ความสามารถของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ *Rhizophora mucronata* Lamk. และแสมทะเล *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนในดินป่าชายเลนที่มีโครงสร้างต่างกัน

นางสาวปิยวรรณ สายมโนพันธ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-13-0820-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ABILITY OF *Rhizophora mucronata* Lamk. AND *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. SEEDLING FOR MUNICIPAL SEWAGE TREATMENT IN DIFFERENT MANGROVE SOIL TEXTURES

Miss Piyawan Saymanopun

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement
for the Degree of Master of Science in Environmental Science
Inter-department of Environmental Science
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2000

ISBN 974-13-0820-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ความสามารถของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ *Rhizophora mucronata* Lamk. และแสมทะเล *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนในดินป่าชายเลนที่มีโครงสร้างต่างกัน
โดย	นางสาวปิยวรรณ สายมโนพันธ์
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. กนกพร บุญส่ง
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล

บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. สุชาดา กีระนันทน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร. กนกพร บุญส่ง)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กำธร ธีรคุปต์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปิยวรรณ สายมโนพันธ์ : ความสามารถของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ *Rhizophora mucronata* Lamk. และแสมทะเล *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. ในการบำบัดน้ำเสียชุมชน ในดินป่าชายเลนที่มีโครงสร้างต่างกัน (ABILITY OF *Rhizophora mucronata* Lamk. AND *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. SEEDLING FOR MUNICIPAL SEWAGE TREATMENT IN DIFFERENT MANGROVE SOIL TEXTURES) อ. ที่ปรึกษา : อ. ดร. กนกพร บุญส่ง, อ. ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร. สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล, 154 หน้า. ISBN 974-13-0820-5

การศึกษาความสามารถของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเลในการบำบัดน้ำเสียชุมชนในดินป่าชายเลนที่มีโครงสร้างต่างกัน แบ่งชุดการทดลองดินเป็น 4 อัตราส่วน คือ ดินเลน ดินเลน:ทราย (3:1) ดินเลน:ทราย (2:2) และ ดินเลน:ทราย (1:3) ในแต่ละชุดทำการปลูกกล้าไม้ คือ แสมทะเล โกงกางใบใหญ่ และไม่ปลูกพืช ผลการศึกษาพบว่าความสามารถในการบำบัดน้ำเสียชุมชนในชุดการทดลองดินทั้ง 4 อัตราส่วน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชุดการทดลองที่ปลูกพืชทั้งกล้าไม้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเลสามารถบำบัดน้ำเสียชุมชนได้ดีกว่าชุดการทดลองซึ่งไม่ปลูกพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยกล้าไม้โกงกางใบใหญ่สามารถกำจัดบีโอดี 59.60-72.08% แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 84.47-89.46% ไนไตรท์–ไนโตรเจน 57.61-66.89% ไนเตรท-ไนโตรเจน 59.09-67.90% ไนโตรเจนทั้งหมด 64.64-72.47% ออร์โธฟอสเฟต 51.49-68.30% และฟอสฟอรัสทั้งหมด 53.77-63.06% ส่วนกล้าไม้แสมทะเลสามารถกำจัดบีโอดี 62.31-66.32% แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 80.23-84.47% ไนไตรท์–ไนโตรเจน 52.29-66.64% ไนเตรท-ไนโตรเจน 55.61-69.20% ไนโตรเจนทั้งหมด 64.44-70.08% ออร์โธฟอสเฟต 48.57-60.49% และฟอสฟอรัสทั้งหมด 51.40-62.68% สำหรับในชุดการทดลองที่ไม่ปลูกพืชสามารถกำจัดบีโอดี 48.53-57.58% แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 58.69-75.71% ไนไตรท์–ไนโตรเจน 38.03-58.43% ไนเตรท-ไนโตรเจน 37.07-48.64% ไนโตรเจนทั้งหมด 53.28-58.83% ออร์โธฟอสเฟต 43.30-54.77% และฟอสฟอรัสทั้งหมด 48.58-58.67% การศึกษาสมบัติของดินพบว่าปริมาณไนโตรเจนในชุดการทดลองดินทั้งหมดหลังการทดลองไม่เปลี่ยนแปลง แต่จะมีปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงที่สุดในดินเลน สำหรับการศึกษากล้าไม้พบว่าโกงกางใบใหญ่มีอัตราการเจริญเติบโตและการเพิ่มพูนมวลชีวภาพสูงที่สุดในดินเลน รองลงมา คือ ดินเลน:ทราย (3:1) ดินเลน:ทราย (2:2) และดินเลน:ทราย (1:3) ตามลำดับ และมีปริมาณธาตุอาหารในใบหลังการทดลองเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนแสมทะเลจะมีอัตราการเจริญเติบโตและการเพิ่มพูนมวลชีวภาพต่ำที่สุดในดินเลน แต่ในชุดการทดลองอื่นจะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าทั้งโกงกางใบใหญ่และแสมทะเลสามารถช่วยในการบำบัดน้ำเสียชุมชนได้ดี โดยพบว่าในชุดการทดลองที่ปลูกกล้าไม้ทั้ง 2 ชนิดสามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์การกำจัดธาตุอาหารจากน้ำเสียชุมชนได้มากขึ้น

ภาควิชา สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม **ลายมือชื่อนิสิต**

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม **ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา**

ปีการศึกษา 2543 **ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม**

4172363923 : MAJOR INTER-DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE
KEY WORD : MANGROVE / *Rhizophora mucronata* / *Avicennia marina* / MUNICIPAL SEWAGE TREATMENT/ SOIL TEXTURE
PIYAWAN SAYMANOPUN : ABILITY OF *Rhizophora mucronata* Lamk. AND *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. SEEDLING FOR MUNICIPAL SEWAGE TREATMENT IN DIFFERENT MANGROVE SOIL TEXTURES. THESIS ADVISOR : KANOKPORN BOONSONG, Ph.D. THESIS CO-ADVISOR : ASSOC. PROF. SOMKIAT PIYATIRATITIVORAKUL, Ph.D. 154 pp. ISBN 974-13-0820-5

Ability of *Rhizophora mucronata* and *Avicennia marina seedling* for municipal sewage treatment in different mangrove soil textures were designed using 4 experiment soil textures; soil, soil:sand(3:1), soil:sand(2:2) and soil:sand(1:3) and 2 species of mangrove seedling (*R. mucronata* and *A. marina*) and a control without plant. Comparative ability of municipal sewage treatment by 2 species of mangrove seedling in different soil texture indicated that ability of municipal sewage treatment in 4 experiment soil had no significant differences and *R. mucronata* and *A. marina* can treated municipal sewage better than those of no plant experiment ($p \leq 0.05$). *R. mucronata* can remove BOD 59.60-72.08%, Ammonia-Nitrogen 84.47-89.46%, Nitrite-Nitrogen 57.61-66.89%, Nitrate-Nitrogen 59.09-67.90%, Total Nitrogen 64.64-72.47%, Ortho-Phosphate 51.49-68.30% and Total Phosphorus 53.77-63.06%. *A. marina* can remove BOD 62.31-66.32%, Ammonia-Nitrogen 80.23-84.47%, Nitrite-Nitrogen 52.29-66.64%, Nitrate-Nitrogen 55.61-69.20%, Total Nitrogen 64.44-70.08%, Ortho-Phosphate 48.57-60.49% and Total Phosphorus 51.40-62.68%. And no plant growing can remove BOD 48.53-57.58%, Ammonia-Nitrogen 58.69-75.71%, Nitrite-Nitrogen 38.03-58.43%, Nitrate-Nitrogen 37.07-48.64%, Total Nitrogen 53.28-58.83%, Ortho-Phosphate 43.30-54.77% and Total Phosphorus 48.58-58.67%. Total nitrogen in all soil textures had no change after the experiment, but total phosphorus significantly increased after the experiment ($p \leq 0.05$), The highest organic matter was found in soil. The highest growth rate and biomass increment of *R. mucronata* was found in soil experiment, followed with soil:sand(3:1), soil:sand(2:2) and soil:sand(1:3), respectively, and nutrients in leaf significanty increased after the experiment ($p \leq 0.05$). The growth rate and biomass of *A. marina* are the lowest in soil while there is no significant for all another experiments. The results suggested that municipal sewage nutrients can be satisfied removed with *R. mucronata* and *A. marina.* The experiments with plants showed higher percent removal of nutrients.

Department Inter-department of Environmental Science **Student's signature** .....
Field of study Environmental Science **Advisor's signature** .....
Academic year 2000 **Co-advisor's signature** .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ เนื่องจากความกรุณาของผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. กนกพร บุญส่ง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำสั่งสอน ตลอดจนความคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์ รวมทั้งคอยห่วงใยและให้กำลังใจมาโดยตลอด ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ พร้อมทั้งเอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือในการทำวิจัย และกรุณาเสียสละเวลาเพื่อเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กำธร ธีรคุปต์ ที่กรุณาเสียสละเวลาเพื่อเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งให้คำแนะนำและช่วยแก้ไขข้อบกพร่องให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. เกษม จันทร์แก้ว ประธานโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ที่กรุณาอนุญาตให้ใช้พื้นที่ในการศึกษาทดลอง

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์ ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์บ่อซิเมนต์ที่ใช้ในการศึกษาทดลอง

ขอกราบขอบพระคุณ คุณสุวัฒน์ ศรีสุวรรณ ผู้ดูแลพื้นที่โครงการฯ ที่กรุณาสนับสนุน และให้ความช่วยเหลืออย่างมากในการทำการศึกษาและเก็บข้อมูลภาคสนาม และขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ในโครงการฯ ทุกท่านที่กรุณาให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัย และเก็บข้อมูลภาคสนามมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย สหสาขาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม และทุนชินโสภณพนิช ที่สนับสนุนเงินทุนวิจัย

ขอขอบพระคุณหน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพทางทะเล ห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป หน่วยปฏิบัติการวิจัยพฤกษนิเวศวิทยา และห้องปฏิบัติการของภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณเพ็ญศรี เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ที่คอยให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือและสถานที่ในการทำวิจัย และขอขอบพระคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ และคอยให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ที่กรุณาให้เงินทุนอุดหนุนการวิจัย พร้อมทั้งให้ความรัก ความห่วงใย และให้กำลังใจมาโดยตลอด

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฌ

สารบัญภาพ..... ญ

บทที่

1. บทนำ..... 1
   - 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1
   - 1.2 วัตถุประสงค์..... 2
   - 1.3 ขอบเขตการศึกษา..... 2
   - 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3
2. การตรวจสอบเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4
   - 2.1 น้ำเสียชุมชน..... 4
   - 2.2 ป่าชายเลน..... 7
   - 2.3 ดินในป่าชายเลน..... 11
   - 2.4 กลไกการบำบัดธาตุอาหารของระบบพื้นที่ชุ่มน้ำ..... 17
   - 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 22
3. วิธีดำเนินการศึกษา..... 25
   - 3.1 สถานที่ทำการทดลอง..... 25
   - 3.2 น้ำเสียชุมชนที่ใช้ในการทดลอง..... 25
   - 3.3 ดินที่ใช้ในการทดลอง..... 25
   - 3.4 วิธีดำเนินการ..... 27
   - 3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล..... 33
   - 3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ..... 33

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4. ผลการศึกษาและอภิปรายผล	35
4.1 คุณภาพน้ำ	35
4.2 สมบัติของดิน	74
4.3 อัตราการเจริญเติบโตของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเล	84
4.4 ปริมาณธาตุอาหารในกล้าไม้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเล	93
5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	97
5.1 สรุปผลการศึกษา	97
5.2 ข้อเสนอแนะ	100
รายการอ้างอิง	102
ภาคผนวก	108
ภาคผนวก ก	109
ภาคผนวก ข	134
ภาคผนวก ค	137
ภาคผนวก ง	142
ภาคผนวก จ	145
ประวัติผู้เขียน	154

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ลักษณะน้ำเสียจากแหล่งชุมชนทั่วไป 7

3.1 พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์น้ำ 29

3.2 พารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์ดิน 30

3.3 พารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์พืช 31

4.1 คุณภาพน้ำเสียชุมชนก่อนเข้าสู่ชุดทดลอง 36

4.2 เปอร์เซ็นต์การกำจัดบีโอดีตามชนิดของดินและชนิดของพืช 41

4.3 เปอร์เซ็นต์การกำจัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนตามชนิดของดินและชนิดของพืช 46

4.4 เปอร์เซ็นต์การกำจัดไนไตรท์-ไนโตรเจนตามชนิดของดินและชนิดของพืช 51

4.5 เปอร์เซ็นต์การกำจัดไนเตรท-ไนโตรเจนตามชนิดของดินและชนิดของพืช 56

4.6 เปอร์เซ็นต์การกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดตามชนิดของดินและชนิดของพืช 61

4.7 เปอร์เซ็นต์การกำจัดออร์โธฟอสเฟตตามชนิดของดินและชนิดของพืช 66

4.8 เปอร์เซ็นต์การกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมดตามชนิดของดินและชนิดของพืช 71

4.9 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในดินก่อนและหลังทดลอง 75

4.10 ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (ms cm^{-1}) ก่อนและหลังสิ้นสุดการทดลอง 76

4.11 ปริมาณขนาดอนุภาคดินและลักษณะเนื้อดินก่อนและหลังสิ้นสุดการทดลอง 78

4.12 ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (%) ก่อนและหลังการทดลอง 80

4.13 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (มิลลิกรัมต่อกรัม) ก่อนและหลังการทดลอง 82

4.14 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดิน (มิลลิกรัมต่อกรัม) ก่อนและหลังการทดลอง 83

4.15 การเปรียบเทียบการเพิ่มพูนความสูงและเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเลในชุดการทดลองต่างๆ (เซนติเมตร) ในระยะเวลา 6 เดือน 86

4.16 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการเพิ่มพูนมวลชีวภาพต่างๆ ของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเลในชุดการทดลองต่างๆ (กรัมต่อตารางเมตร) ในระยะเวลา 6 เดือน 88

4.17 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อกรัม) ในกล้าไม้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเล 94

4.18 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อกรัม) ในกล้าไม้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเล 96

5.1 สรุปเปอร์เซ็นต์การกำจัดบีโอดีและธาตุอาหารในชุดการทดลองต่างๆ ตามชนิดของพืช 98

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 วัฏจักรไนโตรเจนในดิน 13

2.2 วัฏจักรฟอสฟอรัสในดิน 14

3.1 พื้นที่แปลงทดลองบำบัดน้ำเสียและกำจัดขยะโครงการศึกษาวิจัย และพัฒนาสิ่งแวดล้อม แหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ 26

3.2 ลักษณะบ่อรวมน้ำเสียสถานีสูบน้ำเสียคลองบ้านยาง 27

3.3 ชุดการทดลอง 28

3.4 ขั้นตอนการทดลอง 32

4.1 เปอร์เซ็นต์การกำจัดบีโอดีในชุดการทดลองต่างๆ 42

4.2 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การกำจัดบีโอดีระหว่างชนิดของดินและพืชในชุดการทดลองต่างๆ ของการทดลองทั้ง 6 ครั้ง 44

4.3 เปอร์เซ็นต์การกำจัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในชุดการทดลองต่างๆ 47

4.4 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การกำจัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนระหว่างชนิดของดินและพืช ในชุดการทดลองต่างๆ ของการทดลองทั้ง 6 ครั้ง 49

4.5 เปอร์เซ็นต์การกำจัดไนไตรท์-ไนโตรเจนในชุดการทดลองต่างๆ 52

4.6 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การกำจัดไนไตรท์-ไนโตรเจนระหว่างชนิดของดินและพืช ในชุดการทดลองต่างๆ ของการทดลองทั้ง 6 ครั้ง 54

4.7 เปอร์เซ็นต์การกำจัดไนเตรท-ไนโตรเจนในชุดการทดลองต่างๆ 57

4.8 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การกำจัดไนเตรท-ไนโตรเจนระหว่างชนิดของดินและพืช ในชุดการทดลองต่างๆ ของการทดลองทั้ง 6 ครั้ง 59

4.9 เปอร์เซ็นต์การกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดในชุดการทดลองต่างๆ 62

4.10 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดระหว่างชนิดของดินและพืช ในชุดการทดลองต่างๆ ของการทดลองทั้ง 6 ครั้ง 64

4.11 เปอร์เซ็นต์การกำจัดออร์โธฟอสเฟตในชุดการทดลองต่างๆ 67

4.12 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การกำจัดออร์โธฟอสเฟตระหว่างชนิดของดินและพืช ในชุดการทดลองต่างๆ ของการทดลองทั้ง 6 ครั้ง 70

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.13 เปอร์เซ็นต์การกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมดในชุดการทดลองต่างๆ 72

4.14 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมดระหว่างชนิดของดินและพืช ในชุดการทดลองต่างๆ ของการทดลองทั้ง 6 ครั้ง 74

4.15 pH ของดินในชุดการทดลองต่าง ๆ 75

4.16 ค่าการนำไฟฟ้าของดินในชุดการทดลองต่างๆ 77

4.17 ปริมาณขนาดอนุภาคดินในชุดการทดลองต่างๆ 79

4.18 ปริมาณอินทรียวัตถุในดินในชุดการทดลองต่างๆ 81

4.19 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในชุดการทดลองต่าง ๆ 82

4.20 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในชุดการทดลองต่าง ๆ 84

4.21 ชุดการทดลองกล้าไม้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเล 84

4.22 การเพิ่มพูนความสูงและเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ ในชุดการทดลองต่างๆ 89

4.23 การเพิ่มพูนความสูงและเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้โแสมทะเล ในชุดการทดลองต่างๆ 90

4.24 การเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้น กิ่ง และใบของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ในชุดการทดลองต่างๆ 91

4.25 การเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้น กิ่ง และใบของกล้าไม้แสมทะเลในชุดการทดลองต่างๆ 92

4.26 การเพิ่มพูนมวลชีวภาพรวมของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ในชุดการทดลองต่างๆ 93

4.27 การเพิ่มพูนมวลชีวภาพรวมของกล้าไม้แสมทะเลในชุดการทดลองต่างๆ 93

4.28 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในกล้าไม้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเลในชุดการทดลองต่างๆ 95

4.28 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในกล้าไม้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเลในชุดการทดลองต่างๆ 96

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันอัตราการขยายตัวของประชากร การเติบโตทางภาคอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม ก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางน้ำซึ่งทวีความรุนแรงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยที่น้ำเสียจากชุมชนที่พักอาศัยจัดเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้น้ำในแม่น้ำลำคลองเกิดเน่าเสีย เนื่องจากมีปริมาณมาก และประกอบไปด้วยสารอินทรีย์ และธาตุอาหารของพืช ซึ่งได้แก่ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส (อภิชัย เชียร์ศิริกุล, 2533 ; Ru, 1995) น้ำเสียจากชุมชนเหล่านี้ ถ้าถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติในปริมาณที่ไม่มากนัก แหล่งน้ำต่างๆ ก็จะสามารถฟอกตัวเองตามธรรมชาติได้ แต่ถ้ามีปริมาณสารมลพิษมากเกินกว่าที่แหล่งน้ำจะรับได้ก็จะส่งผลให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสียในที่สุด ดังนั้นแนวทางการแก้ไขหนึ่งก็คือ การบำบัดน้ำเสียชุมชนก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ

วิธีการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนมีหลายวิธี อาทิ activated sludge และ trickling filter แต่การใช้ระบบบำบัดที่มีอยู่ทั่วไปเหล่านี้ เป็นการสิ้นเปลืองพลังงานและต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นการใช้ระบบธรรมชาติ เช่น การใช้ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำ (wetland system) ในการบำบัดน้ำเสียจึงน่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายต่างๆ ลงได้ ช่วงประมาณ 20-30 ปีที่ผ่านมาในหลายประเทศได้ให้ความสนใจเกี่ยวกับการใช้ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำในการบำบัดน้ำเสียอย่างมาก ป่าชายเลนซึ่งเป็นระบบพื้นที่ชุ่มน้ำในธรรมชาติประเภทหนึ่งจึงน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ที่สามารถใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้ ทั้งนี้เพราะพืชป่าชายเลนมีการปรับตัวให้ทนต่อสภาพแวดล้อมที่ผันแปรและรุนแรง มีระบบรากหายใจ (pneumatophore) ทำให้ทนทานต่อสภาพน้ำท่วมขังได้ดี นอกจากนี้พืชป่าชายเลนยังมีอายุยืน มีผลผลิตมวลชีวภาพสูง และรากยังทำหน้าที่เสมือนตะแกรงธรรมชาติคอยกลั่นกรองสิ่งปฏิกูลต่างๆ ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาวิจัยถึงความสามารถของระบบป่าชายเลนในการบำบัดน้ำเสียชุมชน เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์ในการบำบัดน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

น้ำเสียชุมชนประกอบด้วยธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยดินจะเป็นแหล่งดูดซับธาตุอาหารเหล่านี้เอาไว้ แล้วพืชจะนำธาตุอาหารและน้ำไปใช้ต่อไป (สนิท อักษรแก้ว, 2541 ; Rogers และคณะ, 1991) นอกจากนี้ดินยังมีผลต่อชนิด การเจริญเติบโต และการกระจายของพันธุ์ไม้ ดังนั้น โครงสร้างของดินที่แตกต่างกันย่อมมีผลต่อชนิดและการเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้ ซึ่งส่งผลต่อความแตกต่างของความสามารถในการดูดซับธาตุอาหาร อันจะมี

ผลอย่างยิ่งต่อประสิทธิภาพของระบบป่าชายเลนโดยรวม กล่าวโดยสรุป การใช้พืชป่าชายเลนในการบำบัดน้ำเสียนั้น ประสิทธิภาพในการบำบัดจะมากหรือน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความสามารถของดินในการดูดซับธาตุอาหารจากน้ำเสีย และความสามารถของพืชในการดึงเอาธาตุอาหารต่างๆ จากดินไปใช้ ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาโครงสร้างดินที่แตกต่างกันต่อการดูดซับธาตุอาหารจากน้ำเสียของกล้าไม้ป่าชายเลน 2 ชนิด คือ โกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata*) และแสมทะเล (*Avicennia marina*) และเนื่องจากพืชทั้งสองชนิดดังกล่าวเป็นพันธุ์ไม้ที่พบอยู่ทั่วไปในป่าชายเลนประเทศไทย มีอัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตมวลชีวภาพสูง รวมทั้งมีรากหายใจ/รากค้ำจุน ซึ่งน่าจะมีส่วนช่วยในการบำบัดน้ำเสียได้ การศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญ ที่จะสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจ และประยุกต์ใช้เพื่อหาทางเลือกที่เหมาะสมในการใช้พืชป่าชายเลนทั้งในธรรมชาติหรือในพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์ (constructed wetland system) เพื่อการบำบัดน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพสูง

1.2 วัตถุประสงค์

1) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการบำบัดน้ำเสียชุมชนของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ และแสมทะเล ในดินป่าชายเลนที่มีโครงสร้างต่างกัน

2) เพื่อศึกษาผลของโครงสร้างดินต่อการเจริญเติบโตและการสะสมธาตุอาหารในใบของกล้าไม้

3) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินภายหลังการใช้บำบัดน้ำเสียชุมชน

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1) น้ำเสียชุมชน เป็นน้ำเสียจากเทศบาลเมืองเพชรบุรี และเขตใกล้เคียง ซึ่งได้รวบรวมส่งตามแนวท่อมายังพื้นที่โครงการ ด้วยระยะทางประมาณ 18.5 กิโลเมตร

2) ออกแบบการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) involved factorial ชุดการทดลองใช้ดิน 4 อัตราส่วน คือ ดินเลน (ไม่ผสมทราย) ดินเลน:ทราย (3:1) ดินเลน:ทราย (2:2) และ ดินเลน:ทราย (1:3) ชนิดพันธุ์ไม้ 2 ชนิด คือ กล้าไม้โกงกางใบใหญ่ และกล้าไม้แสมทะเล และชุดควบคุมของดินทั้ง 4 อัตราส่วน ซึ่งไม่ปลูกพืช 12 ชุดทดลอง แต่ละชุดการทดลองจัดทำ 2 ซ้ำ รวมทั้งสิ้น 24 บ่อทดลอง

3) ชุดการทดลองจะวางในสภาพธรรมชาติในพื้นที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ทำให้ทราบถึงความสามารถในการเจริญเติบโต และการดูดซับธาตุอาหารจากน้ำเสียของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ และแสมทะเล ในดินที่มีโครงสร้างต่างกัน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้ป่าชายเลน ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2) สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการตัดสินใจหาทางเลือกที่เหมาะสมในการใช้พืชป่าชายเลนบำบัดน้ำเสีย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

การตรวจสอบเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 **น้ำเสียชุมชน** (domestic wastewater)

น้ำเสียชุมชน หมายถึง น้ำเสียจากที่พักอาศัย อาคารบ้านเรือน ตลาด โรงมหรสพ โรงแรม เป็นต้น น้ำเสียเหล่านี้เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ในการดำรงชีวิตของมนุษย์ เช่น การชำระร่างกาย การซักเสื้อผ้า ประกอบอาหาร และการขับถ่าย สิ่งสกปรกต่างๆ ในน้ำเสียส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ เช่น เศษอาหาร เศษสบู่ ผงซักฟอก อุจจาระ ปัสสาวะ ฯลฯ (อภิชัย เชียร์ศิริกุล, 2533)

ปริมาณน้ำเสียจากแหล่งชุมชนที่พักอาศัยจะแตกต่างกันออกไปตามประเภทต่างๆ ของอาคารและลักษณะของระบบประปา ในบ้านพักแบบทันสมัยที่มีมาตรฐานการครองชีพสูงจะมีการใช้น้ำมากกว่าในบ้านพักแบบเก่าที่มีมาตรฐานการครองชีพต่ำ ปริมาณน้ำเสียอาจคำนวณได้จากข้อมูลการใช้น้ำ กล่าวคือ ประมาณร้อยละ 70-90 ของน้ำประปาที่ใช้จะกลายเป็นน้ำเสีย (อภิชัย เชียร์ศิริกุล, 2533)

ความต้องการน้ำจะแตกต่างกันไปในแต่ละท้องถิ่น เช่น ความต้องการน้ำสำหรับประชาชนในชนบท ประมาณ 200-400 ลิตรต่อคนต่อวัน แต่ในชุมชนที่เป็นเมืองใหญ่อาจเพิ่มขึ้นกว่านี้ โดยเฉพาะเมืองอุตสาหกรรมใหญ่ ความต้องการใช้น้ำของประชาชนอาจประมาณ 400-600 ลิตรต่อคนต่อวัน ปริมาณน้ำใช้ในครัวเรือนของชุมชนในเมืองใหญ่ คิดเป็นประมาณร้อยละ 50 ของน้ำใช้ทั้งหมดในเขตชุมชนเมือง ในจำนวนนี้ถือว่าร้อยละ 90 ของผู้ที่ใช้น้ำ คือ ผู้ที่พักอาศัยอยู่ในเมือง ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนการใช้น้ำหรือปริมาณน้ำใช้ ขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายประการด้วยกัน ได้แก่ สภาพภูมิอากาศ ฐานะการครองชีพ ระบบการจ่ายน้ำให้แก่ชุมชน ประเภทของธุรกิจ การค้าและอุตสาหกรรม ราคาน้ำ คุณภาพน้ำ และระบบการจัดการเรื่องน้ำใช้ในชุมชน เป็นต้น

2.1.1 **ลักษณะของน้ำเสียชุมชน**

ลักษณะของน้ำเสียจากที่พักอาศัย โดยทั่วไปจะมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่อนข้างเป็นกลาง สิ่งสกปรกในน้ำมีทั้งสารอินทรีย์ และอนินทรีย์ซึ่งเป็นของแข็งและสารละลาย นอกจากนี้ยังอาจมีเชื้อโรคและพยาธิปนอยู่ด้วย แต่สิ่งสกปรกที่สำคัญที่สุด ได้แก่ สารอินทรีย์ซึ่ง

แบคทีเรียสามารถย่อยสลายได้ นิยมวัดรวมกันเป็นค่าความสกปรกในรูปของบีโอดี (biochemical oxygen demand : BOD) โดยเฉลี่ยประชากร 1 คน จะปล่อยสารอินทรีย์ที่ออกจากกิจวัตรประจำวันทั้งหมด คิดเป็นมูลค่าสมมูลประชากร (population equivalence) เท่ากับ 53 กรัมบีโอดี ต่อคนต่อวัน (อภิชัย เชียร์ศิริกุล, 2533)

ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และคณะ (2530) อ้างถึงใน พิสมัย ภูสินสิทธิ์ เอี่ยมสกุลรัตน์ และคณะ (2538) พบว่าน้ำเสียจากบ้านเรือนชุมชนมีปริมาณความสกปรกมากที่สุดเมื่อเทียบกับกิจกรรมอื่นๆ คือมีค่าเท่ากับ 74,182 กิโลกรัมบีโอดี/วัน คิดเป็นร้อยละ 54 ของปริมาณความสกปรกทั้งหมด

2.1.2 ธาตุอาหารจากน้ำเสียชุมชน

ธาตุอาหารจากน้ำเสียชุมชนส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของสารประกอบไนโตรเจน (nitrogen compounds) และสารประกอบฟอสฟอรัส (phosphorus compounds)

สารประกอบไนโตรเจนที่พบในน้ำเสียแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ สารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจน (inorganic nitrogen) เช่น แอมโมเนีย (ammonia : NH_3) ไนไตรท์ (nitrite : NO_2^-) และไนเตรท (nitrate : NO_3^-) สารพวกนี้อาจอยู่ในรูปปุ๋ย หรือเกลือในปัสสาวะ ส่วนอีกประเภทหนึ่ง คือ สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน (organic nitrogen) เช่น โปรตีน กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิค สารดังกล่าวนี้เป็นส่วนประกอบของร่างกาย พืช และสัตว์ ในอุจจาระ ในปุ๋ยที่ได้จากมูลสัตว์ เป็นต้น และสามารถเปลี่ยนรูปจากสารอินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำไปเป็นสารอนินทรีย์ในรูปที่ละลายน้ำโดยกระบวนการที่เรียกว่า mineralization ซึ่งมีแบคทีเรียเป็นตัวสำคัญในการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้สารอนินทรีย์ในรูปต่าง ๆ ก็อาจเกิดการเปลี่ยนรูปได้โดยแบคทีเรียเช่นกัน กระบวนการในการเกิดมีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไป เช่น ammonification nitrification และ denitrification กระบวนการดังกล่าวมีความสำคัญเกี่ยวกับวัฏจักรในน้ำเสีย เพราะทำให้มีสารอาหารซึ่งพวกพืชน้ำและสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ ในน้ำสามารถนำไปใช้ได้ (สุรชัย ใหญ่สว่าง, 2530)

สุรชัย ใหญ่สว่าง (2530) กล่าวไว้ว่า น้ำเสียที่มีสารประกอบไนโตรเจนปะปนอยู่ เมื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะจะก่อให้เกิดผลเสียต่อสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติหลายประการดังต่อไปนี้คือ

1) เป็นพิษต่อสัตว์น้ำและปลา สารประกอบไนโตรเจนที่อาจมีพิษต่อสัตว์น้ำและปลา ได้แก่ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ปกติแอมโมเนีย-ไนโตรเจนจะอยู่ในรูปของ NH_4^+ เมื่อระดับ pH เท่ากับ 7 และไม่แสดงความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ ในทางตรงกันข้ามหากระดับ pH สูงขึ้น จะมีผลทำให้แอมโมเนีย-ไนโตรเจนเปลี่ยนสภาพเป็นแอมโมเนียอิสระมากขึ้น พบว่าแอมโมเนียอิสระในปริมาณ 0.01 – 2.00 มิลลิกรัม/ลิตร หรือมากกว่า จะแสดงความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ

2) ทำให้ปริมาณออกซิเจนละลาย (dissolved oxygen) ลดต่ำลง เนื่องจากออกซิเจนถูกใช้ในปฏิกิริยา nitrification โดยแอมโมเนีย-ไนโตรเจนจะถูกเปลี่ยนไปเป็น ไนไตรท์และไนเตรท ตามลำดับ

$$2NH_4^+ + 3O_2 \longrightarrow 4H^+ + 2H_2O + 2NO_2^-$$

$$NH_4^+ + 2O_2 \longrightarrow 2H^+ + H_2O + NO_3^-$$

3) ทำให้เกิดยูโทรฟิเคชัน (eutrophication) สารประกอบไนโตรเจน โดยเฉพาะไนเตรท เมื่อถูกระบายลงสู่แหล่งน้ำที่ขังอยู่นิ่ง เช่น ทะเลสาบและหนองบึง จะทำให้สาหร่ายในแหล่งน้ำนั้นเติบโตอย่างรวดเร็วและมากเกินไป จนในที่สุดจะเกิดการสะสมตัวที่ก้นของทะเลสาบและหนองบึง สาหร่ายที่ตายนี้เมื่อเพิ่มปริมาณมากขึ้นจะสร้างปัญหาเน่าเหม็น ซึ่งเป็นผลเสียต่อสภาพแวดล้อม

4) เป็นอันตรายต่อสุขภาพและอนามัยของเด็กและทารก น้ำที่มีปริมาณไนเตรทและไนไตรท์สูงเกินไป อาจทำให้เกิดโรค methemoglobinemia หรือ blue babies กับทารก โดยไนไตรท์จะทำปฏิกิริยากับฮีโมโกลบินในเลือดเกิด methemoglobin ไม่สามารถรับส่งออกซิเจน ทำให้เด็กมีอาการหายใจไม่ออกและตัวเขียว

สำหรับฟอสฟอรัสในน้ำเสียนั้น ส่วนใหญ่จะเป็นฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปฟอสเฟต (phosphate) รวมถึง orthophosphate และ condensed phosphate ทั้งละลายและไม่ละลายน้ำ ทั้งอินทรีย์สารและอนินทรีย์สาร (อภิชัย เชียร์สกุล, 2533) เป็นตัวการทำให้เกิดปัญหายูโทรฟิเคชั่นในแหล่งน้ำ โดยเฉพาะในแหล่งน้ำนิ่ง คือ ทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำ โดยสาหร่ายในแหล่งน้ำจะใช้ฟอสฟอรัสเป็นสารอาหารและมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว จนทำให้มีสีเขียวคล้ำไม่อาจใช้ประโยชน์จากน้ำได้อย่างเหมาะสม (ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และคณะ, 2536)

สารประกอบฟอสฟอรัสในน้ำเสียชุมชน มาจากอาหารที่บริโภคและผงซักฟอกที่ใช้ในการซักล้าง และจากกิจกรรมอื่นๆ สามารถคำนวณหาปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำเสียชุมชนจากกรุงเทพฯ และปริมณฑล และทั้งประเทศได้เท่ากับ 5,320 และ 31,226 ตัน /ปีตามลำดับ โดยจะเป็นฟอสฟอรัสที่มาจากสารซักฟอกในสัดส่วน 24-26% นอกนั้นส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมอื่นๆ (ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และคณะ, 2536)

ตารางที่ 2.1 แสดงถึงลักษณะน้ำเสียจากแหล่งชุมชน ซึ่งจะแสดงค่าที่อยู่ในช่วงสูงสุดถึงต่ำสุด ทั้งนี้หมายถึงไม่มีน้ำฝนไหลลงมาผสมด้วย

ตารางที่ 2.1 ลักษณะน้ำเสียจากแหล่งชุมชนทั่วไป

องค์ประกอบ	มก./ ลิตร	กรัม/ (คน.วัน)
BOD_5	110-440	80-120
COD	1.75 x BOD_5	1.75 x BOD_5
TOC	0.8 x BOD_5	0.8 x BOD_5
total solids (TS)	350-1200	170-220
total suspended solids (TSS)	100-350	70-145
total nitrogen , as N	20-85	6-12
- organic nitrogen	0.4 x Total - N	0.4 x Total - N
- ammonia nitrogen	0.6 x Total - N	0.6 x Total - N
- nitrate nitrogen	(0.0-0.05) x Total - N	(0.0-0.05) x Total - N
total phosphorus , as P	4-15	0.6-4.5
- organic phosphorus	0.3 x Total - P	0.3 x Total - P
- inorganic phosphorus (ORTHO - P และ POLY - P)	0.7 x Total - P	0.7 x Total - P
total alkalinity , as $CaCO_3$	50-200	20-30
chlorides, as Cl	20-50	4-8
sulfates, as SO_4	15-30	-
nitrate, as NO_3	20-40	-
phosphates , as PO_4	20-40	-
total dissolved solids	100-300	-

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ (2539)

2.2 ป่าชายเลน (mangroves)

2.2.1 ความหมาย ลักษณะโครงสร้าง และประโยชน์ของป่าชายเลน

ป่าชายเลน เป็นกลุ่มของสังคมพืชซึ่งขึ้นอยู่ในดินเลนริมทะเล และตามปากแม่น้ำ ซึ่งน้ำเค็มท่วมถึงเป็นครั้งคราว หรือเป็นประจำทุกวัน ป่าประเภทนี้จะเป็นป่าไม่ผลัดใบ และจัดอยู่ในจำพวกทนแล้ง เพราะไม่สามารถใช้น้ำเค็มให้เป็นประโยชน์ได้ (เทียมใจ คมกฤส, 2536)

ป่าชายเลนในภาษาอังกฤษ นอกจากเรียกว่า mangrove forest แล้วอาจเรียกว่า intertidal forest เนื่องจากว่าพืชในป่าชนิดนี้ สามารถขึ้นได้ในเขตน้ำลงต่ำสุด และน้ำขึ้นสูงสุด บริเวณชายฝั่งทะเล (เทียมใจ คมกฤส, 2536)

ป่าชายเลนจะพบทั่วไปตามพื้นที่ชายฝั่งทะเล บริเวณปากน้ำ อ่าว ทะเลสาบ และเกาะซึ่งเป็นบริเวณที่น้ำทะเลท่วมถึงของประเทศในแถบโซนร้อน (tropical region) ส่วนบริเวณเขตเหนือหรือใต้โซนร้อน (sub-tropical region) จะพบป่าชายเลนอยู่บ้างเป็นส่วนน้อย เนื่องจากภูมิอากาศไม่เหมาะสมนัก ป่าชายเลนที่มีความอุดมสมบูรณ์ ประกอบด้วยพันธุ์ไม้หลายชนิด มักจะพบในกลุ่มประเทศของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยเฉพาะในประเทศอินโดนีเซีย มาเลเซีย พม่า และไทย เป็นต้น (สนิท อักษรแก้ว, 2541)

