แก่ ตำรับที่ 1 สัดส่วนของตะกอนที่เพิ่มขึ้นทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแคลเซี่ยม (Ca) ซึ่งในตำรับที่มีปริมาณของแคลเซี่ยม (Ca) มากที่สุดคือตำรับที่ 6 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งในตารางผนวกที่ 53,54,55,56,57,58 และกราฟที่ 9 ได้แสดงค่าปริมาณแคลเซี่ยม (Ca) ในแต่ละตำรับ และเปรียบเทียบทางสถิติของปริมาณแคลเซี่ยม(Ca) ในแต่ละตำรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

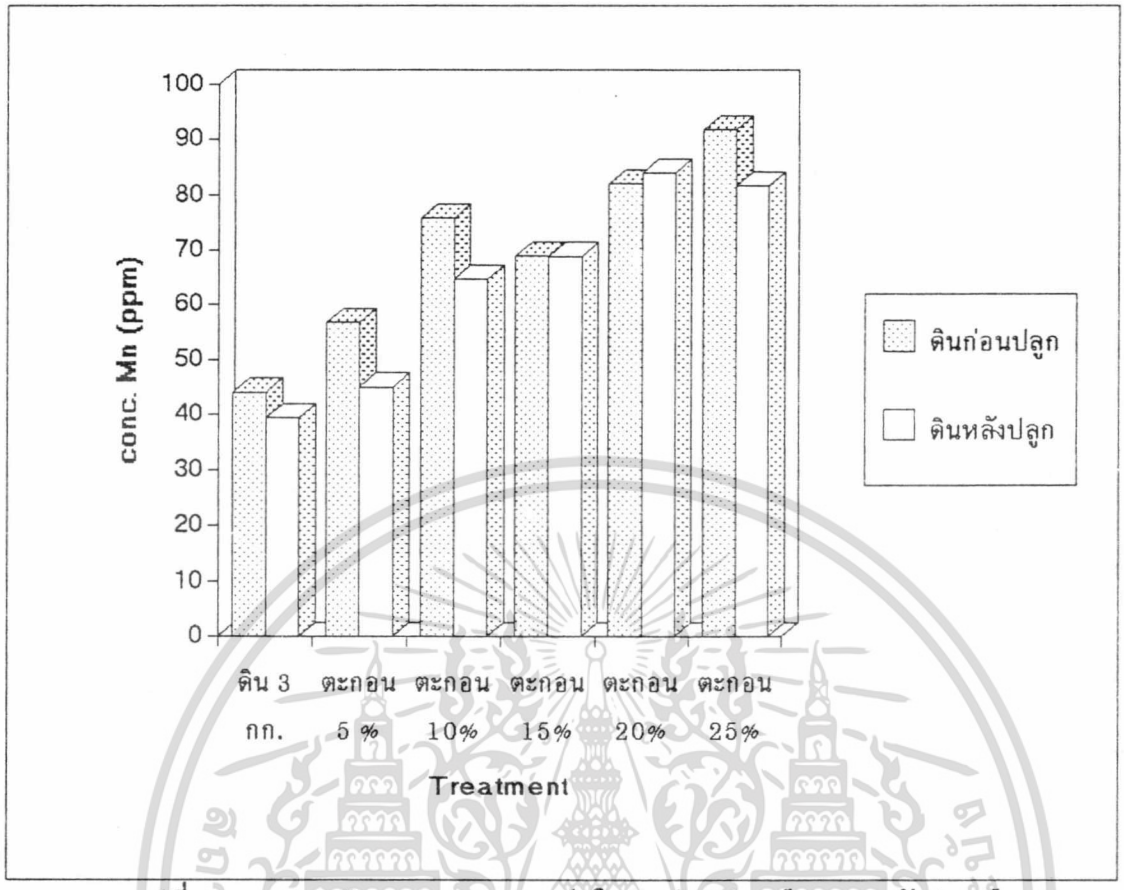


กราฟที่ 9 แสดงปริมาณธาตุแคลเซียม (Ca) ในดินก่อนปลูกพืช และหลังปลูกพืช

13. Manganese (Mn)

พบว่าปริมาณของแมงกานีส (Mn) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากเมื่อมีการเพิ่มสัดส่วนของตะกอน ในดินบางกอก (ตำรับควบคุม) พบว่ามีปริมาณของแมงกานีส (Mn) น้อยที่สุดเพียง 44.03 ppmซึ่งเมื่อมีการเพิ่มสัดส่วนของตะกอนเป็น 5% และ 10% (T_2 และ T_3) พบว่าตำรับที่มีตะกอนมากที่สุดคือ 25% มีปริมาณแมงกานีส (Mn) มากที่สุด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 91.71 ppm ซึ่งปริมาณของแมงกานีส (Mn) ในแต่ละตำรับให้แสดงเปรียบเทียบทางสถิติไว้ในตารางผนวกที่ 59,60,61,62,63,64 และกราฟที่ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

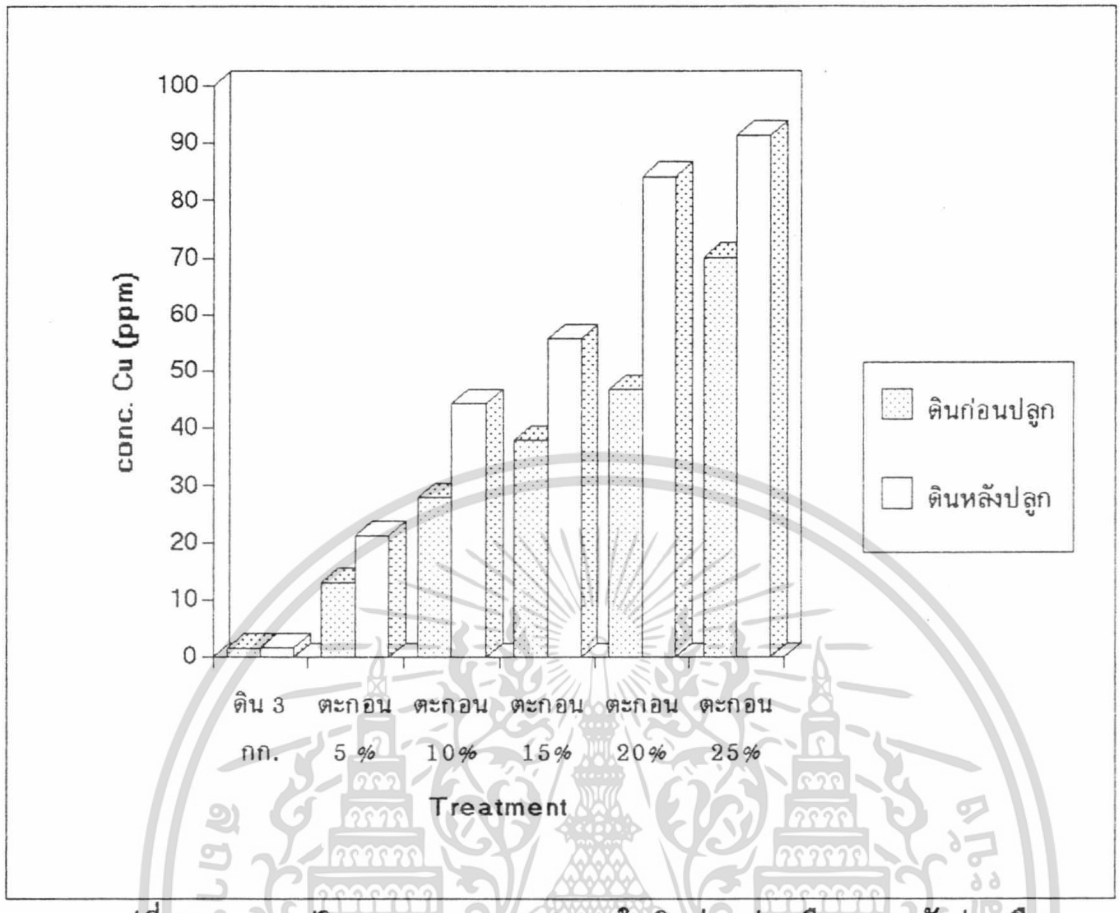


กราฟที่ 10 แสดงปริมาณธาตุแมงกานีสในดินก่อนปลูกพืช และหลังปลูกพืช

14. Copper (Cu)

ความเข้มข้นของทองแดง (Cu) มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากเมื่อมีการเพิ่มสัดส่วนของตะกอน พบว่าในตำรับที่ 1 (ตำรับควบคุม) มีปริมาณความเข้มข้นของทองแดง (Cu) เพียง 1.56 ppm และเมื่อเพิ่มสัดส่วนของตะกอนเป็น 5% และ 10% ในตำรับที่ 2 และ 3 ความเข้มข้นของทองแดง (Cu) จะเพิ่มเป็น 13.05 ppm และ 27.99 ppm ตามลำดับ ความเข้มข้นของทองแดง (Cu) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มสัดส่วนของตะกอน ในตำรับที่มีตะกอนมากที่สุด 25% (T_6) ปริมาณความเข้มข้นของทองแดง (Cu) มากที่สุดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับที่มีสัดส่วนของตะกอนน้อยกว่า ตารางผนวกที่ 65,66,67,68,69,70 และกราฟที่ 11 แสดงปริมาณความเข้มข้นทองแดง (Cu) และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติในแต่ละตำรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