ป่าชายเลนเป็นแหล่งผลิตอาหาร และพลังงานที่สำคัญยิ่งสำหรับมนุษย์ และยังเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ โดยอินทรียวัตถุที่ย่อยสลายจากซากพืช เช่น ใบที่ร่วงหล่นจะเป็นแหล่งอาหารของกุ้ง หอย ปู ปลา นอกจากนี้สารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำก็เป็นอาหารของจุลินทรีย์ตลอดจนแพลงค์ตอนพืชต่อไป (เทียมใจ คมกฤส, 2536)

พันธุ์ไม้ในป่าชายเลนสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ในลักษณะต่างๆ กันที่นิยมกันมาก ได้แก่ การนำมาเผาถ่าน ซึ่งถ่านจากไม้โกงกาง ถือเป็นถ่านที่มีคุณภาพดี ให้ความร้อนสูงเมื่อเทียบกับไม้ชนิดอื่น นอกจากนี้ ยังใช้ทำฟืนเพื่อหุงต้ม ทำเสาเข็ม และไม้ค้ำยัน เช่น ใช้ในการปลูกพืชผลทางการเกษตรหรือค้ำยันรางแร่ (สนิท อักษรแก้ว, 2541) นอกจากนี้เปลือกของไม้ป่าชายเลนหลายชนิด ยังมีสารพวกแทนนินจำนวนมาก สารแทนนินนี้เป็นฟีนอลธรรมชาติที่มีราคาถูกที่สุด สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการย้อมแห อวน ฟอกหนัง ทำหมึก ทำสี และทำกาวติดไม้ เป็นต้น

นอกเหนือจากนำมาใช้ประโยชน์ต่าง ๆ แล้ว เทียมใจ คมกฤส (2536) ยังรายงานว่าพันธุ์ไม้ป่าชายเลนหลายชนิด สามารถนำมาใช้เป็นสมุนไพรได้ เช่น เปลือกของโกงกางใบเล็กและโกงกางใบใหญ่ นำมาต้มกับน้ำดื่มเป็นยาสมานแก้ท้องร่วง คลื่นเหียน อาเจียน แก้บิดเรื้อรัง เป็นต้น

2.2.1 **พันธุ์ไม้ป่าชายเลน**

Santisuk (1983) อ้างถึงใน สนิท อักษรแก้ว (2541) รายงานว่ามีพันธุ์ไม้ทั้งหมด 35 วงศ์ 53 สกุลและ 74 ชนิด สำหรับประเทศไทยพันธุ์ไม้ที่เด่นและสำคัญ คือ พันธุ์ไม้ในวงศ์ Rhizophoraceae ซึ่งได้แก่ไม้โกงกาง (*Rhizophora*) ไม้โปรง (*Ceriops*) และไม้ถั่ว (*Bruguiera*) นอกจากนี้ก็มีไม้ในวงศ์ Avicenniaceae ได้แก่ไม้แสม (*Avicennia*) ไม้ในวงศ์ Sonneratiaceae

ได้แก่ไม้ลำพู ลำแพน (*Sonneratia*) และไม้ในวงศ์ Meliaceae ได้แก่ไม้ตะบูน ตะบัน (*Xylocarpus*)

1) โกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata*)

โกงกางใบใหญ่ เป็นพันธุ์ไม้ที่สำคัญมากชนิดหนึ่งในวงศ์ Rhizophoraceae มักจะขึ้นได้ดีในดินที่มีสภาพเป็นเลนบริเวณนอกสุดจากชายฝั่ง (Steenis, 1958 อ้างถึงใน สนิท อักษรแก้ว, 2541) เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ มีรากค้ำจุน (Stilt Roots หรือ Prop Roots) ทำหน้าที่พยุงลำต้น (พูนศรี เมืองส่ง และสนิท อักษรแก้ว, 2540)

โสภณ หะวานนท์ และ ไพศาล ธนะเพิ่มพูล (2534) ได้ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บรักษาฝักของไม้ป่าชายเลนที่สำคัญบางชนิด คือโกงกางใบเล็ก โกงกางใบใหญ่ โปรงแดง ถั่วดำ ถั่วขาว และพังกาหัวสุมดอกแดง โดยการเก็บรักษาฝักไว้ในโรงเรือนที่อากาศถ่ายเทได้สะดวก ที่ศูนย์วิจัยป่าชายเลน จังหวัดระนอง รดด้วยน้ำทะเลทุกเช้าและเย็นทุก 10 วันนำฝักที่เก็บไว้ไปปักชำในถุงดิน พบว่าฝักของไม้โกงกางใบใหญ่มีความแข็งแรง ทนทานต่อโรคและแมลงได้ดีที่สุด สามารถเก็บไว้ได้นานที่สุด

พูนศรี เมืองส่ง และสนิท อักษรแก้ว (2540) ได้ทำการศึกษาการเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง อ.เมือง จ.ระนอง 4 ชนิด คือโกงกางใบใหญ่ โกงกางใบเล็ก ถั่วขาว และโปรงแดง พบว่า เมื่อพิจารณาการเจริญเติบโตทางด้านความสูงและมวลชีวภาพรวม (มวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบ และราก) สรุปได้ว่าโกงกางใบใหญ่มีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด รองลงมาคือโกงกางใบเล็ก ถั่วขาว และโปรงแดง ตามลำดับ

กนกพร บุญส่ง และอภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ (2538) ได้ทำการศึกษาการอนุรักษ์ป่าชายเลนควบคู่กับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี พบว่าป่าชายเลนบริเวณอ่าวคุ้งกระเบนจะมีไม้โกงกางเป็นพันธุ์ไม้เด่น โดยบริเวณด้านทิศเหนือและตะวันออกของอ่าวมีไม้โกงกางใบเล็กขึ้นกระจายครอบคลุมพื้นที่รอบอ่าว เป็นแนวกว้าง 40-120 เมตร และบริเวณริมคลองจะพบไม้โกงกางใบใหญ่ขึ้นห่างจากชายฝั่งไม่เกิน 40 เมตร ซึ่งปัจจุบันป่าชายเลนในอ่าวคุ้งกระเบน นอกจากจะเป็นแหล่งขยายพันธุ์และอนุบาลสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เป็นแหล่งอาหารที่อุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศชายฝั่งแล้ว ยังมีบทบาทสำคัญในการลดผลกระทบของมลภาวะจากการทำนากุ้งด้วยการช่วยรักษาสมดุลของคุณภาพน้ำบริเวณชายฝั่ง

2) แสมทะเล (*Avicennia marina*)

แสมทะเลในประเทศไทยจะพบอยู่ทั่วไปในป่าชายเลน โดยเฉพาะพื้นที่ติดกับชายฝั่งทะเลหรือบริเวณปากแม่น้ำ สามารถขึ้นได้อย่างหนาแน่นในพื้นที่ดินเลนปนทราย (Gledhill,1963 อ้างถึงใน สนิท อักษรแก้ว, 2541)

ไม้แสมทะเลเป็นไม้ขนาดเล็ก สูงประมาณ 5-8 เมตร มีลักษณะเป็นพุ่มส่วนใหญ่จะพบว่ามี 2 ลำต้นหรือมากกว่า มีรากหายใจยาวประมาณ 10-20 เซนติเมตร แสมทะเลจัดเป็นพืชที่มีระบบรากหายใจ (pneumatophore) ซึ่งเป็นรากที่เจริญจาก cable root หรือ horizontal root ทนทานต่อสภาพน้ำท่วมได้นานๆ รากหายใจจะตั้งชูขึ้นมาเหนือผิวดินในแนวตั้งฉากรอบๆ ลำต้น และพบว่ารากหายใจของแสมจะแตกออกไปด้านข้างของ horizontal root ซึ่งฝังอยู่ในดินเลน โดยแตกห่างออกไปจากโคนของลำต้นในระยะไกล และโผล่ปลายเรียวแหลมขึ้นมาเหนือพื้นดินเป็นระยะเท่า ๆ กัน ในไม้แสมรากมักจะมีความสูงจำกัด โดยทั่วไปมักน้อยกว่า 30 เซนติเมตร (เทียมใจ คมกฤส, 2536)

การขยายพันธุ์ จะขยายพันธุ์โดยการใช้เมล็ด สำหรับการปลูกในพื้นที่โดยตรงมักนิยมใช้กล้าไม้ในเรือนเพาะชำไว้ก่อนแล้วจึงจะได้ผลดี เนื่องจากเมล็ดของแสมทะเลมีขนาดเล็ก จึงไม่เหมาะด้วยปัจจัยหลายอย่างที่จะนำไปปลูกในพื้นที่โดยตรง (สนิท อักษรแก้ว และคณะ, 2539)

พิชิต แก้ววงศ์ศรี และนพรัตน์ บำรุงรักษ์ (2540) ได้ศึกษาการเจริญเติบโตของแสมที่ใช้เป็นไม้เบิกนำบนหาดเลนงอกใหม่ของอ่าวปัตตานี พบว่าแสมทะเลเหมาะที่จะใช้เป็นไม้เบิกนำในพื้นที่ดังกล่าว เพราะแสมทะเลเป็นพืชที่มีความทนทาน และปรับตัวเข้ากับพื้นที่ดินเลนงอกใหม่ปากอ่าวปัตตานีมากที่สุด มีอัตราการรอดตายและอัตราการเจริญเติบโตที่ดีกว่าแสมชนิดอื่น ซึ่งสอดคล้องกับข้อสังเกตของ Dr. P. Myerscough (Macnae, 1968 อ้างถึงใน พิชิต แก้ววงศ์ศรี และนพรัตน์ บำรุงรักษ์, 2540) ที่ว่าแสมทะเลเป็นพืชที่กระจายตัวได้ดีที่สุดในพื้นที่ต่างๆ ถึงแม้ว่าธาตุอาหารไม่สมบูรณ์หรือสภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสม จึงจัดเป็นพืชป่าชายเลนที่สามารถปรับตัวได้ดีที่สุด

กนกพร บุญส่ง (2528) ทำการศึกษาการทดแทนสังคมพืชขั้นปฐมภูมิของป่าชายเลนบริเวณอ.เมือง จ. นครศรีธรรมราช พบว่าพันธุ์ไม้เด่นที่มีการกระจายตั้งแต่ชายฝั่งจนลึกเข้าไปในป่าชายเลน คือ แสมทะเล โดยแสมทะเลจะมีมวลชีวภาพตามช่วงเวลาของการทดแทนเพิ่มขึ้นทุกปี และให้ข้อเสนอแนะว่าแสมทะลเป็นพืชที่สามารถทนต่อสภาวะแวดล้อมที่วิกฤตได้ ดังนั้นจึงน่าจะใช้ปลูกในพื้นที่ขาดความอุดมสมบูรณ์หรือสภาพแวดล้อมที่เกิดมลภาวะ รากหายใจจำนวนมากของแสมทะเลจะช่วยกลั่นกรองสิ่งปฏิกูลในน้ำ และช่วยลดสภาวะน้ำเสียที่เกิดขึ้นในบริเวณอ่าว ทะเลสาบ แม่น้ำ ลำคลองได้

2.2.3 บทบาทของป่าชายเลนในการรักษาความสมดุลของระบบนิเวศชายฝั่งทะเล

ป่าชายเลนทำหน้าที่เชื่อมโยงระหว่างระบบนิเวศในทะเล และระบบนิเวศบนบก ดังนั้นสังคมป่าชายเลนจึงมีความสำคัญอย่างมาก ป่าชายเลนเป็นระบบนิเวศที่มีลักษณะเฉพาะ

และเป็นแหล่งที่มีสัตว์น้ำและสัตว์บกโดยเฉพาะนกชนิดต่าง ๆ อาศัยอยู่มากมาย ปริมาณอินทรียวัตถุที่ผลิตโดยพืชในป่าชายเลนจะเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของสรรพสิ่งมีชีวิตทั้งภายในป่าชายเลนเองและระบบนิเวศอื่นๆที่เกี่ยวข้อง ยิ่งไปกว่านี้ ป่าชายเลนยังมีบทบาทสำคัญในการป้องกันพื้นที่ชายฝั่งทะเลจากคลื่นลมแรงและการกัดเซาะดินสำหรับในด้านการรักษาสภาพแวดล้อม ป่าชายเลนยังสามารถดักตะกอน และสิ่งปฏิกูล สารพิษต่าง ๆ มิให้ไหลลงไปสะสมในทะเล (สนิท อักษรแก้ว, 2541) นอกจากนี้ยังพบว่าพืชในป่าชายเลนยังช่วยเก็บกักตะกอนให้ทับถมมากขึ้นจนกลายเป็นแผ่นดินได้ ดังที่พบว่าไม้แสมและลำพูซึ่งเป็นไม้เบิกนำ (pioneer species) ในป่าชายเลนและมีรากหายใจแบบ pneumatophore จะช่วยเพิ่มการกักเก็บเศษดินตะกอนต่างๆ จนขยายกลายเป็นพื้นดินตามชายฝั่ง

2.3 ดินในป่าชายเลน

ดินในป่าชายเลนเป็นดินที่เกิดจากการทับถมของตะกอนที่ไหลมากับน้ำจากแหล่งต่างๆ และการตกตะกอนของสารแขวนลอยในมวลน้ำ ตลอดจนการสลายตัวของอินทรีย์สารตามช่วงระยะเวลาที่ทับถมต่างๆ กัน (สนิท อักษรแก้ว, 2541)

2.3.1 ธาตุอาหารในดินป่าชายเลน

การที่มีปริมาณธาตุอาหารที่เพียงพอนับเป็นสิ่งจำเป็นในการรักษาความสมดุลของระบบนิเวศป่าชายเลน ธาตุอาหารในป่าชายเลนมี 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1) ธาตุอาหารประเภทอนินทรีย์สาร ธาตุอาหารอนินทรีย์สารที่จำเป็นในการรักษาความสมดุลของระบบนิเวศป่าชายเลนได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียม ส่วนใหญ่สารอาหารประเภทนี้ในป่าชายเลนมีมากพอ ยกเว้นไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีปริมาณค่อนข้างน้อยจึงมักจะเป็นตัวจำกัดการเจริญของพืชป่าชายเลน แหล่งที่มาของธาตุอาหารประเภทอนินทรีย์สารที่สำคัญอย่างน้อย 5 แหล่งด้วยกันคือ จากน้ำฝน จากน้ำที่ไหลผ่านแผ่นดิน จากดินตะกอน จากน้ำทะเล และจากการย่อยสลายของอินทรียวัตถุในป่าชายเลน (สนิท อักษรแก้ว, 2541)

การถ่ายเทแลกเปลี่ยนธาตุอาหารระหว่างป่าชายเลน และน้ำทะเลชายฝั่งเป็นไปตามวัฏจักรการขึ้นลงของน้ำทะเล โดยทั่วไปจะมีการขนถ่ายธาตุอาหาร ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส จากป่าชายเลนสู่น้ำทะเลชายฝั่ง (กัลยา วัฒยากร และสนิท อักษรแก้ว, 2538 อ้างถึงใน เจนจิรา แก้วรัตน์, 2541)

2) ธาตุอาหารประเภทอินทรีย์สาร หรือ organic detritus หมายถึงสารอาหารอินทรีย์ที่มีต้นกำเนิดมาจากสิ่งมีชีวิต โดยผ่านขั้นตอนต่างๆ ในการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ซึ่งมีอยู่ 2 รูปคือ สารแขวนลอยที่มีขนาดประมาณ 1 ไมครอนหรือมากกว่า (particulate form) และสารแขวนลอยขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน (subparticulate form) แหล่งที่มาสำคัญของธาตุอาหารประเภทอินทรีย์สารในป่าชายเลนมีอยู่ 2 แหล่งใหญ่ๆ คือ แหล่งแรกเป็นแหล่งที่มาจากป่าชายเลนเอง (autochthonous sources) ได้แก่ แพลงตอนพืช ไดอะตอม แบคทีเรีย สาหร่ายที่เกาะตามต้นไม้ รากไม้ และพืชชนิดอื่นๆ ในป่าชายเลน และแหล่งที่สองเป็นแหล่งที่มาจากภายนอกป่าชายเลน (allochthonous sources) ได้แก่ สารแขวนลอยในน้ำที่ไหลมากับแหล่งน้ำลำธาร ตะกอนดินจากการกัดเซาะชายฝั่ง ซากพืชและสัตว์ที่อยู่บนชายฝั่งหรือในทะเล (สนิท อักษรแก้ว, 2541)

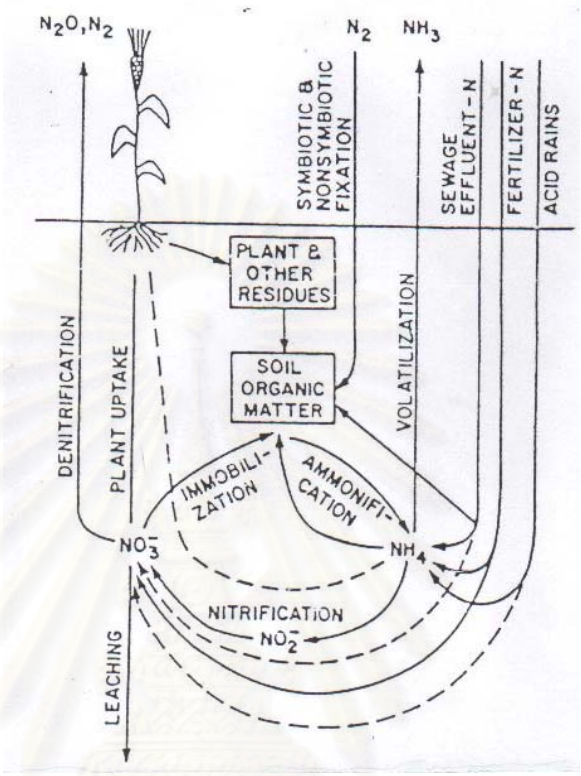
2.3.2 วัฏจักรไนโตรเจนในดิน

สารประกอบไนโตรเจนในดินส่วนใหญ่ จะได้จากซากพืชซากสัตว์อยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ อินทรียวัตถุมีไนโตรเจนอยู่ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนในดินส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปโปรตีน และก่อนที่พืชจะสามารถนำเอาไนโตรเจนเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ได้นั้น สารประกอบเหล่านี้จะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปสารประกอบอนินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ (เช่น ไนเตรท หรือแอมโมเนีย) ซึ่งสูญหายไปกับน้ำได้ง่าย ดังนั้นไนโตรเจนที่อยู่ในเซลล์จุลินทรีย์ และอินทรียวัตถุในดิน จึงเป็นแหล่งสำคัญยิ่งในการเก็บรักษาไนโตรเจนไม่ให้สูญหาย (เพิ่มพูน กีรติกสิกร, 2528)

สารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจนที่พบในดิน ได้แก่ ไนเตรท ไนไตรท์ แอมโมเนียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ (exchangeable ammonium) แอมโมเนียมที่ไม่สามารถแลกเปลี่ยนได้ (nonexchangeable ammonium หรือ fixed ammonium) ก๊าซไนโตรเจน (nitrogen gas : N_2) และไนตรัสออกไซด์ (nitrous oxide : N_2O) ซึ่งไนเตรท ไนไตรท์ และแอมโมเนียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้จะเป็นสารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจนที่สำคัญที่สุด และภายใต้สภาวะธรรมชาติความเข้มข้นของอนุมูลเหล่านี้จะอยู่ในช่วงน้อยกว่า 10 ppm ส่วนแอมโมเนียมที่ไม่สามารถแลกเปลี่ยนได้จะกระจายสัมพันธ์กับความลึกในชั้นของดินเหนียว (clay material) แต่การกระจายของอนุมูลไนเตรทจะไม่สัมพันธ์กับชนิดของดิน โดยปกติจะกระจายตามการเคลื่อนที่ของน้ำผ่านดิน (Yaron และคณะ, 1996)

ไนโตรเจนในดินมีการหมุนเวียนเปลี่ยนไปตามวัฏจักรไนโตรเจนตามธรรมชาติ ดังภาพที่ 2.1 และความสมดุลของไนโตรเจนในดินถูกควบคุมโดยการตรึงไนโตรเจนโดยจุลินทรีย์ กระบวนการ mineralization และการเปลี่ยนรูปของอินทรีย์ไนโตรเจนไปสู่แอมโมเนียมและ

ไนเตรท (ammonification-nitrification) หรือการนำแอมโมเนียมและไนเตรทไปใช้ประโยชน์โดยพืชและจุลินทรีย์ (assimilation-immobilization) (Yaron และคณะ, 1996)



ภาพที่ 2.1 แสดงวัฏจักรไนโตรเจนในดิน

ที่มา : Yaron และคณะ (1996)

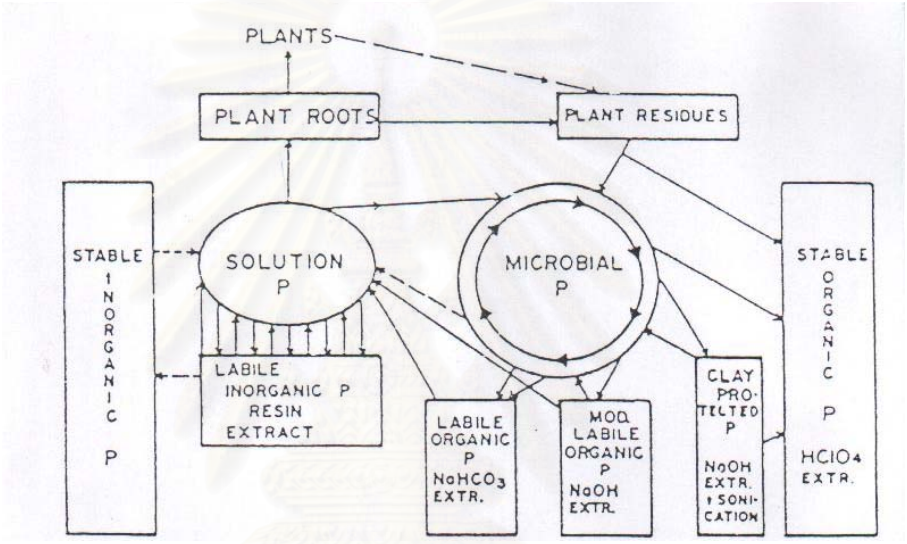
แหล่งสำคัญของไนโตรเจนมาจากปุ๋ยในพื้นที่ดินเกษตรกรรม จากของเสียในพื้นที่ทิ้งขยะ และจากน้ำเสีย นอกจากนี้แหล่งของไนโตรเจนยังเกิดจากฝนกรด ซึ่งเกิดจากไนโตรเจนออกไซด์ (nitrogen oxide : NO_x) ปริมาณไนโตรเจนออกไซด์ในบรรยากาศสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งในธรรมชาติ และมนุษย์สร้างขึ้น ในธรรมชาติจะเกิดจากแสง (ฟ้าแลบ ฟ้าผ่า) การระเบิดของภูเขาไฟ และจากกระบวนการทางชีวภาพ ส่วนที่มนุษย์สร้างขึ้นจะได้มาจากแหล่งกำเนิดแบบจุด (point source) ซึ่งจะมีระดับของไนโตรเจนออกไซด์ที่แตกต่างกัน

การสูญเสียไนโตรเจนในดินจะเกิดขึ้นได้โดยการเก็บเกี่ยวพืช การระเหย (volatilization) การชะละลาย (leaching) ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม นอกจากนี้สาเหตุของการสูญเสียอาจมาจากการเกิด denitification โดยแบคทีเรีย เกิดการเปลี่ยนรูปไปสู่ก๊าซไดไนโตรเจนออกไซด์ (dinitrogen oxide : N_2O) และถูกนำไปใช้ในการสร้างเซลที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ แบคทีเรียในกระบวนการ denitification จะเป็นพวกที่สามารถอยู่ได้ในสภาวะที่ขาดออกซิเจน

และกระบวนการนี้จะสามารถเกิดได้ในสภาวะที่ดินอยู่ในสภาพน้ำขัง หรือมีการระบายน้ำไม่ดี ในช่วงอุณหภูมิ 5-25 องศาเซลเซียส และที่ pH ของดินประมาณ 7.5 (Yaron และคณะ, 1996)

2.3.3 วัฏจักรฟอสฟอรัสในดิน

ฟอสฟอรัสในดินจะมีอยู่ทั้งในรูปอินทรีย์และอนินทรีย์ วัฏจักรฟอสฟอรัสในดินเป็นระบบสมดุลพลวัต (dynamic equilibrium) ที่อยู่ในดิน พืช และจุลินทรีย์ในดิน ซึ่งมีการหมุนเวียนเปลี่ยนไป ดังในภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 แสดงวัฏจักรฟอสฟอรัสในดิน

ที่มา : Stevenson (1986) อ้างถึงใน สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์ (2538)

แหล่งของฟอสฟอรัสในดิน ได้แก่ (1) สารประกอบอินทรีย์ที่อยู่ในซากพืช ซากสัตว์ และจุลินทรีย์ดิน รวมทั้งสารประกอบที่จุลินทรีย์สังเคราะห์ขึ้น (2) สารประกอบอนินทรีย์ซึ่งฟอสฟอรัสมักรวมอยู่กับแคลเซียม (calcium) แมกนีเซียม (magnesium) เหล็ก (iron) อะลูมิเนียม (aluminium) และแร่ดินเหนียว (clay mineral) การเปลี่ยนรูปของฟอสฟอรัสในดินเกิดได้หลายทาง ดังนี้ (1) กระบวนการ mineralization (2) กระบวนการ immobilization (3) การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการละลายของสารประกอบฟอสฟอรัสในรูปอนินทรีย์สาร (4) กระบวนการ oxidation และ reduction ของสารประกอบฟอสฟอรัสที่เป็น อนินทรีย์สาร

ดินได้รับฟอสฟอรัสในรูปอินทรีย์สารส่วนใหญ่จากซากพืชและสัตว์ ซึ่งมีสารประกอบฟอสฟอรัสอยู่ในรูปไฟติน (phytin) ฟอสโฟไลปิด (phospholipids) นิวคลีโอโปรตีน

(nucleoproteins) กรดนิวคลีอิก (nucleic acids) น้ำตาลฟอสโฟไรเลต (phosphorylated sugars) และอื่นๆ ดินมีปริมาณของอินทรีย์ฟอสฟอรัสประมาณ 25–80 เปอร์เซ็นต์ แบคทีเรียและราหลายชนิดสามารถผลิตเอนไซม์ฟอสฟาเตส (phosphatase enzymes) ออกมาย่อยนิวคลีโอโปรตีน แล้วปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมาในรูปของฟอสเฟต ส่วนสารประกอบ nucleic acids ในดินที่พบในส่วนของอินทรีย์สารนั้นมาจากสารประกอบในเซลล์ของจุลินทรีย์ (เพิ่มพูน กีรติกสิกร, 2528)

อนินทรีย์ฟอสฟอรัสในดินมักถูกดูดซับด้วย แคลเซียม เหล็ก และ อะลูมิเนียม ซึ่งทำให้ไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ สารประกอบอนินทรีย์ฟอสฟอรัสในดินที่พบมีตั้งแต่พวกที่ละลายน้ำได้บ้าง คือ monodicalciumphosphate ซึ่งมีอยู่ในสารละลายดินในปริมาณที่น้อยมาก และพวกที่ละลายน้ำได้น้อยมาก คือ fluorapatite และ hydroxyapatite ในสภาพดินกรดจะพบอนินทรีย์ฟอสเฟตที่รวมตัวเป็นสารประกอบของเหล็กและอะลูมิเนียม ส่วนในสภาพดินด่างจะพบในรูปสารประกอบของแคลเซียม (เพิ่มพูน กีรติกสิกร, 2528) ดินในป่าชายเลนมีสภาพเป็นกรดอ่อน ทำให้เหล็กไฮดรอกไซด์หรืออะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ทำปฏิกิริยาจับกับไอออนฟอสเฟตได้ง่าย สารประกอบที่เกิดขึ้นมักละลายน้ำได้ยาก ทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสเฟตต่ำ (Viner, 1982 อ้างถึงใน เจนจิรา แก้วรัตน์, 2541)

จุลินทรีย์ดินมีบทบาทในการทำให้อนินทรีย์ฟอสฟอรัสละลาย โดยที่กิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นนั้นทำให้เกิดกรดต่างๆ ทั้งชนิดอินทรีย์และอนินทรีย์ กรดต่างๆ เหล่านี้จะมีผลไปละลายอนินทรีย์ฟอสฟอรัส ทำให้เกิดฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำได้ง่าย และอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชชั้นสูงและพืชชั้นต่ำในดิน (เพิ่มพูน กีรติกสิกร, 2528)

2.3.4 ดินภายใต้สภาพน้ำขัง

เมื่อดินอยู่ในสภาพน้ำขัง ช่องว่างต่าง ๆ ภายในดินจะมีน้ำอยู่เต็ม อัตราการกระจายของออกซิเจนจะลดลงอย่างมาก ขึ้นอยู่กับความลึกของน้ำที่ท่วม และระยะเวลาที่ดินถูกน้ำท่วมขัง การซึมผ่านของออกซิเจนลงสู่ดินจะเป็นไปได้ยากมากที่สภาวะนี้ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงประชากรของแบคทีเรียในดินบางชนิด (Boto, 1984) ออกซิเจนจะต้องแพร่ซึมผ่านน้ำแทนที่จะแพร่ซึมผ่านช่องว่างในดิน อัตราการแพร่ซึมผ่านน้ำของออกซิเจนเป็นเพียงหนึ่งในหมื่นของอัตราการแพร่ซึมที่เกิดขึ้นในช่องว่างขนาดใหญ่ ออกซิเจนจะละลายในน้ำได้น้อย คือ ประมาณ 10 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ 25 องศาเซลเซียส (เพิ่มพูน กีรติกสิกร, 2528)

โดยปกติในดินที่มีการระบายอากาศผ่านเข้าออกดี จะพบแบคทีเรียพวกที่ต้องการออกซิเจน (aerobic bacteria) แต่เมื่อดินอยู่ในสภาวะขาดออกซิเจน แบคทีเรียชนิดนี้ก็จะลดจำนวนลง และมีแบคทีเรียชนิดอื่นที่ไม่ต้องการออกซิเจนเข้ามาแทน ได้แก่ พวก anaerobe ซึ่ง

เป็นแบคทีเรียพวกไม่ต้องการออกซิเจน ทำให้ต้องมีแหล่ง oxidant อื่นๆ สำหรับหายใจ (Boto, 1984) และมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซอื่นๆ

ในปฏิกิริยา oxidation-reduction ในดินมีบทบาทในด้านเป็นตัวให้อิเล็กตรอนแก่ปฏิกิริยา oxidation ของสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ ปฏิกิริยา oxidation จะปล่อยพลังงานให้กับจุลินทรีย์ ออกซิเจนเป็นสารที่รับอิเล็กตรอนได้ดีที่สุด นอกจากนี้แล้วออกซิเจนเป็นสารรับอิเล็กตรอนเพียงตัวเดียวเท่านั้นที่รากพืชสามารถนำไปใช้ได้ในสภาพที่มีออกซิเจนเพียงพอ แต่ในสภาพที่ขาดออกซิเจน สารที่รับอิเล็กตรอนในดิน ได้แก่ สารพวกเหล็ก (iron : Fe^{3+}) แมงกานีส (manganese : Mn^{4+}) ไนเตรท (nitrate : NO_3^-) ไฮโดรเจน (hydrogen : H^+) และ ซัลเฟต (sulphate : SO_4^{3-}) เป็นต้น สารตัวอื่นที่ไม่ใช่ออกซิเจนเมื่อรับอิเล็กตรอนแล้วจะปล่อยพลังงานออกมาได้น้อยกว่าออกซิเจน และยังปล่อยสารบางชนิดออกมาซึ่งเป็นพิษต่อพืช สัตว์ในดิน และระบบน้ำด้วย ซึ่งสารเหล่านี้จะไม่เป็นพิษเมื่ออยู่ในสภาพมีออกซิเจนเพียงพอ เช่น แอมโมเนียและไนไตรท์ เป็นพิษมากกว่าไนเตรท หรือไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นพิษมากกว่าซัลเฟต (เพิ่มพูน กีรติกสิกร, 2528)

เมื่อออกซิเจนถูกใช้หมดไป Mn^{4+} และ NO_3^- จะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็น Mn^{2+} และ N_2 ตามลำดับ และเมื่อ Mn^{4+} และ NO_3^- ถูกใช้โดยสมบูรณ์แล้ว Fe^{3+} จะถูกริดิวซ์ไปเป็น Fe^{2+} จนกระทั่งสุดท้ายดินจะอยู่ในสภาพขาดออกซิเจนอย่างมาก ซึ่งจะเกิดการลดลงของไดออกไซด์ (dioxide) เปลี่ยนไปสู่มีเทน (methane) (Boto, 1984) อัตราเร็วของการเกิดกระบวนการเหล่านี้ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ธรรมชาติและปริมาณอินทรียวัตถุ หรือตัวให้อิเล็กตรอน อุณหภูมิ pH ปริมาณและชนิดของตัวรับอิเล็กตรอน และระยะเวลาที่มีน้ำท่วมขัง (สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์, 2538)

ดินในสภาพน้ำขัง ไนเตรทจะเป็นอนุมูลตัวแรกที่ทำหน้าที่ต่อจากออกซิเจน และชะลอการเกิด reduction ของดิน โดยรักษาระดับ redox potential (Eh) ระหว่าง 200-400 มิลลิโวลท์ ซึ่งเมื่อไนเตรทถูกใช้จนหมดไป เหล็ก แมงกานีส และสารประกอบอินทรีย์ที่ถูกออกซิไดซ์ได้จะเพิ่มปริมาณขึ้นอย่างชัดเจน ซึ่งเมื่อใช้ไนเตรทหมดแล้ว แมงกานีสไดออกไซด์ (manganese dioxide : MnO_2) และเฟอริกออกซีไฮดรอกไซด์ (ferricoxyhydroxide : $Fe(OH)_3$) จะถูกจุลินทรีย์ใช้ตามลำดับ จากนั้นสารประกอบอินทรีย์จะถูกจุลินทรีย์ใช้ในระบบไพรูเวต (pyruvate system) และเมื่อดินถูกริดิวซ์มากขึ้น ค่า redox potential เป็นลบยิ่งขึ้น ซัลเฟตจะทำหน้าที่เป็นตัวรับอิเล็กตรอน และจะเกิดเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ (hydrogensulphide : H_2S) ซึ่งทำปฏิกิริยากับเหล็ก และแมงกานีสทำให้เกิดการตกตะกอน (สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์, 2538)

การเปลี่ยนแปลง redox states ของไนเตรท เหล็ก และแมงกานีส จะมีผลอย่างมากต่อการเติบโตของพืช ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นและจำกัดสำหรับการเจริญเติบโต

ของพืช และสามารถใช้ประโยชน์ได้เพียงในรูปสารประกอบอนินทรีย์ (NO_3^- และ NH_4^+) การสูญเสียไนโตรเจนสามารถเกิดขึ้นได้ในสภาวะน้ำท่วม โดยทาง denitrification ในกรณีที่มีน้ำท่วมเหนือดิน 1-5 มิลลิเมตร จะมีชั้นออกซิเจน (aerobic zone) อยู่สูงกว่าระดับดิน แอมโมเนียในชั้นที่ขาดออกซิเจน (anaerobic zone) จะกระจายสู่ชั้นที่มีออกซิเจน (aerobic zone) ซึ่งแบคทีเรียพวกที่ตรึงไนโตรเจน (nitrifying bacteria) สามารถเปลี่ยนแอมโมเนียไปเป็นไนเตรท และไนเตรทจะกระจายกลับสู่ชั้นที่ขาดออกซิเจน (anaerobic zone) ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปไปเป็นก๊าซไนโตรเจน และไนตรัสออกไซด์สูญหายไปจากดิน (Boto, 1984)

pH ของดินเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญ ที่ควบคุมสภาวะทางเคมีและการเปลี่ยนรูป (transformation) ของธาตุที่สำคัญหลายชนิด เช่น การให้ redox potential เพิ่มขึ้น โลหะหลายชนิดจะละลายได้มากที่ pH ต่ำ นอกจากนี้ยังอธิบายได้ว่าจะสามารถมีผลต่อการรวมตัวกับฟอสเฟตในดิน ถ้าดินมี pH มากกว่า 7 เป็นแอมโมเนียจะสามารถระเหยไปได้ดีขึ้น มีผลทำให้สูญเสียไนโตรเจน อย่างไรก็ตาม น้ำท่วมขังอาจมีผลช่วยเพิ่ม pH ของดินที่เป็นกรด และลด pH ของดินที่เป็นด่าง ดังนั้นดินในสภาพน้ำขังส่วนใหญ่ จะมี pH ประมาณ 7 (Boto, 1984)

2.4 กลไกการบำบัดธาตุอาหารของระบบพื้นที่ชุ่มน้ำ

กระบวนการในการลดสารอาหารของระบบพื้นที่ชุ่มน้ำจะอาศัย พืช ดิน และจุลินทรีย์ร่วมกัน โดยอาศัยกลไกทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ซึ่งมีประสิทธิภาพในการลดธาตุอาหารได้แตกต่างกันขึ้นกับชนิดของพืช และผลผลิตขั้นปฐมภูมิ สมบัติของดิน และปฏิสัมพันธ์ระหว่างพืช ดิน และน้ำ (Wong และคณะ, 1995)

2.4.1 บทบาทของพืช ดิน และจุลินทรีย์ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดของพื้นที่ชุ่มน้ำ

1) บทบาทของพืช

การกำจัดจะขึ้นอยู่กับความสามารถของรากพืชที่จะดูดซึมสารต่างๆ และกระบวนการทางชีวเคมีภายในของพืชเอง รากพืชจะช่วยเพิ่มพื้นที่ยึดเกาะให้จุลินทรีย์ ช่วยเคลื่อนย้ายก๊าซต่างๆ รวมทั้งออกซิเจนจากยอดลงสู่ราก ทำให้เกิดออกซิเจนฟิล์มบางๆ เรียกว่า rhizosphere รอบๆ ราก ทำให้จุลินทรีย์สามารถเปลี่ยนรูปสารอาหาร ไอออนโลหะ และสารประกอบอื่นๆ ได้ (Kadlec และ Knight, 1996 อ้างถึงใน เจนจิรา แก้วรัตน์, 2541) Gersberg และคณะ 1986 อ้างถึงใน Wathugala, 1987 ได้กล่าวว่า การเคลื่อนย้ายออกซิเจนลงสู่รากของพืชที่โผล่พ้นน้ำ (emerged macrophytes) จะไปกระตุ้นการเจริญเติบโตของ nitrifying bacteria