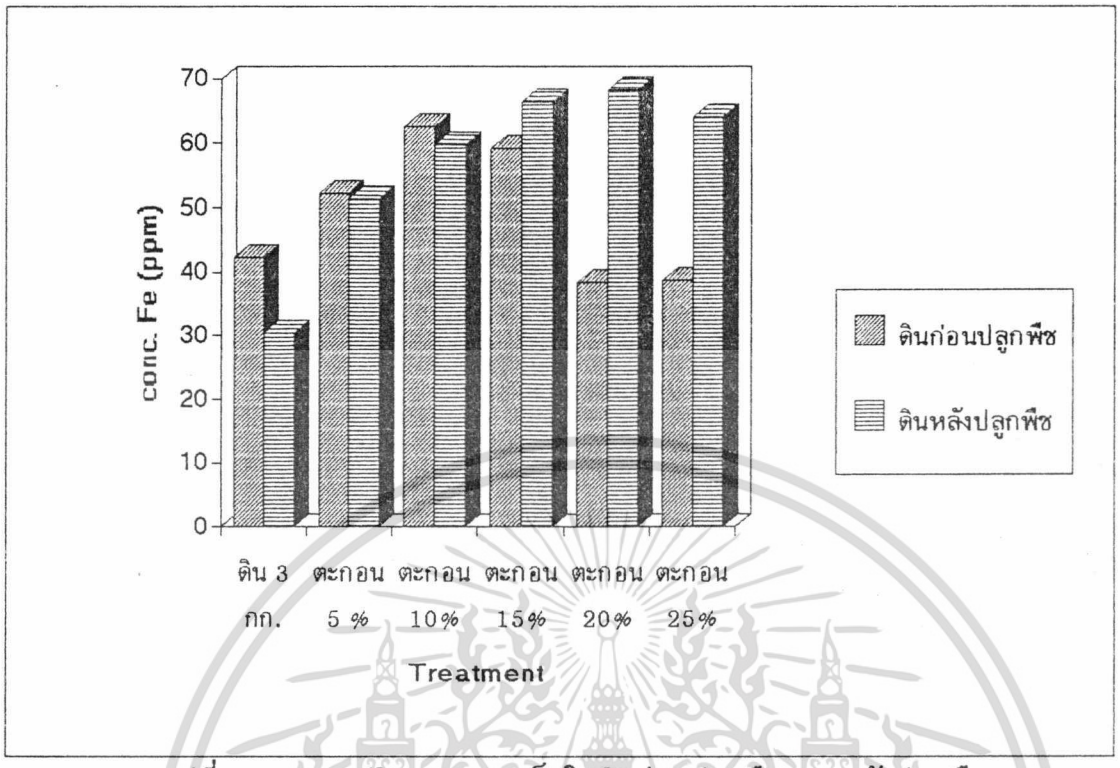


กราฟที่ 11 แสดงปริมาณธาตุ copper (Cu) ในดินก่อนปลูกพืช และหลังปลูกพืช

15. Iron (Fe)

จากการทดลองพบว่าสัดส่วนที่เปลี่ยนไปของตะกอนไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของเหล็ก (Fe) ซึ่งในตำรับที่ 3 มีสัดส่วนของตะกอน 10% มีความเข้มข้นของเหล็ก (Fe) มากที่สุดคือ 62.58 ppm และในตำรับที่มีความเข้มข้นรองลงมาคือ ตำรับที่ 4 มีความเข้มข้น 59.19 ppm ซึ่งในตำรับนี้มีสัดส่วนของตะกอน 15% และในตำรับที่ 1 (ตำรับควบคุม) พบว่ามีความเข้มข้นของเหล็ก (Fe) 42.30 ppm ซึ่งมากกว่าในตำรับ 5 และ 6 ที่มีความเข้มข้นเพียง 38.46 ppm และ 38.81 ppm และมีสัดส่วนของตะกอน 20% และ 25% ตามลำดับ ความเข้มข้นของเหล็ก (Fe) ในตำรับที่ 3 ซึ่งมีค่าสูงสุด มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับอื่น ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 71,72,73,74,75,76 และกราฟที่ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

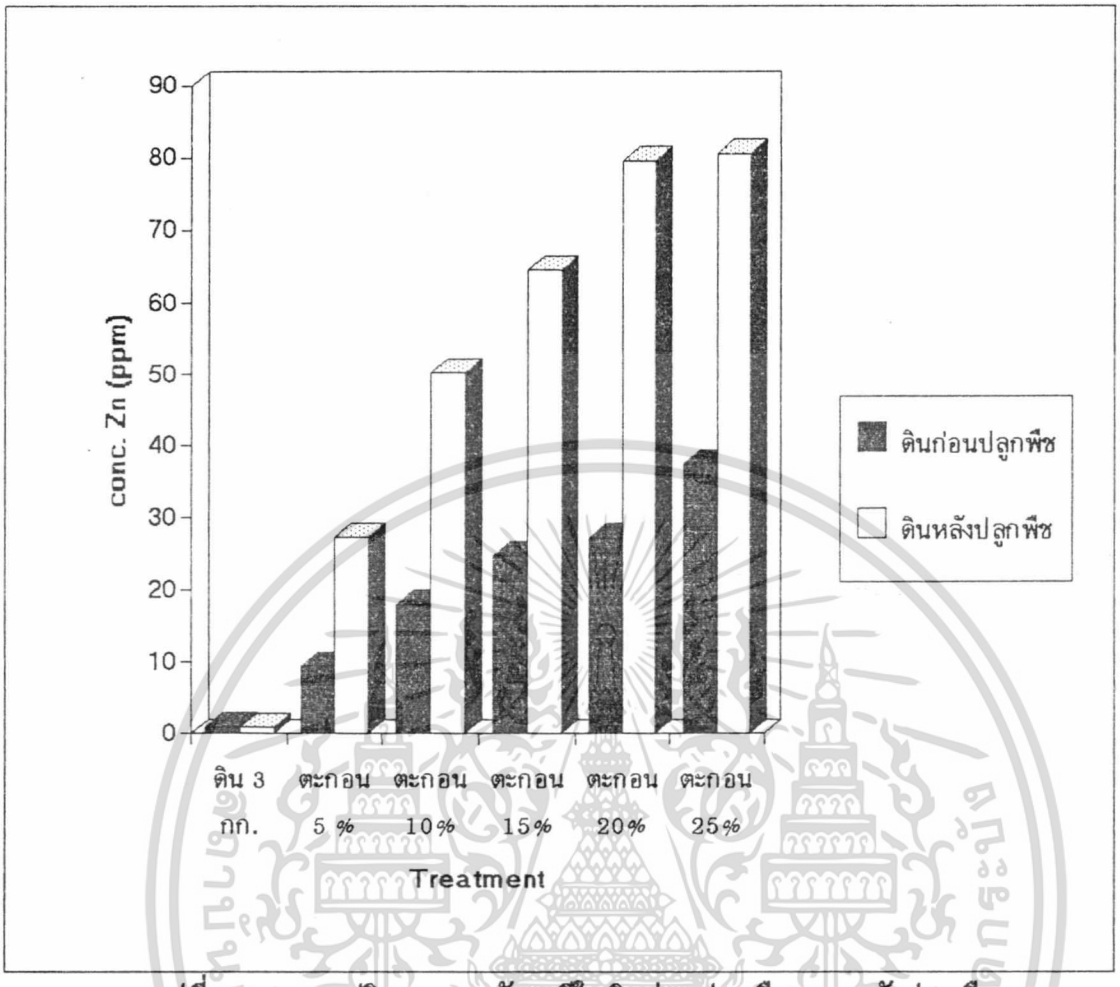


กราฟที่ 12 แสดงปริมาณธาตุเหล็กในดินก่อนปลูกพืช และหลังปลูกพืช

16. Zinc (Zn)

ความเข้มข้นของสังกะสี (Zn) จะมีการเพิ่มขึ้นอย่างมาก เมื่อสัดส่วนของตะกอนเพิ่มขึ้น พบว่าในตำรับที่มีสัดส่วนของตะกอนมากที่สุดคือ 25% (T_6) ความเข้มข้นของสังกะสี (Zn) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับที่มีสัดส่วนของตะกอนน้อยกว่า ซึ่งมีความเข้มข้นสูงถึง 37.44 ppm ในตำรับที่ 1 (ตำรับควบคุม) มีปริมาณความเข้มข้นของสังกะสี (Zn) น้อยมากเพียง 0.97 ppm และเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของตะกอนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งค่าความเข้มข้นของสังกะสี (Zn) ในแต่ละตำรับแสดงเปรียบเทียบทางสถิติไว้ในตารางผนวกที่ 77,78,79,80,81,82 และกราฟที่ 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

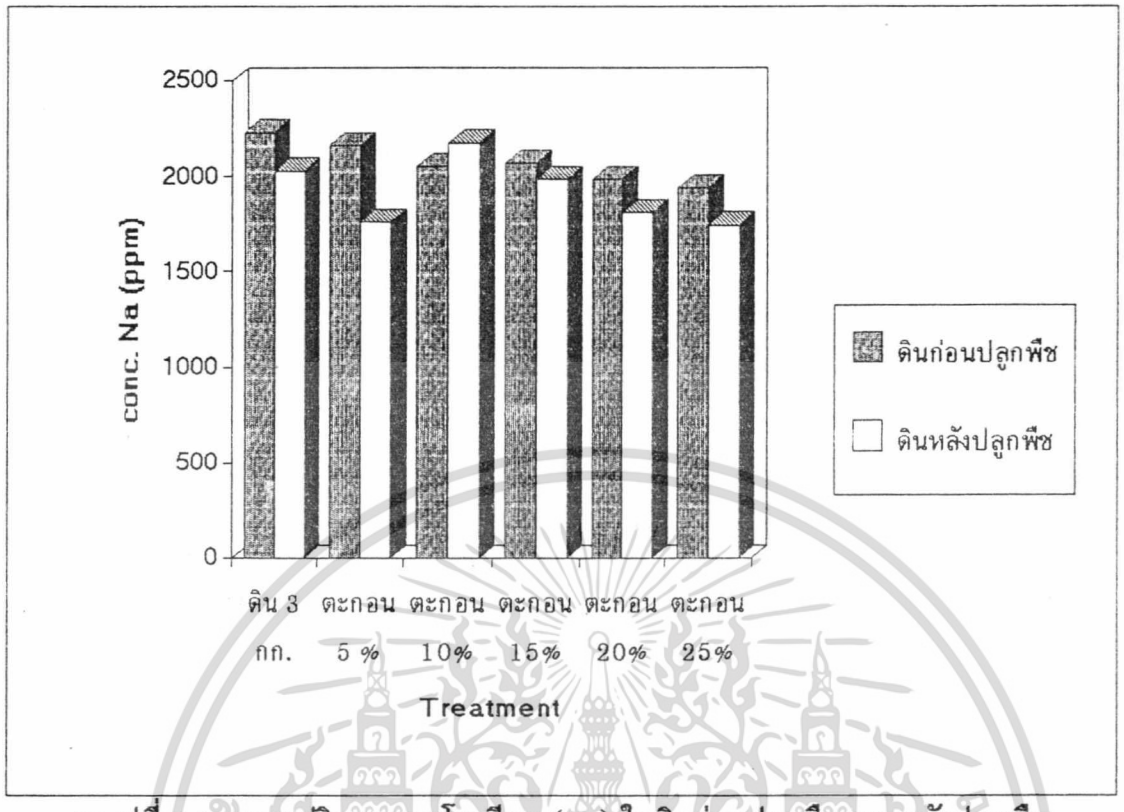


กราฟที่ 13 แสดงปริมาณธาตุสังกะสีในดินก่อนปลูกพืช และหลังปลูกพืช

17. Sodium (Na)

จากการทดลองพบว่าสัดส่วนของตะกอนที่เพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณของโซเดียม (Na) ลดลง ในตำรับที่ 1 (ตำรับควบคุม) ซึ่งมีเฉพาะชุดดินบางกอก พบว่าปริมาณโซเดียม (Na) สูงสุด มีความเข้มข้น 2026.28 ppm และเมื่อเพิ่มตะกอนเป็น 10%, 15%, 20% และ 25% ในตำรับที่ 3,4,5 และ 6 พบว่ามีปริมาณความเข้มข้นลดลงคือ 2172.03 , 1985.21 , 1810.25 และ 1746.14 ppm ตามลำดับ ปริมาณของโซเดียม (Na) ในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติซึ่งแสดงค่าความเข้มข้นและเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของโซเดียม (Na) ในแต่ละตำรับ การทดลองไว้ในตารางผนวกที่ 83,84,85,86,87,88 และกราฟที่ 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 14 แสดงปริมาณธาตุโซเดียม (Na) ในดินก่อนปลูกพืช และหลังปลูกพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจารณ์ผลการทดลอง

<u>อิทธิพลของตะกอน</u>

1. อิทธิพลของตะกอนต่อความสูงของทรงพุ่ม

ในการทดลองพบว่าใน 6 ตำรับ จากการทอลองพบว่าความสูงของทรงพุ่มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อสัดส่วนของตะกอนเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในตำรับที่ 5 และ 6 ซึ่งมีสัดส่วนของตะกอน 20% และ 25% ให้ความสูงของทรงพุ่มมากที่สุด และในตำรับที่มีสัดส่วนของตะกอนน้อย ความสูงของทรงพุ่มจะน้อยลง และน้อยที่สุดเมื่อไม่มีสัดส่วนของตะกอน

2. อิทธิพลของตะกอนต่อความยาวของใบ

ตำรับที่ไม่มีตะกอน(ตำรับควบคุม) จะให้ความยาวของใบน้อยที่สุด และเมื่อเพิ่มสัดส่วนของตะกอนความยาวของใบมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้น ตามจำนวนของตะกอนที่เพิ่มขึ้น และความยาวของใบมากที่สุดในตำรับที่ 5 ซึ่งมีสัดส่วนของตะกอน 20% ค่าที่มากที่สุดของความยาวใบในตำรับที่ 5 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับอื่น

3. อิทธิพลของตะกอนต่อความกว้างของใบ

ใน 6 ตำรับการทดลอง พบว่าในตำรับที่ 5 ซึ่งมีสัดส่วนของตะกอน 20% จะให้ความกว้างของใบมากที่สุดคือ 10.25 เซนติเมตร ตำรับที่ให้ความกว้างของใบรองลงมาคือ ตำรับที่มีสัดส่วนของตะกอน 25% (T_5) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4. อิทธิพลของตะกอนต่อรากแก้ว

จากการทดลองพบว่า ในตำรับที่มีเฉพาะชุดดินบางกอก (Bk) ความยาวของรากจะสูงสุด แต่ะลักษณะของรากจะเล็กผอม ซึ่งต่างจากในตำรับที่มีสัดส่วนของตะกอนในปริมาณต่างๆ ซึ่งความยาวของรากจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเมื่อสัดส่วนของตะกอนสูงขึ้น พบว่ามีแนวโน้มที่จะมีการเพิ่มความยาวรากแก้วและขนาดของรากแก้วที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งมีปริมาณของรากฝอยที่มีมากขึ้นด้วย ลักษณะรากมีความสมบูรณ์ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. อิทธิพลของตะกอนต่อ CEC

ค่า CEC ในแต่ละตำรับการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนักเมื่อเพิ่มอัตราส่วนของตะกอน แต่แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจะมีการเพิ่มขึ้น ในตำรับที่มีตะกอนมากที่สุดคือ ตำรับที่ 6 มีตะกอน 25% มีค่า CEC สูงที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับอื่น

6. อิทธิพลของตะกอนต่อ pH

ตะกอนที่เพิ่มขึ้นในแต่ละตำรับการทดลองทำให้ค่า pH ของดินสูงขึ้น และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ พบว่าค่า pH ของตำรับการทดลองที่ต่ำกว่า 6 ได้แก่ตำรับที่ 1,2 และ 3 ซึ่งมีเฉพาะชุดดินบางกอก (Bk) มีตะกอน 5% และตะกอน 10% ตามลำดับ และตำรับที่ 3,4 และ 5 จะมี pH ของดินเพิ่มขึ้นเมื่อสัดส่วนของตะกอนเพิ่มขึ้นในระดับต่างๆ และมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช

7. อิทธิพลของตะกอนต่อไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (N&P)

พบว่าการเพิ่มปริมาณตะกอน มีผลทำให้ปริมาณของไนโตรเจน(N) และฟอสฟอรัส (Avai.-P) เพิ่มขึ้น แนวโน้มของการเพิ่มขึ้นจะเป็นไปตามจำนวนของตะกอนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งในตำรับที่ 5 และ 6 ซึ่งมีปริมาณของตะกอนมากคือ 20% และ 25% ตามลำดับ มีปริมาณของไนโตรเจน (N) และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avai.-P) มากว่าในตำรับที่มีเฉพาะชุดดินบางกอก(Bk) มาก

8. อิทธิพลของตะกอนต่อโปแตสเซี่ยมและโซเดียม (K&Na)

ในชุดดินบางกอก(Bk) มีปริมาณของโปแตสเซี่ยม (K) และโซเดียม (Na) สูง พบว่าการใช้ชุดดินบางกอก(Bk) อย่างเดียว (ตำรับควบคุม) จะให้ปริมาณของโปแตสเซี่ยม (K) และโซเดียม (Na) มากที่สุดและจะลดลงเมื่อมีการเพิ่มของตะกอนตามลำดับ การลดลงของปริมาณโปแตสเซี่ยม (K) และโซเดียม (Na) จะมีแนวโน้มที่ลดลง แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในตำรับที่มีปริมาณความเข้มข้นมากที่สุด กับตำรับที่มีความเข้มข้นน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. อิทธิพลของตะกอนต่อแคลเซี่ยมและแมกนีเซี่ยม (Ca & Mg)

การเปลี่ยนแปลงของแคลเซี่ยม(Ca) และแมกนีเซี่ยม(Mg) จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นอย่างเล็กน้อย เมื่อสัดส่วนของตะกอนเพิ่มขึ้น ความแตกต่างระหว่างตำรับที่มีเฉพาะชุดดินบางกอก(Bk) (ตำรับควบคุม) กับตำรับที่มีสัดส่วนของตะกอนมากที่สุด(T_6) มีค่าแตกต่างกันมาก และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

10. อิทธิพลของตะกอนต่อจุลธาตุ (Fe, Mn, Cu & Zn)

จากการทดลองพบว่าจุลธาตุมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อสัดส่วนของตะกอนเพิ่มขึ้นยกเว้น เหล็ก (Fe) ซึ่งจะมีความแปรปรวนไม่มีการเพิ่มขึ้นหรือลดลง อย่างมีทิศทางเมื่อเพิ่มสัดส่วนของตะกอน ซึ่งจะแตกต่างจาก แมงกานีส(Mn), ทองแดง(Cu) และสังกะสี(Zn) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

<u>อิทธิพลของชุดดินบางกอก (Bk)</u>

อิทธิพลของชุดดินบางกอก (Bk) ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลี สามารถกล่าวได้ดังนี้

1. กรณีที่มีเฉพาะชุดดินบางกอก (Bk) การเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลีไม่ดี เพราะชุดดินบางกอก (Bk) มีความหนาแน่นรวมสูง การระบายน้ำและอากาศเลว และมีเนื้อดินเหนียว ซึ่งคุณสมบัติเหล่นี้เป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตของพืช อย่างไรก็ตาม ในชุดดินบางกอก (Bk) มีปริมาณของ โปแตสเซี่ยม(K) ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักของพืชอยู่สูง และในตำรับที่ 1 (ตำรับควบคุม) ความยาวของรากแก้วของพืชผักสูงอีกด้วย โดยสรุปแล้วชุดดินบางกอก (Bk) มีความเหมาะสมในด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินปานกลาง และเมื่อปรับปรุงให้มีความพรุนสูงขึ้น (ลดความหนาแน่นรวม) จะทำให้เหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืชมากขึ้น

2. กรณีที่มีการผสมตะกอนในสัดส่วนต่างๆ ลงในชุดดินบางกอก (Bk) พบว่าการเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลีจะดีขึ้น เพราะวัสดุปลูกจะมีความเหมาะสมทางฟิสิกส์ ความหนาแน่นรวมของวัสดุปลูกจะลดลง และความพรุนจะเพิ่มขึ้น ความเหนียวของดินน้อยลง การระบายน้ำและอากาศจะดีขึ้น พบว่าในตำรับที่ 5 ซึ่งมีสัดส่วนของตะกอน 20% ทำให้การเจริญเติบโตของผักกาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาวปลีดีที่สุด เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติแล้ว พบว่า ให้น้ำหนักสดมากที่สุด และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

นอกจากนั้นพบว่าในชุดดินบางกอก(Bk) ที่มีการใช้ตะกอนร่วมยังสามารถให้ปริมาณความเข้มข้นของ แคลเซี่ยม(Ca) และแมกนีเซี่ยม(Mg) ที่ค่อนข้างไม่เปลี่ยนแปลงและการดูดใช้โปแตสเซี่ยม(K) ของผักกาดขาวปลียังมีค่าค่อนข้างคงที่ เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่ใช้ตะกอนร่วมอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

การศึกษาความเป็นประโยชน์ต่อพืชของตะกอนที่ได้จากโรงงานบำบัดน้ำเสียสี่พระยา; ศึกษาในกรณีชุดดินบางกอก (Bk) โดยใช้ผักกาดขาวปลี (Brassica pekinensis) เป็นพืชทดสอบ สรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. อัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลีคือ อัตราส่วนระหว่างดิน : ตะกอน เท่ากับ 80 : 20 โดยน้ำหนักแห้งที่อุณภูมิห้อง ซึ่งอัตราส่วนที่เหมาะสมนี้ทำให้น้ำหนักสดน้ำหนักแห้งของพืชทดสอบสูงที่สุด อีกทั้งการระบายน้ำ ระบายอากาศของวัสดุปลูกในกระถางดี การเจริญเติบโตของพืชทดสอบมีความสม่ำเสมอ เมื่อทำการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่า มีปริมาณธาตุอาหารพืชที่เป็นประโยชน์สูง

2. ปริมาณธาตุอาหารพืชที่เป็นประโยชน์ต่อผักกาดขาวปลี สรุปได้ดังนี้

2.1 ไนโตรเจน(N) ปริมาณไนโตรเจน(N) ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างดิน : ตะกอน เท่ากับ 0.061 เปอร์เซนต์

2.2 ฟอสฟอรัส(P) ปริมาณของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์(Avai.-P) ประโยชน์ต่อพืชในอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างดิน : ตะกอน เท่ากับ 0.020%

2.3 โปแตสเซี่ยม(K) ปริมาณของโปแตสเซี่ยม(K) ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างดิน : ตะกอน เท่ากับ 464.83 ppm

2.4 แคลเซี่ยม(Ca) ปริมาณของแคลเซี่ยม(Ca) ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างดิน : ตะกอน เท่ากับ 239.74 ppm

2.5 แมกนีเซี่ยม(Mg) ปริมาณของแมกนีเซี่ยม(Mg) ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างดิน : ตะกอน เท่ากับ 69.92 ppm

2.6 เหล็ก(Fe) ความเข้มข้นของเหล็ก(Fe) ในวัสดุปลูก ในอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างดิน : ตะกอน เท่ากับ 38.46 DTPA(ppm)

2.7 แมงกานีส(Mn) ความเข้มข้นของแมงกานีส(Mn) ในวัสดุปลูก ในอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างดิน : ตะกอน เท่ากับ 82.03 DTPA(ppm)

2.8 ทองแดง(Cu) ความเข้มข้นของทองแดง(Cu) ในวัสดุปลูก ในอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างดิน : ตะกอน เท่ากับ 46.79 DTPA(ppm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 สังกะสี(Zn) ความเข้มข้นของสังกะสี(Zn) ในวัสดุปลูก ในอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างดิน : ตะกอน เท่ากับ 27.22 DTPA(ppm)

2.10 โซเดียม(Na) ปริมาณของโซเดียม(Na) ที่มีในวัสดุปลูก ที่มีอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างดิน : ตะกอน เท่ากับ 1983.73 ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

เกษม จันทร์แก้ว. 2524. วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม. เอกสารประกอบการสมนา "วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม" น้ำและปัญหาน้ำเสียในประเทศไทย. คณะกรรมการบัณฑิตศึกษา, สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

กรรณิการ์ สิริสิงห์. 2522. เคมีของน้ำ น้ำโสโครก และการวิเคราะห์ [ฉบับปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติม]. สารมวลชน. กรุงเทพฯ.

ธรรมนูญ โรจนะบุรานนท์ และคณะ. 2526 . รายงานผลการวิจัยศึกษาสภาวะแวดล้อมทางน้ำในคลองหลักของกรุงเทพมหานคร. ผลงานวิจัย. กรุงเทพฯ.