และไนเตรทจะถูกส่งผ่านไปยังส่วนที่มีออกซิเจนน้อย และจะถูกกำจัดออกจากระบบโดยกระบวนการ denitrification

พืชในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำ (wetland system) จะสามารถพัฒนาได้ในสภาวะที่ดินไร้ออกซิเจน (anaerobic) เช่น การพัฒนาช่องว่างภายในสำหรับขนส่งออกซิเจนสู่โซนรากพืช แต่จะขึ้นกับชนิดของพืชด้วย ช่องว่างของอากาศเหล่านี้สามารถเกิดขึ้นได้ถึง 60 % ของเนื้อเยื่อพืชทั้งหมด และการเคลื่อนย้ายออกซิเจนลงสู่ส่วนราก มีบทบาทสำคัญในการกำจัดบีโอดี และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน โดยการเกิดปฏิกิริยา oxidation-reduction ในระบบรากใต้ดิน (Reddy และ D'Angelo, 1997)

การใช้พืชที่มีอยู่ตามธรรมชาติในการบำบัดน้ำเสียจะเป็นข้อดีเพราะได้มีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพภูมิอากาศและสภาพดิน และมีแนวโน้มที่จะประสบความสำเร็จในการบำบัด ขณะที่พืชที่นำมาจากแหล่งอื่นมักจะตายหรือเติบโตช้า และอาจเป็นปัญหากับแหล่งน้ำธรรมชาติ (Hammer และ Bastian, 1989)

2) บทบาทของดิน

ดินมีบทบาทเป็นที่อาศัยของจุลินทรีย์ที่ต้องการยึดเกาะเช่นเดียวกับพืช เป็นที่ให้พืชเจริญเติบโต และช่วยบำบัดโดยกระบวนการทางกายภาพ และทางเคมีอื่นๆ จำเป็นต้องมีระยะเวลากักเก็บน้ำที่เหมาะสม เพื่อให้โอกาสจุลินทรีย์กับน้ำเสียได้สัมผัสกันชั่วระยะหนึ่ง (ธัญญลักษณ์ แต่บรรพกุล, 2539)

ลักษณะทางกายภาพของดินมีความสำคัญในการบำบัด หรือลดสารปนเปื้อนในน้ำเสีย และ ความสามารถของดินในการกำจัดหรือเคลื่อนย้ายสารต่างๆ ในน้ำเสียขึ้นอยู่กับประจุของดิน ซึ่งกระบวนการที่สำคัญคือ กระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange) การดูดซับ (adsorption) การตกตะกอน (precipitation) และการเกิดสารเชิงซ้อน (complexation) (เจนจิรา แก้วรัตน์, 2541)

ชนิดดินที่เหมาะสมสำหรับการบำบัดธาตุอาหาร คือ ดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) ดินร่วนเหนียว (clay loam) ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay loam) ดินเหนียวปนทราย (sandy clay) และ ดินเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay) (Cooper, 1990)

Jonhston (1991) อ้างถึงใน Tam และ Wong (1995) กล่าวว่าในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำธรรมชาติที่สามารถลดปริมาณธาตุอาหารในน้ำเสียได้ ส่วนใหญ่ธาตุอาหารเหล่านั้นจะถูกสะสมไว้ในเนื้อดินของระบบ

3) บทบาทของจุลินทรีย์

จุลินทรีย์ที่ยึดเกาะบนตัวกลาง และจุลินทรีย์ที่ลอยอิสระจะช่วยขจัดสารมลพิษในน้ำเสียโดยเกิดกระบวนการทั้งในสภาวะใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน โดยทำให้เกิดการดูดซึม (assimilation) การเปลี่ยนรูป (transformation) และการหมุนเวียนของสารในน้ำเสีย (เจนจิรา แก้วรัตน์, 2541)

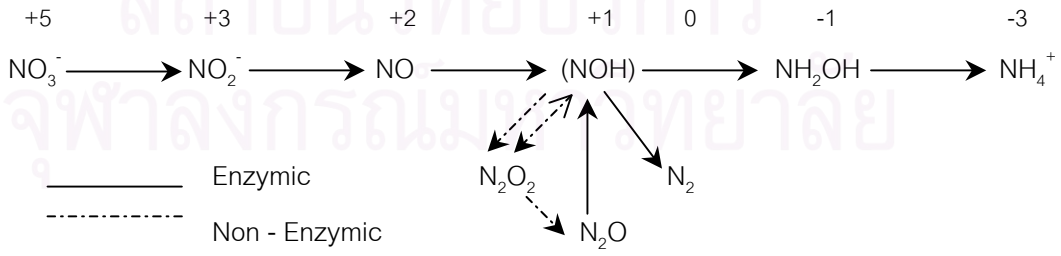
aerobic zone จะเกิดการ oxidation ของ carbonaceous และ nitrogenous

anaerobic zone ใช้พลังงานจาก SO_4^{2-}, Mn_4^{+}, Fe^{3+}, และ CO_2

ในสภาวะทั้ง 2 แบบนี้ จะทำให้จุลินทรีย์หลายชนิดสามารถย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ (organic compounds) และสารประกอบอนินทรีย์ (inorganic compounds) ในน้ำเสียได้ (Wuhrmann, 1972 และRogers, 1985 อ้างถึงใน ธัญลักษณ์ แต่บรรพกุล, 2539)

Nedwell (1975) ได้ศึกษากลไกของสารประกอบไนโตรเจนในน้ำเสียที่ปล่อยสู่ระบบนิเวศป่าชายเลนในเขตร้อน พบว่าไนเตรทจะถูกใช้ไประหว่างกระบวนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนของแบคทีเรียในดินตะกอน และกล่าวว่าหลังจากปล่อยน้ำทิ้งลงสู่พื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน ไนเตรทและแอมโมเนียอาจถูกดูดซึมไปใช้โดยพืช หรือไนเตรทอาจถูกนำไปใช้ประโยชน์โดยแบคทีเรียในสภาวะไร้ออกซิเจน (anaerobic conditions) โดยไนเตรทจะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็น ไนไตรท์ โดยการหายใจของแบคทีเรียแบบไม่ใช้ออกซิเจน แต่ระหว่างที่เกิดกระบวนการ denitrification ไนไตรท์จะถูกรีดิวซ์ให้เป็นก๊าซไนโตรเจน ไนโตรเจนออกไซด์ หรือไนตรัสออกไซด์ ซึ่งสามารถสูญเสียออกจากระบบได้ อย่างไรก็ตามแบคทีเรียชนิดอื่นๆ อาจจะริดิวซ์ไนไตรท์ไปเป็นสารละลายแอมโมเนีย ระหว่างที่เกิดกระบวนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน และยังไม่เกิดกระบวนการ denitrification ดังสมการ

redox state



Gersberg และคณะ (1983) ได้ศึกษาการใช้ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำแบบประดิษฐ์ (constructed wetland) ในการกำจัดไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen) จากน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นที่ 2 พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดจะต่ำ (ประมาณ 25%) ทั้งพื้นที่ที่

มีพืชและไม่มีพืช แต่เมื่อเติม methanol เข้าไปเพื่อเสริมให้มีคาร์บอนเพิ่มขึ้น และกระตุ้นแบคทีเรียพวกที่ไม่ใช้ออกซิเจนให้ทำงาน เกิดกระบวนการ denitrification ประสิทธิภาพในการกำจัดจะเพิ่มสูงขึ้นเป็น 95%

2.4.2 การขจัดมลสารต่าง ๆ ในระบบบำบัดพื้นที่ชุ่มน้ำ

1) สารอินทรีย์

สารประกอบอินทรีย์ที่เป็นสารละลาย โดยทั่วไปจะวัดในรูปของบีโอดี (biological oxygen demand ; BOD) ส่วนสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นของแข็งจะวัดในรูปของปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (total suspended solid : TSS) ซึ่งสามารถกำจัดได้โดยการตกตะกอน และกระบวนการทางชีวภาพ คือ การเปลี่ยนคาร์บอนกลับสู่บรรยากาศในรูปของมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์โดยจุลินทรีย์ หรือการเก็บสะสมไว้ในรูปของมวลชีวภาพ (Campbell และ Ogden, 1999)

อัตราการลดค่าบีโอดีขึ้นกับชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในระบบ และขึ้นกับชนิดของพืชน้ำ อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ยังขึ้นกับการสลายตัวของสารอินทรีย์ อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจน ความเป็นกรดด่าง สารอาหาร และดินที่ใช้ปลูก (Goldshalk, 1978 และ Wuhrman, 1972 อ้างถึงใน ธัญลักษณ์ แต่บรรพกุล, 2539)

2) ไนโตรเจน

ไนโตรเจนเข้าสู่ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำในรูปอนุภาค (particulate) และสารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ (dissolved organic and inorganic) ในรูปอนุภาคจะถูกกำจัดโดยการตกตะกอน ขณะที่ในรูปของสารละลายจะถูกกำจัดโดยการเกิดปฏิกิริยาชีวเคมีต่างๆ ในดินและน้ำ (Reddy และ D' Angelo, 1997) ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าว ได้แก่ การเกิดกระบวนการ nitrification และ denitrification การกลายเป็นไอของแอมโมเนีย (ammonia volatilization) และการถูกดูดซับโดยพืชและจุลินทรีย์ ไนโตรเจนส่วนใหญ่จะถูกกำจัดโดยผ่านกระบวนการ nitrification และ denitrification ซึ่งอัตราการเกิด nitrification จะสัมพันธ์กับปริมาณออกซิเจนละลาย

ปฏิกิริยา nitrification จะเกิดขึ้นต่อเมื่อปริมาณออกซิเจนละลายจะต้องมากกว่า 0.6-1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีอุณหภูมิของน้ำเป็นปัจจัยจำกัด (ปฏิกิริยาจะช้าลงที่อุณหภูมิน้ำต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส) ไนโตรเจนทั้งหมดจะถูกกำจัดออกในอัตราสูงที่สุดที่ระยะเวลากักเก็บน้ำ 5-7 วัน (Metcalf และ Eddy, 1979 อ้างถึงใน ธัญลักษณ์ แต่บรรพกุล, 2539) การเก็บเกี่ยวพืชในพื้นที่ชุ่มน้ำที่ใช้บำบัดน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดมาแล้วจะไม่เกิดผลกระทบโดยตรงต่อการ

บำบัดไนโตรเจน แต่จะเกิดผลกระทบต่อปริมาณออกซิเจน และปริมาณจุลินทรีย์ที่อาศัยพืชเป็นที่ยึดเกาะ ซึ่งจะมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยา nitrification และ denitrification (Reddy และ Sutton, 1984 อ้างถึงใน ธัญลักษณ์ แต่บรรพกุล, 2539)

ไนเตรท (NO_3^-) ในสภาวะน้ำท่วมขังจะแพร่กระจายสู่ดินที่เป็น anaerobic ทำให้เกิดก๊าซ (N_2O และ N_2) หรือ แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+-N) การกำจัดไนเตรทจะอยู่ในช่วง 0.003-1.02 $gNm^{-2}day^{-1}$อัตราการเกิด denitrification โดยปกติจะถูกจำกัดโดยความเข้มข้นของไนเตรท และการกระจายของไนเตรทจากส่วนที่เป็น aerobic ไปสู่ anaerobic (Reddy และ D' Angelo, 1997)

ในสภาวะน้ำท่วม แอมโมเนียอาจสูญเสียในรูปการกลายเป็นไอของแอมโมเนียซึ่งจะถูกควบคุมโดยอุณหภูมิ ความหนาแน่นของพืช การเคลื่อนผ่านของอากาศเหนือผิวน้ำ การผสมกันในน้ำ ความเข้มข้นของแอมโมเนีย กิจกรรมของสาหร่าย และการผันแปรขึ้นลงของ pH ช่วงความกว้างของอัตราการเกิดปฏิกิริยา ammonification จะมีค่าอยู่ในช่วง 0.004 – 0.357 $gNm^{-2}day^{-1}$ ส่วนการเกิด nitrification จะอยู่ในช่วง 0.01 – 0.161 $gNm^{-2}day^{-1}$ ซึ่งค่าเหล่านี้จะต่ำกว่าค่าของการเกิด ammonification เพราะว่าออกซิเจน และแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่ใช้ประโยชน์ได้ จะเป็นปัจจัยจำกัดการเกิด nitrification (Reddy และ D' Angelo, 1997)

พืชจะแสดงบทบาทในการขจัดไนโตรเจนโดย (1) การดึงไนโตรเจนเข้าสู่เนื้อเยื่อพืช และ (2) การเตรียมสภาพแวดล้อมในส่วนรากสำหรับการเกิด nitrification และ denitrification พืชจะได้รับไนโตรเจนสูงสุดจากน้ำในช่องว่างของดิน การวัดมวลชีวภาพของพืชและไนโตรเจนในเนื้อเยื่อจะสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจนของระบบพื้นที่ชุ่มน้ำได้ (Reddy และ D' Angelo, 1997)

2) ฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสจะถูกกำจัดโดยพืชดึงไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโต และโดยกระบวนการทางเคมีชีวภาพของระบบ รวมทั้งชนิดของดินในพื้นที่ชุ่มน้ำนั้นด้วย เนื่องจากฟอสฟอรัสจะตกตะกอนในดินที่มีความเป็นเกลือของโลหะ พื้นที่ชุ่มน้ำหลายแห่งไม่มีประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัส เนื่องจากดินเป็นปัจจัยจำกัดที่สำคัญ แต่ดินที่มีส่วนประกอบของเหล็ก และอะลูมิเนียม จะช่วยเพิ่มศักยภาพในการกำจัด นอกจากการเลือกใช้ชนิดของดินเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพแล้ว การลดอัตราการไหลของน้ำเข้า และการเพิ่มขนาดของพื้นที่ชุ่มน้ำก็ช่วยได้เช่นกัน อย่างไรก็ตามกลไกการกำจัดฟอสฟอรัสที่สำคัญก็คือ การดูดซับทางเคมี และการตกตะกอน เพราะอัตราการกำจัดโดยกลไกเหล่านี้เกิดขึ้นมากกว่าที่พืชจะดึงไปใช้ (Reddy และ Smith, 1987)

การกำจัดทางเคมีไม่สามารถทำนายได้แน่นอนนัก เพราะมีหลายปัจจัย เช่น pH ค่า redox potential ปริมาณเหล็ก อะลูมิเนียม แคลเซียม และแร่ดินเหนียว เป็นต้น โดยที่เมื่อ pH > 8 ฟอสเฟตจะจับตัวกับโลหะแล้วตกตะกอน แต่ถ้า pH < 6 และมี redox potential มากกว่า 200 mV ก็จะเกิดเฟอริกออกซีไฮดรอกไซด์ หรือสารประกอบอื่น (Conwell และคณะ, 1977 อ้างถึงใน ธัญลักษณ์ แต่บรรพกุล, 2539)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สมศักดิ์ พิริยโยธา และดาวรุ่ง ใจจริง (2540) ศึกษาการเจริญเติบโตของกล้าไม้ป่าชายเลนในสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน 3 ชนิดได้แก่ โกงกางใบเล็ก โปรงแดง และถั่วขาว โดยนำไปเพาะในดินที่แตกต่างกัน 3 ชนิด คือ ดินป่าชายเลน ดินป่าบก และดินทรายตะกอนเหมืองแร่ และรดกล้าไม้ด้วยน้ำจืดและน้ำเค็ม พบว่าในช่วงอายุ 2-6 เดือน โกงกางใบเล็ก และโปรงแดงจะมีอัตราการรอดตายอยู่ในช่วง 89.9 - 100 % ส่วนถั่วขาวจะอยู่ระหว่าง 75.5 - 91.83 % และอัตราการเจริญเติบโตทางความสูงของกล้าไม้ทั้ง 3 ชนิด ในดินต่างชนิดกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่กล้าไม้ที่รดด้วยน้ำเค็มจะมีอัตราการเจริญเติบโตทางความสูงและมวลชีวภาพมากกว่ากล้าไม้ที่รดด้วยน้ำจืดอย่างมีนัยสำคัญ

สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์ (2538) ทำการศึกษาการใช้ดินตะกอนภาคพื้นสมุทรในสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืชเป็นต้นแบบในการบำบัดน้ำเสียชุมชน โดยทำการทดลองหาเนื้อดินที่เหมาะสมด้วยการผสมทราย 5 ระดับ คือร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ100 ลงไปในดินเลน และใส่น้ำเสียจากบึงมักกะสันให้ขังที่ระดับ 5, 10 และ15 เซนติเมตร (ขังน้ำ 7 วัน ระบายน้ำออกให้แห้ง 2วัน) ในเรือนทดลอง พบว่าเนื้อดินร่วน (+25% ทราย) ทำให้กกกลมเจริญเติบโตดีที่สุด จึงใช้อัตราส่วนนี้ทำการศึกษาความสามารถในการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้น้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรี ใช้พืช 3 ชนิด คือ กกกลม หญ้าคาร่า และธูปฤาษี พบว่าระบบบำบัดน้ำเสียนี้มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีบีโอดีสูงมาก และกกกลมมีความเหมาะสมกับระบบบำบัดมากที่สุด และสรุปว่าการใช้ดินที่มีเนื้อดินร่วนหรือทำให้ร่วนในสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช สามารถใช้บำบัดน้ำเสียชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Best (1987) อ้างถึงใน เจนจิรา แก้วรัตน์ (2541) ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของใช้ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำแบบประดิษฐ์ (constructed wetland system) ประเภทต่างๆ ในรัฐฟลอริดา สหรัฐอเมริกา พบว่า มีความสามารถในการลดบีโอดี มีค่าระหว่าง 70-90% ไนโตรเจน 75-98% และฟอสฟอรัส 87-99 %

Wathugala และคณะ (1987) ได้ศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจน ฟอสฟอรัส จากน้ำเสียที่มีค่าซีโอดี (COD) แตกต่างกัน โดยใช้ระบบทรายกรองร่วมกับต้นอ้อ (*Phragmites auatralis*) พบว่ามีอัตราการลดฟอสฟอรัส และไนโตรเจนเท่ากับ 88% และ 99% ตามลำดับเมื่อสิ้นสุดการทดลอง และสรุปว่าคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบที่มีพืชจะดีกว่าระบบที่ปราศจากพืช โดยความแตกต่างของความเข้มข้นซีโอดีในน้ำเข้าไม่มีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดไนโตรเจน และฟอสฟอรัส

Brix และ Schierup (1989) อ้างถึงใน สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์ (2538) ทำการทดลองเกี่ยวกับพื้นที่ชุ่มน้ำแบบประดิษฐ์ ร่วมกับการปลูกพืชพวกต้น reeds และ cattails พบว่าค่าบีโอดีลดลงประมาณ 70-90% นอกจากนี้ยังลดปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและฟอสฟอรัสทั้งหมดลงได้ 25-50% และ 20-40% ตามลำดับ

Findlater, Hobson และ Cooper (1990) ทำการศึกษาประสิทธิภาพของต้นอ้อ (*Phragmites australis*) ในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำแบบประดิษฐ์ 27 แห่ง ในประเทศอังกฤษ เพื่อการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้พืชชนิดเดียว แต่ต่างกันที่ชนิดดินที่ใช้ปลูกพืชเป็นดินละเอียดกับดินหยาบ พบว่าสามารถลดค่าบีโอดีได้ 70 % และสารแขวนลอย 60% โดยที่ดินทั้ง 2 ชนิดมีประสิทธิภาพในการบำบัดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

Rogers และคณะ (1991) ทำการทดลองในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำแบบประดิษฐ์ เพื่อศึกษาบทบาทของพืชในการลดปริมาณไนโตรเจนจากน้ำเสีย พบว่าพืชในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำสามารถลดปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดได้ถึง 85% ดังนั้นจึงเน้นว่า พืชเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำ แต่ทั้งนี้การที่พืชจะดึงธาตุอาหารต่างๆ ขึ้นมาใช้จะต้องพิจารณาถึงความสามารถในการดูดซับ และเก็บกักสารอาหารไว้ชั่วคราวของดินด้วย

Juwarkar และคณะ (1995) ทำการทดลองโดยใช้ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำแบบประดิษฐ์ลดปริมาณบีโอดี ไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัส จากน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นแรก โดยจะใช้พืชขนาดใหญ่ คือ ธูปฤาษี และ ต้นอ้อ ปลูกในท่อซิเมนต์ซึ่งมีดิน 30 % และทราย 70 % พบว่าระบบพื้นที่ชุ่มน้ำสามารถลดบีโอดีได้ 78-91 % ลดปริมาณไนโตรเจนจาก 30.8 mg/l เป็น 9.5 mg/l และลดปริมาณฟอสฟอรัสจาก 14.9 mg/l เป็น 9.6 mg/l ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบพื้นที่ชุ่มน้ำแบบประดิษฐ์ จะมีความสามารถสูงในการลดบีโอดี และ ไนโตรเจน

Tam และ Wong (1995,1996) ทำการทดลองผ่านน้ำเสียลงไปใน column ดินป่าชายเลน 2 ชนิด คือ ดินฮ่องกง (เนื้อดินเป็นแบบดินร่วนปนทราย) และดินจีน (เนื้อดินเป็นแบบดินเหนียว) แล้วประเมินธาตุอาหาร และโลหะหนักที่ถูกกักเก็บไว้ในดินป่าชายเลนทั้ง 2 ชนิดเปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งใช้น้ำทะเลสังเคราะห์ พบว่าดินป่าชายเลนทั้ง 2 ชนิดมีปริมาณอินทรียวัตถุอนินทรีย์ไนโตรเจน ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่า

ชุดควบคุม แสดงว่า ดินป่าชายเลนจะมีความจุในการเก็บธาตุอาหารได้สูงมาก นอกจากนี้ยังพบว่าดินในฮ่องกง จะมีอินทรีย์สารและธาตุอาหารต่าง ๆ ต่ำกว่าดินในจีนอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าความสามารถของดินป่าชายเลนในการเก็บกักอินทรีย์สารและธาตุอาหารจะแตกต่างกันตามชนิดของดิน

Wong และคณะ (1995) ทำการทดลองศึกษาผลของน้ำเสียชุมชนต่อระบบพื้นที่ชุ่มน้ำ ป่าชายเลนในประเทศจีน โดยเปรียบเทียบสังคมพืช การเจริญเติบโต สถานะภาพของธาตุอาหารในดินและพืช ระหว่างบริเวณซึ่งใช้บำบัดน้ำเสียชุมชน กับบริเวณซึ่งเป็นพื้นที่ควบคุมไม่ได้รับน้ำเสีย พบว่าโครงสร้างของสังคมพืช การเจริญเติบโตทางความสูง และมวลชีวภาพของพืช ปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสทั้งหมด ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนในดินและพืชป่าชายเลนทั้งบริเวณซึ่งใช้บำบัดน้ำเสียชุมชน และบริเวณซึ่งเป็นพื้นที่ควบคุม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสทั้งหมด และ สารอินทรีย์คาร์บอนในดินมีแนวโน้มลดลงจากบริเวณห่างฝั่งไปจนถึงบริเวณชายฝั่งทะเล สรุปว่าน้ำเสียชุมชนไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชป่าชายเลน ทั้งนี้เนื่องจากน้ำเสียชุมชนที่เข้าสู่พื้นที่ศึกษามีปริมาณธาตุอาหารต่ำ

Chu และคณะ (1998) ทำการศึกษาระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนจะลองในการกำจัดธาตุอาหาร และโลหะหนักจากน้ำเสีย โดยทำการปลูกรังกะแท้ (*Kandelia candel)* ในระบบน้ำขึ้นน้ำลงจำลองในเรือนทดลอง ให้มีลักษณะเดียวกับระบบนิเวศป่าชายเลน เพื่อการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน (NW, 5NW และ 25NW) โดย NW จะมีสมบัติเหมือนน้ำเสียชุมชนธรรมชาติ ขณะที่ 5NW และ25NW คือ 5 และ25 เท่าของNW ตามลำดับ ระบบจะจัดสร้างให้มีน้ำท่วมขึ้นลงแต่ละวันด้วยน้ำทะเลสังเคราะห์ ผลของน้ำที่ออกจากระบบสรุปว่าประสิทธิภาพในการกำจัดธาตุอาหาร (แอมโมเนีย-ไนโตรเจน อินทรีย์ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน และออร์โธฟอสเฟต) และโลหะหนักจากน้ำเสียเกือบจะ 98% (ยกเว้นอินทรีย์ไนโตรเจนจะกำจัดได้ประมาณ74%) และ 96% ตามลำดับใน NW และ 5NW ขณะที่ 25NW จะกำจัดธาตุอาหารได้ประมาณ 75% Cd, Cr, Cu ประมาณ 96% และ Ni กับ Zn 88% ซึ่งจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าระบบนิเวศป่าชายเลนความจุสูงมากในการรับธาตุอาหารและโลหะหนักจากน้ำเสีย โดยสรุปว่าพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลน มีสมบัติเฉพาะตัวทางกายภาพ เคมี และชีวภาพในการดูดซับและใช้ประโยชน์ธาตุอาหารและโลหะหนัก

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษา

3.1 สถานที่ทำการศึกษาทดลอง

สถานที่ทำการทดลองอยู่ภายในพื้นที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี พื้นที่โครงการฯ ทั้งหมดประมาณ 1,135 ไร่ โดยทิศเหนืออยู่ติดกับชายฝั่งทะเลที่ยังอุดมสมบูรณ์ไปด้วยป่าชายเลน ทิศใต้ติดกับสถานีประมง และที่ดินของเอกชน ส่วนทิศตะวันออกติดกับคลองอีแอด และทางทิศตะวันตกติดกับพื้นที่ที่กันไว้ให้ราษฎรใช้ทำกิน (ภาพที่ 3.1)

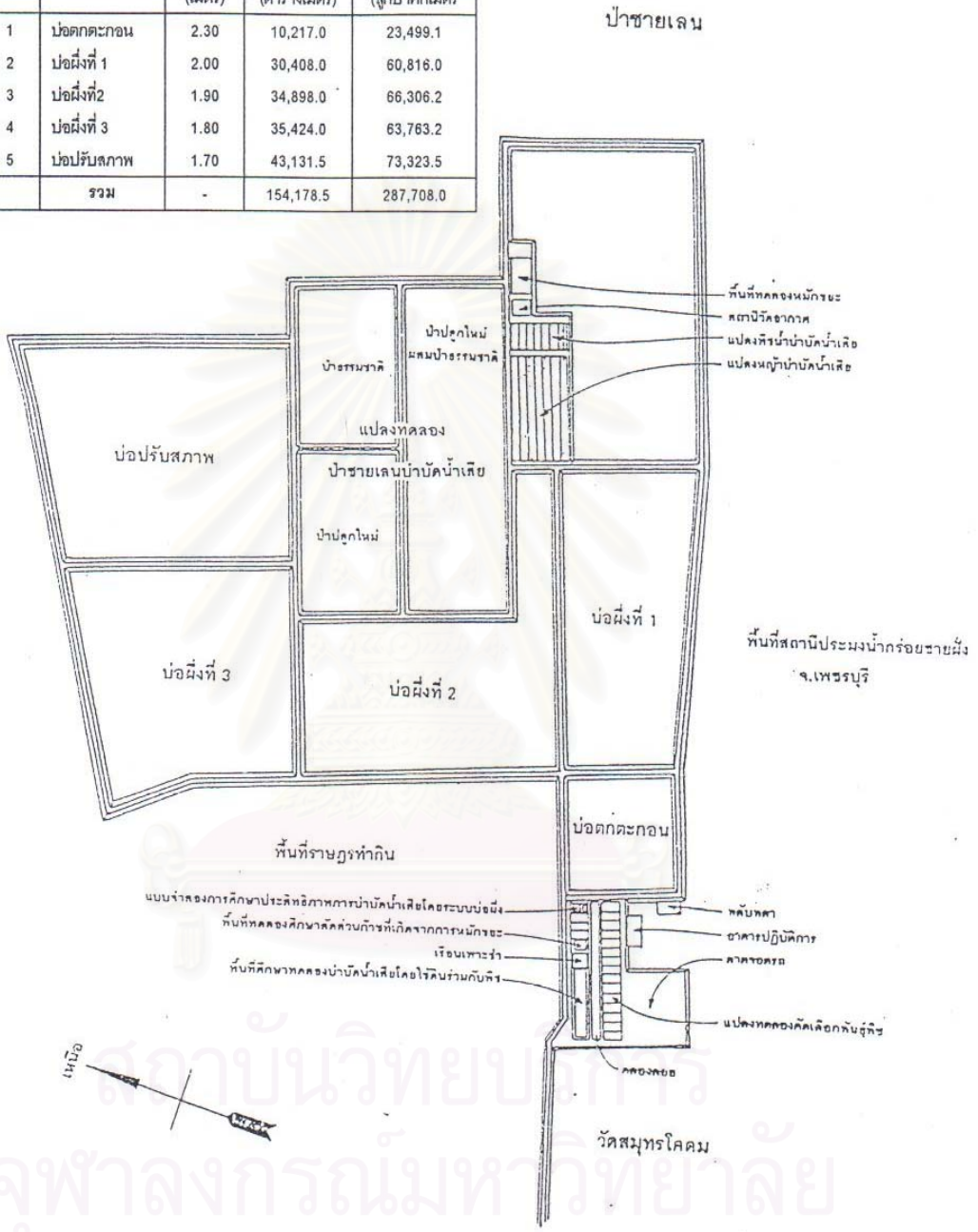
3.2 น้ำเสียชุมชนที่ใช้ในการทดลอง

น้ำเสียที่ใช้เป็นน้ำเสียจากตัวเมืองเพชรบุรี และพื้นที่ใกล้เคียง ซึ่งมีน้ำเสียรวมประมาณวันละ 13,500 ลูกบาศก์เมตร น้ำเสียทั้งหมดจะมารวมกันที่บ่อรวมน้ำเสีย ซึ่งตั้งอยู่ที่บ้านคลองยาง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี บ่อรวมน้ำเสียมีพื้นที่บ่อ (รวมคันกั้นระหว่างบ่อ) 2,500 ตารางเมตร ประกอบด้วยบ่อเล็กขนาด 64 ตารางเมตร จำนวน 2 บ่อ และบ่อใหญ่ขนาด 1,176 ตารางเมตร จำนวน 2 บ่อ จากสถานีสูบน้ำเสียได้วางท่อส่งน้ำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 60 เซนติเมตร เป็นระยะทาง 18.5 กิโลเมตร เพื่อสูบส่งไปเข้าบ่อตกตะกอนในระบบบ่อผึ่งที่พื้นที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (ภาพที่ 3.2) ดังนั้นบ่อรวมน้ำเสียออกแบบไว้เพื่อเป็นบ่อตกตะกอนขั้นต้น ดักกรวดทราย รวมไปถึงดักขยะ/กำจัดขยะที่ปะปนมากับน้ำเสียก่อนทำการสูบส่งเข้าระบบบำบัดขั้นต่อไป (จรีรัตน์ ศรีเนตรพัฒน์ และคณะ, 2541)

3.3 ดินที่ใช้ในการทดลอง

ดินที่ใช้ในการทดลองเป็นดินเลนในพื้นที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ และทรายที่ใช้ผสมเป็นทรายละเอียดที่ใช้ในการก่อสร้าง

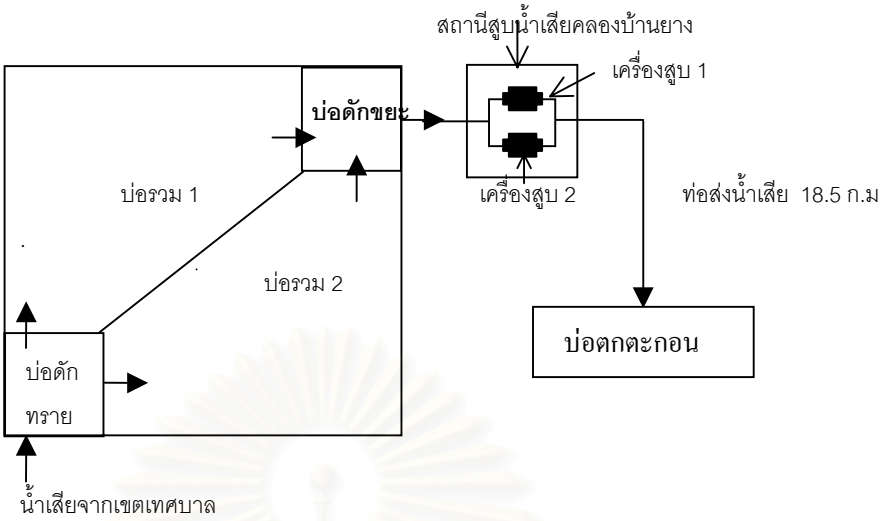
บ่อที่	ชื่อ	ความลึก (เมตร)	พื้นที่ (ตารางเมตร)	ความจุของบ่อ (ลูกบาศก์เมตร
1	บ่อตกตะกอน	2.30	10,217.0	23,499.1
2	บ่อผึ่งที่ 1	2.00	30,408.0	60,816.0
3	บ่อผึ่งที่2	1.90	34,898.0	66,306.2
4	บ่อผึ่งที่ 3	1.80	35,424.0	63,763.2
5	บ่อปรับสภาพ	1.70	43,131.5	73,323.5
	รวม	-	154,178.5	287,708.0



ภาพที่ 3.1 พื้นที่แปลงทดลองบำบัดน้ำเสียและกำจัดขยะ โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

ที่มา : มูลนิธิชัยพัฒนา, 2534

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

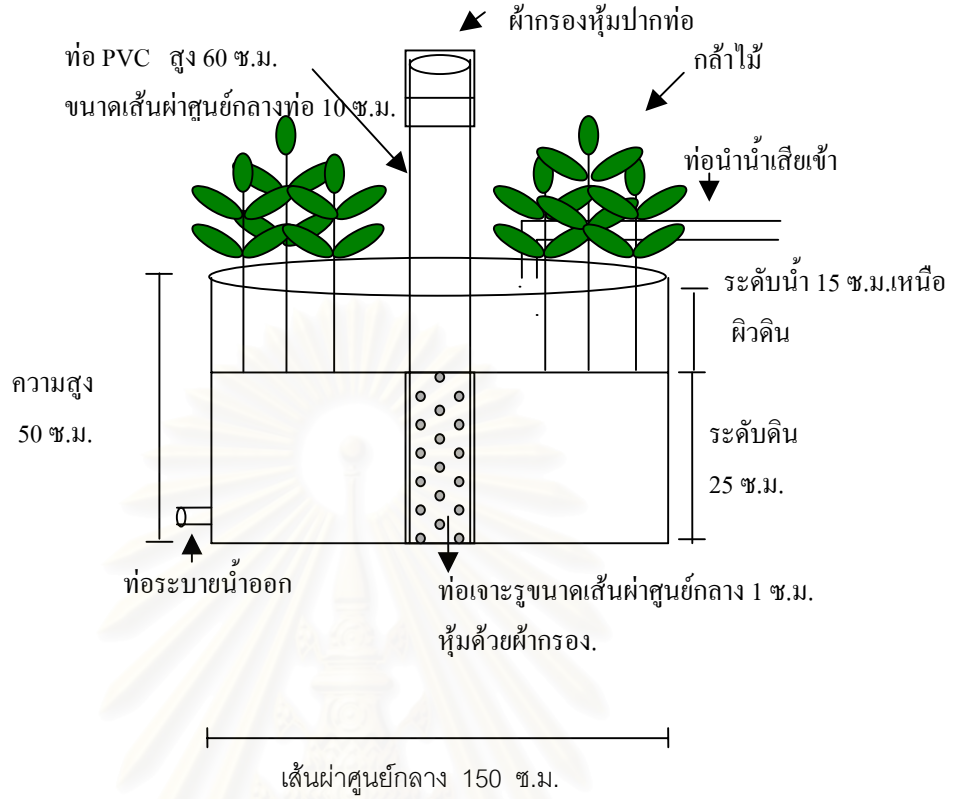


ภาพที่ 3.2 ลักษณะบ่อรวมน้ำเสียบริเวณสถานีสูบน้ำเสียคลองบ้านยาง
ที่มา : จรีรัตน์ ศรีเนตรพัฒน์ และคณะ, 2541

3.4 วิธีการดำเนินการ

3.4.1 การจัดสร้างระบบการทดลอง

การทดลองนี้ใช้กล้าไม้ 2 ชนิดคือ โกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata*) อายุประมาณ 6 เดือน และแสมทะเล (*Avicennia marina*) อายุประมาณ 3 เดือน ปลูกในบ่อซิเมนต์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ภายใน 140 เซนติเมตร สูง 50 เซนติเมตร ใส่ดินจนถึงระดับความสูง 25 เซนติเมตร จากก้นบ่อ ตรงกลางบ่อซิเมนต์ ปักท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 60 เซนติเมตร ซึ่งเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตรโดยรอบ แต่ละรูห่างกัน 2 เซนติเมตร โดยเจาะสับระหว่างกันในแต่ละแถว และเจาะขึ้นมาถึงที่ระดับความสูง 25 เซนติเมตร ซึ่งอยู่ในระดับเดียวกับผิวหน้าดิน ท่อบริเวณที่เจาะรูจะหุ้มด้วยผ้ากรอง ซึ่งมีช่องเล็กๆขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.001 มิลลิเมตร และปากท่อหุ้มปิดด้วยผ้ากรองดังกล่าว เพื่อกันเศษใบไม้ร่วงหล่นสู่ท่อ (ภาพที่ 3.3)



ภาพที่ 3.3 ชุดการทดลอง

การจัดสร้างชุดการทดลอง 4 ชุด ดังนี้

ชุดที่ 1 ดินเลน ปลูกกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ และแสมทะเล ส่วนชุดควบคุมไม่ปลูกพืช

ชุดที่ 2 ดินเลน:ทราย (3:1) ปลูกกล้าไม้ และทำการทดลองเช่นเดียวกับชุดที่ 1

ชุดที่ 3 ดินเลน:ทราย (2:2) ปลูกกล้าไม้ และทำการทดลองเช่นเดียวกับชุดที่ 1

ชุดที่ 4 ดินเลน:ทราย (1:3) ปลูกกล้าไม้ และทำการทดลองเช่นเดียวกับชุดที่ 1

แต่ละชุดการทดลองจะจัดทำ 2 ซ้ำ รวมจำนวนชุดการทดลองทั้งสิ้น 24 ชุด

แบ่งช่วงการทดลองออกเป็น 2 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 ทำการล้างบ่อซิเมนต์ทุกบ่อก่อนบรรจุดิน และปลูกกล้าไม้ โดยใช้ระยะการปลูก 20 x 20 เซนติเมตร จำนวนรวม 24 ต้นต่อชุดการทดลอง รดด้วยน้ำทะเล เพื่อให้กล้าไม้สามารถปรับตัวได้กับสภาพแวดล้อมใหม่ เป็นระยะเวลาประมาณ 2 เดือน ก่อนที่จะทำการทดลอง