เบญจา พวงสุวรรณ. 2525. น้ำทิ้ง-น้ำเสีย พ.ศ. 2514-2523. รายงานการศึกษาวิเคราะห์ผลงานวิจัยอันดับที่ 6. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพฯ.

เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต. 2525. แหล่งน้ำกับปัญหามลภาวะ. [กรุงเทพฯ]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

พีรพล นนทแก้ว. 2534. ความสัมพันธ์ของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซี่ยม ของดินตะกอนระดับความลึกของดินในบึงมักกะสัน. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. ภาควิชาปฐพีวิทยา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พัชรีสาร รุจิยาปนนท์. 2534. การใช้ตะกอนบึงมักกะสันในรูปวัสดุปลูก. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. ภาควิชาปฐพีวิทยา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิทยา เพียรวิจิตร. 2525. เทคโนโลยีการกำจัดน้ำเสีย. [กรุงเทพฯ]. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ.

ศูนย์วิจัยสภาวะแวดล้อม 2520. ปัญหามลภาวะของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย. รายงานสัมนาทางวิชาการ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

สมคิด แก้วไทรหงวน. 2526. ผลกระทบจากการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ ต่อปริมาณและการเคลื่อนที่ของตะกอนในลำน้ำ จากลุ่มน้ำขนาดเล็กบริเวณทุ่งจ๊อ จังหวัดเชียงใหม่. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. ภาควิชาปฐพีวิทยา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมบัติ เจริญพัฒน์. 2532. ขบวนการเลี้ยงตะกอนจุลินทรีย์ด้วยเครื่องเติมอากาศแบบแผ่นตัวกลางในท่าประกอบวงล้อ. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. ภาควิชาวิศวะกรรมโยธา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สุนี ตันติกุล. 2531. คุณภาพน้ำ. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุริยา สาสนรักกิจ. 2525. การศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโปแตส เซี่ยมที่มีต่อการเจริญเติบโตของข้าวที่ปลูกในดินนา ของที่ราบลุ่มกรุงเทพฯ. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. ภาควิชาปฐพีวิทยา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุริยา สาสนรักกิจ. 2531. การประเมินประสิทธิภาพของอินทรียวัตถุเหลือใช้บางอย่างในการเป็นปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าว. ปัญหาพิเศษปริญญาเอก. ภาควิชาปฐพีวิทยา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อดุลย์ คนยัง. 2532 การเคลื่อนที่ของน้ำในร่องปลูกและการให้น้ำของผักกาดขาวปลี. ปัญหาพิเศษปริญญาโท. ภาควิชาปฐพีวิทยา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

AVRDC. 1981. Chainese Cabbage. Proceedings of the First Interational Symposiun. Shsnhua, Tainan, Taiwan, Chaina.

Beardsell, C.V., D.G. Cassel and R.A. Larson. 1981. Physical properties of nursery potting-mixture. Scientia Hortic. 11:1-8.

Beabington, F. 1977. Trace element in rainwater and dry deposition around a smelring complex. Environ. Pollut.. 12:127-131.

Bilderback, T.E., W.C. Fonteno and D.R. Johnson. 1982. Physical properties of media composed of peanut hulls, pine bark and peatmoss and their effects on azalea growth. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107(3):522-525.

Criley, R.A. and R.T. Watanabe. 1974. Response of chrysanthemum in four soilless media. Hort. Sci. 9(4):385-387.

Fonteno, W.C., D.K. Cassel and R.A. Larson. 1981. Physical properties of three container media and their effect on poinettia growth. J. Amer. Soc. hort. Sci. 106(6):736-741.

Krause, G.H.M. and Kaiser, H. 1977. plant respone ro heavy metals and sulphur sioxide. Environ. Pollut. 12:63-71.

MacBean, John. 1961. The Soil. Understanding and Managin Siol or crop Production. FEBER AND FEBER , Russell Square, London.

National Research council. 1981. Food, Fuel and Fertilizer from Organic Wastes. Report of an Ad Hoc Penel of the Advisory Committee on Technology International Development Commission on International Relation. National Acedemy Press, Wachigton, D.C.

Poole, R.T. and W.E. Wasters. 1972. Media for potted foliage plants. Florida Foliage. Grower 9(7) : 5-7.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Seherb, J. 1973. Heavy metals--taxicity. In "Metal ions in biological system. Studies of some biological and environmental problems." Edited by S.K. Dhar. De Paul University.

Singer, M.T. and Hanson, L. 1969. Lead Accomulation in Siol near Highways in the twin eities metropolitan area. Soil Sci. Soc. Aner. Proc. 33:152-153.

Smith. W.H. 1975. Lead Contamation of the roadside ecosysten. The 68th Annual Meeting of the Air Pollution Control Association, Boston, Mass. No. 75-181. June 15-20.

Swaine, D.J. 1955. The trace element content of soils. Commonwealth Bur. Soil Sci. Tech. comm. No. 28. Hearld Printing Werks. Conley St., York England.

Waters, W.E., W. Llewellyn and J. NeSmith. 1970. The chemical, physical and salinity characteristics of twenty-seven soil media. Florida Sta. Hort. Soc. 83:482-488.

Watanabe H., Chermsiri Ch., Attajarusit S. and Cholitkul W. 1991. Evaluation of Upland Soils Fertility in Thailand. Under the Cooperation Research Work between Thailand and Japan. March.

Zimdsahl, R.L. 1975. Entry and movement in vegetation of lead derived from air and soil sources. The 68th Annual Meeting of the Air Pollution Control Association. Boston. mass. June 15-20.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงความสูงเฉลี่ยของผักกาดขาวปลี

ตำรับ	จำนวนซ้ำ				ค่าเฉลี่ย
	I	II	III	IV	(cm.)
ดิน 3 กก.	11.00	11.00	9.00	10.00	10.25
ตะกอน 5 %	13.00	11.00	14.00	14.00	13.00
ตะกอน 10%	19.00	17.00	20.00	14.00	17.50
ตะกอน 15%	8.00	16.00	17.00	12.00	13.25
ตะกอน 20%	19.00	19.00	16.00	21.00	18.75
ตะกอน 25%	20.00	19.00	14.00	22.00	18.75

ตารางที่ 2 Analysis of Variance แสดงความสูงของผักกาดขาวปลี

Source of Variation	Degree of Freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean Square (MS)	F
Treatment	5	254.50	50.90	7.16**
Error	18	128.00	7.11	
Total	23	382.50		

cv = 17.48% ** = Significant at 1% level

ตารางที่ 3 แสดงความสูงของผักกาดขาวปลี

ตำรับ	อันดับ	ค่าเฉลี่ย
ดิน 3 กก.	5	10.25^{b}
ตะกอน 5%	4	13.00^{ab}
ตะกอน 10%	2	17.50^{a}
ตะกอน 15%	3	13.25^{ab}
ตะกอน 20%	1	18.75^{a}
ตะกอน 25%	1	18.75^{a}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 แสดงความกว้างเฉลี่ยของใบผักกาดขาวปลี

ตำรับ	จำนวนซ้ำ				ค่าเฉลี่ย
	I	II	III	IV	(cm.)
ดิน 3 กก.	11.00	13.00	12.00	13.00	12.25
ตะกอน 5 %	16.00	13.00	18.00	21.00	17.00
ตะกอน 10%	24.00	27.00	29.00	22.00	25.50
ตะกอน 15%	5.50	18.00	26.00	13.00	15.63
ตะกอน 20%	33.00	31.00	25.00	32.00	30.25
ตะกอน 25%	29.00	30.00	14.00	33.00	26.50

ตารางที่ 5 Analysis of Variance แสดงความกว้างของใบผักกาดขาวปลี

Source of Variation	Degree of Freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean Square (MS)	F
Treatment	5	1029.22	205.84	6.81**
Error	18	544.19	30.23	
Total	23	1573.41		

cv = 25.95% ** = Significant at 1% level

ตารางที่ 6 แสดงความกว้างของใบผักกาดขาวปลี

ตำรับ	อันดับ	ค่าเฉลี่ย
ดิน 3 กก.	6	12.25^{c}
ตะกอน 5%	4	17.00^{bc}
ตะกอน 10%	3	25.50^{ab}
ตะกอน 15%	5	15.63^{bc}
ตะกอน 20%	1	30.25^{a}
ตะกอน 25%	2	26.50^{ab}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 แสดงความยาวเฉลี่ยของรากแก้วผักกาดขาวปลี

ตำรับ	จำนวนซ้ำ				ค่าเฉลี่ย
	I	II	III	IV	(cm.)
ดิน 3 กก.	6.00	9.00	11.00	10.00	9.00
ตะกอน 5 %	5.00	4.00	4.00	6.00	4.75
ตะกอน 10%	6.00	10.00	5.00	6.00	6.75
ตะกอน 15%	3.00	7.00	6.00	4.00	5.00
ตะกอน 20%	7.00	5.00	5.00	6.00	5.75
ตะกอน 25%	9.00	7.00	4.00	7.00	6.75

ตารางที่ 8 Analysis of Variance แสดงความยาวของรากแก้วผักกาดขาวปลี

Source of Variation	Degree of Freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean Square (MS)	F
Treatment	5	48.33	9.67	3.05*
Error	18	57.00	3.17	
Total	23	105.33		

cv = 28.13% * = Significant at 5% level

ตารางที่ 9 แสดงความยาวของรากแก้วผักกาดขาวปลี

ตำรับ	อันดับ	ค่าเฉลี่ย
ดิน 3 กก.	1	9.00^{a}
ตะกอน 5%	5	4.75^{b}
ตะกอน 10%	2	6.75^{ab}
ตะกอน 15%	4	5.00^{b}
ตะกอน 20%	3	5.75^{b}
ตะกอน 25%	2	6.75^{ab}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 แสดงน้ำหนักสดเฉลี่ยของผักกาดขาวปลีในระยะเก็บเกี่ยว

ตำรับ	จำนวนซ้ำ				ค่าเฉลี่ย
	I	II	III	IV	(g)
ดิน 3 กก.	7.16	11.40	9.77	10.69	9.76
ตะกอน 5 %	18.33	22.21	28.65	51.79	30.25
ตะกอน 10%	71.91	105.37	93.44	47.80	79.63
ตะกอน 15%	5.54	50.69	87.70	28.56	43.12
ตะกอน 20%	179.06	138.37	63.77	120.51	125.43
ตะกอน 25%	144.49	114.45	16.50	156.79	108.06

ตารางที่ 11 Analysis of Variance แสดงน้ำหนักสดของผักกาดขาวปลีในระยะเก็บเกี่ยว

Source of Variation	Degree of Freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean Square (MS)	F
Treatment	5	41806.11	8361.22	4.14*
Error	18	36381.26	2021.18	
Total	23	78187.37		

cv = 68.08% * = Significant at 5% level

ตารางที่ 12 แสดงน้ำหนักสดของผักกาดขาวปลีในระยะเก็บเกี่ยว

ตำรับ	อันดับ	ค่าเฉลี่ย
ดิน 3 กก.	6	9.76^{c}
ตะกอน 5%	5	30.25^{c}
ตะกอน 10%	4	79.63^{abc}
ตะกอน 15%	3	43.12^{cb}
ตะกอน 20%	2	125.43^{a}
ตะกอน 25%	1	108.06^{ab}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 แสดงน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของผักกาดขาวปลีในระยะเก็บเกี่ยว

ตำรับ	จำนวนซ้ำ				ค่าเฉลี่ย
	I	II	III	IV	(g)
ดิน 3 กก.	2.08	2.35	2.43	2.07	2.23
ตะกอน 5 %	4.14	3.38	3.30	5.81	4.16
ตะกอน 10%	7.38	10.12	8.61	4.80	7.73
ตะกอน 15%	1.79	6.49	7.81	4.66	5.19
ตะกอน 20%	12.20	11.37	5.78	9.92	9.82
ตะกอน 25%	11.71	11.03	2.53	11.60	9.22

ตารางที่ 14 Analysis of Variance แสดงน้ำหนักแห้งของผักกาดขาวปลีในระยะเก็บเกี่ยว

Source of Variation	Degree of Freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean Square (MS)	F
Treatment	5	181.13	36.23	5.23**
Error	18	124.68	6.93	
Total	23	305.81		

cv = 41.20% ** = Significant at 1% level

ตารางที่ 15 แสดงน้ำหนักแห้งของผักกาดขาวปลีในระยะเก็บเกี่ยว

ตำรับ	อันดับ	ค่าเฉลี่ย
ดิน 3 กก.	6	2.23[b]
ตะกอน 5%	5	4.16[ab]
ตะกอน 10%	3	7.73[ab]
ตะกอน 15%	4	5.19[ab]
ตะกอน 20%	1	9.82[a]
ตะกอน 25%	2	9.22[a]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 16 แสดงค่าเฉลี่ยของ pH (ดิน : น้ำ = 1 : 5)

ตำรับ	จำนวนซ้ำ				ค่าเฉลี่ย
	I	II	III	IV	(cm.)
ดิน 3 กก.	5.73	5.73	5.73	5.73	5.73
ตะกอน 5 %	5.87	5.84	5.81	5.81	5.83
ตะกอน 10%	5.96	5.89	5.97	5.88	5.93
ตะกอน 15%	6.13	6.08	6.13	6.17	6.13
ตะกอน 20%	6.18	6.22	6.20	6.30	6.23
ตะกอน 25%	6.24	6.42	6.28	6.22	6.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 17 แสดงค่าเฉลี่ยของ CEC ในดินก่อนปลูกพืช

ตำรับ	จำนวนซ้ำ				ค่าเฉลี่ย
	I	II	III	IV	(meq/g)
ดิน 3 กก.	35.88	33.38	37.67	63.24	42.54
ตะกอน 5 %	39.04	43.53	43.18	40.94	41.67
ตะกอน 10	54.99	51.14	34.89	50.00	47.76
ตะกอน 15	40.00	36.78	33.10	46.24	39.03
ตะกอน 20	39.38	46.90	49.15	46.63	45.52
ตะกอน 25	53.29	41.41	50.11	37.47	45.57

ตารางที่ 18 Analysis of Variance แสดงค่า CEC ในดินก่อนปลูกพืช

Source of Variation	Degree of Freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean Square (MS)	F
Treatment	5	201.97	40.39	0.64^{ns}
Error	18	1138.30	63.24	
Total	23	1340.27		

cv = 18.21% ns = Not Significant

ตารางที่ 19 แสดงค่าเฉลี่ยของ CEC ในดินก่อนปลูกพืช

ตำรับ	อันดับ	ค่าเฉลี่ย
ดิน 3 กก.	6	42.54
ตะกอน 5%	5	41.67
ตะกอน 10%	4	47.76
ตะกอน 15%	2	39.03
ตะกอน 20%	3	45.52
ตะกอน 25%	1	45.57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 20 แสดงปริมาณเฉลี่ยของไนโตรเจน (%N) ในดินก่อนปลูกพืช

ตำรับ	จำนวนซ้ำ				ค่าเฉลี่ย
	I	II	III	IV	(%)
ดิน 3 กก.	0.014	0.017	0.018	0.014	0.016
ตะกอน 5 %	0.034	0.021	0.025	0.040	0.030
ตะกอน 10 %	0.050	0.044	0.039	0.050	0.046
ตะกอน 15 %	0.043	0.051	0.061	0.047	0.051
ตะกอน 20 %	0.054	0.059	0.062	0.067	0.061
ตะกอน 25 %	0.085	0.082	0.139	0.079	0.096

ตารางที่ 21 Analysis of Variance แสดงปริมาณไนโตรเจน (%N) ในดินก่อนปลูกพืช

Source of Variation	Degree of Freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean Square (MS)	F
Treatment	5	0.015	0.003	15**
Error	18	0.003	0.0002	
Total	23	0.018		

cv = 28.28% ** = Significant at 1% level

ตารางที่ 22 แสดงปริมาณของไนโตรเจน (%N) ในดินก่อนปลูกพืช

ตำรับ	อันดับ	ค่าเฉลี่ย
ดิน 3 กก.	6	0.016^{c}
ตะกอน 5%	5	0.030^{bc}
ตะกอน 10%	4	0.046^{bc}
ตะกอน 15%	3	0.051^{b}
ตะกอน 20%	2	0.061^{b}
ตะกอน 25%	1	0.096^{a}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 23 แสดงปริมาณเฉลี่ยของไนโตรเจน (%N) ในดินหลังปลูกพืช

ตำรับ	จำนวนซ้ำ				ค่าเฉลี่ย
	I	II	III	IV	(%)
ดิน 3 กก.	0.021	0.019	0.022	0.022	0.021
ตะกอน 5 %	0.034	0.034	0.028	0.039	0.034
ตะกอน 10 %	0.057	0.054	0.048	0.050	0.052
ตะกอน 15 %	0.056	0.049	0.057	0.054	0.054
ตะกอน 20 %	0.090	0.086	0.081	0.070	0.082
ตะกอน 25 %	0.071	0.087	0.115	0.090	0.091

ตารางที่ 24 Analysis of Variance แสดงปริมาณไนโตรเจน (%N) ในดินหลังปลูกพืช

Source of Variation	Degree of Freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean Square (MS)	F
Treatment	5	0.015	0.003	50**
Error	18	0.001	0.00006	
Total	23	0.016		

cv = 13.83% ** = Significant at 1% level

ตารางที่ 25 แสดงปริมาณของไนโตรเจน (%N) ในดินหลังปลูกพืช

ตำรับ	อันดับ	ค่าเฉลี่ย
ดิน 3 กก.	6	0.021[d]
ตะกอน 5%	5	0.034[cd]
ตะกอน 10%	4	0.052[bc]
ตะกอน 15%	3	0.054[b]
ตะกอน 20%	2	0.082[a]
ตะกอน 25%	1	0.091[a]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 26 แสดงปริมาณเฉลี่ยของธาตุไนโตรเจน (%N) ในพืช

ตำรับ	จำนวนซ้ำ				ค่าเฉลี่ย
	I	II	III	IV	(%)
ดิน 3 กก.	0.09	0.11	0.20	0.21	0.15
ตะกอน 5 %	0.26	0.28	0.41	0.30	0.31
ตะกอน 10%	0.29	0.46	0.38	0.37	0.38
ตะกอน 15%	0.28	0.29	0.37	0.31	0.31
ตะกอน 20%	0.49	0.38	0.41	0.40	0.42
ตะกอน 25%	0.48	0.50	0.51	0.42	0.48

ตารางที่ 27 Analysis of Variance แสดงธาตุไนโตรเจน (%N) ในพืช

Source of Variation	Degree of Freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean Square (MS)	F
Treatment	5	0.25	0.05	16.67**
Error	18	0.06	0.003	
Total	23	0.31		

cv = 16.11% ** = Significant at 1% level

ตารางที่ 28 แสดงปริมาณธาตุไนโตรเจน (%N) ในพืช

ตำรับ	อันดับ	ค่าเฉลี่ย
ดิน 3 กก.	5	0.15[c]
ตะกอน 5%	4	0.31[b]
ตะกอน 10%	3	0.38[ab]
ตะกอน 15%	4	0.31[b]
ตะกอน 20%	2	0.42[ab]
ตะกอน 25%	1	0.48[a]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 29 แสดงปริมาณเฉลี่ยของฟอสฟอรัส (%P)ในดินก่อนปลูกพืช

ตำรับ	จำนวนซ้ำ				ค่าเฉลี่ย
	I	II	III	IV	(%)
ดิน 3 กก.	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001
ตะกอน 5%	0.010	0.006	0.005	0.010	0.007
ตะกอน 10%	0.017	0.013	0.013	0.011	0.014
ตะกอน 15%	0.012	0.015	0.036	0.020	0.021
ตะกอน 20%	0.020	0.025	0.014	0.020	0.020
ตะกอน 25%	0.030	0.026	0.029	0.024	0.027

ตารางที่ 30 Analysis of Variance แสดงปริมาณฟอสฟอรัส (%P) ในดินก่อนปลูกพืช

Source of Variation	Degree of Freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean Square (MS)	F
Treatment	5	0.002	0.0004	8.00**
Error	18	0.001	0.00005	
Total	23	0.003		

cv = 47.14% ** = Significant at 1% level

ตารางที่ 31 แสดงปริมาณของฟอสฟอรัส (%P) ในดินก่อนปลูกพืช

ตำรับ	อันดับ	ค่าเฉลี่ย
ดิน 3 กก.	6	0.001[b]
ตะกอน 5%	5	0.007[b]
ตะกอน 10%	4	0.014[ab]
ตะกอน 15%	2	0.021[a]
ตะกอน 20%	3	0.020[a]
ตะกอน 25%	1	0.027[a]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 32 แสดงปริมาณเฉลี่ยของฟอสฟอรัส (%P) ในดินหลังปลูกพืช

ตำรับ	จำนวนซ้ำ				ค่าเฉลี่ย
	I	II	III	IV	(%)
ดิน 3 กก.	0.003	0.004	0.001	0.002	0.003
ตะกอน 5 %	0.013	0.013	0.005	0.008	0.010
ตะกอน 10%	0.015	0.015	0.009	0.018	0.014
ตะกอน 15%	0.015	0.014	0.015	0.018	0.016
ตะกอน 20%	0.020	0.026	0.019	0.025	0.023
ตะกอน 25%	0.021	0.025	0.021	0.021	0.022

ตารางที่ 33 Analysis of Variance แสดงปริมาณฟอสฟอรัส (%P) ในดินหลังปลูกพืช

Source of Variation	Degree of Freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean Square (MS)	F
Treatment	5	0.0011395	0.0002	20**
Error	18	0.0002	0.00001	
Total	23	0.001292		

cv = 21.08% ** = Significant at 1% level

ตารางที่ 34 แสดงปริมาณของฟอสฟอรัส (%P) ในดินหลังปลูกพืช

ตำรับ	อันดับ	ค่าเฉลี่ย
ดิน 3 กก.	6	0.003[c]
ตะกอน 5%	5	0.010[bc]
ตะกอน 10%	4	0.014[ab]
ตะกอน 15%	3	0.016[ab]
ตะกอน 20%	1	0.023[a]
ตะกอน 25%	2	0.022[a]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 35 แสดงปริมาณเฉลี่ยของธาตุฟอสฟอรัส (%P) ในพืช

ตำรับ	จำนวนซ้ำ				ค่าเฉลี่ย
	I	II	III	IV	(%)
ดิน 3 กก.	0.12	0.10	0.21	0.13	0.15
ตะกอน 5 %	0.12	0.09	0.16	0.15	0.13
ตะกอน 10%	0.27	0.46	0.45	0.33	0.38
ตะกอน 15%	0.26	0.36	0.33	0.07	0.26
ตะกอน 20%	0.44	0.27	0.49	0.42	0.41
ตะกอน 25%	0.47	0.55	0.46	0.40	0.47