ระยะที่ 2 ช่วงการทดลอง ใช้น้ำเสียชุมชนจากเทศบาลเมืองเพชรบุรี ซึ่งส่งมาจากบ่อรวมน้ำเสียบ้านคลองยาง ผ่านถังเก็บน้ำขนาด 2,000 ลิตรและปล่อยน้ำจากถังใส่ในชุดการทดลองทั้ง 24 ชุด ชุดละประมาณ 40 ลิตร แล้วเก็บตัวอย่างน้ำเสียในวันแรกภายหลังการปล่อยน้ำ โดยการสูบน้ำเสียจากท่อ PVC ซึ่งปักอยู่ตรงกลางชุดการทดลองโดยวิธี suction ด้วยท่อ PVC ซึ่งใช้สำหรับสูบน้ำ

ใส่ในขวดพลาสติกขนาด 500 มิลลิลิตร แล้วนำไปวิเคราะห์คุณภาพน้ำ กักเก็บน้ำเสียไว้ในชุดการทดลองเป็นเวลา 7 วัน และทำการเก็บน้ำตัวอย่างในวันที่ 7 ไปวิเคราะห์อีกครั้งหนึ่ง ก่อนปล่อยน้ำเสียออกจากชุดการทดลองทุกชุด และปล่อยให้ดินแห้งประมาณ 1–2 วัน เพื่อพักระบบ จากนั้นจึงเติมน้ำทะเลเพื่อเลี้ยงกล้าไม้ ก่อนจะทำการทดลองอีกในเดือนถัดไป โดยใช้ระยะเวลาในการทดลองทั้งหมด 6 เดือน เริ่มตั้งแต่กุมภาพันธ์ จนถึง กรกฎาคม 2543 และมีขั้นตอนต่างๆ โดยสรุปดังแผนภาพที่ 3.4

3.4.2 การศึกษาคุณภาพน้ำ

ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำในภาคสนามและห้องปฏิบัติการ ดังพารามิเตอร์และวิธีวิเคราะห์ ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 พารามิเตอร์ และวิธีวิเคราะห์น้ำ

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
1. pH	ตรวจวัดภาคสนาม โดย YSI Instrument model 55
2. อุณหภูมิ (temperature)	ตรวจวัดภาคสนาม โดย YSI Instrument model 55
3. การนำไฟฟ้า (conductivity)	ตรวจวัดภาคสนาม โดย YSI Instrument model 55
4. ความเค็ม (salinity)	ตรวจวัดภาคสนาม โดย YSI Instrument model 55
5. ปริมาณออกซิเจนละลาย (DO)	Modified Wrinkler method (Parson et al, 1989)
6. บีโอดี (BOD)	5 – day BOD test (AWWA, 1995)
7. แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (ammonia– nitrogen)	phenolhypochlorite method (Parson et al, 1989)
8. ไนไตรท์-ไนโตรเจน (nitrite – nitrogen)	colorimetric method (Parson et al, 1989)
9. ไนเตรท-ไนโตรเจน (nitrate – nitrogen)	reduction by cadmium column (Parson et al, 1989)
10. ไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen)	semi–micro–Kjedahl method (AWWA, 1995)
11. ออร์โธฟอสเฟต (orthophosphate)	molybdenum blue method ของ Murphy and Riley (Strickland and Parson, 1972)
12. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (total phosphorus)	persulphate oxidation method, follow by ascorbic acid (Strickland and Parson, 1972)

3.4.3 การศึกษาสมบัติของดิน

ทำการเก็บตัวอย่างดินในช่วงก่อนการทดลอง และภายหลังสิ้นสุดการทดลอง โดยสุ่มเก็บจากจุดต่าง ๆ ในชุดการทดลอง 4 จุด แล้วรวมเป็น 1 ตัวอย่าง

ตัวอย่างดินจะถูกนำมาผึ่งให้แห้ง (air dry) บดและนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยส่วนหนึ่งจะถูกร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เพื่อใช้วิเคราะห์ pH การนำไฟฟ้า และปริมาณขนาดอนุภาคดิน อีกส่วนหนึ่ง ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร เพื่อใช้วิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุ และธาตุอาหารในดิน ตามพารามิเตอร์และวิธีการ ในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 พารามิเตอร์ และวิธีวิเคราะห์ดิน

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
1. ความเป็นกรดด่าง (pH)	1:1 soil : water extract แล้ววัดด้วย pH meter
2. การนำไฟฟ้า (electrical conductivity)	1:5 soil : water extract แล้ววัดด้วย glass electrode (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954)
3. ปริมาณขนาดอนุภาคดิน (%sand, %silt, %clay)	hydrometer method (Smith และ Atkinson, 1975)
4. เนื้อดิน (texture)	เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของขนาดอนุภาคดินกับตารางชั้นเนื้อดิน
5. ปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter)	Walkley and Black rapid titration (Tan, 1996)
6. ไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen)	Kjeldahl method (Tan, 1996)
7. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (total phosphorus)	perchloric acid method โดยวิธีการย่อยด้วยกรดไนตริก (NHO_3) และ กรดเปอร์คลอริก ($HClO_4$) (Jackson,1975)

3.4.4 การศึกษาพันธุ์ไม้

การศึกษาพันธุ์ไม้ แบ่งเป็นการศึกษาองค์ประกอบธาตุอาหารในกล้าไม้ การศึกษาการเจริญเติบโต และการศึกษามวลชีวภาพของกล้าไม้ทั้ง 2 ชนิด (ภาพที่ 3.4)

3.4.4.1 การศึกษาองค์ประกอบของธาตุอาหารในกล้าไม้

ศึกษาโดยทำการเก็บตัวอย่างใบพืชในชุดการทดลองต่างๆ ในเดือนแรกก่อนการทดลอง และในเดือนสุดท้ายภายหลังสิ้นสุดการทดลอง แล้วนำมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม (air-dry) และบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดตัวอย่าง ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ดังพารามิเตอร์ในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 พารามิเตอร์ และวิธีการวิเคราะห์พืช

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์
1. ไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen) 2. ฟอสฟอรัสทั้งหมด (total phosphorus)	micro – Kjedahl method (Horneck and Miller, 1998) wet oxidation of plant tissue โดยการย่อยด้วยกรดไนตริก (HNO_3) และ กรดผสมระหว่างกรดไนตริก (HNO_3) กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) และกรดเปอร์คลอริก ($HClO_4$) ในอัตราส่วน 10 : 1 : 4 (Jackson, 1975)

3.4.4.2 การศึกษาการเจริญเติบโตของกล้าไม้

บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของกล้าไม้ โดยการวัดความสูง และเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ทุกต้นในระบบทุกเดือน เส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น วัดที่ตำแหน่ง 0 และ 15 เซนติเมตร ด้วยเวอร์เนียแคลิปเปอร์ และความสูง วัดจากโคนถึงฐานยอด ด้วยไม้เมตร

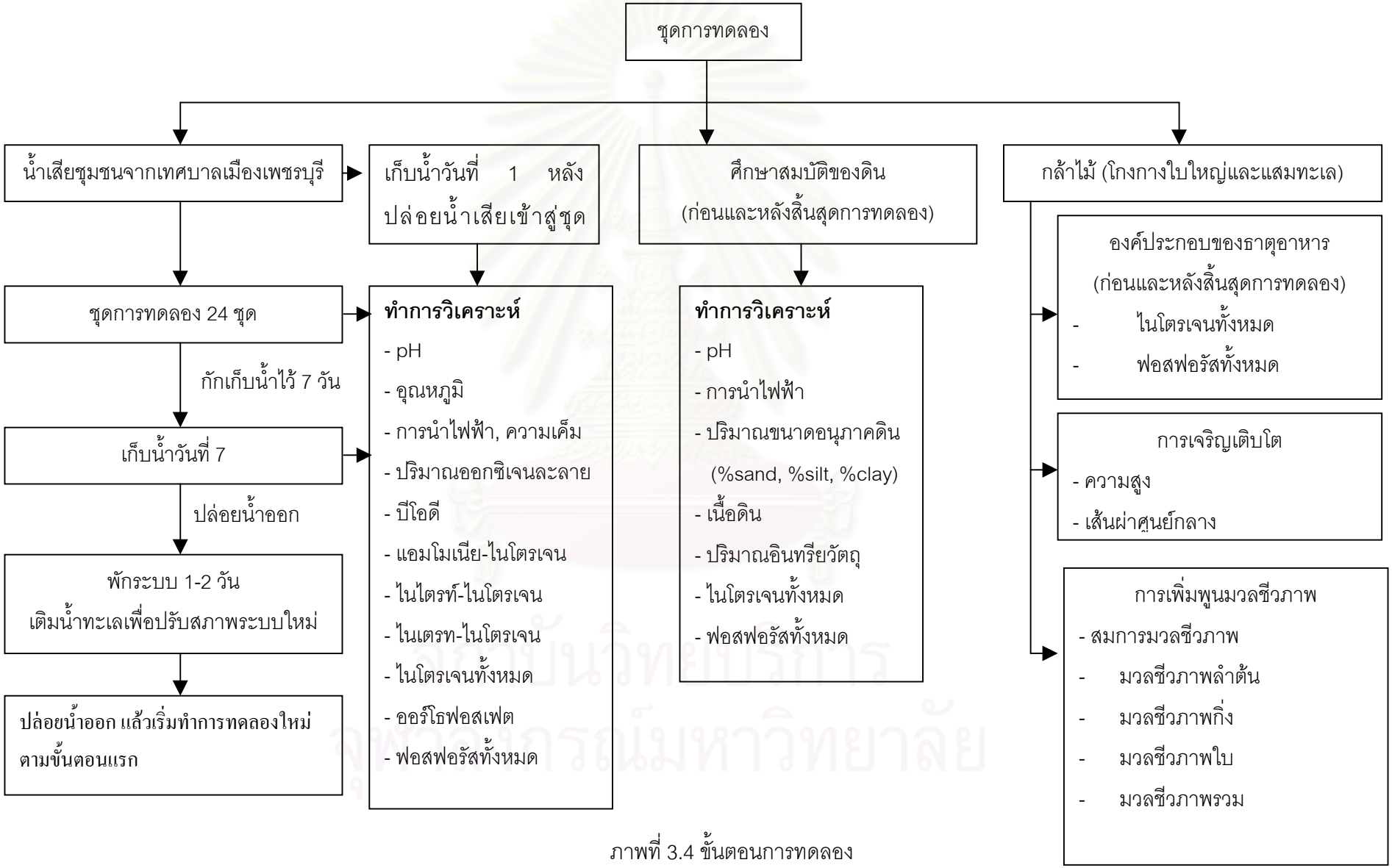
3.4.4.3 การศึกษามวลชีวภาพของกล้าไม้

ศึกษามวลชีวภาพส่วนเหนือดิน (above ground biomass) ของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ และแสมทะเล โดยใช้วิธีสร้างสมการ allometric แบ่งการทดลองเป็น 2 ช่วงดังนี้

ช่วงที่ 1 ก่อนการทดลอง เลือกตัวแทนกล้าไม้ทั้ง 2 ชนิด ชนิดละ 30 ต้น วัดความสูง (H) และ เส้นผ่าศูนย์กลาง (D) แล้วตัดกล้าไม้ ชั่งน้ำหนักสด (wet weight) ของส่วนลำต้น กิ่ง และใบ จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิประมาณ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่ แล้วชั่งหาน้ำหนักแห้ง (dry weight) ของลำต้น กิ่ง และใบดังกล่าว

ช่วงที่ 2 หลังการทดลอง ทำการศึกษาอีกครั้งหนึ่ง โดยมีจำนวนและวิธีการศึกษาเช่นเดียวกับช่วงแรก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 3.4 ขั้นตอนการทดลอง

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของส่วนลำต้น กิ่ง และใบของกล้าไม้ทั้ง 2 ชนิด และคำนวณหามวลชีวภาพ โดยใช้เปอร์เซ็นต์ความชื้นของส่วนต่าง ๆ ที่คำนวณได้ไปเปลี่ยนน้ำหนักสดให้เป็นมวลชีวภาพหรือน้ำหนักแห้ง

3.5.2 หาสมการประมาณมวลชีวภาพส่วนต่างๆ ของพันธุ์ไม้แต่ละชนิด โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างความสูง และเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้ที่วัดได้ กับน้ำหนักแห้งของส่วนต่างๆ จากกล้าไม้ที่ตัดมา โดยใช้สมการความสัมพันธ์ในรูป allometric relation ซึ่งมีรูปสมการดังนี้

$$W = a (D^2H)^b$$

หรือ $$\log W = \log a + b \log (D^2H)$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักแห้งของลำต้น กิ่ง ใบ หรือน้ำหนักแห้งรวม (กรัม)

D คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น (เซนติเมตร)

H คือ ความสูงของลำต้น (เซนติเมตร)

a , b คือ ค่าคงที่

นำสมการที่ได้มาใช้ประมาณการเพิ่มพูนมวลชีวภาพรายเดือนของส่วนลำต้น กิ่ง และใบของกล้าไม้ทั้ง 2 ชนิด จากค่าความสูง และเส้นผ่าศูนย์กลางที่ทำการวัดทุกเดือน

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.6.1 เปรียบเทียบความแตกต่างของคุณภาพน้ำก่อนเข้าสู่ชุดการทดลองทั้ง 6 ครั้ง และวิเคราะห์ทางสถิติโดยการหาค่าเฉลี่ย วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างครั้งการทดลองโดยใช้วิธี one-way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ถ้าหากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ก็ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test

3.6.2 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคุณภาพน้ำในวันที่ 1 และวันที่ 7 และวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้วิธี paired t-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.6.3 เปรียบเทียบความแตกต่างของคุณภาพน้ำในวันที่ 1 และวันที่ 7 รวมทั้งเปอร์เซ็นต์การกำจัดธาตุอาหารจากน้ำเสียชุมชนในชุดการทดลองดินทั้ง 4 อัตราส่วน และชนิดพืช คือ โกงกางใบใหญ่ แสมทะเล และไม่ปลูกพืช ในแต่ละครั้งการทดลอง และวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลองแบบ completely randomized design

3.6.4 (CRD) involved factorial ถ้าหากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ25 ก็ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละปัจจัย โดยวิธี Duncan's new multiple range test ต่อไป

3.6.4 เปรียบเทียบความแตกต่างของธาตุอาหารในชุดการทดลองดินทั้ง 4 อัตราส่วน และชนิดพืช ในช่วงก่อนการทดลอง และหลังการทดลองครั้งสุดท้าย และวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ one-way ANOVA และ Duncan's new multiple range test เปรียบเทียบความแตกต่างของแต่ละปัจจัย รวมทั้งวิเคราะห์ความแตกต่างของธาตุอาหารในดินและกล้าไม้ก่อนการทดลองและหลังสิ้นสุดการทดลอง โดยใช้วิธี paired t-test

3.6.5 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง การเจริญเติบโตทาง33 ความสูง และผลผลิตมวลชีวภาพของโกงกางใบใหญ่ และแสมทะเล ในดินทั้ง 4 อัตราส่วน โดยใช้ one-way ANOVA และ Duncan's new multiple range test

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการศึกษาและอภิปรายผล

4.1 คุณภาพน้ำ

จากการศึกษาคุณภาพของน้ำเสียชุมชน และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำเสีย โดยเปรียบเทียบระหว่างคุณภาพน้ำในวันที่ 1 ภายหลังการปล่อยน้ำเสียเข้าสู่ชุดการทดลอง และวันที่ 7 หลังการกักเก็บในชุดการทดลองนาน 7 วัน รวมทั้งการคำนวณเปอร์เซ็นต์การกำจัด BOD (biochemical oxygen demand หรือ ค่าความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์) และธาตุอาหาร (ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส) สามารถสรุปได้ดังนี้

4.1.1 คุณภาพน้ำเสียชุมชน

จากผลการศึกษาคุณภาพน้ำเสียชุมชนก่อนเข้าชุดการทดลอง ทั้ง 6 ครั้ง (กุมภาพันธ์ - กรกฎาคม 2543) (ตารางที่ 4.1) พบว่าน้ำเสียมี pH ระหว่าง 7.1-8.1 อุณหภูมิระหว่าง 29.5-33.6 °C การนำไฟฟ้ามีค่าระหว่าง 0.81-1.36 ms cm^{-1} ความเค็มมีค่าระหว่าง 0.4-0.7 ppt และปริมาณออกซิเจนละลาย (DO) เป็น 0.0 mg l^{-1} ค่าบีโอดีมีค่าระหว่าง 20.25-46.00 mg l^{-1} แอมโมเนียไนโตรเจนมีค่าระหว่าง 1.700-2.431 mg l^{-1} ไนไตรท์-ไนโตรเจนมีค่าระหว่าง 0.006-0.022 mg l^{-1} ไนเตรท-ไนโตรเจนมีค่าระหว่าง 0.009 -0.064 mg l^{-1} ไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าระหว่าง 7.56-21.56 mg l^{-1} ออร์โธฟอสเฟตมีค่าระหว่าง 0.671-2.144 mg l^{-1} และฟอสฟอรัสทั้งหมดมีค่าระหว่าง 3.542-5.672 mg l^{-1} จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้วิธี one-way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และทดสอบความแตกต่างระหว่างครั้งการทดลองโดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test พบว่า คุณภาพน้ำเสียแต่ละครั้งที่เข้าสู่ชุดการทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นค่าความเค็ม ปริมาณออกซิเจนละลาย(DO)และค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำที่ไม่แตกต่างกัน

เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพน้ำเสียชุมชนก่อนเข้าสู่ชุดการทดลองกับลักษณะน้ำเสียจากแหล่งชุมชนทั่วไป (มีค่าบีโอดีประมาณ 110-440 mg l^{-1} ไนโตรเจนทั้งหมดประมาณ 20-80 mg l^{-1} และฟอสฟอรัสทั้งหมดประมาณ 4-15 mg l^{-1} (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2539)) พบว่าน้ำเสียชุมชนที่ศึกษามีค่าบีโอดี และปริมาณธาตุอาหารพวกไนโตรเจน และฟอสฟอรัสต่ำกว่าแหล่งน้ำเสียชุมชนทั่วไปมาก ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากน้ำเสียชุมชนที่ทำการศึกษาได้ผ่านการพักน้ำในบ่อรวมน้ำเสีย และ

ผ่านท่อส่งจากสถานีสูบน้ำเป็นระยะทาง 18.5 กิโลเมตร ก่อนเข้าสู่บ่อตกตะกอนขั้นต้นในพื้นที่โครงการฯ จึงทำให้น้ำเสียที่เข้าสู่ชุดการทดลองมีคุณภาพค่อนข้างดี

ตารางที่ 4.1 คุณภาพน้ำเสียชุมชนก่อนเข้าสู่ชุดการทดลอง

พารามิเตอร์	ครั้งที่ 1 ก.พ.	ครั้งที่ 2 มี.ค.	ครั้งที่ 3 เม.ย.	ครั้งที่ 4 พ.ค.	ครั้งที่ 5 มิ.ย.	ครั้งที่ 6 ก.ค.	เฉลี่ย
ความเป็นกรดด่าง (pH)	^{d}7.17 ± 0.04	^{b}7.49 ± 0.04	^{d}7.14 ± 0.02	^{b}7.45 ± 0.01	^{a}8.12 ± 0.01	^{c}7.27 ± 0.04	7.44 ± 0.36
อุณหภูมิ (temperature) ($^{\circ}$C)	^{c}29.90 ± 0.57	^{ab}32.75 ± 0.49	^{bc}31.10± 0.00	^{bc}30.05± 0.07	^{c}29.55 ± 0.35	^{a}33.60 ± 1.98	31.16 ± 1.67
การนำไฟฟ้า (conductivity) (ms cm^{-1})	^{c}1.02 ± 0.08	^{c}1.00 ± 0.03	^{d}0.81 ± 0.00	^{c}0.94 ± 0.01	^{b}1.20 ± 0.01	^{a}1.36 ± 0.04	1.06 ± 0.20
ความเค็ม (salinity) (ppt)	^{a}0.70 ± 0.28	^{a}0.50 ± 0.00	^{a}0.40 ± 0.00	^{a}0.50 ± 0.00	^{a}0.60 ± 0.00	^{a}0.70 ± 0.00	0.57 ± 0.12
ปริมาณออกซิเจนละลาย (DO) (mg l^{-1})	^{a}0.00 ± 0.00	^{a}0.00 ± 0.00	^{a}0.00 ± 0.00	^{a}0.00 ± 0.00	^{a}0.00 ± 0.00	^{a}0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
บีโอดี (BOD) (mg l^{-1})	^{ab}35.50 ± 7.78	^{ab}35.00 ± 1.41	^{c}20.25 ± 1.06	^{bc}25.00± 4.24	^{bc}31.00 ± 1.41	^{a}46.00 ± 9.90	32.13 ± 9.00
แอมโมเนีย–ไนโตรเจน (ammonia-nitrogen)(mg l^{-1})	^{ab}2.229 ± 0.261	^{c}1.700 ± 0.018	^{bc}1.909 ± 0.134	^{ab}2.182 ± 0.044	^{a}2.431 ± 0.013	^{a}2.256 ± 0.092	2.118 ± 0.265
ไนไตรท์-ไนโตรเจน (nitrite-nitrogen) (mg l^{-1})	^{b}0.011 ± 0.003	^{b}0.007 ± 0.004	^{a}0.022 ± 0.001	^{b}0.006 ± 0.002	^{b}0.007 ± 0.001	^{b}0.008 ± 0.002	0.010 ± 0.006
ไนเตรท-ไนโตรเจน (nitrate-nitrogen) (mg l^{-1})	^{b}0.016 ± 0.011	^{b}0.009 ± 0.003	^{a}0.064 ± 0.010	^{b}0.009 ± 0.003	^{b}0.019 ± 0.000	^{a}0.053 ± 0.005	0.028 ± 0.024
ไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen) (mg l^{-1})	^{b}12.32 ± 1.58	^{a}17.64 ± 0.40	^{c}7.56 ± 0.40	^{b}12.04 ± 0.40	^{a}17.92 ± 3.96	^{a}21.56 ± 0.40	14.84 ± 5.09
ออร์โธฟอสเฟต (orthophosphate) (mg l^{-1})	^{d}0.789 ± 0.072	^{d}0.671 ± 0.003	^{c}1.273 ± 0.034	^{a}2.144 ± 0.100	^{bc}1.589 ± 0.166	^{b}1.758 ± 0.314	1.371 ± 0.572
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (total phosphate) (mg l^{-1})	^{a}3.542 ± 0.019	^{a}5.672 ± 2.087	^{a}5.307 ± 0.837	^{a}5.327 ± 0.617	^{a}4.027 ± 0.120	^{a}5.369 ± 0.118	4.874 ± 0.868

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน แสดงความแตกต่างระหว่างครั้งที่ทำการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.1.2 คุณภาพน้ำเสียในชุดการทดลองวันที่ 1 และวันที่ 7 และเปอร์เซ็นต์การกำจัด

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ผลการศึกษาค่า pH ของน้ำเสียในวันที่ 1 และวันที่ 7 ของการกักเก็บในชุดการทดลอง (ภาคผนวก ก ตารางที่ ผ1) พบว่า น้ำเสียมีค่า pH เป็นกลางถึงด่างปานกลาง และมีความผันแปรในระหว่างชุดการทดลองเล็กน้อย โดยในวันที่ 1 มีค่าระหว่าง 7.1–8.2 และในวันที่ 7 มีค่าระหว่าง 7.6–8.5 ซึ่งจะเห็นว่าค่า pH ของน้ำในวันที่ 7 สูงกว่าในวันที่ 1 ทั้งนี้เนื่องจากค่า pH ของน้ำจะถูกควบคุมโดยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการนำน้ำเสียเข้าสู่ระบบทดลองจะเป็นการเพิ่มธาตุอาหารทำให้แพลงค์ตอนพืชเจริญเติบโตได้ดี มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูง มีผลให้อัตราการหายใจเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีผลทำให้สมดุลของคาร์บอเนตเปลี่ยนไป ค่า pH ของน้ำจึงเพิ่มขึ้น (คณิต ไชยาคำ และพุทธ ส่องแสงจินดา, 2535) และนอกจากนี้การละลายของแร่ธาตุต่างๆ ที่อยู่ในดิน ก็อาจมีผลทำให้ค่า pH เพิ่มขึ้นได้ และเมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่า pH ของน้ำในวันที่ 1 และวันที่ 7 โดยใช้วิธี paired t-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อุณหภูมิ (temperature)

ผลการศึกษาอุณหภูมิของน้ำเสียในวันที่ 1 และวันที่ 7 ของการกักเก็บในชุดการทดลอง (ภาคผนวก ก ตารางที่ ผ2) พบว่า อุณหภูมิของน้ำในวันที่ 1 และวันที่ 7 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยจะเห็นว่าอุณหภูมิของน้ำในวันที่ 1 ของการทดลองแต่ละครั้งจะมีค่าระหว่าง 23–31 °C และวันที่ 7 มีค่าระหว่าง 27–34 °C และพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลอง ทั้งระหว่างชนิดของดิน และชนิดของพืช นอกจากนี้เมื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างครั้งที่ทำการทดลอง พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการเก็บน้ำ และอุณหภูมิของอากาศในแต่ละครั้งที่ทำการทดลอง แต่ในช่วงครั้งการทดลองเดียวกัน จะเห็นว่า อุณหภูมิของน้ำจะแตกต่างกันไม่เกิน 1-2 °C

การนำไฟฟ้า (conductivity)

การนำไฟฟ้าของน้ำ หมายถึง ความสามารถของน้ำในการเป็นสื่อนำกระแสไฟฟ้า ตัวการที่เป็นสื่อนำกระแสไฟฟ้าในน้ำ คือ ไอออน (ion) ของสารประกอบอนินทรีย์ต่างๆ เช่น กรดอนินทรีย์ด่างและเกลือ สารเหล่านี้เมื่ออยู่ในน้ำจะแตกตัวให้ไอออนได้ ดังนั้นการนำไฟฟ้าของน้ำจะขึ้นอยู่กับปริมาณความหนาแน่นของสารประกอบอนินทรีย์ ซึ่งสารสำคัญที่ละลายอยู่ในแหล่งน้ำ ได้แก่ แคลเซียม (Ca^{2+}) โซเดียม (Na^{+}) โปแตสเซียม (K^{+}) แมกนีเซียม (Mg^{2+}) หรือรูปสารประกอบ เช่น

คาร์บอเนต (CO_3^{3-}) ซัลเฟต (SO_4^{2-}) ออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3-}) และ ไนเตรท (NO_3^-) เป็นต้น (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2540)

ผลการศึกษาค่าการนำไฟฟ้าน้ำเสียในวันที่ 1 และวันที่ 7 ของการกักเก็บในชุดการทดลอง (ภาคผนวก ก ตารางที่ ผ3) จะเห็นว่า ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำเสียทั้งในวันที่ 1 และวันที่ 7 จะมีความผันแปรสูง โดยพบว่าค่าการนำไฟฟ้าจะมีค่าระหว่าง 2-45 ms cm^{-1} และจากการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างน้ำในวันที่ 1 และวันที่ 7 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างครั้งที่ทำการทดลอง ทั้งนี้ค่าการนำไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับปริมาณสารละลายในน้ำ ค่า pH อุณหภูมิ และความเค็มของน้ำ เพราะค่า pH และอุณหภูมิ จะเป็นตัวควบคุมการแตกตัวของสารประกอบ ถ้าค่า pH และอุณหภูมิสูง ค่าการนำไฟฟ้าก็จะเพิ่มขึ้นด้วย และจากการทดลองจะเห็นว่าค่าการนำไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับความเค็มด้วย ทั้งนี้เนื่องจากถ้าความเค็มสูงจะทำให้มีพวกสารประกอบเกลืออยู่ในน้ำมาก จึงแตกตัวเป็นไอออนได้มาก ทำให้ค่าการนำไฟฟ้าสูงขึ้น

ความเค็ม (salinity)

จากผลการศึกษาค่าความเค็มของน้ำเสียในวันที่ 1 และวันที่ 7 ของการกักเก็บไว้ในชุดการทดลอง (ภาคผนวก ก ตารางที่ ผ4) จะเห็นว่าค่าความเค็มของน้ำจะมีความผันแปรสูงในระหว่างครั้งที่ทำการทดลอง คือจะมีค่าระหว่าง 1.00-29.05 ppt และเมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างน้ำเสียในวันที่ 1 และวันที่ 7 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าความเค็มในน้ำเสียวันที่ 1 มีค่าระหว่าง 1.25-29.05 ppt และในวันที่ 7 มีค่าระหว่าง 1.00-29.00 ppt ซึ่งใกล้เคียงกัน และจากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ค่าความเค็มจะมีความแตกต่างระหว่างครั้งที่ทำการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการทดลองในช่วงแรกจะมีค่าความเค็มค่อนข้างสูง ทั้งนี้อาจเนื่องจากเมื่อเริ่มทดลอง ดินซึ่งเป็นดินเลนชายฝั่งจะมีความเค็มสะสมอยู่มาก ทำให้พวกสารประกอบเกลือในดินละลายมาอยู่ในน้ำเสีย และเมื่อได้ทำการทดลองไป 2-3 ครั้ง ในการทดลองครั้งหลังๆ ค่าความเค็มจะเริ่มลดลง เพราะได้มีการชะล้างความเค็มในดินออกไปกับน้ำเสีย และประกอบกับเป็นช่วงฤดูฝนจึงทำให้มีการเจือจางน้ำทะเลที่เติมเข้าสู่ชุดการทดลองทำให้มีค่าความเค็มต่ำลง

ปริมาณออกซิเจนละลาย (DO)

ปริมาณออกซิเจนละลายมีบทบาทสำคัญต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์น้ำในป่าชายเลน โดยเฉพาะการหายใจและการสังเคราะห์แสง (สนิท อักษรแก้ว, 2541) จากผลการศึกษาปริมาณออกซิเจนละลายของน้ำในวันที่ 1 และวันที่ 7 ของการกักเก็บในชุดการทดลอง (ภาคผนวก ก

ตารางที่ ผ5) พบว่า ปริมาณออกซิเจนละลายระหว่างครั้งที่ทำการทดลองจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งในวันที่ 1 และวันที่ 7 แต่ในครั้งเดียวกันจะไม่แตกต่างกัน โดยจะเห็นว่า ในการทดลองครั้งที่ 1 มีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำวันที่ 1 และวันที่ 7 สูงกว่าการทดลองครั้งอื่น โดยปริมาณออกซิเจนละลายของน้ำในวันที่ 1 มีค่าระหว่าง 0.4-2.1 mg l^{-1} และวันที่ 7 มีค่าระหว่าง 3.4-5.1 mg l^{-1} ขณะที่ในครั้งที่ 2-6 ปริมาณออกซิเจนละลายของน้ำในวันที่ 1 จะมีค่าระหว่าง 0.0-0.9 mg l^{-1} และน้ำในวันที่ 7 มีค่าระหว่าง 0.4-4.8 mg l^{-1} ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในครั้งแรกของการทดลอง ดินมีอินทรียวัตถุน้อย แบคทีเรียที่ในดินมีไม่มาก การหายใจยังไม่สูง จึงทำให้การใช้ออกซิเจนไม่มาก ดังนั้นเมื่อเติมน้ำเสียลงไป ดินจึงยังมีออกซิเจนเหลืออยู่มาก ขณะที่เวลาผ่านไปเกิดการสะสมของอินทรียวัตถุในดินมากขึ้น ทำให้การทำงานของแบคทีเรียเพิ่มขึ้น ออกซิเจนในดินจึงเริ่มลดต่ำลง

จากผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างน้ำในวันที่ 1 และวันที่ 7 พบว่ามีความแตกต่างของปริมาณออกซิเจนละลายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยจะเห็นว่าออกซิเจนละลายของน้ำในวันที่ 7 จะสูงกว่าน้ำในวันที่ 1 ทั้งนี้เนื่องจากผิวน้ำมีสาหร่ายและแพลงตอนพืชเกิดขึ้น และประกอบกับชุดการทดลองเป็นระบบเปิดจึงมีการเติมออกซิเจนจากอากาศลงสู่น้ำอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นเวลากลางวันที่ทำการวัดปริมาณออกซิเจนละลายจึงสูงขึ้น นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อความสามารถในการละลายของออกซิเจน และปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิ และความเค็มของน้ำที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ควบคุมความสามารถในการละลายของออกซิเจนได้ โดยในช่วงฤดูร้อนอุณหภูมิที่สูงมากจะทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำละลายได้น้อยลง (สุริยัน ธัญกิจจานุกิจ, 2532 อ้างถึงใน ศิริพร วรกุลดำรงชัย, 2540)

บีโอดี (BOD)

บีโอดี เป็นดัชนีใช้บ่งชี้คุณภาพน้ำ แสดงให้เห็นถึงปริมาณการย่อยสลายอินทรียสารโดยวัดจากระดับความต้องการออกซิเจนของแบคทีเรีย (ธงชัย พรรณสวัสดิ์, 2540) จากผลการศึกษาปริมาณบีโอดีของน้ำในวันที่ 1 และวันที่ 7 ของการกักเก็บในชุดการทดลอง (ภาคผนวก ก ตารางที่ ผ 6) พบว่าปริมาณบีโอดีในน้ำวันที่ 1 และวันที่ 7 ในชุดการทดลองต่างๆ จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปริมาณบีโอดีของน้ำในวันที่ 1 มีค่าระหว่าง 13.50-50.00 mg l^{-1} และวันที่ 7 มีค่าระหว่าง 2.50-16.50 mg l^{-1} จะเห็นว่าปริมาณบีโอดีมีความผันแปรสูงในระหว่างครั้งที่ทำการทดลอง และจากการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างครั้งการทดลองพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์การกำจัดบีโอดีในการทดลองทั้ง 6 ครั้ง (ตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.1) มีผลดังนี้ ครั้งที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดบีโอดีระหว่าง 60.75-94.68% ครั้งที่ 2 มี

เปอร์เซ็นต์การกำจัดบีโอดีระหว่าง 42.73-77.37% ครั้งที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดบีโอดีระหว่าง 34.59-75.12% ครั้งที่ 4 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดบีโอดีระหว่าง 43.91-72.31% ครั้งที่ 5มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดบีโอดีระหว่าง 24.74-60.98% และครั้งที่ 6 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดบีโอดีระหว่าง 38.89-81.24% จากผลการศึกษาทั้ง 6 ครั้งจะเห็นว่า เปอร์เซ็นต์การกำจัดบีโอดีค่อนข้างมีความผันแประหว่างชุดการทดลองในการทดลองแต่ละครั้ง ทั้งนี้เนื่องจากการปล่อยน้ำเข้าสู่ชุดการทดลองแต่ละชุดไม่พร้อมกัน และต้องใช้เวลานาน ทำให้ปริมาณบีโอดีในน้ำเข้าแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกัน จึงมีผลให้เปอร์เซ็นต์การกำจัดค่อนข้างผันแปรตามไปด้วย

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การกำจัดบีโอดีระหว่างชนิดของดินและพืชในการทดลองทั้ง 6 ครั้ง (ตารางที่ 4.2) จะเห็นว่าในชุดการทดลองดินทั้ง 4 อัตราส่วน มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดบีโอดีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การกำจัดบีโอดีระหว่างชนิดของพืช พบว่าในชุดดินเลน โกงกางใบใหญ่สามารถกำจัดบีโอดีได้สูงที่สุด คือ 72.08% รองลงมา คือ แสมทะเล 63.17% และไม่ปลูกพืชจะกำจัดบีโอดีได้ต่ำที่สุดคือ 53.92% ส่วนในชุดการทดลองอื่นๆ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 4.2)

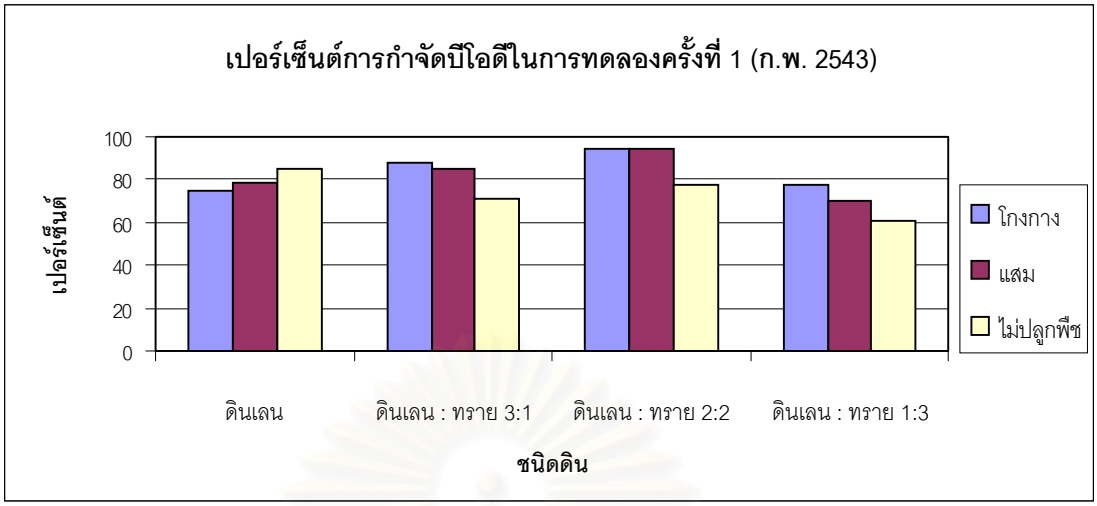
จากผลการทดลอง และการวิเคราะห์ผลรวมโดยใช้วิธี analysis of variance แบบ two way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สรุปได้ว่า ความสามารถในการกำจัดบีโอดีไม่มีความแตกต่างกันระหว่างชนิดของดิน และพบว่าชุดการทดลองที่ปลูกพืชทั้งกล้าไม้โกงใบใหญ่และแสมทะเลสามารถกำจัดบีโอดีได้ดีกว่าชุดการทดลองที่ไม่ปลูกพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสรุปเปอร์เซ็นต์การกำจัดบีโอดีระหว่างชนิดของพืชได้ดังนี้ คือ กล้าไม้โกงกางใบใหญ่มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 59.60-72.08% กล้าไม้แสมทะเลมีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 62.31-66.32% และไม่ปลูกพืชมีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 48.53-57.58% และจากการศึกษาของ Findlater, Hobson และ Cooper (1990) ซึ่งทำศึกษาระบบพื้นที่ชุ่มน้ำโดยการปลูกพืชในดินต่างชนิดกัน พบว่าระบบพื้นที่ชุ่มน้ำสามารถกำจัดบีโอดีได้ประมาณ 70% และไม่มีความแตกต่างของประสิทธิภาพในการบำบัดระหว่างชนิดดินอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้อัตราการกำจัดบีโอดีจะขึ้นอยู่กับผลของปัจจัยต่างๆ ร่วมกันได้แก่ ชนิดและปริมาณจุลินทรีย์ในระบบ ชนิดของพืช ชนิดดิน อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจน ความเป็นกรด-ด่าง และธาตุอาหาร ในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำสามารถกำจัดบีโอดีได้โดยการตกตะกอน และกระบวนการทางชีวภาพ ได้แก่ การเปลี่ยนคาร์บอนกลับสู่บรรยากาศในรูปของมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือเก็บสะสมไว้ในรูปของมวลชีวภาพ (Campbell และ Ogden, 1999) นอกจากนี้ Reddy และD'Angelo (1997) ได้กล่าวว่าพืชในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำจะสามารถพัฒนาได้ในสภาวะที่ดินเป็นแบบ anaerobic เช่นการพัฒนาช่องว่างภายในสำหรับเคลื่อนย้ายออกซิเจนลงสู่รากและการเกิดปฏิกิริยา oxidation-reduction ในระบบรากใต้ดิน จะมีบทบาทสำคัญในการกำจัด บีโอดี และแอมโมเนีย

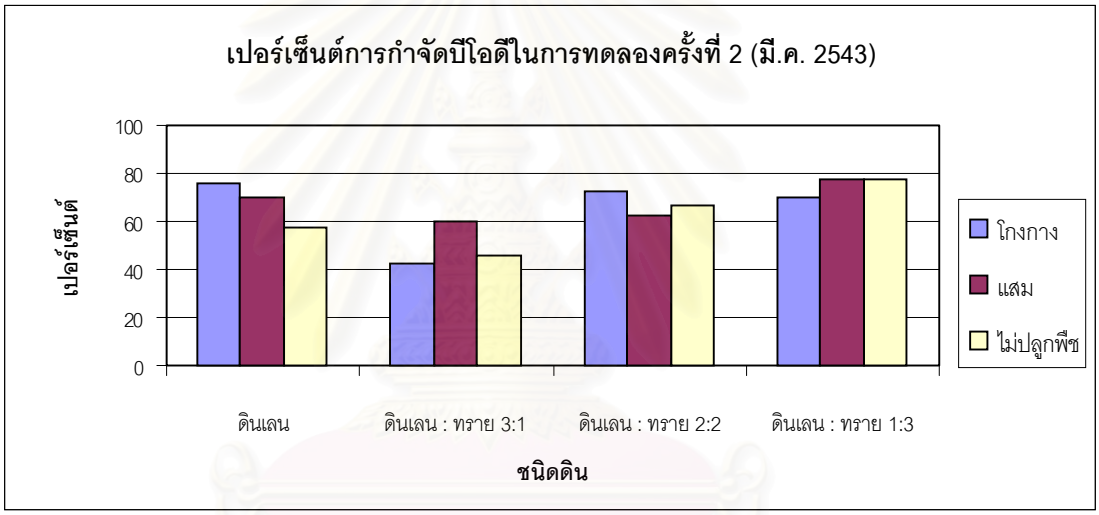
ตารางที่ 4.2 เปอร์เซ็นต์การกำจัดบีโอดีระหว่างชนิดของดิน และชนิดของพืช

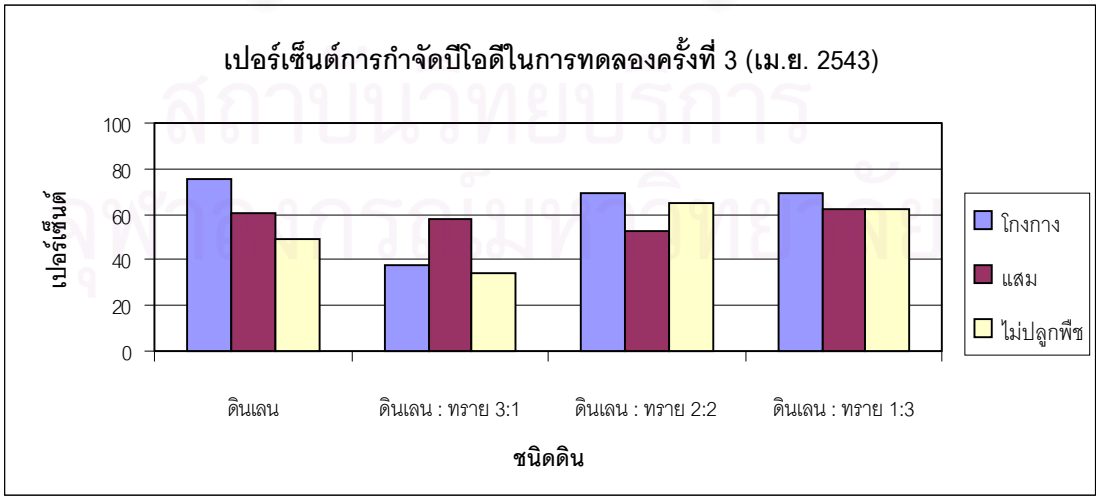
ครั้งที่ทำการทดลอง	ชนิดดิน	ชนิดพืช		
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช
1 (ก.พ. 2543)	ดินเลน	$^{a}75.23 \pm 18.71^{a}$	$^{ab}78.64 \pm 13.57^{a}$	$^{a}84.61 \pm 0.00^{a}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}87.59 \pm 8.97^{a}$	$^{ab}84.92 \pm 6.17^{a}$	$^{ab}71.25 \pm 12.37^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}94.68 \pm 0.79^{a}$	$^{a}94.65 \pm 2.78^{a}$	$^{a}77.83 \pm 1.05^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}77.94 \pm 9.20^{a}$	$^{b}70.19 \pm 6.80^{a}$	$^{b}60.75 \pm 3.41^{a}$
2 (มี.ค. 2543)	ดินเลน	$^{a}76.09 \pm 15.37^{a}$	$^{ab}69.70 \pm 4.29^{a}$	$^{bc}57.57 \pm 7.63^{a}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{b}42.73 \pm 3.86^{b}$	$^{b}60.13 \pm 5.48^{a}$	$^{c}45.83 \pm 5.89^{a,b}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}72.75 \pm 1.87^{a}$	$^{b}62.65 \pm 192^{a}$	$^{ab}66.70 \pm 2.10^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}70.29 \pm 5.12^{a}$	$^{a}77.37 \pm 5.95^{a}$	$^{a}77.23 \pm 1.46^{a}$
3 (เม.ย. 2543)	ดินเลน	$^{a}75.12 \pm 13.99^{a}$	$^{a}60.53 \pm 11.16^{a}$	$^{ab}48.81 \pm 1.68^{a}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{b}38.10 \pm 6.73^{a}$	$^{a}57.81 \pm 1.82^{a}$	$^{b}34.59 \pm 11.70^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}69.65 \pm 6.26^{a}$	$^{a}52.68 \pm 13.89^{a}$	$^{a}65.04 \pm 4.44^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}69.35 \pm 9.68^{a}$	$^{a}62.50 \pm 17.68^{a}$	$^{a}62.50 \pm 5.89^{a}$
4 (พ.ค. 2543)	ดินเลน	$^{ab}64.84 \pm 0.78^{a}$	$^{ab}64.97 \pm 6.02^{a}$	$^{b}46.43 \pm 5.05^{b}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}69.30 \pm 5.35^{a}$	$^{ab}59.87 \pm 1.76^{a}$	$^{b}43.91 \pm 3.17^{b}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{bc}56.25 \pm 4.42^{a}$	$^{b}55.36 \pm 7.58^{a}$	$^{ab}53.88 \pm 3.35^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{c}53.00 \pm 4.24^{b}$	$^{a}72.31 \pm 5.03^{a}$	$^{a}63.77 \pm 4.10^{ab}$
5 (มิ.ย. 2543)	ดินเลน	$^{a}60.98 \pm 3.75^{a}$	$^{a}51.00 \pm 1.41^{a}$	$^{b}24.74 \pm 8.05^{b}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}50.32 \pm 12.64^{a}$	$^{a}35.71 \pm 3.37^{a}$	$^{ab}32.58 \pm 1.07^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}42.92 \pm 4.12^{a}$	$^{a}37.73 \pm 10.93^{a}$	$^{a}42.68 \pm 2.50^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}44.74 \pm 3.72^{a}$	$^{a}43.68 \pm 5.21^{a}$	$^{a}43.68 \pm 5.21^{a}$
6 (ก.ค. 2543)	ดินเลน	$^{a}81.24 \pm 6.19^{a}$	$^{a}54.19 \pm 2.56^{b}$	$^{a}61.33 \pm 7.54^{b}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}76.38 \pm 6.20^{a}$	$^{a}69.56 \pm 12.30^{a}$	$^{a}63.05 \pm 3.30^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}74.89 \pm 4.09^{a}$	$^{a}70.83 \pm 5.89^{a}$	$^{a}38.89 \pm 23.57^{b}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}68.70 \pm 4.50^{a}$	$^{a}70.82 \pm 14.07^{a}$	$^{a}51.05 \pm 12.65^{a}$
เฉลี่ย	ดินเลน	$^{a}72.08 \pm 11.24^{a}$	$^{a}63.17 \pm 11.38^{ab}$	$^{a}53.92 \pm 19.30^{b}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}59.60 \pm 19.31^{a}$	$^{a}62.47 \pm 16.57^{a}$	$^{a}48.53 \pm 15.83^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}68.52 \pm 17.05^{a}$	$^{a}62.31 \pm 19.40^{a}$	$^{a}57.50 \pm 16.14^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}63.82 \pm 11.16^{a}$	$^{a}66.32 \pm 13.41^{a}$	$^{a}57.58 \pm 19.74^{a}$

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดิน อย่างมีนัยสำคัญPที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

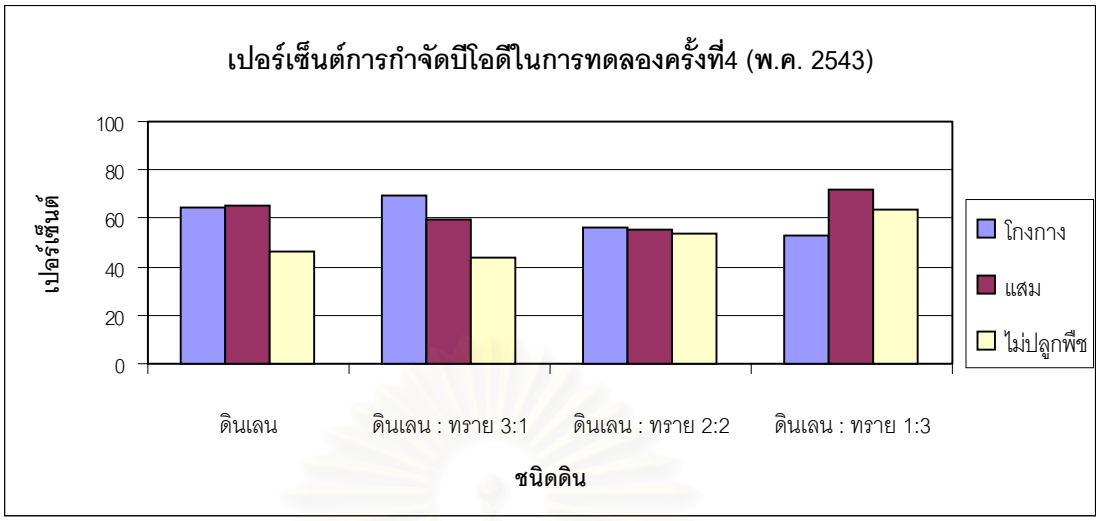
ตัวอักษรมุมบนขวามือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

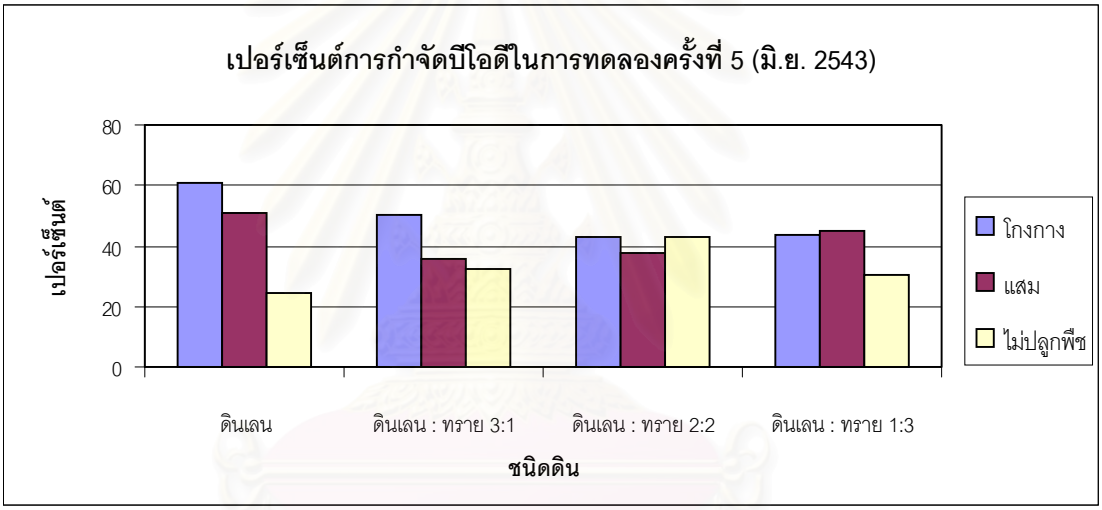


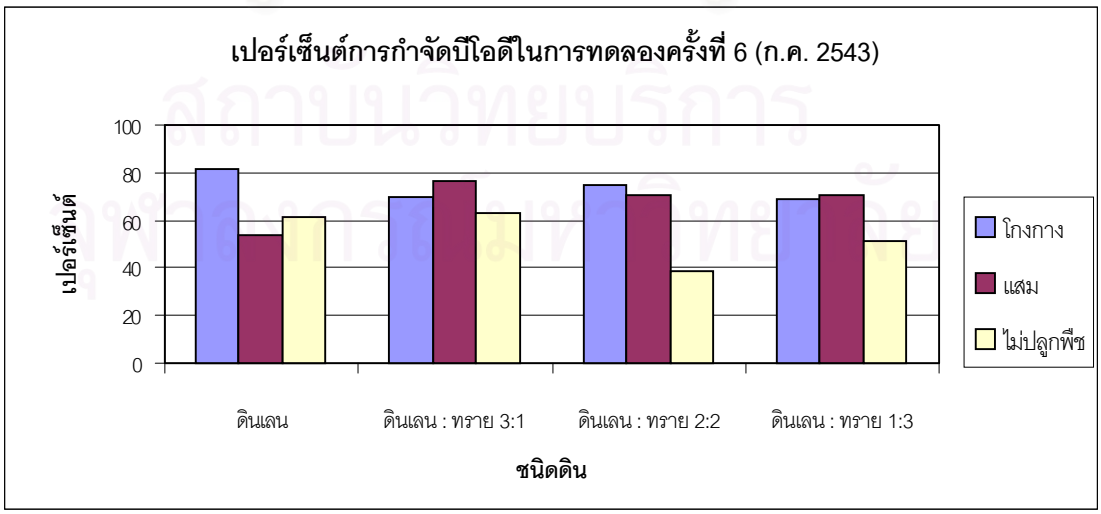




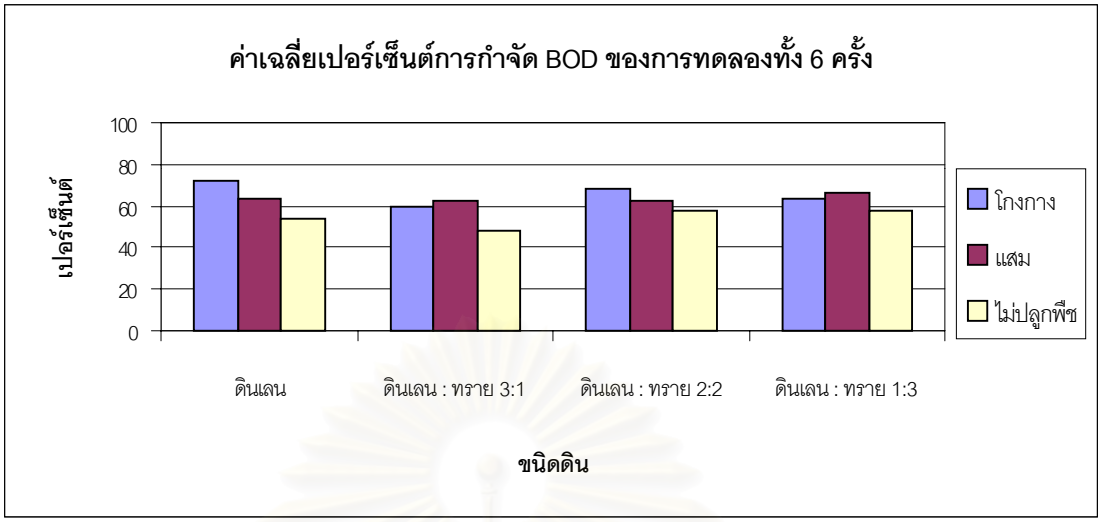
ภาพที่ 4.1 เปอร์เซ็นต์การกำจัดบีโอดีในชุดการทดลองต่างๆ







ภาพที่ 4.1 (ต่อ) เปอร์เซ็นต์การกำจัดบีโอดีในชุดการทดลองต่าง ๆ



ภาพที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การกำจัดบีโอดีระหว่างชนิดของดิน และพืช ในชุดการทดลองต่างๆ ของการทดลองทั้ง 6 ครั้ง

แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (ammonia - nitrogen)

จากผลการศึกษาปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของน้ำในวันที่ 1 และวันที่ 7 ของการกักเก็บในชุดการทดลอง (ภาคผนวก ก ตารางที่ ผ7) พบว่าปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำวันที่ 1 และวันที่ 7 ในชุดการทดลองต่างๆ จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนของน้ำในวันที่ 1 มีค่าระหว่าง 0.297-2.379 mg l^{-1} และวันที่ 7 มีค่าระหว่าง 0.016-1.102 mg l^{-1} จะเห็นว่าปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมีความผันแปรสูงในระหว่างครั้งที่ทำการทดลองเช่นเดียวกับบีโอดี และจากการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างครั้งการทดลองพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน

จากผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์การกำจัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ในการทดลองทั้ง 6 ครั้ง (ตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.3) มีผลดังนี้ ครั้งที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 59.90--94.25% ครั้งที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 30.64-88.10% ครั้งที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 35.65-83.34% ครั้งที่ 4 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 72.42-94.86% ครั้งที่ 5 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 82.34-99.50% และครั้งที่ 6 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 52.37-94.64% ซึ่งจะเห็นว่าในการทดลองแต่ละครั้งเปอร์เซ็นต์การกำจัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนจะมีความแตกต่างกันทั้งระหว่างชนิดดินและชนิดพืช โดยจะเห็นได้ว่าในชุดการทดลองที่ปลูกพืชทั้งโกงกางใบใหญ่และแสมทะเลค่อนข้างจะมีเปอร์เซ็นต์การกำจัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนสูงกว่าในชุดการทดลองที่ไม่ปลูกพืช และจากการวิเคราะห์ความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การกำจัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนระหว่างครั้งการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การกำจัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนระหว่างชนิดของดินและพืช ในการทดลองทั้ง 6 ครั้ง (ตารางที่ 4.3) จะเห็นว่าในชุดการทดลองดินทั้ง 4 อัตราส่วน มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การกำจัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนระหว่างชนิดของพืช พบว่าในชุดดินเลน ดินเลน:ทราย (2:2) และดินเลน:ทราย (1:3) จะให้ผลไปในทางเดียวกัน คือ โกงกางใบใหญ่ และแสมทะเลมีเปอร์เซ็นต์การกำจัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนสูงกว่าที่ไม่ปลูกพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในชุดดินเลน:ทราย (3:1) พบว่าโกงกางใบใหญ่สามารถกำจัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนได้สูงที่สุด คือ 88.16% รองลงมา คือ แสมทะเล 84.44% และไม่ปลูกพืชจะกำจัดได้ต่ำที่สุดคือ 75.71% (ภาพที่ 4.4)

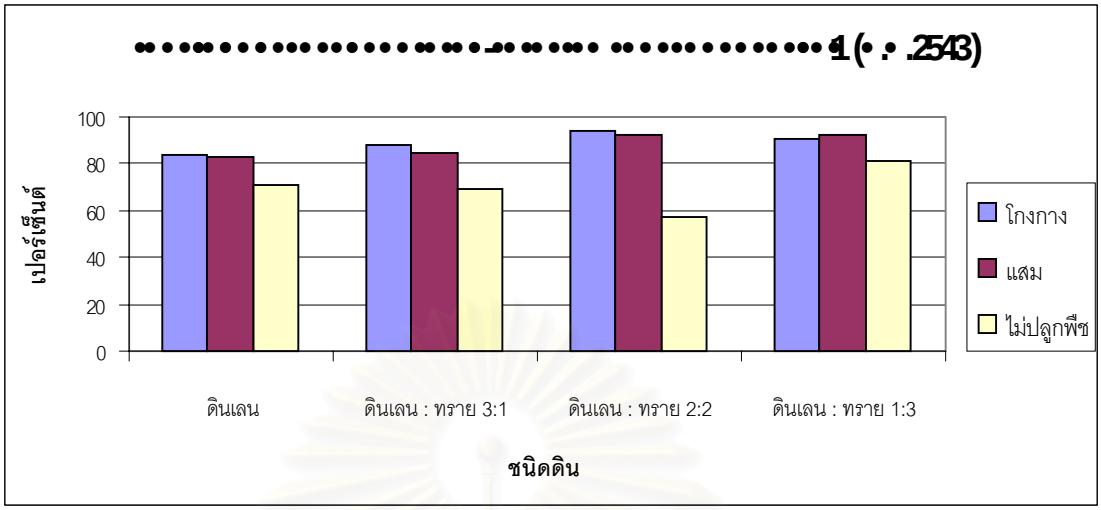
จากการทดลองและจากการวิเคราะห์ผลโดยรวมสรุปได้ว่า ความสามารถในการกำจัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในชุดการทดลองต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างชนิดของดิน และพบว่าชุดการทดลองที่ปลูกกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ และแสมทะเลสามารถกำจัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนได้ดีกว่าในชุดการทดลองที่ไม่ปลูกพืช โดยสรุปเปอร์เซ็นต์การกำจัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนระหว่างชนิดของพืชได้ดังนี้ คือ กล้าไม้โกงกางใบใหญ่ มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 84.47-89.46% กล้าไม้แสมทะเล มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 80.23-84.47% และไม่ปลูกพืช มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 58.69-75.71%

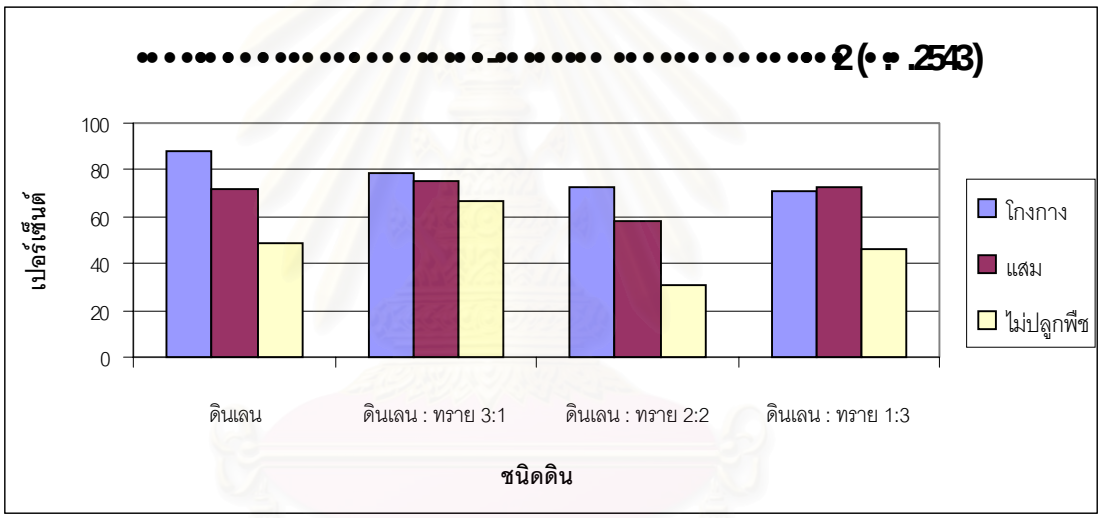
ไนโตรเจนเข้าสู่ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำในรูปอนุภาค และสารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ ในรูปอนุภาคจะถูกกำจัดโดยการตกตะกอน ขณะที่ในรูปสารละลายจะถูกกำจัดโดยการเกิดปฏิกิริยาชีวเคมีต่างๆ ในดินและน้ำ ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวได้แก่ การเกิดกระบวนการ nitrification และdenitrification การกลายเป็นไอของแอมโมเนีย และการถูกดูดซับโดยพืช และจุลินทรีย์ ซึ่งไนโตรเจนส่วนใหญ่จะถูกกำจัดโดยผ่านกระบวนการ nitrification และdenitrification (Reddy และ D'Angelo, 1997) นอกจากนี้ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนในน้ำเสีย อาจถูกเปลี่ยนรูปโดยแบคทีเรียกลายไปเป็นแอมโมเนียได้ ขณะเดียวกันแอมโมเนียก็สามารถถูกกำจัดได้หลายทาง เช่น การถูกดูดซับโดยพืชและจุลินทรีย์ การถูกออกซิไดส์โดยแบคทีเรียกลายเป็นสารประกอบพวก ไนไตรท์ และไนเตรท ตามลำดับ (Nedwell, 1975) นอกจากนี้ในสภาวะน้ำท่วมขัง แอมโมเนียอาจสูญหายไปในรูปของการกลายเป็นไอของแอมโมเนียได้ ซึ่งปฏิกิริยานี้จะถูกควบคุมโดยอุณหภูมิ ความหนาแน่นของพืช อากาศเหนือผิวน้ำ การแปรผันของค่า pH และความเข้มข้นของแอมโมเนีย เป็นต้น (Reddy และ D'Angelo, 1997)

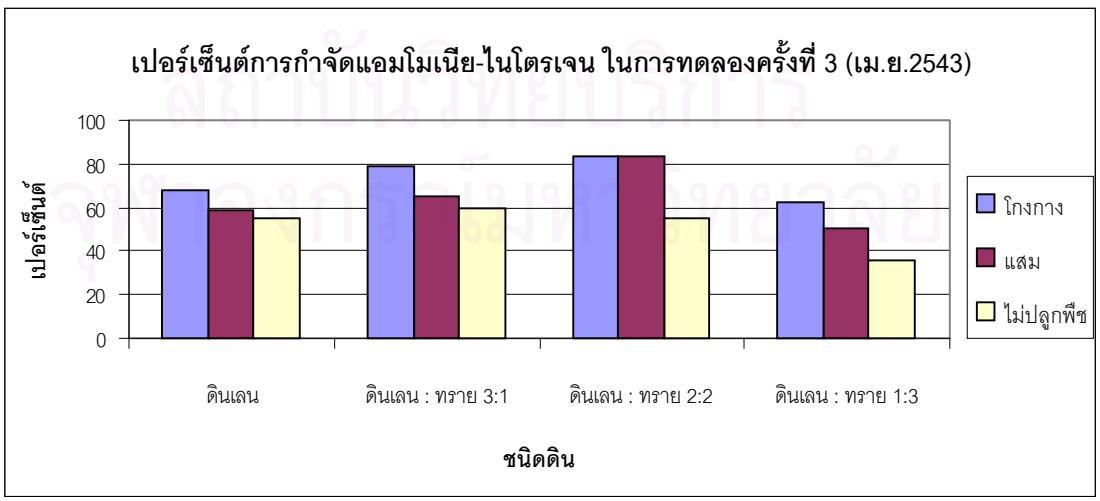
ตารางที่ 4.3 เปอร์เซ็นต์การกำจัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนระหว่างชนิดของดินและชนิดของพืช

ครั้งที่ทำการทดลอง	ชนิดดิน	ชนิดพืช		
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช
1 (ก.พ. 2543)	ดินเลน	$^{a}83.48 \pm 7.75^{a}$	$^{a}83.26 \pm 4.30^{a}$	$^{a}70.72 \pm 21.54^{a}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}87.88 \pm 5.69^{a}$	$^{a}84.58 \pm 5.30^{ab}$	$^{a}69.41 \pm 4.54^{b}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}94.25 \pm 1.76^{a}$	$^{a}91.95 \pm 0.22^{a}$	$^{a}56.90 \pm 9.25^{b}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}90.61 \pm 1.07^{a}$	$^{a}92.62 \pm 2.00^{a}$	$^{a}81.29 \pm 1.65^{a}$
2 (มี.ค. 2543)	ดินเลน	$^{a}88.10 \pm 2.59^{a}$	$^{a}72.16 \pm 11.40^{ab}$	$^{ab}48.80 \pm 16.27^{b}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{ab}78.35 \pm 3.57^{a}$	$^{a}75.51 \pm 3.12^{a}$	$^{a}67.08 \pm 5.72^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{ab}72.97 \pm 10.62^{a}$	$^{a}58.13 \pm 6.08^{a}$	$^{b}30.64 \pm 0.71^{b}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{b}70.97 \pm 1.52^{a}$	$^{a}72.54 \pm 2.96^{a}$	$^{ab}46.10 \pm 12.19^{b}$
3 (เม.ย. 2543)	ดินเลน	$^{a}68.30 \pm 18.89^{a}$	$^{bc}58.81 \pm 5.51^{a}$	$^{a}55.48 \pm 8.51^{a}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}78.65 \pm 4.97^{a}$	$^{b}65.56 \pm 3.99^{b}$	$^{a}59.45 \pm 2.04^{b}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}83.34 \pm 2.24^{a}$	$^{a}83.09 \pm 6.29^{a}$	$^{a}54.84 \pm 2.60^{b}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}62.56 \pm 10.60^{a}$	$^{c}50.53 \pm 0.13^{a}$	$^{a}35.65 \pm 20.54^{a}$
4 (พ.ค. 2543)	ดินเลน	$^{b}87.54 \pm 3.80^{a}$	$^{a}85.31 \pm 5.53^{a}$	$^{b}72.42 \pm 5.97^{a}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{ab}90.62 \pm 0.46^{a}$	$^{a}89.86 \pm 0.31^{a}$	$^{ab}79.73 \pm 1.23^{b}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}94.86 \pm 0.82^{a}$	$^{a}90.99 \pm 1.06^{a}$	$^{a}82.88 \pm 3.63^{b}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{ab}90.58 \pm 1.48^{a}$	$^{a}90.08 \pm 1.26^{a}$	$^{ab}73.71 \pm 0.85^{b}$
5 (มิ.ย. 2543)	ดินเลน	$^{b}92.94 \pm 1.41^{a}$	$^{b}88.36 \pm 4.45^{ab}$	$^{b}82.34 \pm 1.32^{b}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}98.86 \pm 1.00^{a}$	$^{a}97.03 \pm 2.21^{ab}$	$^{a}93.28 \pm 1.31^{b}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}99.08 \pm 0.10^{a}$	$^{a}99.50 \pm 0.10^{a}$	$^{a}93.76 \pm 1.51^{b}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}98.35 \pm 1.18^{a}$	$^{a}98.62 \pm 0.11^{a}$	$^{a}94.31 \pm 0.18^{b}$
6 (ก.ค. 2543)	ดินเลน	$^{a}93.48 \pm 2.78^{a}$	$^{a}93.45 \pm 0.36^{a}$	$^{b}52.37 \pm 21.43^{b}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}94.64 \pm 1.20^{a}$	$^{a}94.12 \pm 0.30^{a}$	$^{a}85.28 \pm 2.19^{b}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}92.27 \pm 2.64^{a}$	$^{b}83.13 \pm 4.46^{ab}$	$^{a}78.35 \pm 4.97^{b}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}93.75 \pm 1.70^{a}$	$^{a}91.22 \pm 0.41^{a}$	$^{a}60.97 \pm 4.88^{b}$
เฉลี่ย	ดินเลน	$^{a}85.64 \pm 10.85^{a}$	$^{a}80.23 \pm 12.89^{a}$	$^{a}63.69 \pm 23.23^{b}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}88.16 \pm 8.37^{a}$	$^{a}84.44 \pm 11.66^{ab}$	$^{a}75.71 \pm 12.27^{b}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}89.46 \pm 9.78^{a}$	$^{a}84.47 \pm 13.95^{a}$	$^{a}66.23 \pm 22.29^{b}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}84.47 \pm 14.00^{a}$	$^{a}82.60 \pm 17.18^{a}$	$^{a}65.34 \pm 22.29^{b}$

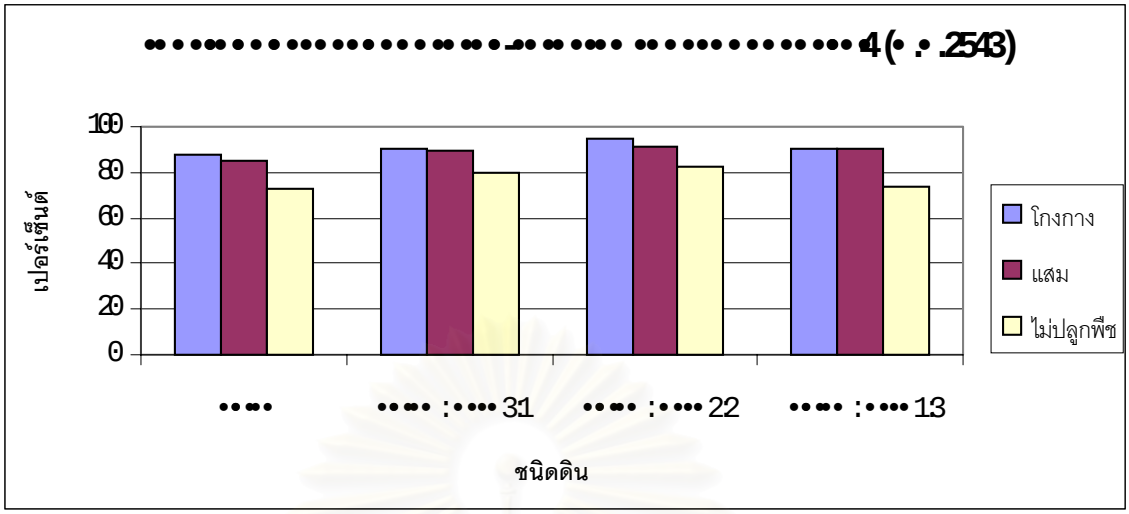
หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดิน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมบนขวามือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

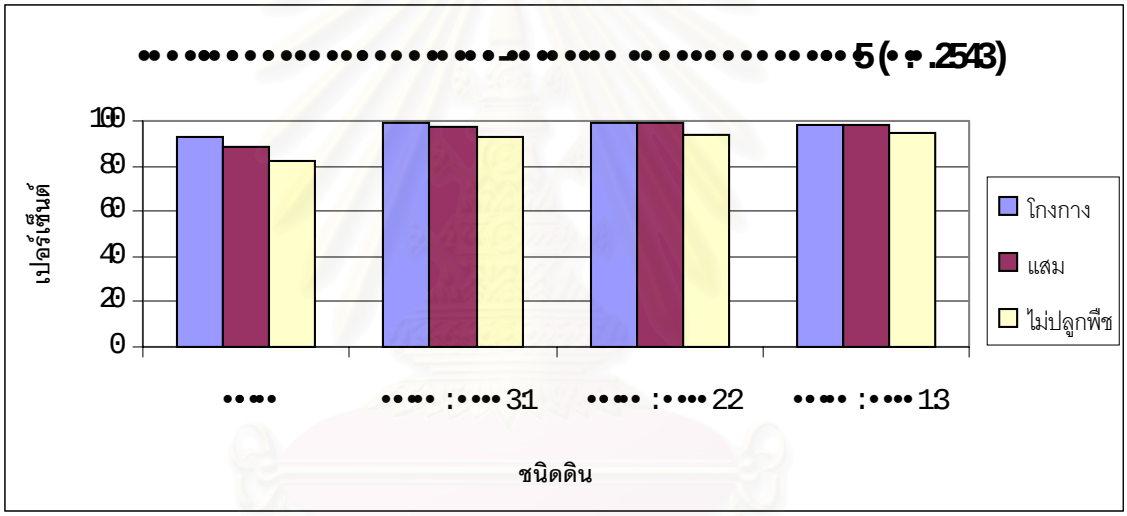


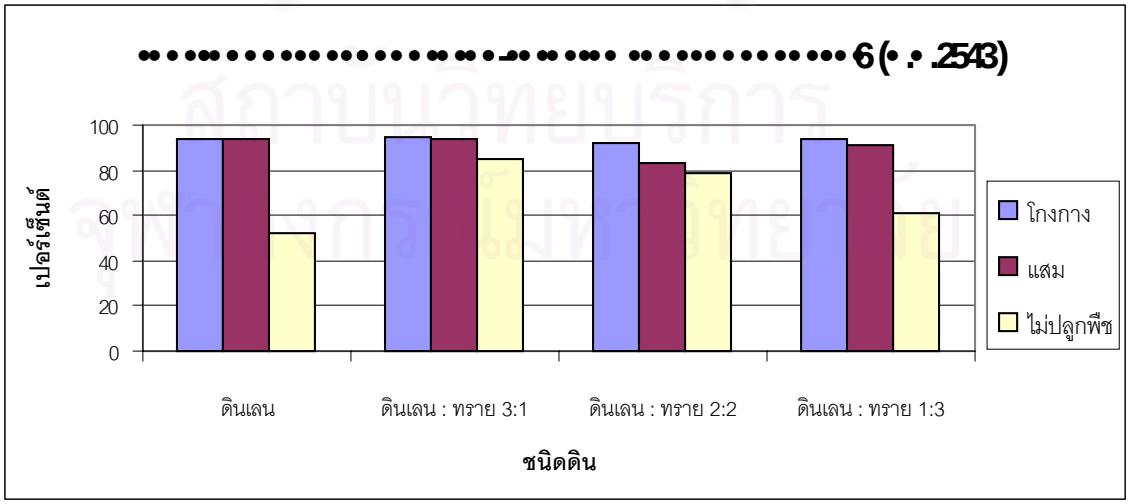




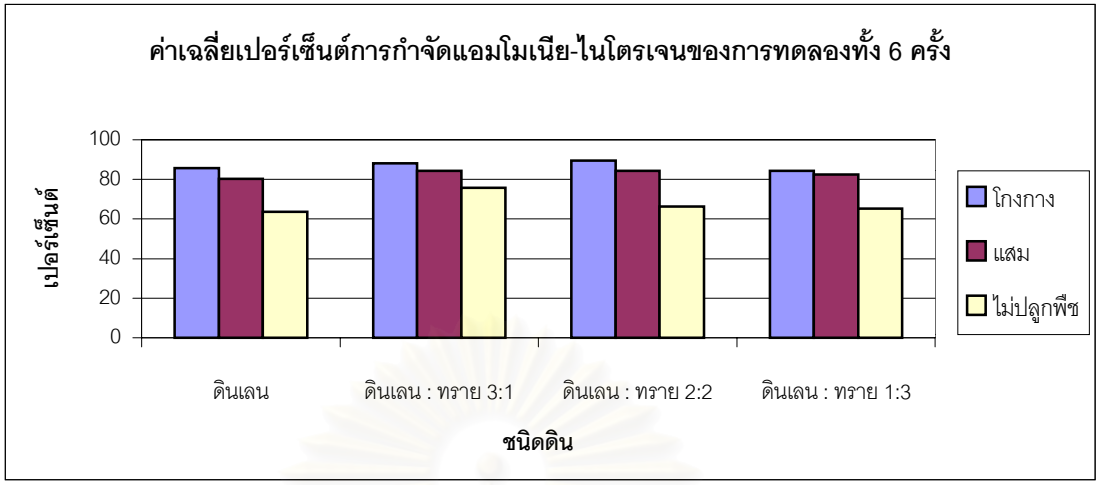
ภาพที่ 4.3 เปอร์เซ็นต์การกำจัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในชุดการทดลองต่างๆ