ตารางที่ 36 Analysis of Variance แสดงธาตุฟอสฟอรัส (%P) ในพืช

Source of Variation	Degree of Freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean Square (MS)	F
Treatment	5	0.40	0.08	11.43**
Error	18	0.13	0.007	
Total	23	0.53		

cv = 27.89% ** = Significant at 1% level

ตารางที่ 37 แสดงปริมาณธาตุฟอสฟอรัส (%P) ในพืช

ตำรับ	อันดับ	ค่าเฉลี่ย
ดิน 3 กก.	5	0.15^{c}
ตะกอน 5%	6	0.13^{c}
ตะกอน 10%	3	0.38^{ab}
ตะกอน 15%	4	0.26^{bc}
ตะกอน 20%	2	0.41^{ab}
ตะกอน 25%	1	0.47^{a}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 38 แสดงปริมาณเฉลี่ยของธาตุโพแทสเซียม (K) ในดินก่อนปลูกพืช

ตำรับ	จำนวนซ้ำ				ค่าเฉลี่ย
	I	II	III	IV	(ppm)
ดิน 3 กก.	435.46	450.75	464.23	450.00	450.11
ตะกอน 5 %	445.00	464.89	356.48	357.86	406.06
ตะกอน 10%	394.30	493.34	434.99	472.58	448.80
ตะกอน 15%	352.33	407.64	510.12	497.51	441.90
ตะกอน 20%	476.22	447.71	513.42	421.96	464.83
ตะกอน 25%	497.55	484.15	530.21	525.67	509.40

ตารางที่ 39 Analysis of Variance แสดงธาตุโพแทสเซียม (K) ในดินก่อนปลูกพืช

Source of Variation	Degree of Freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean Square (MS)	F
Treatment	5	22504.48	4500.90	2.08^{ns}
Error	18	38923.77	2162.43	
Total	23	61428.25		

cv = 10.25% ns = Not Significant level

ตารางที่ 40 แสดงปริมาณธาตุโพแทสเซียม (K) ในดินก่อนปลูกพืช

ตำรับ	อันดับ	ค่าเฉลี่ย
ดิน 3 กก.	3	450.11
ตะกอน 5%	6	406.06
ตะกอน 10%	4	448.80
ตะกอน 15%	5	441.90
ตะกอน 20%	2	464.83
ตะกอน 25%	1	509.40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 41 แสดงปริมาณเฉลี่ยของธาตุโพแทสเซียม (K) ในดินหลังปลูกพืช

ตำรับ	จำนวนซ้ำ				ค่าเฉลี่ย
	I	II	III	IV	(ppm)
ดิน 3 กก.	201.35	205.98	217.59	213.34	209.57
ตะกอน 5 %	204.32	199.00	108.70	25.06	134.27
ตะกอน 10%	38.02	41.94	52.89	56.48	47.33
ตะกอน 15%	60.10	63.02	62.81	66.66	63.15
ตะกอน 20%	66.67	68.22	64.68	70.12	67.42
ตะกอน 25%	72.97	79.74	86.53	103.35	85.65

ตารางที่ 42 Analysis of Variance แสดงธาตุโพแทสเซียม (K) ในดินหลังปลูกพืช

Source of Variation	Degree of Freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean Square (MS)	F
Treatment	5	74276.37	14855.27	11.82**
Error	18	22614.51	1256.36	
Total	23	96890.88		

cv = 35.01% ** = Significant at 1% level

ตารางที่ 43 แสดงปริมาณธาตุโพแทสเซียม (K) ในดินหลังปลูกพืช

ตำรับ	อันดับ	ค่าเฉลี่ย
ดิน 3 กก.	1	209.57^{ab}
ตะกอน 5%	2	134.27^{b}
ตะกอน 10%	6	47.33^{c}
ตะกอน 15%	5	63.15^{bc}
ตะกอน 20%	4	67.42^{b}
ตะกอน 25%	3	85.65^{b}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 44 แสดงปริมาณเฉลี่ยของธาตุโพแทสเซียม (K) ในพืช

ตำรับ	จำนวนซ้ำ				ค่าเฉลี่ย
	I	II	III	IV	(ppm)
ดิน 3 กก.	1469.11	1300.78	1334.39	1232.56	1334.21
ตะกอน 5 %	1276.47	1217.46	1406.72	1388.09	1322.19
ตะกอน 10%	1139.53	1223.05	1115.15	1339.14	1204.22
ตะกอน 15%	1086.04	1047.18	1264.99	1115.10	1128.33
ตะกอน 20%	1218.14	1295.53	1350.51	1049.38	1228.39
ตะกอน 25%	1253.10	1364.65	1236.37	1163.33	1254.36

ตารางที่ 45 Analysis of Variance แสดงธาตุโพแทสเซียม (K) ในพืช

Source of Variation	Degree of Freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean Square (MS)	F
Treatment	5	118218.81	23643.76	2.31^{ns}
Error	18	184442.43	10246.80	
Total	23	302661.24		

cv = 8.13% ns = Not Significant level

ตารางที่ 46 แสดงปริมาณธาตุโพแทสเซียม (K) ในพืช

ตำรับ	อันดับ	ค่าเฉลี่ย
ดิน 3 กก.	1	1334.21
ตะกอน 5%	2	1322.19
ตะกอน 10%	5	1204.22
ตะกอน 15%	6	1128.33
ตะกอน 20%	4	1228.39
ตะกอน 25%	3	1254.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 47 แสดงปริมาณเฉลี่ยของธาตุแมกนีเซียม (Mg) ในดินก่อนปลูกพืช

ตำรับ	จำนวนซ้ำ				ค่าเฉลี่ย
	I	II	III	IV	(ppm)
ดิน 3 กก.	70.36	69.45	69.05	69.67	69.63
ตะกอน 5 %	70.00	68.73	68.66	69.74	69.28
ตะกอน 10%	69.22	69.50	69.67	69.12	69.38
ตะกอน 15%	69.44	69.56	68.66	70.29	69.49
ตะกอน 20%	69.49	69.72	70.30	70.17	69.92
ตะกอน 25%	69.95	70.69	70.98	70.38	70.50

ตารางที่ 48 Analysis of Variance แสดงธาตุแมกนีเซียม (Mg) ในดินก่อนปลูกพืช

Source of Variation	Degree of Freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean Square (MS)	F
Treatment	5	4.07	0.81	3*
Error	18	4.83	0.27	
Total	23	8.93		

cv = 0.75% * = Significant at 5% level

ตารางที่ 49 แสดงปริมาณธาตุแมกนีเซียม (Mg) ในดินก่อนปลูกพืช

ตำรับ	อันดับ	ค่าเฉลี่ย
ดิน 3 กก.	3	69.63[c]
ตะกอน 5%	6	69.28[d]
ตะกอน 10%	5	69.38[d]
ตะกอน 15%	4	69.49[cd]
ตะกอน 20%	2	69.92[b]
ตะกอน 25%	1	70.50[a]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 50 แสดงปริมาณเฉลี่ยของธาตุแมกนีเซียม (Mg) ในดินหลังปลูกพืช

ตำรับ	จำนวนซ้ำ				ค่าเฉลี่ย
	I	II	III	IV	(ppm)
ดิน 3 กก.	675.55	644.52	652.78	665.00	659.46
ตะกอน 5 %	646.23	667.23	682.27	656.19	662.98
ตะกอน 10%	672.74	687.93	676.04	681.06	679.44
ตะกอน 15%	684.48	671.66	679.34	683.34	679.71
ตะกอน 20%	677.23	687.29	679.94	679.47	680.98
ตะกอน 25%	674.96	681.07	663.89	663.31	670.81

ตารางที่ 51 Analysis of Variance แสดงธาตุแมกนีเซียม (Mg) ในดินหลังปลูกพืช

Source of Variation	Degree of Freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean Square (MS)	F
Treatment	5	1740.39	348.08	3.50*
Error	18	1790.13	99.45	
Total	23	3530.52		

cv = 1.48% * = Significant at 5% level

ตารางที่ 52 แสดงปริมาณธาตุแมกนีเซียม (Mg) ในดินหลังปลูกพืช

ตำรับ	อันดับ	ค่าเฉลี่ย
ดิน 3 กก.	3	659.46[b]
ตะกอน 5%	6	662.98[b]
ตะกอน 10%	5	679.44[a]
ตะกอน 15%	4	679.71[a]
ตะกอน 20%	2	680.98[a]
ตะกอน 25%	1	670.81[ab]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 53 แสดงปริมาณเฉลี่ยของธาตุแคลเซียม(Ca) ในดินก่อนปลูกพืช

ตำรับ	จำนวนซ้ำ				ค่าเฉลี่ย
	I	II	III	IV	(ppm)
ดิน 3 กก.	143.50	99.34	113.98	143.50	125.08
ตะกอน 5 %	146.67	184.95	149.78	185.79	166.80
ตะกอน 10%	222.14	247.34	170.00	205.34	211.21
ตะกอน 15%	201.17	240.11	231.46	211.52	221.07
ตะกอน 20%	230.02	269.37	185.91	273.64	239.74
ตะกอน 25%	305.12	272.85	310.07	307.06	298.78

ตารางที่ 54 Analysis of Variance แสดงธาตุแคลเซียม (Ca) ในดินก่อนปลูกพืช

Source of Variation	Degree of Freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean Square (MS)	F
Treatment	5	71862.97	14372.60	20.07**
Error	18	12892.41	716.25	
Total	23	84755.38		

cv = 12.72% ** = Significant at 1% level

ตารางที่ 55 แสดงปริมาณธาตุแคลเซียม (Ca) ในดินก่อนปลูกพืช

ตำรับ	อันดับ	ค่าเฉลี่ย
ดิน 3 กก.	6	125.08[d]
ตะกอน 5%	5	166.80[cd]
ตะกอน 10%	4	211.21[cd]
ตะกอน 15%	3	221.07[cd]
ตะกอน 20%	2	239.74[b]
ตะกอน 25%	1	298.78[a]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 56 แสดงปริมาณเฉลี่ยของธาตุแคลเซียม(Ca) ในดินหลังปลูกพืช

ตำรับ	จำนวนซ้ำ				ค่าเฉลี่ย
	I	II	III	IV	(ppm)
ดิน 3 กก.	1048.03	1599.67	1395.09	1160.00	1300.70
ตะกอน 5 %	1976.67	3224.08	2173.91	3691.27	2766.48
ตะกอน 10%	3408.21	3555.14	3832.16	3808.97	3651.12
ตะกอน 15%	3449.36	4293.02	6370.33	4939.24	4762.99
ตะกอน 20%	3043.36	2931.59	2913.89	3214.59	3025.86
ตะกอน 25%	3197.20	2914.07	2864.30	3139.27	3028.71

ตารางที่ 57 Analysis of Variance แสดงธาตุแคลเซียม (Ca) ในดินหลังปลูกพืช

Source of Variation	Degree of Freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean Square (MS)	F
Treatment	5	32758160.98	51423.02.14	13.14**
Error	18	7046650.26	391480.57	
Total	23	32758160.98		

cv = 20.25% ** = Significant at 1% level

ตารางที่ 58 แสดงปริมาณธาตุแคลเซียม (Ca) ในดินหลังปลูกพืช

ตำรับ	อันดับ	ค่าเฉลี่ย
ดิน 3 กก.	6	1300.70^{c}
ตะกอน 5%	5	2766.48^{b}
ตะกอน 10%	2	3651.12^{ab}
ตะกอน 15%	1	4762.99^{a}
ตะกอน 20%	4	3025.86^{b}
ตะกอน 25%	3	3028.71^{b}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 59 แสดงปริมาณเฉลี่ยของแมงกานีส (Mn) ในดินก่อนปลูกพืช