ภาพที่4.3 (ต่อ) เปอร์เซ็นต์การกำจัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในชุดการทดลองต่างๆ



ภาพที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การกำจัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจนระหว่างชนิดของดินและพืช ในชุดการทดลองต่างๆ ของการทดลองทั้ง 6 ครั้ง

ไนไตรท์–ไนโตรเจน (nitrite-nitrogen)

จากผลการศึกษาปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนของน้ำในวันที่ 1 และวันที่ 7 ของการกักเก็บในชุดการทดลอง (ภาคผนวก ก ตารางที่ ผ8) พบว่าปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนในน้ำวันที่ 1 และวันที่ 7 ในชุดการทดลองต่างๆ จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนของน้ำในวันที่ 1 มีค่าระหว่าง 0.008-0.069 mg l^{-1} และวันที่ 7 มีค่าระหว่าง 0.001-0.023 mg l^{-1} จะเห็นว่าปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนมีความผันแปรสูงในระหว่างครั้งที่ทำการทดลองเช่นเดียวกับบีโอดีและแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และจากการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างครั้งการทดลองพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน

จากผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์การกำจัดไนไตรท์-ไนโตรเจน ในการทดลองทั้ง 6 ครั้ง (ตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.5) มีผลดังนี้ ครั้งที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 26.88—89.51% ครั้งที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 35.88-90.24% ครั้งที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 41.16-92.83% ครั้งที่ 4 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 35.00-87.06% ครั้งที่ 5 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 28.43-65.00% และครั้งที่ 6 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 20.19-50.58% ซึ่งจะเห็นว่าในการทดลองแต่ละครั้งเปอร์เซ็นต์การกำจัดไนไตรท์-ไนโตรเจนจะมีความแตกต่างกันทั้งระหว่างชนิดดินและชนิดพืช และจากการวิเคราะห์ความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การกำจัดไนไตรท์-ไนโตรเจนระหว่างครั้งการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การกำจัดไนไตรท์-ไนโตรเจนระหว่างชนิดของดินและพืช ในการทดลองทั้ง 6 ครั้ง (ตารางที่ 4.4) พบว่าในชุดการทดลองที่ปลูกโกงกางใบใหญ่ และ

แสมทะเลมีเปอร์เซ็นต์การกำจัดไนไตรท์-ไนโตรเจนระหว่างชนิดของดินไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในชุดการทดลองที่ไม่ปลูกพืช พบว่าดินเลน:ทราย (3:1) มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดไนไตรท์-ไนโตรเจนสูงที่สุด คือ 58.43% รองลงมา คือ ดินเลน:ทราย (1:3) ดินเลน และดินเลน:ทราย (2:2) ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การกำจัด 47.95%, 46.18% และ38.03% ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การกำจัดไนไตรท์-ไนโตรเจนระหว่างชนิดของพืช จะเห็นว่าในชุดดินเลน ดินเลน:ทราย (3:1) และดินเลน:ทราย (1:3) ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างชนิดของพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในชุดดินเลน:ทราย (2:2) พบว่าโกงกางใบใหญ่สามารถกำจัดไนไตรท์-ไนโตรเจนได้สูงที่สุด คือ 58.47% รองลงมา คือ แสมทะเล 52.29% และไม่ปลูกพืชจะกำจัดได้ต่ำที่สุดคือ 38.03% (ภาพที่ 4.6)

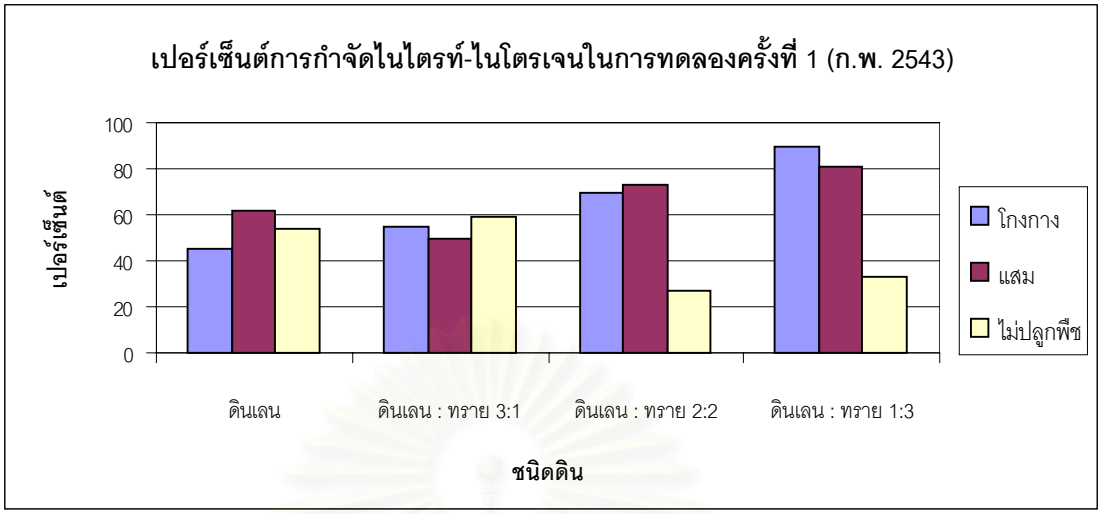
จากการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างชนิดของดินและพืชโดยใช้ two-way ANOVA สรุปได้ว่าความสามารถในการกำจัดไนไตรท์-ไนโตรเจนไม่มีความแตกต่างกันระหว่างชนิดของดินและชุดการทดลองที่ปลูกพืชสามารถกำจัดไนไตรท์-ไนโตรเจนได้ดีกว่าชุดการทดลองที่ไม่ปลูกพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสรุปเปอร์เซ็นต์การกำจัดไนไตรท์-ไนโตรเจนโดยชนิดพืชได้ดังนี้ คือ กล้าไม้โกงกางใบใหญ่มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 57.61 –66.89% กล้าไม้แสมทะเลมีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 52.29-66.64% และไม่ปลูกพืชมีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 38.03-58.43% และจากภาคผนวก ก ตารางที่ ผ8 ซึ่งแสดงปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนในน้ำวันที่ 1 และวันที่ 7 ที่กักเก็บในชุดการทดลอง จะเห็นว่าปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจนจะไม่สูงมากนัก ทั้งนี้เนื่องจากไนไตรท์จะเกิดขึ้นในปฏิกิริยาระหว่างกลางของกระบวนการ nitrification และdenitrification คือ อาจถูกเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย หรือไนเตรท หรืออาจเปลี่ยนรูปไปเป็นก๊าซไนโตรเจน (Nedwell, 1975) โดยในสภาวะน้ำท่วมขังการเกิดกระบวนการ denitrification ทำให้ไนไตรท์ถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นก๊าซไนโตรเจน หรือไนโตรเจนไดออกไซด์ได้มากขึ้น

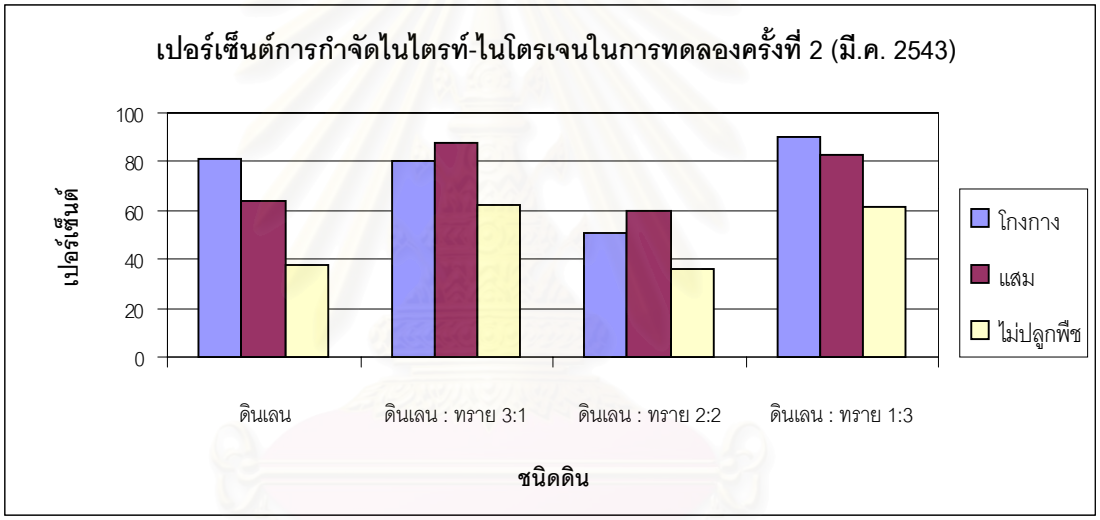
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

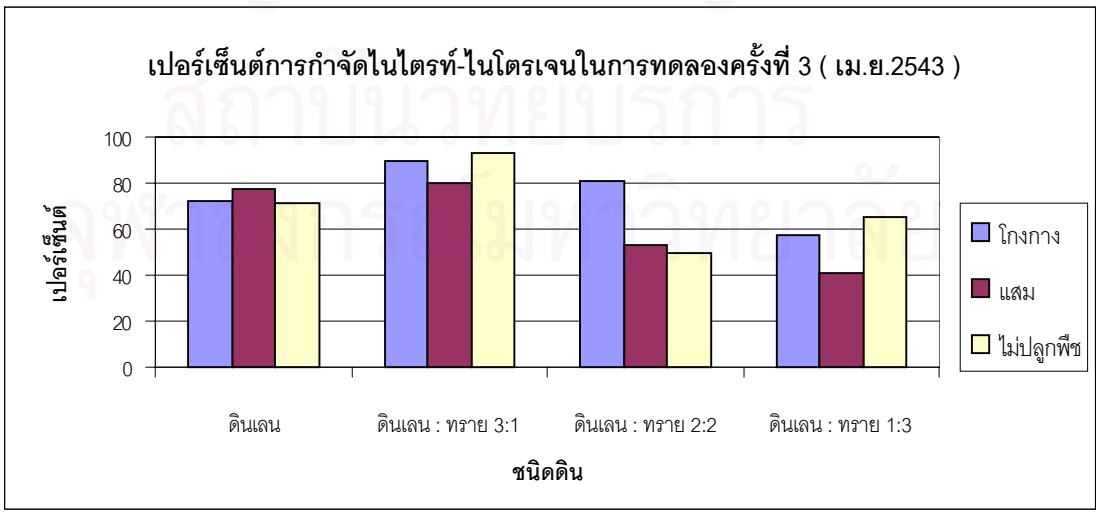
ตารางที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์การกำจัดไนไตรท์-ไนโตรเจนระหว่างชนิดของดิน และชนิดของพืช

ครั้งที่ทำการทดลอง	ชนิดดิน	ชนิดพืช		
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช
1 (ก.พ. 2543)	ดินเลน	$^{a}45.00 \pm 7.07^{a}$	$^{a}61.55 \pm 3.86^{a}$	$^{a}53.68 \pm 8.93^{a}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}54.67 \pm 33.80^{a}$	$^{a}49.78 \pm 26.86^{a}$	$^{a}58.81 \pm 38.97^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}69.52 \pm 22.90^{a}$	$^{a}72.79 \pm 3.12^{a}$	$^{a}26.88 \pm 13.42^{b}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}89.51 \pm 1.87^{a}$	$^{a}80.77 \pm 5.44^{a}$	$^{a}33.33 \pm 11.79^{b}$
2 (มี.ค. 2543)	ดินเลน	$^{a}84.01 \pm 11.17^{a}$	$^{b}64.31 \pm 8.05^{ab}$	$^{a}37.57 \pm 2.21^{b}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}80.16 \pm 12.35^{a}$	$^{a}87.88 \pm 2.44^{a}$	$^{a}62.50 \pm 17.68^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}50.57 \pm 18.48^{a}$	$^{b}59.65 \pm 9.92^{a}$	$^{a}35.88 \pm 16.60^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}90.24 \pm 1.92^{a}$	$^{a}83.16 \pm 0.25^{a}$	$^{a}61.38 \pm 30.23^{a}$
3 (เม.ย. 2543)	ดินเลน	$^{a}72.32 \pm 23.71^{a}$	$^{a}77.37 \pm 1.27^{a}$	$^{ab}71.51 \pm 6.84^{a}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}89.76 \pm 9.76^{a}$	$^{a}80.24 \pm 3.98^{a}$	$^{a}92.83 \pm 4.00^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}80.63 \pm 0.88^{a}$	$^{b}53.37 \pm 11.20^{b}$	$^{b}49.14 \pm 1.22^{b}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}57.81 \pm 11.05^{a}$	$^{b}41.16 \pm 5.18^{a}$	$^{ab}65.63 \pm 17.68^{a}$
4 (พ.ค. 2543)	ดินเลน	$^{a}76.32 \pm 3.72^{ab}$	$^{a}86.35 \pm 11.44^{a}$	$^{a}54.60 \pm 2.34^{b}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}74.82 \pm 23.31^{a}$	$^{a}87.06 \pm 9.98^{a}$	$^{a}68.33 \pm 25.93^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}64.78 \pm 6.76^{a}$	$^{a}54.49 \pm 17.22^{a}$	$^{a}35.00 \pm 7.07^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}84.72 \pm 9.82^{a}$	$^{a}68.14 \pm 21.49^{a}$	$^{a}59.92 \pm 6.17^{a}$
5 (มิ.ย. 2543)	ดินเลน	$^{a}35.00 \pm 35.35^{a}$	$^{a}39.29 \pm 25.25^{a}$	$^{b}28.43 \pm 6.93^{a}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}48.06 \pm 18.46^{a}$	$^{a}44.91 \pm 25.80^{a}$	$^{ab}39.58 \pm 2.90^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}65.00 \pm 7.07^{a}$	$^{a}52.51 \pm 0.18^{a}$	$^{a}61.11 \pm 7.86^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}52.65 \pm 24.54^{a}$	$^{a}54.35 \pm 9.22^{a}$	$^{ab}45.24 \pm 16.84^{a}$
6 (ก.ค. 2543)	ดินเลน	$^{a}32.98 \pm 27.79^{a}$	$^{a}43.33 \pm 14.14^{a}$	$^{a}31.33 \pm 5.19^{a}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}38.84 \pm 24.62^{a}$	$^{a}50.58 \pm 6.26^{a}$	$^{a}28.51 \pm 7.05^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}20.34 \pm 2.66^{a}$	$^{a}20.96 \pm 11.96^{a}$	$^{a}20.19 \pm 6.80^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}26.39 \pm 1.96^{a}$	$^{a}27.78 \pm 7.86^{a}$	$^{a}22.18 \pm 9.04^{a}$
เฉลี่ย	ดินเลน	$^{a}57.61 \pm 27.01^{a}$	$^{a}62.03 \pm 20.11^{a}$	$^{ab}46.18 \pm 16.43^{a}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}64.38 \pm 25.07^{a}$	$^{a}66.64 \pm 22.63^{a}$	$^{a}58.43 \pm 26.41^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}58.47 \pm 22.14^{a}$	$^{a}52.29 \pm 18.09^{ab}$	$^{b}38.03 \pm 16.07^{b}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}66.89 \pm 25.99^{a}$	$^{a}59.22 \pm 22.51^{a}$	$^{ab}47.95 \pm 20.91^{a}$

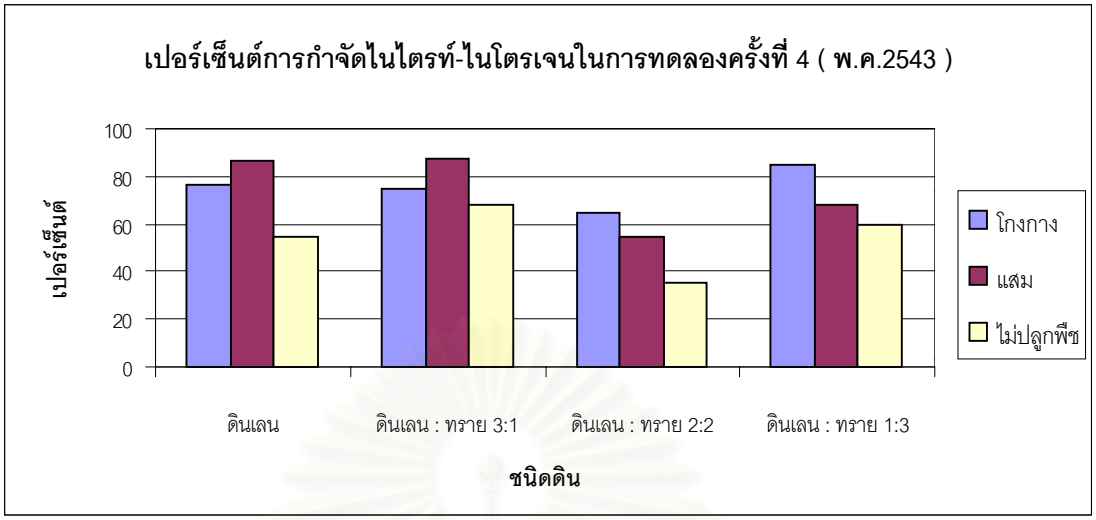
หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดิน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมบนขวามือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

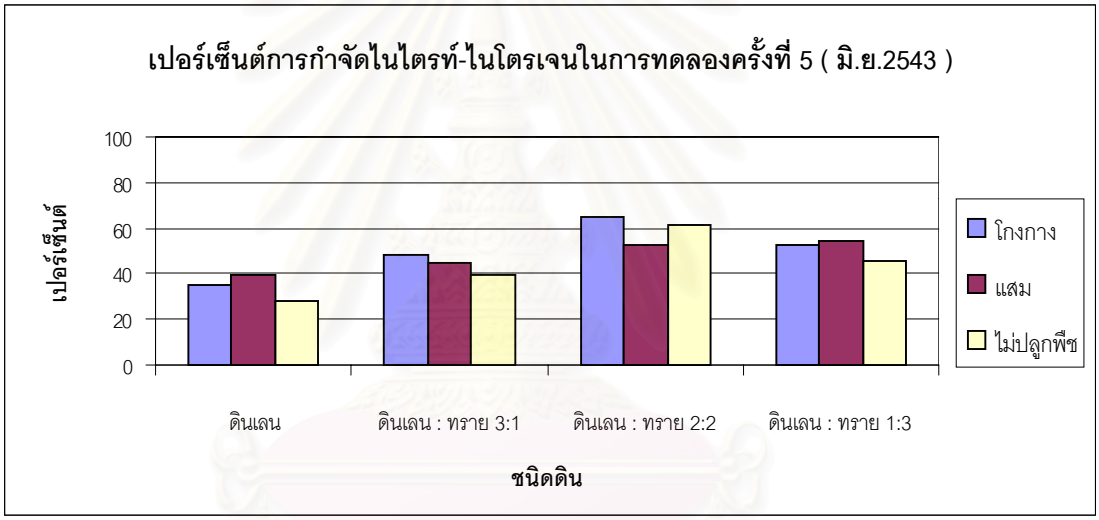


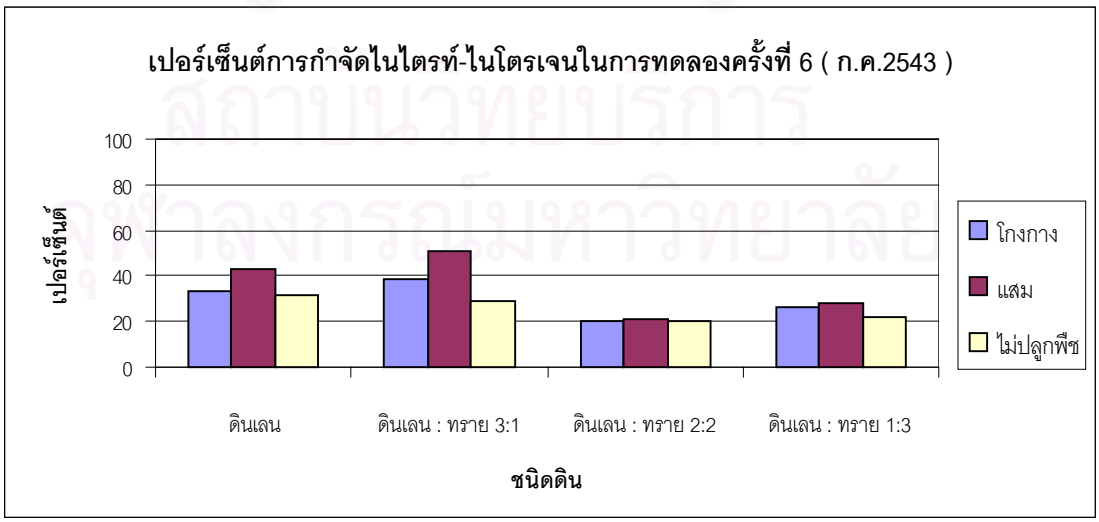




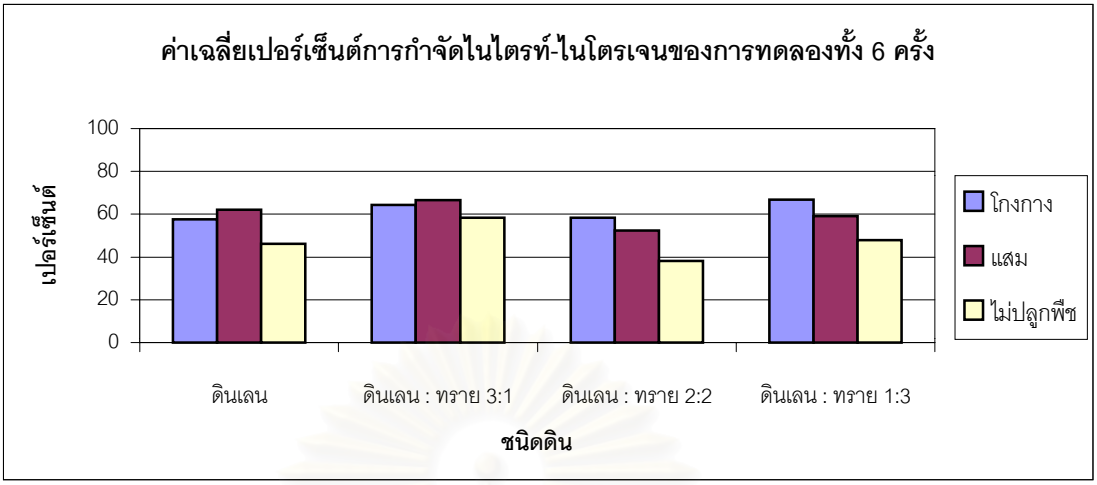
ภาพที่ 4.5 เปอร์เซ็นต์การกำจัดไนไตรท์-ไนโตรเจนในชุดการทดลองต่าง ๆ







ภาพที่ 4.5 (ต่อ) เปอร์เซ็นต์การกำจัดไนไตรท์-ไนโตรเจนในชุดการทดลองต่าง ๆ



ภาพที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การกำจัดไนไตรท์-ไนโตรเจนระหว่างชนิดดินและพืช ในชุดการทดลองต่างๆ ของการทดลองทั้ง 6 ครั้ง

ไนเตรท – ไนโตรเจน (nitrate-nitrogen)

จากผลการศึกษาปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนของน้ำในวันที่ 1 และวันที่ 7 ของการกักเก็บในชุดการทดลอง (ภาคผนวก ก ตารางที่ ผ9) พบว่าปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำวันที่ 1 และวันที่ 7 ในชุดการทดลองต่างๆ จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนของน้ำในวันที่ 1 มีค่าระหว่าง 0.006-0.330 mg l^{-1} และวันที่ 7 มีค่าระหว่าง 0.045-0.134 mg l^{-1} จะเห็นว่าปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนมีความผันแปรสูงในระหว่างครั้งที่ทำการทดลองเช่นเดียวกับพารามิเตอร์อื่นๆ นอกจากนี้ยังสังเกตได้ว่าในการทดลองครั้งที่ 1 จะมีปริมาณ ไนเตรท-ไนโตรเจนของน้ำในวันที่ 1 ต่ำที่สุด และปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนของน้ำในวันที่ 7 จะเพิ่มสูงขึ้น และจากการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างครั้งการทดลองพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์การกำจัดไนเตรท-ไนโตรเจน ในการทดลองทั้ง 6 ครั้ง (ตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.7) มีผลดังนี้ ครั้งที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง –206.67-21.49% ครั้งที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 23.77-89.15% ครั้งที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 43.35-88.37% ครั้งที่ 4 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 26.67-81.99% ครั้งที่ 5 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 32.90-70.58% และครั้งที่ 6 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 23.27-65.49% ซึ่งจะเห็นว่าในการทดลองแต่ละครั้งเปอร์เซ็นต์การกำจัดไนเตรท-ไนโตรเจนจะมีความแตกต่างกันทั้งระหว่างชนิดดินและชนิดพืชเช่นเดียวกับพารามิเตอร์อื่นๆ และจากการวิเคราะห์ความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การกำจัดไนเตรท-ไนโตรเจนระหว่างครั้งการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้จะเห็นว่าในการทดลองครั้งที่ 1 เปอร์เซ็นต์การกำจัดส่วนใหญ่จะเป็นลบ ทั้งนี้เป็นเพราะ

ในการทดลองครั้งที่ 1 พืชยังไม่สามารถปรับตัวได้กับสภาพแวดล้อมใหม่ จึงมีส่วนช่วยในการดูดซับธาตุอาหารได้น้อย และประกอบกับดินในการทดลองครั้งแรก ยังมีปริมาณออกซิเจนอยู่ โดยจะเห็นว่าปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำวันที่ 1 และวันที่ 7 ของการทดลองครั้งที่ 1 จะมีค่าสูงกว่าครั้งอื่น (ภาคผนวก ก ตารางที่ ผ5) ทำให้จุลินทรีย์ในระบบสามารถทำงานได้ในสภาวะที่มีออกซิเจน จึงไม่มีการใช้ไนเตรท-ไนโตรเจน ตรงกันข้ามยังอาจเกิดกระบวนการ nitrification เปลี่ยนสารประกอบไนโตรเจนอื่น ๆ เช่น แอมโมเนีย ไนไตรท์ ให้อยู่ในรูปไนเตรท

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การกำจัดไนเตรท-ไนโตรเจนระหว่างชนิดของดินและพืชในการทดลองทั้ง 5 ครั้ง (เนื่องจากครั้งแรกให้ผลไปในทางที่แตกต่างจากครั้งอื่นๆ มากจึงไม่นำมาคำนวณค่าเฉลี่ย) (ตารางที่ 4.5) จะเห็นว่าในชุดการทดลองต่างๆ จะมีเปอร์เซ็นต์การกำจัด ไนเตรท-ไนโตรเจนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชนิดของดิน และเมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การกำจัดไนเตรท-ไนโตรเจนระหว่างชนิดของพืช พบว่าในชุดดินเลน และดินเลน:ทราย (1:3) แสมทะเลสามารถกำจัดไนเตรท-ไนโตรเจนได้สูงที่สุด คือ 61.91 % และ69.20% ตามลำดับ รองลงมา คือ โกงกางใบใหญ่ และไม่ปลูกพืช ตามลำดับ และในชุดดินเลน:ทราย (3:1) พบว่าโกงกางใบใหญ่และแสมทะเลมีเปอร์เซ็นต์การกำจัดไนเตรท-ไนโตรเจนสูงกว่าที่ไม่ปลูกพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในชุดดินเลน:ทราย (2:2) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชนิดพืช (ภาพที่ 4.8)

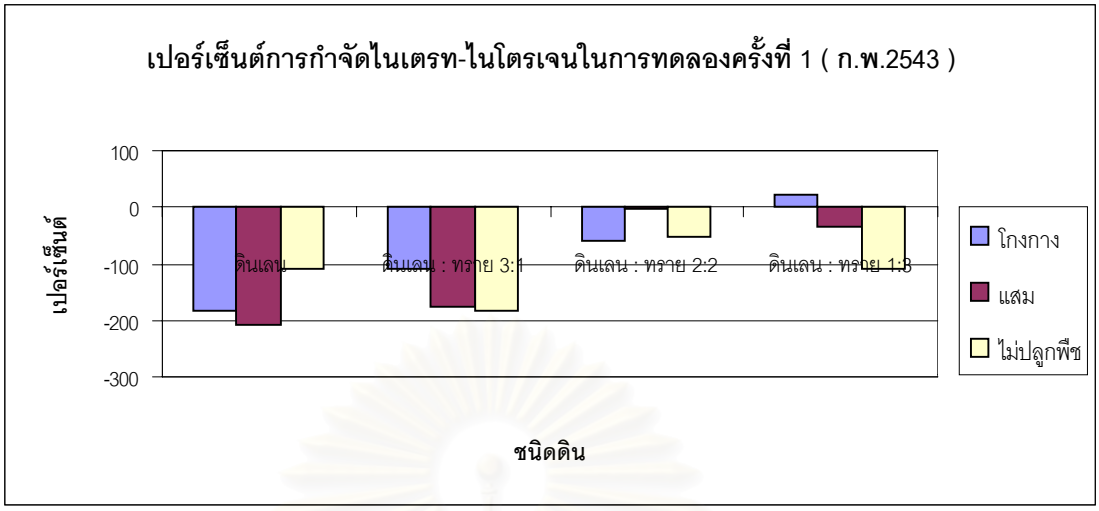
จากผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลโดยรวม สรุปได้ว่าความสามารถในการกำจัดไนเตรท-ไนโตรเจนไม่มีความแตกต่างกันระหว่างชนิดของดิน แต่ในชุดการทดลองที่ปลูกกล้าไม้ทั้งโกงกางใบใหญ่ และแสมทะเลสามารถกำจัดไนเตรท-ไนโตรเจนได้ดีกว่าในชุดการทดลองที่ไม่ปลูกพืชอย่างมีนัยสำคัญ โดยสามารถสรุปเปอร์เซ็นต์การกำจัดไนเตรท-ไนโตรเจนตามชนิดพืชได้ดังนี้ คือ มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 59.09-67.90% กล้าไม้แสมทะเลมีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 55.61-69.20% และไม่ปลูกพืชมีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 37.07-48.64%

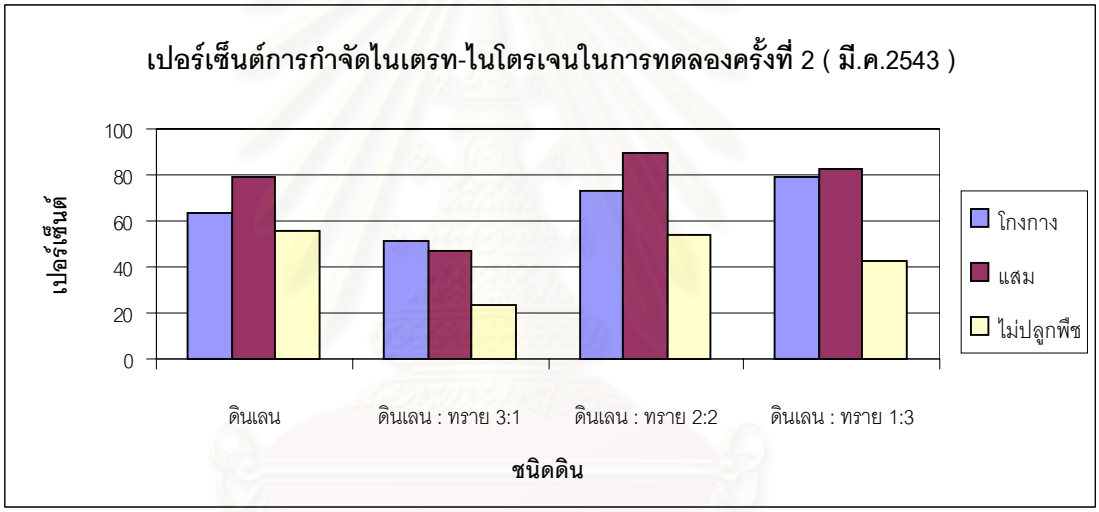
ไนเตรท-ไนโตรเจนสามารถถูกกำจัดได้โดยพืชนำไปใช้ประโยชน์ และการเกิดกระบวนการ denitrification ทั้งนี้เนื่องจากพืชสามารถใช้ประโยชน์สารประกอบไนโตรเจนได้เพียงในรูปสารประกอบอนินทรีย์พวกไนเตรท และแอมโมเนีย (Boto, 1997) และจากการศึกษาของ Nedwell (1975) พบว่าไนเตรทจะถูกใช้ไประหว่างกระบวนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนของแบคทีเรียในดินตะกอน และกล่าวว่าหลังจากปล่อยน้ำเสียลงสู่ป่าชายเลน ไนเตรท และแอมโมเนีย อาจถูกดูดซึมไปใช้ได้โดยพืช หรือไนเตรทอาจจะถูกนำไปใช้ประโยชน์โดยแบคทีเรียในสภาวะไร้ออกซิเจน ซึ่งไนเตรทจะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นไนไตรท์โดยการหายใจของแบคทีเรีย และระหว่างการเกิดกระบวนการ denitrification ไนไตรท์จะถูกริดิวซ์ไปเป็นก๊าซไนโตรเจน (N_2) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) หรือ ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ทำให้สูญเสียออกจากระบบได้

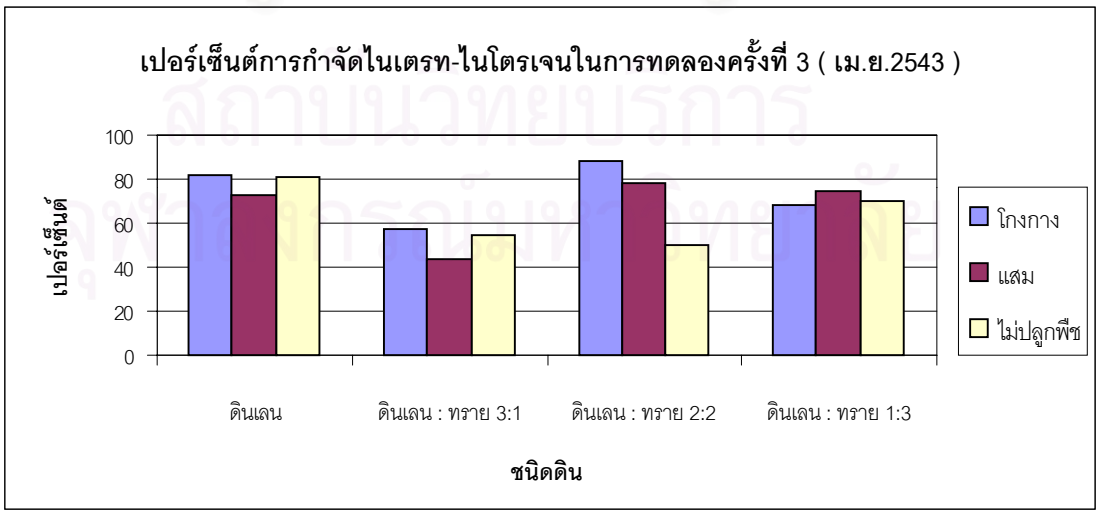
ตารางที่ 4.5 เปอร์เซ็นต์การกำจัดไนเตรท-ไนโตรเจนระหว่างชนิดของดินและชนิดของพืช