ตำรับ	จำนวนซ้ำ				ค่าเฉลี่ย
	I	II	III	IV	(ppm)
ดิน 3 กก.	46.12	42.92	43.30	43.78	44.03
ตะกอน 5 %	58.36	57.80	53.32	57.27	56.69
ตะกอน 10%	79.88	80.13	66.12	77.00	75.78
ตะกอน 15%	65.15	71.33	70.17	69.04	68.92
ตะกอน 20%	89.00	78.84	59.47	100.80	82.03
ตะกอน 25%	108.34	76.89	97.76	83.83	91.71

ตารางที่ 60 Analysis of Variance แสดงแมงกานีส (Mn) ในดินก่อนปลูกพืช

Source of Variation	Degree of Freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean Square (MS)	F
Treatment	5	6007.64	1201.53	12.81**
Error	18	1688.96	93.83	
Total	23	7696.59		

cv = 13.87% ** = Significant at 1% level

ตารางที่ 61 แสดงปริมาณแมงกานีส (Mn) ในดินก่อนปลูกพืช

ตำรับ	อันดับ	ค่าเฉลี่ย
ดิน 3 กก.	6	44.03^{d}
ตะกอน 5%	5	56.69^{cd}
ตะกอน 10%	3	75.78^{abc}
ตะกอน 15%	4	68.92^{bc}
ตะกอน 20%	2	82.03^{ab}
ตะกอน 25%	1	91.71^{a}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 62 แสดงปริมาณเฉลี่ยของแมงกานีส (Mn) ในดินหลังปลูกพืช

ตำรับ	จำนวนซ้ำ				ค่าเฉลี่ย
	I	II	III	IV	(ppm)
ดิน 3 กก.	37.58	33.40	43.13	43.41	39.38
ตะกอน 5 %	37.36	40.98	48.61	52.95	44.98
ตะกอน 10%	60.07	71.04	58.38	69.10	64.65
ตะกอน 15%	71.38	47.61	62.82	93.75	68.89
ตะกอน 20%	91.86	80.96	82.30	80.67	83.95
ตะกอน 25%	101.22	80.10	74.18	70.88	81.60

ตารางที่ 63 Analysis of Variance แสดงแมงกานีส (Mn) ในดินหลังปลูกพืช

Source of Variation	Degree of Freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean Square (MS)	F
Treatment	5	6799.54	1359.91	11.68**
Error	18	2095.67	116.43	
Total	23	8895.21		

cv = 16.88% ** = Significant at 1% level

ตารางที่ 64 แสดงปริมาณแมงกานีส (Mn) ในดินหลังปลูกพืช

ตำรับ	อันดับ	ค่าเฉลี่ย
ดิน 3 กก.	6	39.38[c]
ตะกอน 5%	5	44.98[bc]
ตะกอน 10%	4	64.65[ab]
ตะกอน 15%	3	68.89[ab]
ตะกอน 20%	1	83.95[a]
ตะกอน 25%	2	81.60[a]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 65 แสดงปริมาณเฉลี่ยของ copper (Cu) ในดินก่อนปลูกพืช

ตำรับ	จำนวนซ้ำ				ค่าเฉลี่ย
	I	II	III	IV	(ppm)
ดิน 3 กก.	1.48	1.56	1.66	1.53	1.56
ตะกอน 5 %	15.25	8.47	10.86	17.61	13.05
ตะกอน 10%	31.24	30.29	20.93	29.49	27.99
ตะกอน 15%	28.02	30.43	59.70	33.40	37.89
ตะกอน 20%	44.50	42.83	34.97	64.87	46.79
ตะกอน 25%	71.89	71.39	72.82	64.41	70.13

ตารางที่ 66 Analysis of Variance แสดง copper (Cu) ในดินก่อนปลูกพืช

Source of Variation	Degree of Freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean Square (MS)	F
Treatment	5	12017.48	2403.50	33.27**
Error	18	1300.44	72.25	
Total	23	12017.48		

cv = 25.84% ** = Significant at 1% level

ตารางที่ 67 แสดงปริมาณ copper (Cu) ในดินก่อนปลูกพืช

ตำรับ	อันดับ	ค่าเฉลี่ย
ดิน 3 กก.	6	1.56^{e}
ตะกอน 5%	5	13.05^{de}
ตะกอน 10%	4	27.49^{cd}
ตะกอน 15%	3	37.89^{bc}
ตะกอน 20%	2	46.79^{b}
ตะกอน 25%	1	70.13^{a}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 68 แสดงปริมาณเฉลี่ยของ copper (Cu) ในดินหลังปลูกพืช

ตำรับ	จำนวนซ้ำ				ค่าเฉลี่ย
	I	II	III	IV	(ppm)
ดิน 3 กก.	1.62	1.50	1.63	1.87	1.66
ตะกอน 5 %	23.7	27.82	10.22	23.48	21.31
ตะกอน 10%	37.09	53.71	50.27	35.98	44.26
ตะกอน 15%	55.63	53.59	59.51	54.25	55.75
ตะกอน 20%	90.98	84.21	72.68	89.16	84.26
ตะกอน 25%	107.57	100.55	71.94	85.63	91.42

ตารางที่ 69 Analysis of Variance แสดง copper (Cu) ในดินหลังปลูกพืช

Source of Variation	Degree of Freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean Square (MS)	F
Treatment	5	24462.64	4892.53	62.90**
Error	18	1400.11	77.78	
Total	23	25862.75		

cv = 17.72% ** = Significant at 1% level

ตารางที่ 70 แสดงปริมาณ copper (Cu) ในดินหลังปลูกพืช

ตำรับ	อันดับ	ค่าเฉลี่ย
ดิน 3 กก.	6	1.66^{c}
ตะกอน 5%	5	21.31^{c}
ตะกอน 10%	4	44.26^{b}
ตะกอน 15%	3	55.75^{b}
ตะกอน 20%	2	84.26^{a}
ตะกอน 25%	1	91.42^{a}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 71 แสดงปริมาณเฉลี่ยของธาตุเหล็ก (Fe) ในดินก่อนปลูกพืช

ตำรับ	จำนวนซ้ำ				ค่าเฉลี่ย
	I	II	III	IV	(ppm)
ดิน 3 กก.	39.90	40.07	42.54	46.67	42.30
ตะกอน 5 %	53.87	53.31	48.33	53.29	52.20
ตะกอน 10%	67.90	67.17	53.90	61.36	62.58
ตะกอน 15%	51.73	59.02	62.46	63.56	59.19
ตะกอน 20%	45.00	37.92	25.99	44.92	38.46
ตะกอน 25%	42.94	36.95	40.90	34.45	38.81

ตารางที่ 72 Analysis of Variance แสดงธาตุเหล็ก (Fe) ในดินก่อนปลูกพืช

Source of Variation	Degree of Freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean Square (MS)	F
Treatment	5	2234.06	446.81	14.73**
Error	18	545.93	30.33	
Total	23	2779.99		

cv = 11.26% ** = Significant at 1% level

ตารางที่ 73 แสดงปริมาณธาตุเหล็ก (Fe) ในดินก่อนปลูกพืช

ตำรับ	อันดับ	ค่าเฉลี่ย
ดิน 3 กก.	4	42.30^{bc}
ตะกอน 5%	3	52.20^{ab}
ตะกอน 10%	1	62.58^{a}
ตะกอน 15%	2	59.19^{ab}
ตะกอน 20%	6	38.46^{c}
ตะกอน 25%	5	38.81^{c}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 74 แสดงปริมาณเฉลี่ยของธาตุเหล็ก (Fe) ในดินหลังปลูกพืช

ตำรับ	จำนวนซ้ำ				ค่าเฉลี่ย
	I	II	III	IV	(ppm)
ดิน 3 กก.	36.79	23.60	28.67	32.18	30.31
ตะกอน 5 %	58.13	61.46	35.81	49.79	51.30
ตะกอน 10%	52.61	62.31	66.36	57.44	59.68
ตะกอน 15%	71.00	60.07	66.53	67.86	66.37
ตะกอน 20%	70.38	69.19	62.10	71.26	68.23
ตะกอน 25%	66.65	67.95	61.44	60.25	64.07

ตารางที่ 75 Analysis of Variance แสดงธาตุเหล็ก (Fe) ในดินหลังปลูกพืช

Source of Variation	Degree of Freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean Square (MS)	F
Treatment	5	4061.02	812.20	19.47**
Error	18	750.73	41.71	
Total	23	4811.75		

cv = 11.40% ** = Significant at 1% level

ตารางที่ 76 แสดงปริมาณธาตุเหล็ก (Fe) ในดินหลังปลูกพืช

ตำรับ	อันดับ	ค่าเฉลี่ย
ดิน 3 กก.	6	30.31[c]
ตะกอน 5%	5	51.30[b]
ตะกอน 10%	4	59.68[ab]
ตะกอน 15%	2	66.37[a]
ตะกอน 20%	1	68.23[a]
ตะกอน 25%	3	64.07[ab]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 77 แสดงปริมาณเฉลี่ยของธาตุสังกะสี (Zn) ในดินก่อนปลูกพืช

ตำรับ	จำนวนซ้ำ				ค่าเฉลี่ย
	I	II	III	IV	(ppm)
ดิน 3 กก.	1.02	0.95	0.93	0.99	0.97
ตะกอน 5 %	6.98	6.48	8.72	15.44	9.41
ตะกอน 10%	20.97	15.98	16.97	18.13	18.01
ตะกอน 15%	19.89	26.18	31.43	21.44	24.74
ตะกอน 20%	28.00	26.95	18.49	35.43	27.22
ตะกอน 25%	38.44	37.45	38.91	34.95	37.44

ตารางที่ 78 Analysis of Variance แสดงธาตุสังกะสี (Zn) ในดินก่อนปลูกพืช

Source of Variation	Degree of Freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean Square (MS)	F
Treatment	5	3424.03	684.81	41.06**
Error	18	300.21	16.68	
Total	23	3724.24		

cv = 20.81% ** = Significant at 1% level

ตารางที่ 79 แสดงปริมาณธาตุสังกะสี (Zn) ในดินก่อนปลูกพืช

ตำรับ	อันดับ	ค่าเฉลี่ย
ดิน 3 กก.	6	0.97^{e}
ตะกอน 5%	5	9.41^{de}
ตะกอน 10%	4	18.01^{cd}
ตะกอน 15%	3	24.74^{bc}
ตะกอน 20%	2	27.22^{b}
ตะกอน 25%	1	37.44^{a}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 80 แสดงปริมาณเฉลี่ยของธาตุสังกะสี (Zn) ในดินหลังปลูกพืช

ตำรับ	จำนวนซ้ำ				ค่าเฉลี่ย
	I	II	III	IV	(ppm)
ดิน 3 กก.	1.00	0.90	0.92	0.90	0.93
ตะกอน 5 %	31.81	33.81	15.46	28.10	27.30
ตะกอน 10%	46.33	53.96	52.89	47.81	50.25
ตะกอน 15%	67.00	57.83	66.87	66.75	64.61
ตะกอน 20%	82.63	79.22	74.80	81.54	79.55
ตะกอน 25%	86.03	82.96	72.43	80.88	80.58