ครั้งที่ทำการทดลอง	ชนิดดิน	ชนิดพืช		
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช
1 (ก.พ. 2543)	ดินเลน	^{c}-181.92 ± 39.71^{a}	^{c}-206.67 ± 75.42 ^{a}	^{a}-109.42 ± 63.82 ^{b}
	ดินเลน : ทราย (3:1)	^{b}-109.04 ± 19.85^{a}	^{bc}-176.77 ±45.71 ^{a}	^{a}-183.72 ± 126.72^{b}
	ดินเลน : ทราย (2:2)	^{b}-57.74 ± 26.10 ^{a}	^{a}-3.47 ± 57.94 ^{a}	^{a}-51.64 ± 52.08 ^{a}
	ดินเลน : ทราย (1:3)	^{a} 21.49 ± 6.82 ^{a}	^{ab}-35.59 ± 7.90 ^{b}	^{a}-109.20 ± 6.28 ^{b}
2 (มี.ค. 2543)	ดินเลน	^{ab}63.15 ± 3.07 ^{b}	^{a}78.81 ± 3.05 ^{a}	^{a}55.99 ± 4.55 ^{b}
	ดินเลน : ทราย (3:1)	^{b}51.60 ± 6.12 ^{a}	^{b}47.15 ± 7.75 ^{a}	^{a}23.77 ± 12.56 ^{a}
	ดินเลน : ทราย (2:2)	^{a}72.88 ± 4.07 ^{ab}	^{a}89.15 ± 1.49 ^{a}	^{a}54.31 ± 12.52 ^{b}
	ดินเลน : ทราย (1:3)	^{a}79.53 ± 10.82 ^{a}	^{a}82.19 ± 1.12 ^{a}	^{a}42.26 ± 15.11 ^{b}
3 (เม.ย. 2543)	ดินเลน	^{a}81.89 ± 4.06 ^{a}	^{a}72.86 ± 0.19 ^{a}	^{a}80.52 ± 4.70 ^{a}
	ดินเลน : ทราย (3:1)	^{c}57.15 ± 0.94 ^{a}	^{b}43.35 ± 3.39 ^{b}	^{ab}54.60 ± 5.85 ^{ab}
	ดินเลน : ทราย (2:2)	^{a}88.37 ± 0.90 ^{a}	^{a}78.05 ± 1.28 ^{a}	^{b}50.30 ± 17.26 ^{b}
	ดินเลน : ทราย (1:3)	^{b}68.13 ± 5.99 ^{a}	^{a}74.40 ± 11.69 ^{a}	^{ab}69.84 ± 8.15 ^{a}
4 (พ.ค. 2543)	ดินเลน	^{a}58.65 ± 31.10 ^{a}	^{ab}69.00 ± 1.41 ^{a}	^{b}26.67 ± 9.43 ^{b}
	ดินเลน : ทราย (3:1)	^{a}71.75 ± 2.91 ^{a}	^{b}66.54 ± 5.72 ^{a}	^{b}27.67 ± 5.86 ^{b}
	ดินเลน : ทราย (2:2)	^{a}66.85 ± 7.76 ^{a}	^{ab}68.08 ± 5.37 ^{a}	^{a}47.16 ± 9.07 ^{a}
	ดินเลน : ทราย (1:3)	^{a}81.06 ± 0.59 ^{a}	^{a}81.99 ± 6.85 ^{a}	^{a}65.93 ± 9.06 ^{a}
5 (มิ.ย. 2543)	ดินเลน	^{b}37.51 ± 4.67 ^{a}	^{b}37.63 ± 10.18 ^{a}	^{a}32.90 ± 12.39 ^{a}
	ดินเลน : ทราย (3:1)	^{a}70.58 ± 9.46 ^{a}	^{a}64.06 ± 6.63 ^{ab}	^{a}36.55 ± 13.12 ^{b}
	ดินเลน : ทราย (2:2)	^{ab}51.57 ± 4.85 ^{a}	^{ab}48.93 ± 5.23 ^{a}	^{a}48.45 ± 6.12 ^{a}
	ดินเลน : ทราย (1:3)	^{b}44.39 ± 12.27 ^{a}	^{ab}55.67 ± 9.67 ^{a}	^{a}36.49 ± 5.85 ^{a}
6 (ก.ค. 2543)	ดินเลน	^{a}54.21 ± 2.88 ^{a}	^{a}51.23 ± 14.22 ^{ab}	^{a}23.27 ± 4.62 ^{b}
	ดินเลน : ทราย (3:1)	^{a}54.87 ± 3.82 ^{a}	^{a}65.49 ± 3.05 ^{a}	^{a}42.75 ± 13.32 ^{a}
	ดินเลน : ทราย (2:2)	^{a}59.82 ± 3.79 ^{a}	^{a}50.00 ± 15.15 ^{a}	^{a}37.35 ± 0.55 ^{a}
	ดินเลน : ทราย (1:3)	^{a}49.49 ± 2.23 ^{a}	^{a}51.78 ± 5.34 ^{a}	^{a}28.67 ± 22.30 ^{a}
เฉลี่ย	ดินเลน	^{a}59.09 ± 18.49^{ab}	^{a}61.91 ± 17.11^{a}	^{a}38.12 ± 34.46^{b}
	ดินเลน : ทราย (3:1)	^{a}61.19 ± 9.70^{a}	^{a}57.32 ± 11.30^{a}	^{a}37.07 ± 14.09^{b}
	ดินเลน : ทราย (2:2)	^{a}67.90 ± 13.62^{a}	^{a}55.61 ± 35.55^{a}	^{a}47.51 ± 9.95^{a}
	ดินเลน : ทราย (1:3)	^{a}64.52 ± 16.98^{ab}	^{a}69.20 ± 14.90^{a}	^{a}48.64 ± 19.96^{b}

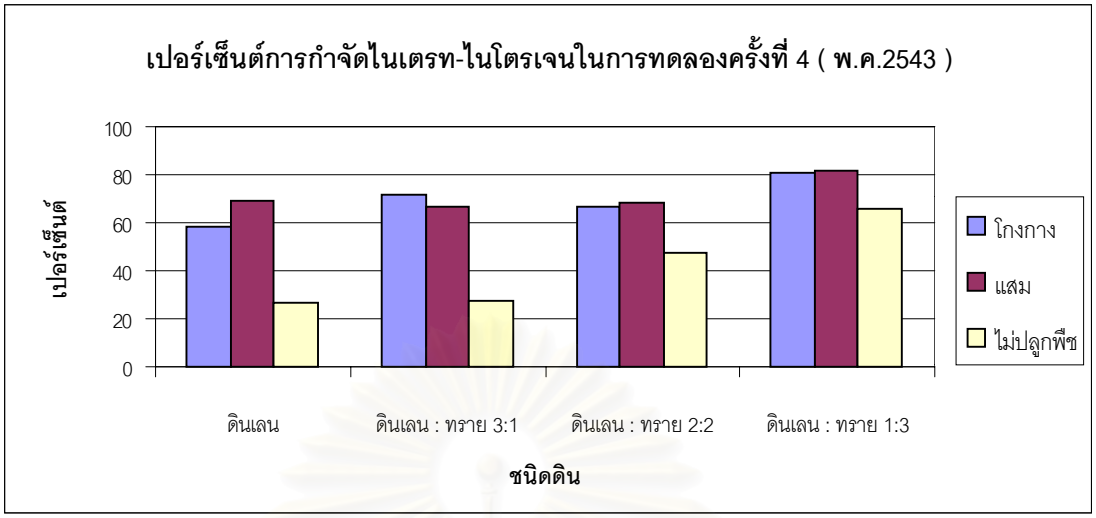
หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดิน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมบนขวามือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
เฉลี่ยเป็นค่าเฉลี่ยของครั้งการทดลองตั้งแต่ 1-5

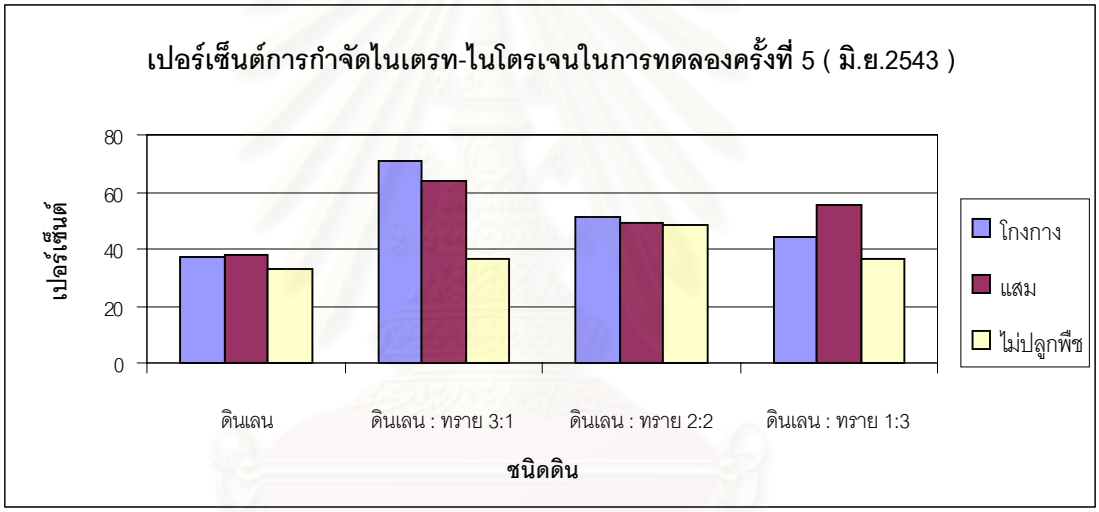


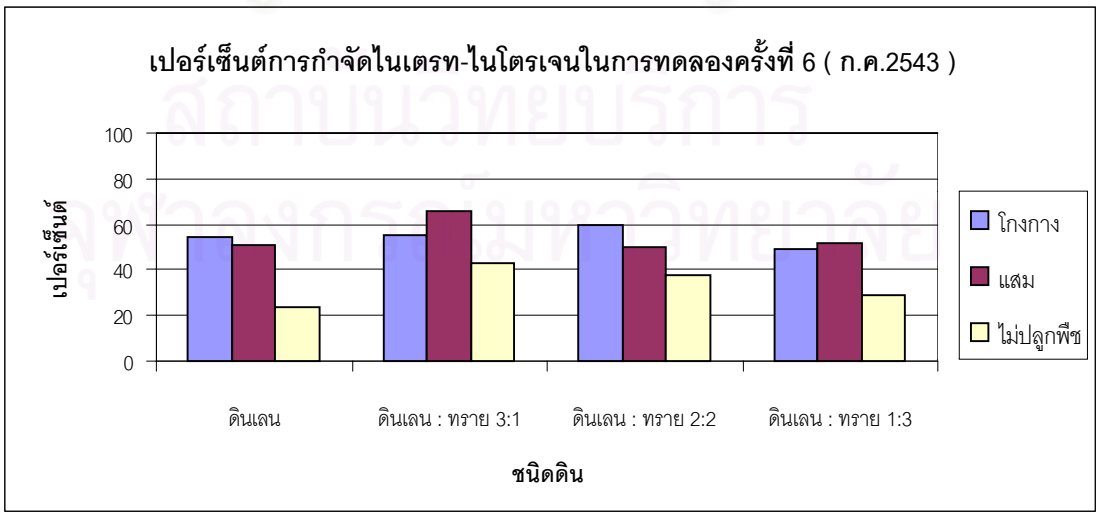




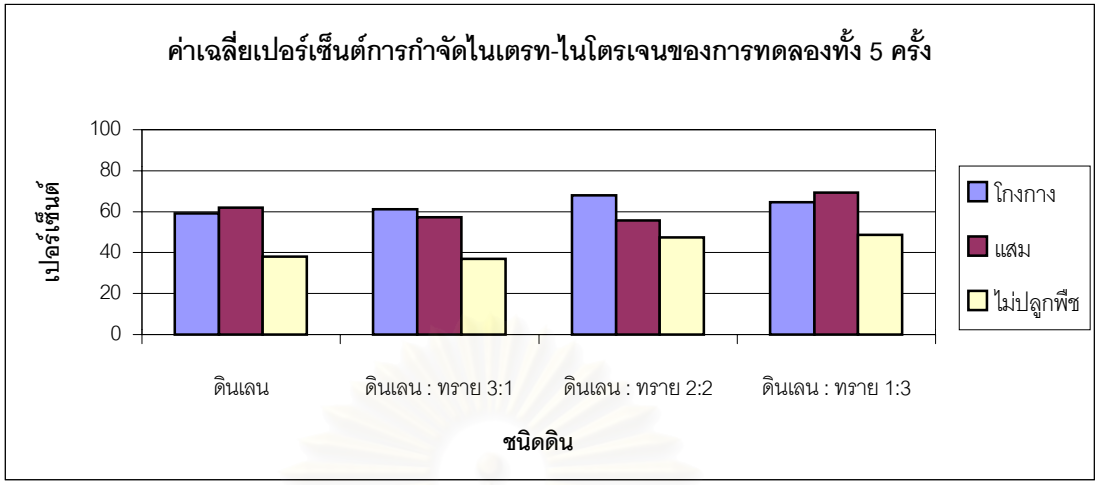
ภาพที่ 4.7 เปอร์เซ็นต์การกำจัดไนเตรท-ไนโตรเจนในชุดการทดลองต่าง ๆ







ภาพที่ 4.7 (ต่อ) เปอร์เซ็นต์การกำจัดไนเตรท-ไนโตรเจนในชุดการทดลองต่าง ๆ



ภาพที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การกำจัดไนเตรท-ไนโตรเจนระหว่างชนิดของดินและพืช ในชุดการทดลองต่างๆ ของการทดลองทั้ง 5 ครั้ง

ไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen)

จากผลการศึกษาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำในวันที่ 1 และวันที่ 7 ของการกักเก็บในชุดการทดลอง (ภาคผนวก ก ตารางที่ ผ10) พบว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำวันที่ 1 และวันที่7 ในชุดการทดลองต่างๆ จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำในวันที่ 1 มีค่าระหว่าง 5.60-18.20 mg l^{-1} และวันที่ 7 มีค่าระหว่าง 1.12-9.24 mg l^{-1} จะเห็นว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีความผันแปรระหว่างครั้งที่ทำการทดลองเช่นเดียวกับพารามิเตอร์อื่นๆ และจากการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างครั้งการทดลองพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์การกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดในการทดลองทั้ง 6 ครั้ง (ตารางที่ 4.6 และภาพที่ 4.9) มีผลดังนี้ ครั้งที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 51.30-82.11% ครั้งที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 54.98-99.43% ครั้งที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 67.61-86.40% ครั้งที่ 4 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 36.90-84.90% ครั้งที่ 5 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 39.17-74.07% และครั้งที่ 6 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 30.40-67.77% ซึ่งจะเห็นว่าในการทดลองแต่ละครั้งเปอร์เซ็นต์การกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดจะมีความแตกต่างกันทั้งระหว่างชนิดดินและชนิดพืชเช่นเดียวกับพารามิเตอร์อื่นๆ โดยในการทดลองแต่ละครั้งค่อนข้างมีความผันแปรของเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่างชุดการทดลอง และจากการวิเคราะห์ความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดระหว่างครั้งการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดระหว่างชนิดของดินและพืชในการทดลองทั้ง 6 ครั้ง (ตารางที่ 4.6) จะเห็นว่าชุดการทดลองต่างๆ มีเปอร์เซ็นต์การกำจัด

ไนโตรเจนทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชนิดของดิน และเมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดระหว่างชนิดของพืช จะเห็นว่าในชุดดินเลน ดินเลน:ทราย(2:2) และดินเลน:ทราย (1:3) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชนิดพืช แต่ในชุดดินเลน:ทราย (3:1) พบว่าโกงกางใบใหญ่และแสมทะเลมีเปอร์เซ็นต์การกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดสูงกว่าไม่ปลูกพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 4.10)

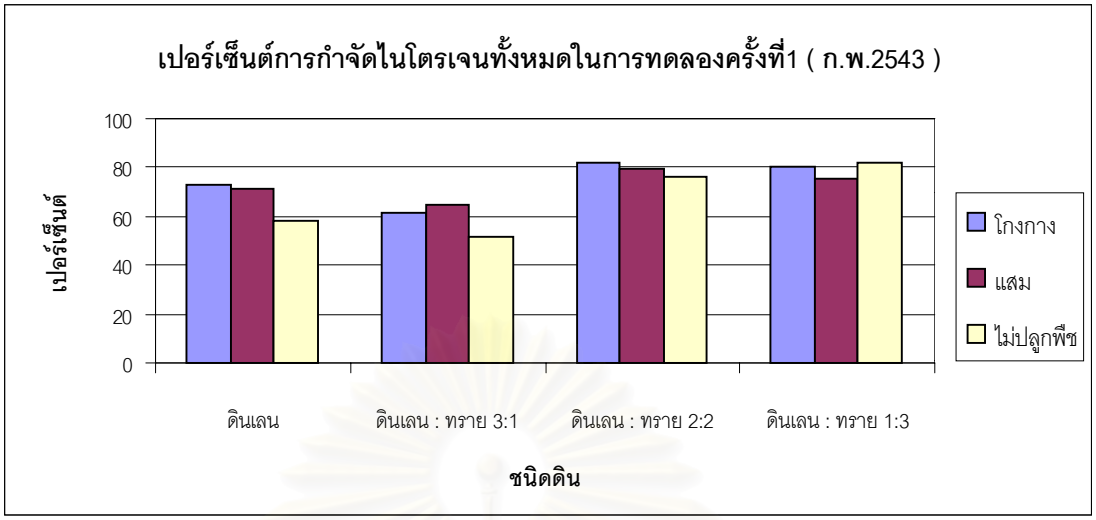
จากผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลโดยรวม สรุปได้ว่าความสามารถในการกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชนิดของดิน แต่ในชุดการทดลองที่ปลูกกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ และแสมทะเลสามารถกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดได้ดีกว่าในชุดการทดลองที่ไม่ปลูกพืช โดยสรุปเปอร์เซ็นต์การกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดตามชนิดพืชได้ดังนี้ คือ กล้าไม้โกงกางใบใหญ่มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 64.64-72.47% กล้าไม้แสมทะเลมีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 64.44-70.08% และไม่ปลูกพืชมีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 53.28-58.83% ทั้งนี้ไนโตรเจนในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำอาจถูกกำจัดได้หลายทาง คือ ในรูปอนุภาคจะถูกกำจัดโดยการตกตะกอน และในรูปสารละลายถูกกำจัดโดยการเกิดปฏิกิริยาชีวเคมีต่างๆ (Reddy และ D'Angelo, 1994) นอกจากนี้ยังสามารถถูกกำจัดโดยกระบวนการ nitrification และ denitrification การกลายเป็นไอของแอมโมเนีย และการนำไปใช้โดยพืชและจุลินทรีย์ เป็นต้น (Weber และคณะ, 1985) โดยในกรณีที่มีน้ำท่วมขังจะมีชั้นออกซิเจนอยู่สูงกว่าระดับดิน แอมโมเนียในชั้นที่ขาดออกซิเจนจะกระจายสู่ชั้นที่มีออกซิเจน ซึ่งจะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นไนเตรทโดยพวก nitrifying bacteria และไนเตรทจะกระจายกลับสู่ชั้นที่ขาดออกซิเจนทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปเป็นก๊าซไนโตรเจน และไนตรัสออกไซด์สูญหายไปจากดินได้ และนอกจากนี้ถ้าดินมี pH มากกว่า 7 แอมโมเนียจะระเหยไปได้ง่ายขึ้น ทำให้สูญเสียไนโตรเจนได้อีกทางหนึ่ง (Boto, 1997)

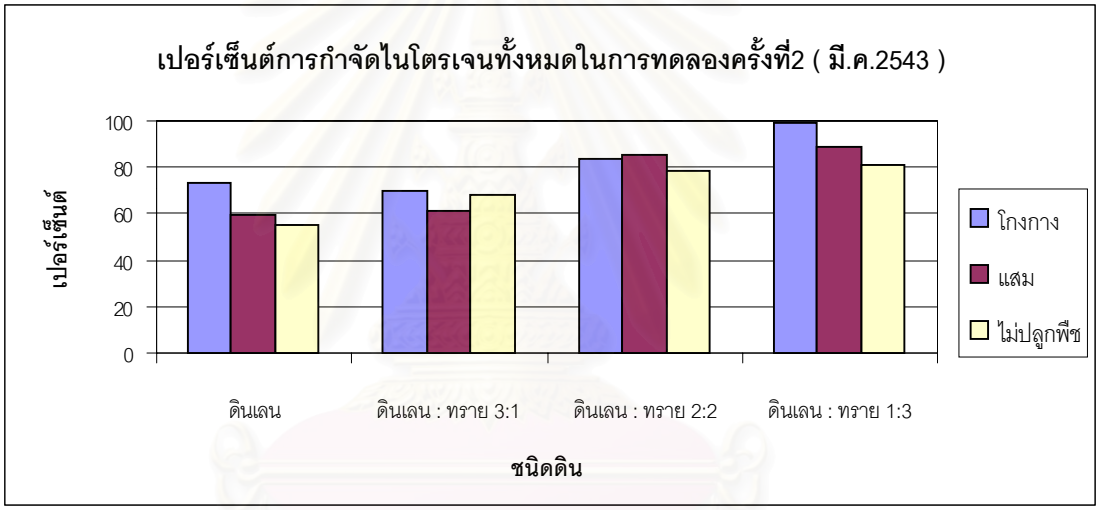
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

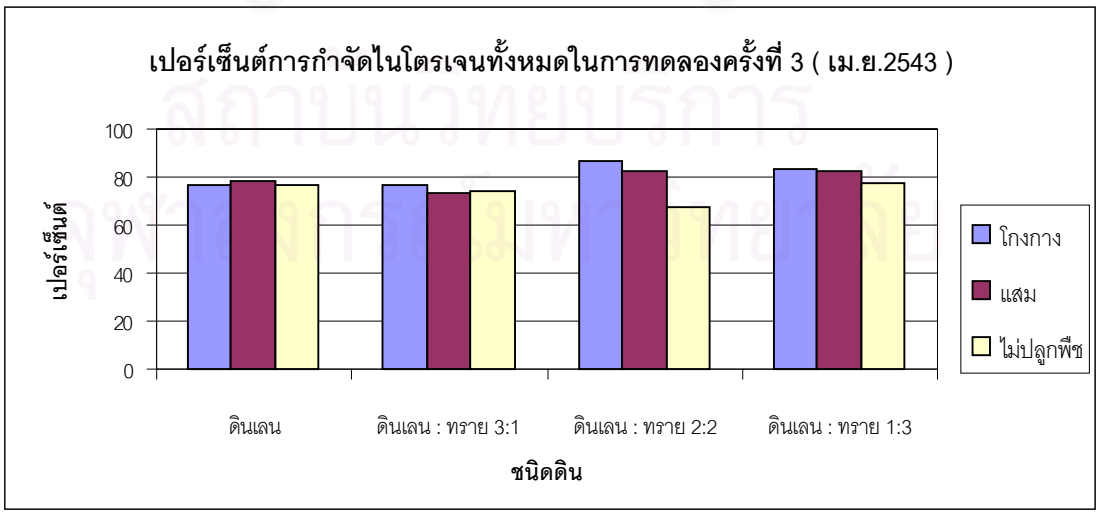
ตารางที่ 4.6 เปอร์เซ็นต์การกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดระหว่างชนิดของดินและชนิดของพืช

ครั้งที่ทำการทดลอง	ชนิดดิน	ชนิดพืช		
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช
1 (ก.พ. 2543)	ดินเลน	$^{ab}72.86 \pm 6.95^{a}$	$^{bc}71.22 \pm 3.49^{a}$	$^{b}58.57 \pm 2.02^{a}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{b}61.36 \pm 9.64^{a}$	$^{c}64.85 \pm 0.21^{a}$	$^{b}51.30 \pm 8.26^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}82.11 \pm 2.98^{a}$	$^{a}79.33 \pm 2.58^{a}$	$^{a}76.30 \pm 4.09^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{ab}80.36 \pm 7.58^{a}$	$^{ab}75.25 \pm 3.57^{a}$	$^{a}82.19 \pm 3.09^{a}$
2 (มี.ค. 2543)	ดินเลน	$^{ab}73.33 \pm 18.86^{a}$	$^{b}59.13 \pm 2.81^{a}$	$^{a}54.98 \pm 21.18^{a}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{b}70.21 \pm 0.53^{a}$	$^{b}61.46 \pm 7.37^{a}$	$^{a}67.93 \pm 6.07^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{ab}83.75 \pm 5.30^{a}$	$^{a}84.96 \pm 1.06^{a}$	$^{a}78.02 \pm 0.34^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}99.43 \pm 0.16^{a}$	$^{a}88.99 \pm 2.10^{b}$	$^{a}81.30 \pm 1.84^{c}$
3 (เม.ย. 2543)	ดินเลน	$^{a}76.92 \pm 0.00^{a}$	$^{ab}78.57 \pm 0.00^{a}$	$^{a}76.79 \pm 2.53^{a}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}76.80 \pm 10.71^{a}$	$^{b}72.92 \pm 2.95^{a}$	$^{a}74.05 \pm 3.70^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}86.40 \pm 4.34^{a}$	$^{a}82.83 \pm 0.37^{ab}$	$^{a}67.61 \pm 8.59^{b}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}83.33 \pm 0.00^{a}$	$^{a}82.62 \pm 5.72^{a}$	$^{a}77.30 \pm 1.17^{a}$
4 (พ.ค. 2543)	ดินเลน	$^{ab}75.55 \pm 0.65^{a}$	$^{a}84.90 \pm 0.40^{a}$	$^{a}51.46 \pm 5.79^{b}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}84.52 \pm 1.68^{a}$	$^{a}78.44 \pm 7.15^{a}$	$^{a}48.18 \pm 3.51^{b}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{bc}69.85 \pm 7.28^{a}$	$^{b}63.40 \pm 0.34^{a}$	$^{a}36.90 \pm 28.62^{b}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{c}58.33 \pm 3.93^{a}$	$^{c}48.10 \pm 7.41^{a}$	$^{a}48.53 \pm 2.08^{a}$
5 (มิ.ย. 2543)	ดินเลน	$^{b}43.16 \pm 17.53^{a}$	$^{b}49.00 \pm 1.41^{a}$	$^{a}39.17 \pm 2.26^{a}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}74.07 \pm 0.00^{a}$	$^{ab}64.85 \pm 0.21^{a}$	$^{a}47.43 \pm 6.47^{b}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{ab}63.64 \pm 2.45^{a}$	$^{ab}66.00 \pm 8.49^{a}$	$^{a}50.69 \pm 10.19^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{ab}62.27 \pm 5.53^{a}$	$^{a}69.08 \pm 8.37^{a}$	$^{a}44.28 \pm 9.73^{a}$
6 (ก.ค. 2543)	ดินเลน	$^{a}45.98 \pm 0.57^{a}$	$^{ab}43.85 \pm 8.70^{a}$	$^{a}38.72 \pm 2.53^{a}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}67.77 \pm 1.56^{a}$	$^{ab}48.68 \pm 1.86^{b}$	$^{a}40.83 \pm 1.17^{c}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}45.24 \pm 16.84^{a}$	$^{b}42.93 \pm 1.16^{a}$	$^{a}37.23 \pm 1.22^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}51.09 \pm 1.54^{a}$	$^{a}56.45 \pm 2.05^{a}$	$^{b}30.40 \pm 6.23^{b}$
เฉลี่ย	ดินเลน	$^{a}64.64 \pm 16.94^{a}$	$^{a}64.44 \pm 15.98^{a}$	$^{a}53.28 \pm 15.07^{a}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}72.46 \pm 8.78^{a}$	$^{a}65.20 \pm 10.28^{a}$	$^{a}54.95 \pm 13.04^{b}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}71.83 \pm 16.17^{a}$	$^{a}69.91 \pm 15.43^{a}$	$^{a}57.79 \pm 20.30^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}72.47 \pm 17.69^{a}$	$^{a}70.08 \pm 15.38^{a}$	$^{a}60.66 \pm 24.64^{a}$

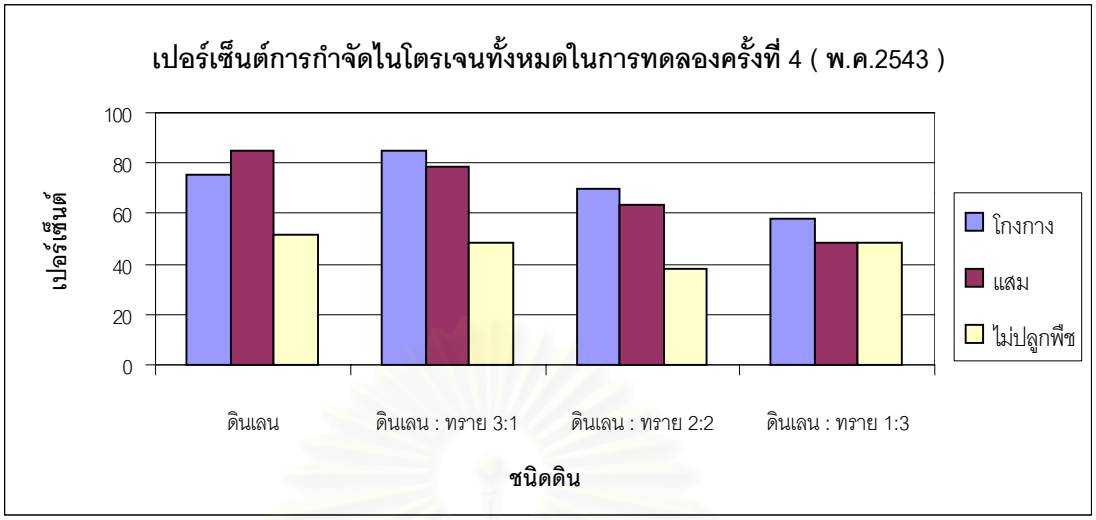
หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดิน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมบนขวามือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

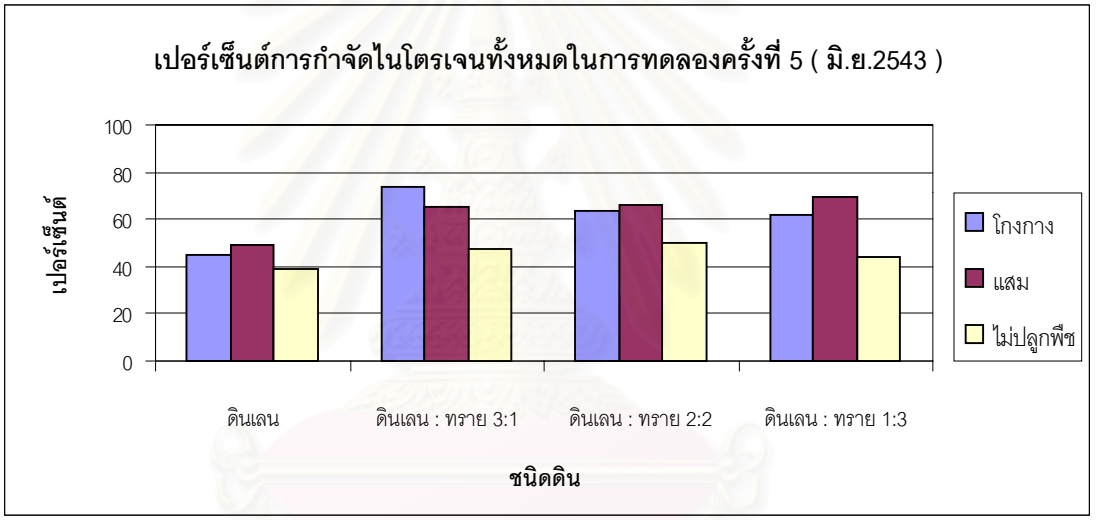


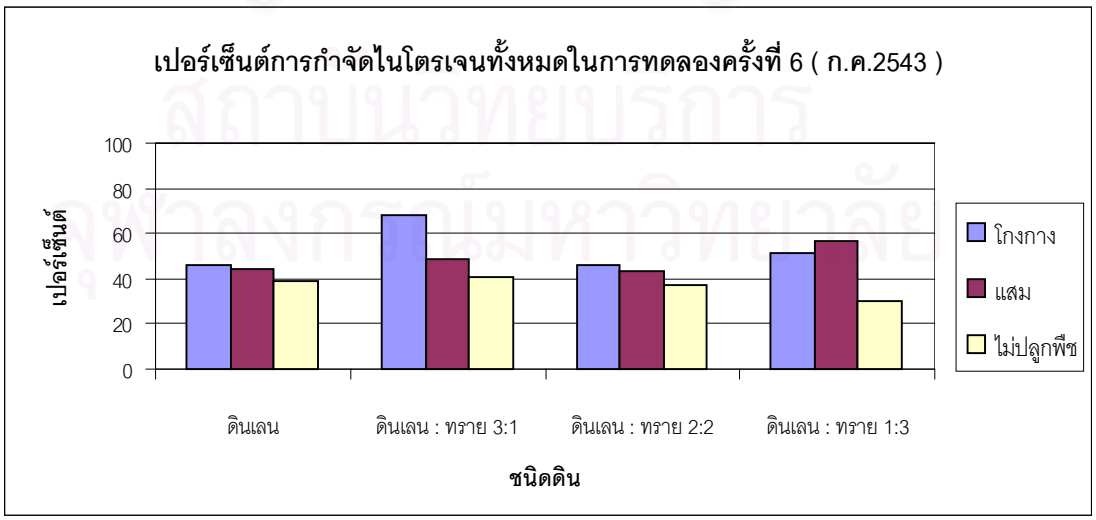




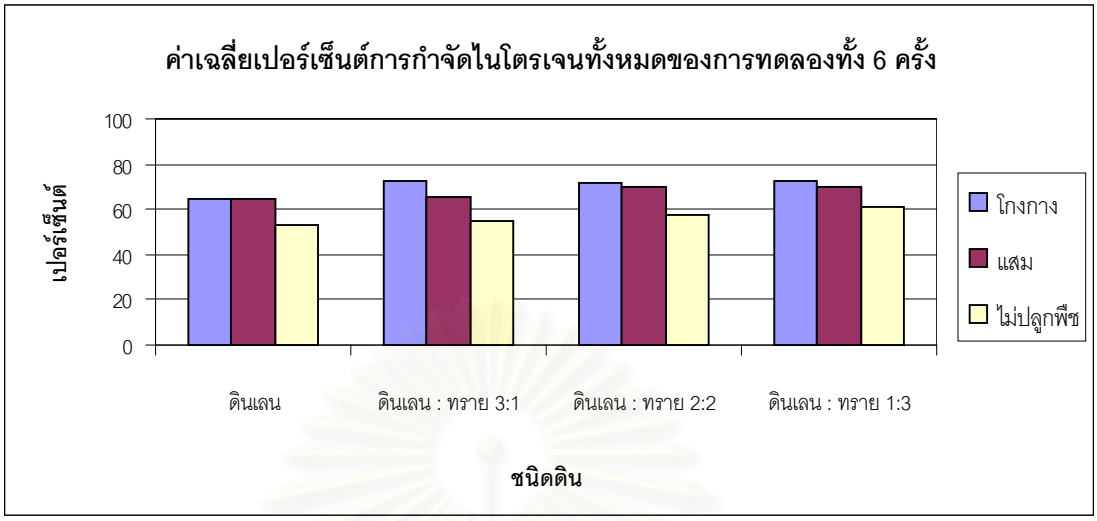
ภาพที่ 4.9 เปอร์เซ็นต์การกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดในชุดการทดลองต่าง ๆ







ภาพที่ 4.9 (ต่อ) เปอร์เซ็นต์การกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดในชุดการทดลองต่าง ๆ



ภาพที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การกำจัดไนโตรเจนทั้งหมดระหว่างชนิดของดินและพืช ในชุดการทดลองต่างๆ ของการทดลองทั้ง 6 ครั้ง

ออร์โธฟอสเฟต (phosphate)

จากผลการศึกษาปริมาณออร์โธฟอสเฟตของน้ำในวันที่ 1 และวันที่ 7 ของการักเก็บ ในชุดการทดลอง (ภาคผนวก ก ตารางที่ ผ11) พบว่าปริมาณออร์โธฟอสเฟตในน้ำวันที่ 1 และวันที่7 ในชุดการทดลองต่างๆ จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปริมาณออร์โธฟอสเฟตของน้ำในวันที่ 1 มีค่าระหว่าง 0.183-2.062 mg l^{-1} และวันที่ 7 มีค่าระหว่าง 0.061-0.999 mg l^{-1} จะเห็นว่าปริมาณออร์โธฟอสเฟตมีความผันแปรระหว่างครั้งที่ทำการทดลองเช่นเดียวกับพารามิเตอร์อื่นๆ และจากการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างครั้งการทดลองพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์การกำจัดออร์โธฟอสเฟตในการทดลองทั้ง 6 ครั้ง (ตารางที่ 4.7 และภาพที่ 4.11) มีผลดังนี้ ครั้งที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 55.75-82.08% ครั้งที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 28.98-69.42% ครั้งที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 40.09-72.38% ครั้งที่ 4 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 42.94-71.17% ครั้งที่ 5 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 15.13-36.77% และครั้งที่ 6 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 52.72-81.88% ซึ่งจะเห็นว่าในการทดลองแต่ละครั้งเปอร์เซ็นต์การกำจัดออร์โธฟอสเฟตจะมีความแตกต่างกันทั้งระหว่างชนิดดินและชนิดพืชเช่นเดียวกับพารามิเตอร์อื่นๆ โดยในการทดลองแต่ละครั้งค่อนข้างมีความผันแปรของเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่างชุดการทดลอง และจากการวิเคราะห์ความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การกำจัดออร์โธฟอสเฟตระหว่างครั้งการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะในครั้งที่ 5 จะเห็นได้ว่าจะมีเปอร์เซ็นต์การกำจัดออร์โธฟอสเฟตต่ำที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมา

จากสารประกอบฟอสฟอรัสส่วนใหญ่จะถูกโดยดินเป็นปัจจัยสำคัญ (Whigham และคณะ, 1980) ดังนั้นในการทดลองครั้งหลังดินเกิดการสะสมของสารอินทรีย์ฟอสฟอรัสต่างๆ มากขึ้น จึงมีผลให้ความสามารถในการกำจัดออร์โธฟอสเฟตลดลง ส่วนการที่ในการทดลองครั้งที่ 6 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดเพิ่มขึ้นอาจเนื่องมาจากมีฝนตกทำให้ความเข้มข้นของออร์โธฟอสเฟตในน้ำเสียลดลง