ตารางที่ 81 Analysis of Variance แสดงธาตุสังกะสี (Zn) ในดินหลังปลูกพืช

Source of Variation	Degree of Freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean Square (MS)	F
Treatment	5	19772.55	1098.48	44.44**
Error	18	444.98	24.72	
Total	23	20217.53		

cv = 9.84% ** = Significant at 1% level

ตารางที่ 82 แสดงปริมาณธาตุสังกะสี (Zn) ในดินหลังปลูกพืช

ตำรับ	อันดับ	ค่าเฉลี่ย
ดิน 3 กก.	6	0.93[e]
ตะกอน 5%	5	27.30[d]
ตะกอน 10%	4	50.25[c]
ตะกอน 15%	3	64.61[b]
ตะกอน 20%	2	79.55[a]
ตะกอน 25%	1	80.58[a]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 83 แสดงปริมาณเฉลี่ยของธาตุโซเดียม (Na) ในดินก่อนปลูกพืช

ตำรับ	จำนวนซ้ำ				ค่าเฉลี่ย
	I	II	III	IV	(ppm)
ดิน 3 กก.	2299.50	2266.22	2146.18	2200.00	2227.98
ตะกอน 5 %	2187.50	2069.40	2151.61	2232.44	2160.24
ตะกอน 10%	2134.10	1975.00	2000.00	2103.60	2053.18
ตะกอน 15%	2080.22	2059.56	2139.43	1991.10	2067.58
ตะกอน 20%	2052.72	1984.06	2048.02	1850.11	1983.73
ตะกอน 25%	1840.64	1997.35	2139.26	1784.47	1940.43

ตารางที่ 84 Analysis of Variance แสดงธาตุโซเดียม (Na) ในดินก่อนปลูกพืช

Source of Variation	Degree of Freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean Square (MS)	F
Treatment	5	230361.93	78352.50	8.74**
Error	18	161402.07	8966.78	
Total	23	391764.00		

cv = 4.57% ** = Significant at 1% level

ตารางที่ 85 แสดงปริมาณธาตุโซเดียม (Na) ในดินก่อนปลูกพืช

ตำรับ	อันดับ	ค่าเฉลี่ย
ดิน 3 กก.	1	2227.98[a]
ตะกอน 5%	2	2160.24[ab]
ตะกอน 10%	4	2053.18[abc]
ตะกอน 15%	3	2067.58[abc]
ตะกอน 20%	5	1983.73[bc]
ตะกอน 25%	6	1940.43[c]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 86 แสดงปริมาณเฉลี่ยของธาตุโซเดียม (Na) ในดินหลังปลูกพืช

ตำรับ	จำนวนซ้ำ				ค่าเฉลี่ย
	I	II	III	IV	(ppm)
ดิน 3 กก.	2246.26	1702.66	2864.52	1291.67	2026.28
ตะกอน 5 %	1991.45	1797.66	1045.15	2208.94	1760.80
ตะกอน 10%	1981.84	3144.18	2108.61	1453.49	2172.03
ตะกอน 15%	2966.90	1575.74	1983.75	1414.46	1985.21
ตะกอน 20%	2751.15	1826.60	1159.91	1503.35	1810.25
ตะกอน 25%	1865.89	2201.71	1248.89	1668.08	1746.14

ตารางที่ 87 Analysis of Variance แสดงธาตุโซเดียม (Na) ในดินหลังปลูกพืช

Source of Variation	Degree of Freedom (df)	Sum of Square (SS)	Mean Square (MS)	F
Treatment	5	586481.19	117296.24	0.30^{ns}
Error	18	6999594.9	388866.38	
Total	23	7586076.09		

cv = 32.53% ns = Not Significant level

ตารางที่ 88 แสดงปริมาณธาตุโซเดียม (Na) ในดินหลังปลูกพืช

ตำรับ	อันดับ	ค่าเฉลี่ย
ดิน 3 กก.	2	2026.28
ตะกอน 5%	5	1760.80
ตะกอน 10%	1	2172.03
ตะกอน 15%	3	1985.21
ตะกอน 20%	4	1810.25
ตะกอน 25%	6	1746.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 1 แสดงลักษณะชุดดินบางกอก

ภาพที่ 2 แสดงลักษณะตะกอนน้ำเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3 แสดงลักษณะการวางหน่วยการทดลองแบบ CRD

ภาพที่ 4 แสดงลักษณะการเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลีในแต่ละตำรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5 แสดงลักษณะการเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลีในตำรับที่ 1

ภาพที่ 6 แสดงลักษณะการเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลีในตำรับที่ 2

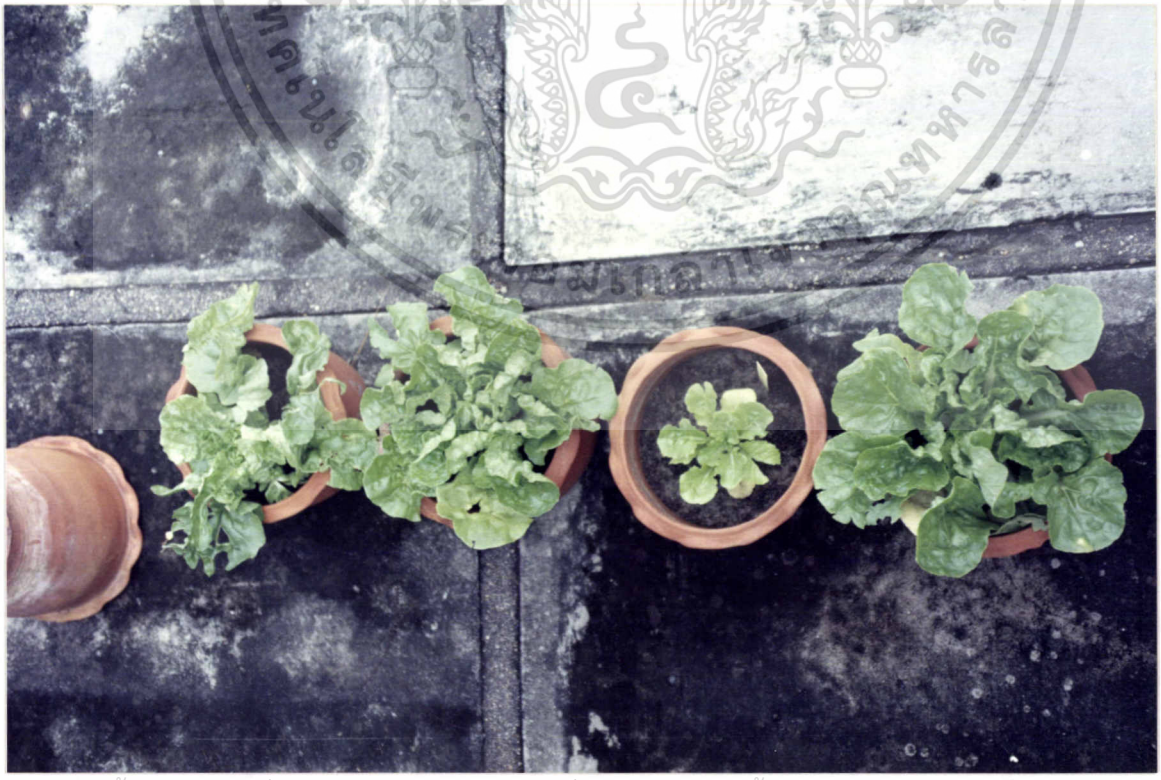
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 7 แสดงลักษณะการเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลีในตำรับที่ 3

ภาพที่ 8 แสดงลักษณะการเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลีในตำรับที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 9 แสดงลักษณะการเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลีในตำรับที่ 5



ภาพที่ 10 แสดงลักษณะการเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลีในตำรับที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 11 แสดงลักษณะการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลีระหว่างตำรับควบคุมกับตำรับที่ 2

ภาพที่ 12 แสดงลักษณะการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลีระหว่างตำรับควบคุมกับตำรับที่ 3

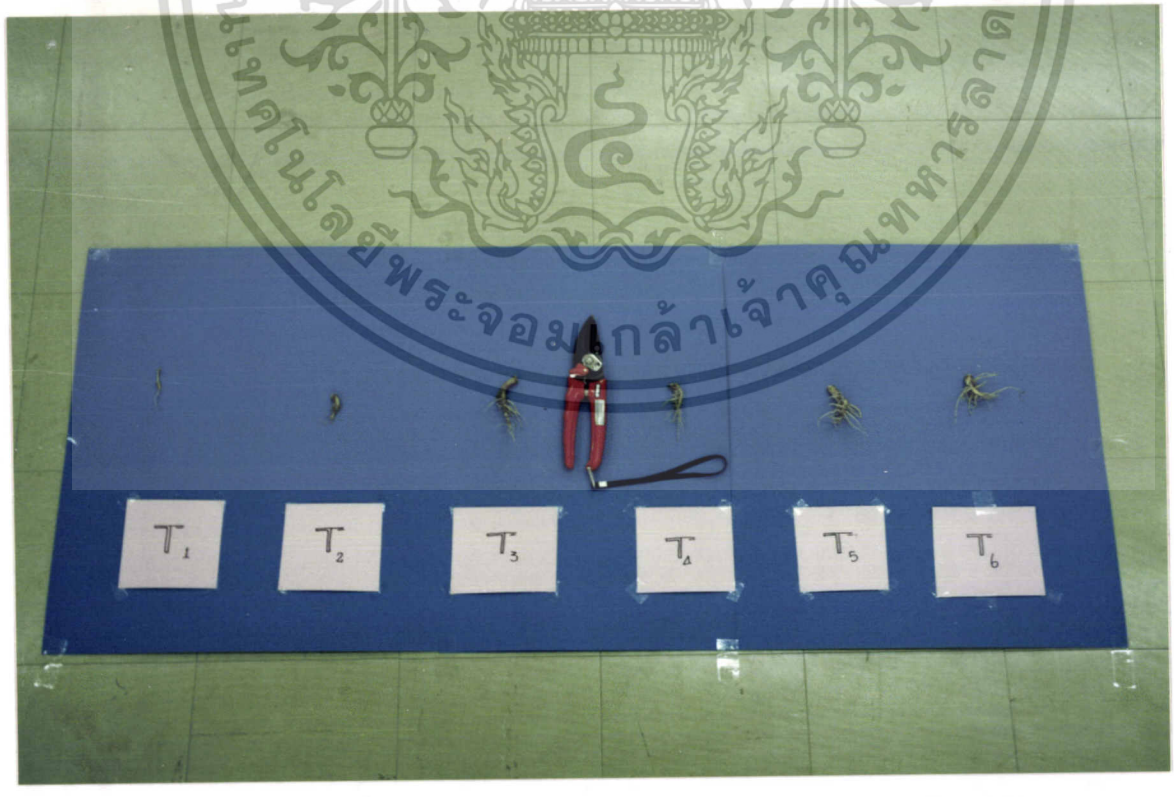
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 13 แสดงลักษณะการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลีระหว่างตำรับควบคุมกับตำรับที่ 4

ภาพที่ 14 แสดงลักษณะการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลีระหว่างตำรับควบคุมกับตำรับที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 15 แสดงลักษณะการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลีระหว่างตำรับควบคุมกับตำรับที่ 6



ภาพที่ 16 แสดงลักษณะความยาวรากของผักกาดขาวปลีในแต่ละตำรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 17 แสดงลักษณะความสูงของผักกาดขาวปลีในแต่ละตำรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้