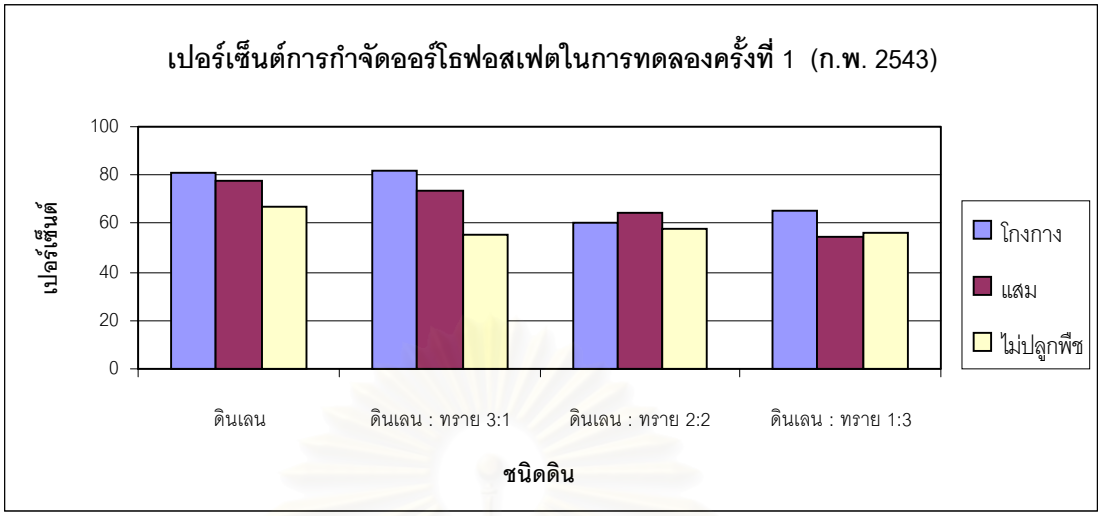
เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การกำจัดออร์โธฟอสเฟตระหว่างชนิดของดินและพืช ในการทดลองทั้ง 6 ครั้ง (ตารางที่ 4.7) จะเห็นว่าในชุดการทดลองที่ปลูกโกงกางใบใหญ่ ดินเลนมีเปอร์เซ็นต์การกำจัดออร์โธฟอสเฟตสูงที่สุด คือ 68.30% และดินเลน:ทราย (1:3) จะมีเปอร์เซ็นต์กำจัดออร์โธฟอสเฟตต่ำที่สุด คือ 51.49% ส่วนในชุดการทดลองดินที่ปลูกแสมทะเลและไม่ปลูกพืช พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การกำจัดออร์โธฟอสเฟตไม่แตกต่างกันระหว่างชนิดของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การกำจัดออร์โธฟอสเฟตระหว่างชนิดของพืช จะเห็นว่าในชุดดินเลน โกงกางใบใหญ่มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดออร์โธฟอสเฟตสูงที่สุด รองลงมา คือ แสมทะเล และไม่ปลูกพืช ตามลำดับ ส่วนในชุดดินเลน:ทราย (3:1) ดินเลน:ทราย (2:2) และดินเลน:ทราย (1:3) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันโดยชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 4.12)

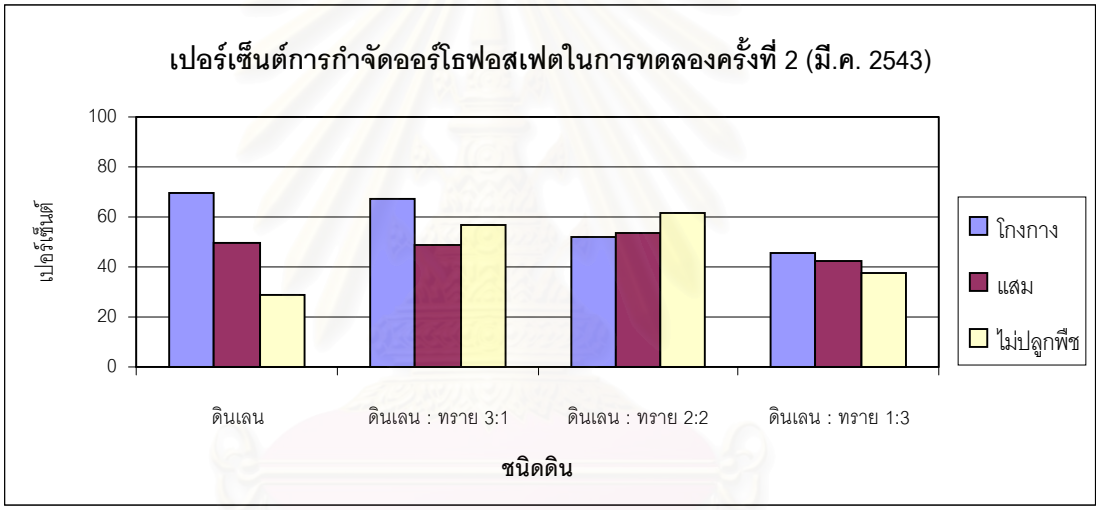
จากการวิเคราะห์ผลโดยรวม สรุปได้ว่าดินเลน และดินเลน:ทราย (3:1) สามารถกำจัดออร์โธฟอสเฟตได้ดีกว่าดินเลน:ทราย (2:2) และดินเลน:ทราย (1:3) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงให้เห็นว่านอกจากออร์โธฟอสเฟตจะถูกกำจัดโดยพืชนำไปใช้แล้ว ดินก็ยังเป็นปัจจัยสำคัญ ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัด (Whigham และคณะ, 1980) โดยดินเลนซึ่งมีอนุภาคดินเหนียวสูงที่สุด สามารถช่วยในการดูดซับออร์โธฟอสเฟตจากน้ำเสียได้ดีที่สุด และพบว่าในชุดการทดลองที่ปลูกพืชสามารถกำจัดออร์โธฟอสเฟตได้ดีในชุดการทดลองที่ไม่ปลูกพืช ซึ่งสามารถสรุปเปอร์เซ็นต์การกำจัดออร์โธฟอสเฟตระหว่างชนิดของพืชได้ดังนี้ คือ กล้าไม้โกงกางใบใหญ่มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 51.49-68.30% กล้าไม้แสมทะเลมีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 48.57-60.49% และไม่ปลูกพืชมีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 43.30-54.77% ทั้งนี้เนื่องจากออร์โธฟอสเฟตจะเป็นสารประกอบฟอสฟอรัสในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ ดังนั้นจึงเป็นไปได้ที่ออร์โธฟอสเฟตส่วนหนึ่งจะสูญหายไปโดยพืชนำไปใช้ประโยชน์ โดยจะสังเกตได้ว่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในพืชทั้งโกงกาง ใบใหญ่และแสมทะเลหลังสิ้นสุดการทดลองจะเพิ่มขึ้น

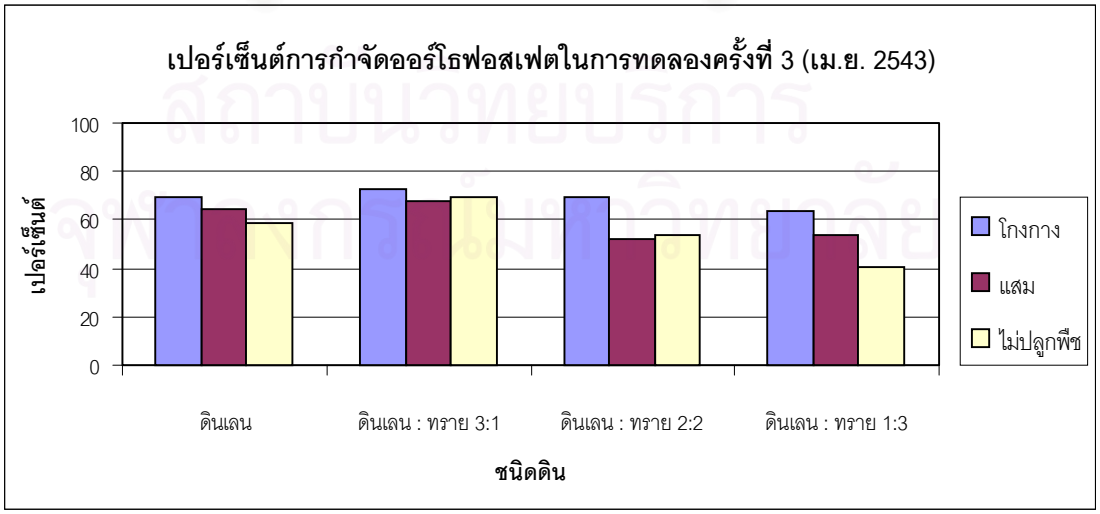
ตารางที่ 4.7 เปอร์เซ็นต์การกำจัดออร์โธฟอสเฟตระหว่างชนิดของดิน และชนิดของพืช

ครั้งที่ทำการทดลอง	ชนิดดิน	ชนิดพืช		
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช
1 (ก.พ. 2543)	ดินเลน	$^{a}80.98 \pm 0.68^{a}$	$^{a}77.63 \pm 5.73^{ab}$	$^{a}66.88 \pm 2.63^{b}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}82.08 \pm 2.06^{a}$	$^{ab}73.20 \pm 4.86^{a}$	$^{a}55.75 \pm 16.39^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}60.34 \pm 15.15^{a}$	$^{ab}64.40 \pm 11.13^{a}$	$^{a}57.54 \pm 2.34^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}65.68 \pm 14.42^{a}$	$^{b}54.42 \pm 9.10^{a}$	$^{a}55.82 \pm 3.73^{a}$
2 (มี.ค. 2543)	ดินเลน	$^{a}69.42 \pm 1.79^{a}$	$^{a}49.33 \pm 6.18^{b}$	$^{a}28.98 \pm 5.04^{c}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}67.15 \pm 31.88^{a}$	$^{a}48.77 \pm 19.35^{a}$	$^{a}56.93 \pm 6.48^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}51.82 \pm 1.93^{b}$	$^{a}53.71 \pm 1.21^{b}$	$^{a}61.63 \pm 2.21^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}45.87 \pm 4.64^{a}$	$^{a}42.63 \pm 14.25^{a}$	$^{a}37.62 \pm 26.16^{a}$
3 (เม.ย. 2543)	ดินเลน	$^{a}69.56 \pm 3.26^{a}$	$^{ab}64.21 \pm 3.53^{a}$	$^{ab}58.42 \pm 12.14^{a}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}72.38 \pm 7.26^{a}$	$^{a}68.00 \pm 6.57^{a}$	$^{a}69.63 \pm 6.08^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}69.74 \pm 2.54^{a}$	$^{c}52.37 \pm 1.21^{b}$	$^{ab}53.86 \pm 4.56^{b}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}63.35 \pm 4.37^{a}$	$^{bc}54.10 \pm 1.36^{a}$	$^{b}40.09 \pm 3.13^{b}$
4 (พ.ค. 2543)	ดินเลน	$^{a}71.17 \pm 1.24^{a}$	$^{a}55.00 \pm 0.36^{ab}$	$^{b}45.86 \pm 11.68^{b}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}68.66 \pm 1.04^{a}$	$^{ab}47.59 \pm 6.14^{b}$	$^{a}51.68 \pm 0.88^{b}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{b}45.16 \pm 1.85^{a}$	$^{b}42.94 \pm 3.30^{a}$	$^{a}50.86 \pm 1.21^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{b}38.22 \pm 14.76^{a}$	$^{a}54.35 \pm 2.53^{a}$	$^{a}47.11 \pm 1.30^{a}$
5 (มิ.ย. 2543)	ดินเลน	$^{a}36.77 \pm 18.71^{a}$	$^{a}36.00 \pm 13.36^{a}$	$^{a}31.27 \pm 4.12^{a}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}30.54 \pm 3.95^{a}$	$^{a}33.81 \pm 5.17^{a}$	$^{a}30.49 \pm 1.15^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}34.32 \pm 7.48^{a}$	$^{a}31.52 \pm 8.65^{a}$	$^{b}15.13 \pm 0.24^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}33.50 \pm 6.42^{a}$	$^{a}32.37 \pm 9.06^{a}$	$^{a}26.45 \pm 5.61^{a}$
6 (ก.ค. 2543)	ดินเลน	$^{a}81.88 \pm 1.44^{a}$	$^{a}80.78 \pm 1.60^{a}$	$^{a}68.17 \pm 2.04^{b}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{ab}72.45 \pm 5.78^{a}$	$^{a}73.20 \pm 3.40^{a}$	$^{a}64.16 \pm 4.15^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{b}65.24 \pm 5.35^{a}$	$^{b}57.98 \pm 7.46^{a}$	$^{b}48.24 \pm 2.48^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{b}62.29 \pm 2.03^{a}$	$^{b}53.56 \pm 6.54^{a}$	$^{b}52.72 \pm 2.87^{a}$
เฉลี่ย	ดินเลน	$^{a}68.30 \pm 16.70^{a}$	$^{a}60.49 \pm 17.09^{ab}$	$^{a}49.93 \pm 17.40^{b}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{ab}65.54 \pm 19.85^{a}$	$^{a}57.43 \pm 17.04^{a}$	$^{a}54.77 \pm 14.12^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{b}54.44 \pm 16.06^{a}$	$^{ab}50.49 \pm 12.16^{a}$	$^{ab}47.38 \pm 16.07^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{b}51.49 \pm 15.05^{a}$	$^{b}48.57 \pm 10.71^{a}$	$^{b}43.30 \pm 13.22^{a}$

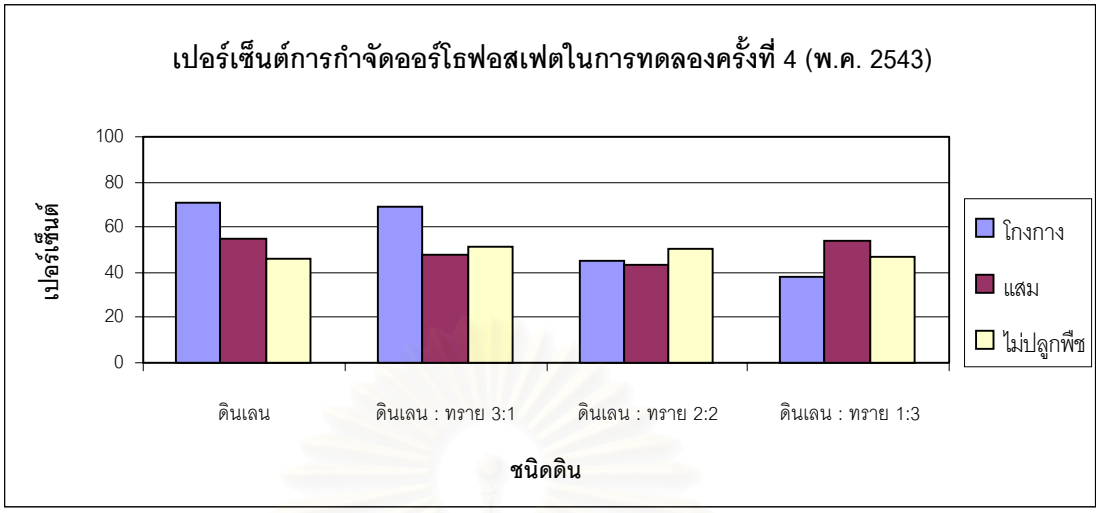
หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดิน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมบนขวามือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

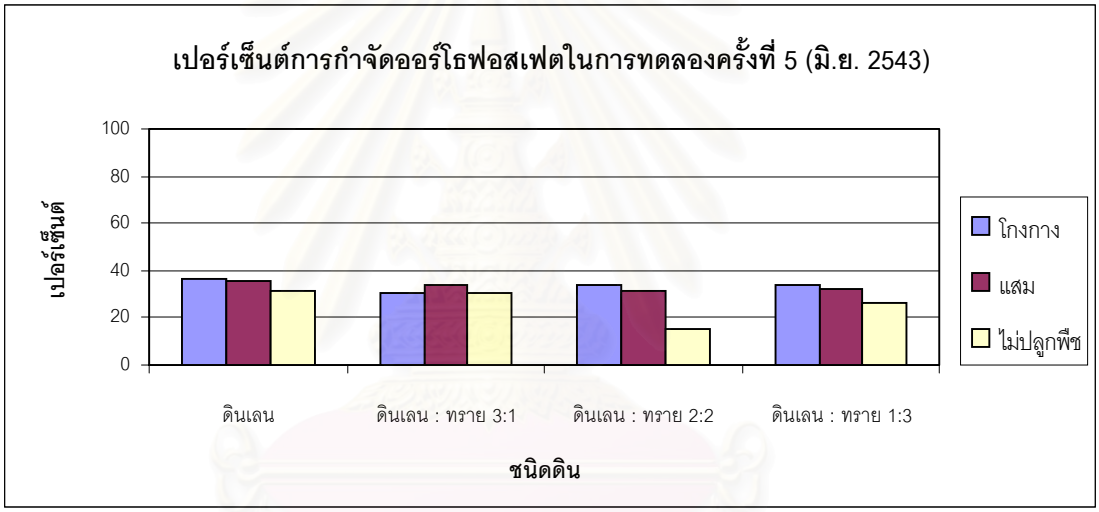


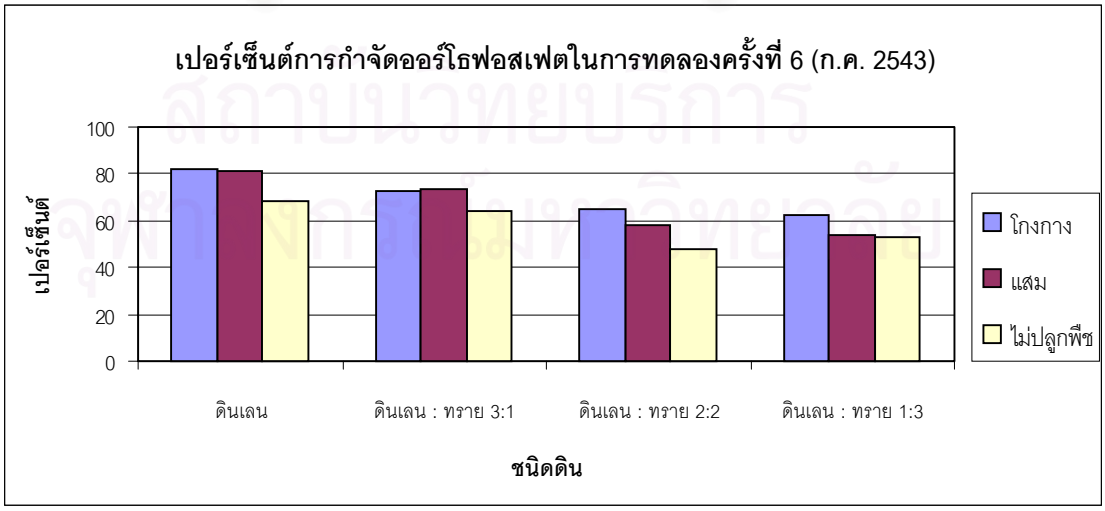




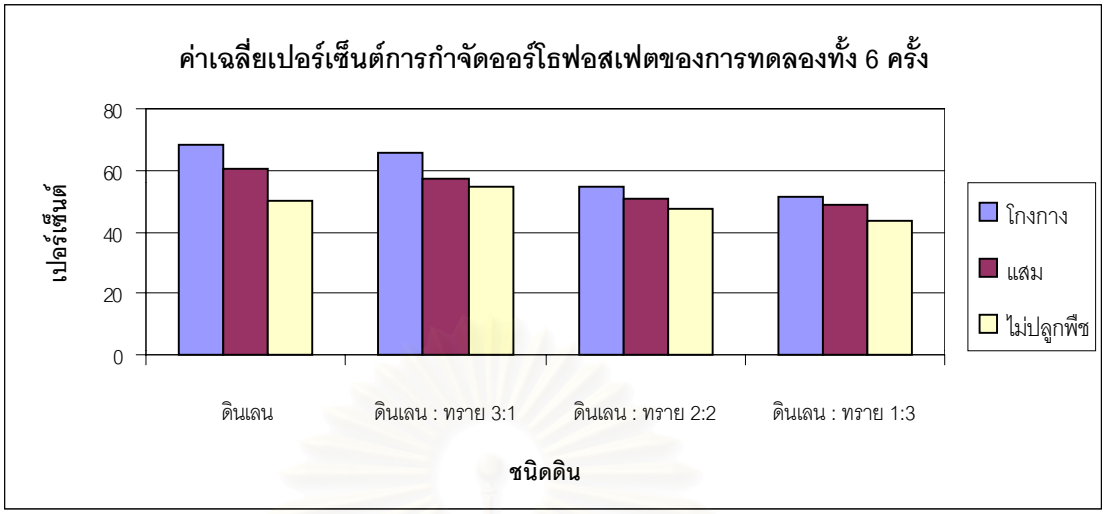
ภาพที่ 4.11 เปอร์เซ็นต์การกำจัดออร์โธฟอสเฟตในชุดการทดลองต่าง ๆ







ภาพที่ 4.11 (ต่อ) เปอร์เซ็นต์การกำจัดออร์โธฟอสเฟตในชุดการทดลองต่าง ๆ



ภาพที่ 4.12 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การกำจัดออร์โธฟอสเฟตระหว่างชนิดของดินและพืช ในชุดการทดลองต่างๆ ของการทดลองทั้ง 6 ครั้ง

ฟอสฟอรัสทั้งหมด (total phosphorus)

จากผลการศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำในวันที่ 1 และวันที่ 7 ของการกักเก็บในชุดการทดลอง (ภาคผนวก ก ตารางที่ ผ12) พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำวันที่ 1 และวันที่7 ในชุดการทดลองต่างๆ จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำในวันที่ 1 มีค่าระหว่าง 0.862-4.361 mg l^{-1} และวันที่ 7 มีค่าระหว่าง 0.228-2.660 mg l^{-1} จะเห็นว่าปริมาณออร์โธฟอสเฟตมีความผันแปรระหว่างครั้งที่ทำการทดลองเช่นเดียวกับพารามิเตอร์อื่นๆ และจากการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างครั้งการทดลองพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน

จากผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์การกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมดในการทดลองทั้ง 6 ครั้ง (ตารางที่ 4.8 และภาพที่ 4.13) มีผลดังนี้ ครั้งที่ 1 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 46.09-83.55% ครั้งที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 43.98-69.95% ครั้งที่ 3 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 38.95-81.34% ครั้งที่ 4 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 48.92-73.57% ครั้งที่ 5 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 15.03-40.15% และครั้งที่ 6 มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 47.52-76.07% ซึ่งจะเห็นว่าในการทดลองแต่ละครั้งเปอร์เซ็นต์การกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมดจะมีความแตกต่างกันทั้งระหว่างชนิดดินและชนิดพืชเช่นเดียวกับพารามิเตอร์อื่นๆ โดยในการทดลองแต่ละครั้งค่อนข้างมีความผันแปรของเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่างชุดการทดลอง และจากการวิเคราะห์ความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมดระหว่างครั้งการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

โดยเฉพาะในครั้งที่ 5 จะเห็นได้ว่าจะมีเปอร์เซ็นต์การกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมด ต่ำที่สุด เช่นเดียวกับเปอร์เซ็นต์การกำจัดออร์โธฟอสเฟต

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมดระหว่างชนิดของดินและพืช ในการทดลองทั้ง 6 ครั้ง (ตารางที่ 4.8) จะเห็นว่าในชุดการทดลองทุกชุด ทั้งที่ปลูกกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ แสมทะเล และไม่ปลูกพืช มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมดไม่แตกต่างกันระหว่างชนิดของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมดระหว่างชนิดของพืช จะเห็นว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างชนิดของพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน ยกเว้นในชุดดินเลน:ทราย (2:2) พบว่าโกงกางใบใหญ่มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงที่สุด รองลงมา คือ แสมทะเล และไม่ปลูกพืชตามลำดับ (ภาพที่ 4.14)

จากการวิเคราะห์ผลโดยรวม สรุปได้ว่าความสามารถในการกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกันระหว่างชนิดของดินและชนิดพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสามารถสรุปเปอร์เซ็นต์การกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมดระหว่างชนิดของพืชได้ดังนี้ คือ กล้าไม้โกงกางใบใหญ่มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 53.77-63.06% กล้าไม้แสมทะเลมีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 51.40-62.68% และไม่ปลูกพืชมีเปอร์เซ็นต์การกำจัดระหว่าง 48.58-58.67%

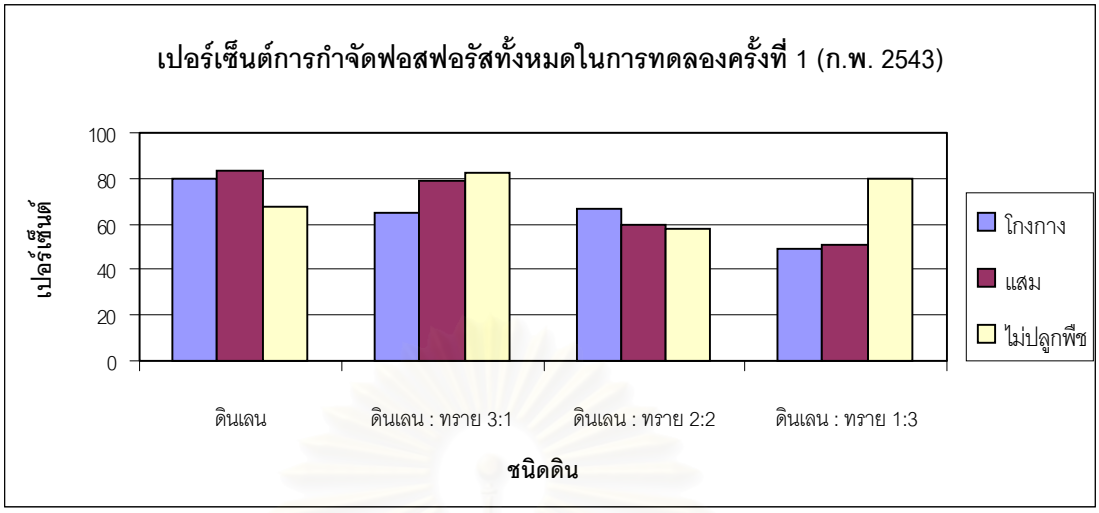
จากเปอร์เซ็นต์การกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมด จะเห็นว่าทั้งในชุดการทดลองดินที่ปลูกพืชและไม่ปลูกพืชมีความแตกต่างกันน้อยมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการบำบัดฟอสฟอรัสในน้ำเสียนั้น ดินจะเป็นปัจจัยสำคัญในการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัด โดยเฉพาะดินที่มีส่วนประกอบของเหล็ก และอะลูมีเนียม นอกจากนี้ฟอสฟอรัสจะสามารถตกตะกอนได้ดีในดินที่มีความเป็นเกลือของโลหะ ซึ่ง Whigham และคณะ (1980) ได้กล่าวไว้ว่ากลไกการกำจัดฟอสฟอรัสที่สำคัญ คือ การดูดซับทางเคมี และการตกตะกอน เพราะอัตราการกำจัดโดยกลไกเหล่านี้เกิดขึ้นได้มากกว่าการที่พืชจะดึงไปใช้

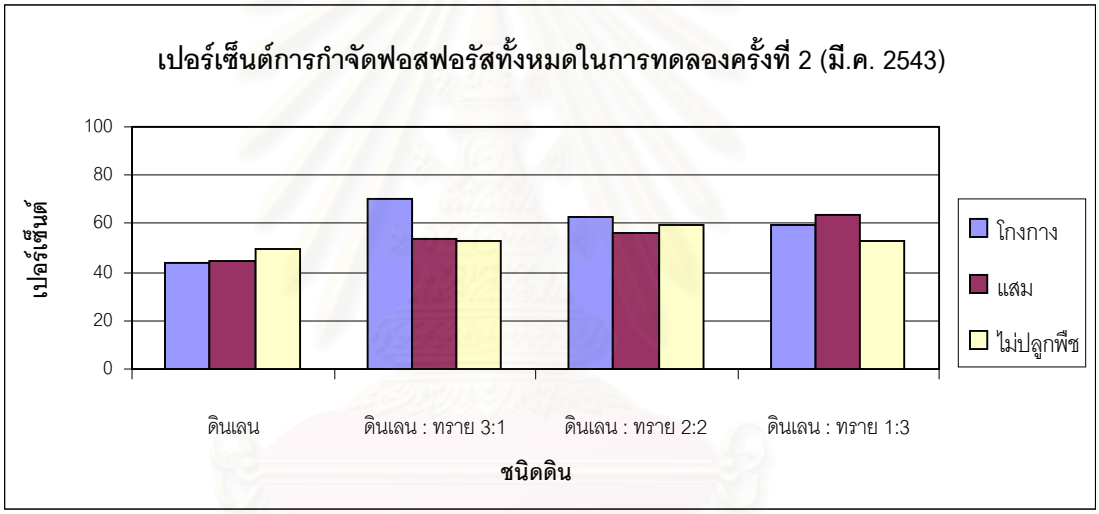
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

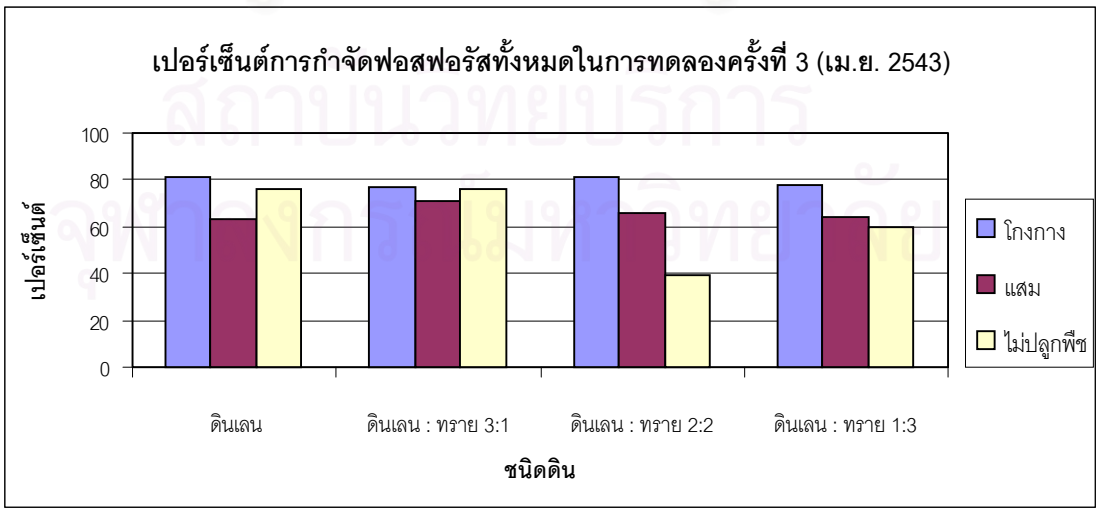
ตารางที่ 4.8 เปอร์เซ็นต์การกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมดระหว่างชนิดของดินและชนิดของพืช

ครั้งที่ทำการทดลอง	ชนิดดิน	ชนิดพืช		
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช
1 (ก.พ. 2543)	ดินเลน	$^{a}79.80 \pm 7.94^{a}$	$^{a}83.55 \pm 5.28^{a}$	$^{b}67.62 \pm 4.76^{a}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{ab}65.28 \pm 1.35^{b}$	$^{ab}78.63 \pm 4.38^{a}$	$^{a}82.79 \pm 0.96^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{ab}66.92 \pm 4.57^{a}$	$^{bc}60.07 \pm 9.18^{a}$	$^{c}57.51 \pm 2.07^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{b}46.09 \pm 12.18^{b}$	$^{c}50.61 \pm 10.65^{b}$	$^{a}79.61 \pm 0.50^{a}$
2 (มี.ค. 2543)	ดินเลน	$^{c}43.98 \pm 2.25^{a}$	$^{c}44.91 \pm 2.21^{a}$	$^{b}49.60 \pm 0.02^{a}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}69.95 \pm 1.59^{a}$	$^{b}54.13 \pm 4.15^{b}$	$^{ab}52.64 \pm 5.94^{b}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{ab}63.16 \pm 4.56^{a}$	$^{ab}56.26 \pm 1.15^{a}$	$^{a}59.86 \pm 1.64^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{b}59.79 \pm 3.18^{ab}$	$^{a}63.90 \pm 3.22^{a}$	$^{ab}52.91 \pm 1.78^{b}$
3 (เม.ย. 2543)	ดินเลน	$^{a}81.34 \pm 5.09^{a}$	$^{a}63.41 \pm 8.14^{b}$	$^{a}75.81 \pm 1.33^{ab}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}76.79 \pm 4.49^{a}$	$^{a}71.21 \pm 1.93^{a}$	$^{a}76.42 \pm 0.10^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}81.02 \pm 2.39^{a}$	$^{a}65.61 \pm 0.88^{a}$	$^{c}38.95 \pm 10.56^{b}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}77.52 \pm 0.03^{a}$	$^{a}63.98 \pm 2.39^{b}$	$^{b}59.58 \pm 0.65^{b}$
4 (พ.ค. 2543)	ดินเลน	$^{a}73.57 \pm 2.09^{a}$	$^{ab}61.14 \pm 2.51^{b}$	$^{a}64.04 \pm 1.67^{b}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{ab}69.62 \pm 0.20^{a}$	$^{a}63.01 \pm 0.58^{a}$	$^{a}62.69 \pm 4.12^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{c}48.92 \pm 2.01^{b}$	$^{c}54.30 \pm 1.47^{a}$	$^{a}58.13 \pm 0.33^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{bc}57.75 \pm 8.20^{a}$	$^{b}58.79 \pm 0.14^{a}$	$^{a}57.67 \pm 2.35^{a}$
5 (มิ.ย. 2543)	ดินเลน	$^{b}21.92 \pm 8.56^{a}$	$^{b}25.03 \pm 1.51^{a}$	$^{a}25.77 \pm 1.39^{a}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{b}26.92 \pm 1.44^{b}$	$^{a}33.54 \pm 2.65^{a}$	$^{b}18.75 \pm 1.05^{c}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}40.15 \pm 2.37^{a}$	$^{b}28.26 \pm 1.53^{b}$	$^{a}29.51 \pm 0.50^{b}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{b}15.03 \pm 0.21^{a}$	$^{c}15.56 \pm 0.73^{a}$	$^{b}18.56 \pm 2.03^{a}$
6 (ก.ค. 2543)	ดินเลน	$^{a}69.43 \pm 0.22^{a}$	$^{a}76.07 \pm 1.09^{a}$	$^{a}69.15 \pm 4.23^{a}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}69.81 \pm 0.58^{a}$	$^{a}75.58 \pm 1.29^{a}$	$^{b}57.32 \pm 3.25^{b}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}65.53 \pm 2.25^{a}$	$^{b}50.73 \pm 6.96^{ab}$	$^{b}47.52 \pm 5.41^{b}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}66.43 \pm 0.26^{a}$	$^{b}55.53 \pm 1.72^{b}$	$^{b}55.90 \pm 3.69^{b}$
เฉลี่ย	ดินเลน	$^{a}61.67 \pm 22.95^{a}$	$^{a}59.02 \pm 20.56^{a}$	$^{a}58.67 \pm 17.59^{a}$
	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}63.06 \pm 17.32^{a}$	$^{a}62.68 \pm 16.18^{a}$	$^{a}58.44 \pm 21.65^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}60.95 \pm 13.97^{a}$	$^{a}52.54 \pm 12.85^{ab}$	$^{a}48.58 \pm 12.28^{b}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}53.77 \pm 21.10^{a}$	$^{a}51.40 \pm 17.78^{a}$	$^{a}54.04 \pm 18.95^{a}$

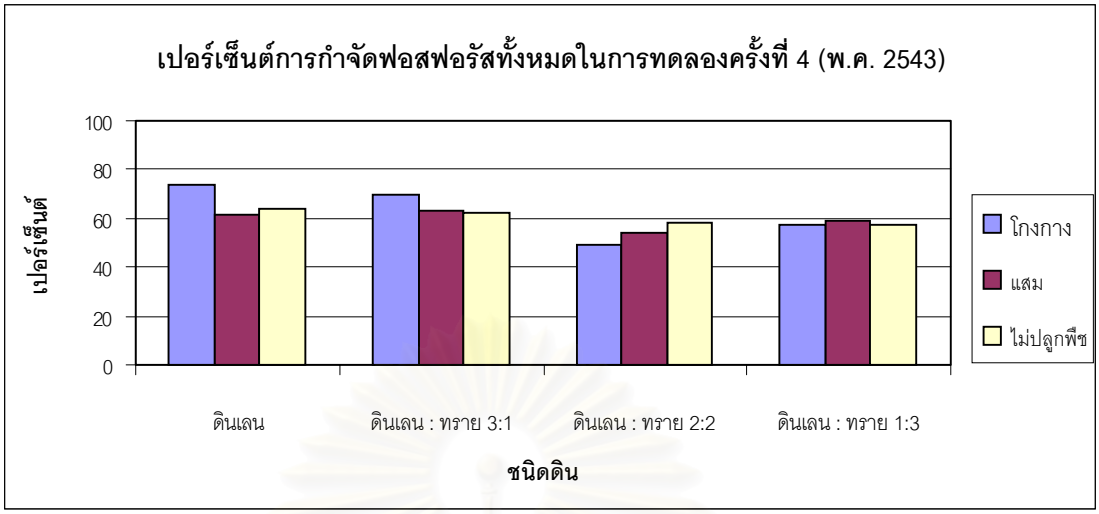
หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดิน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมบนขวามือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของพืช อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

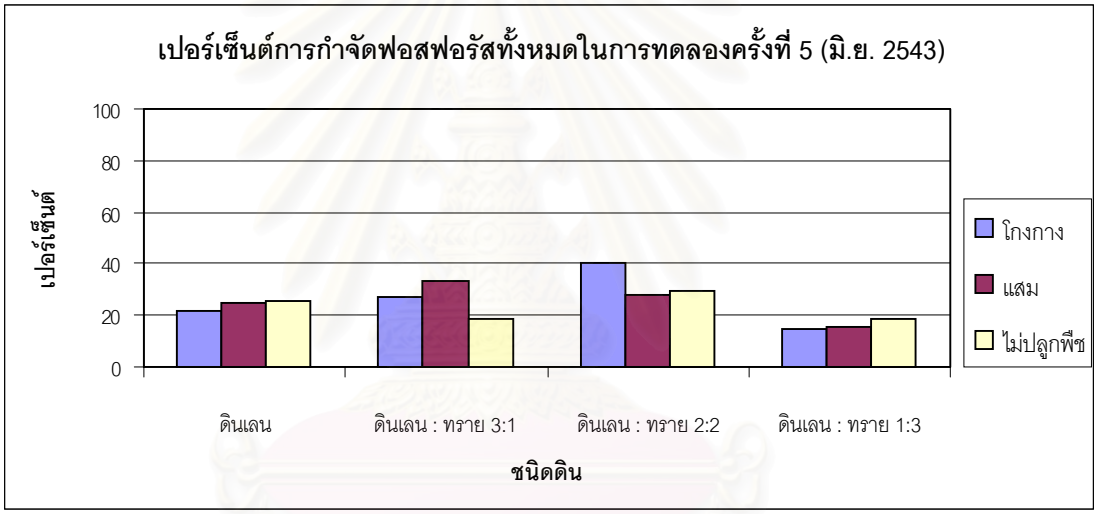


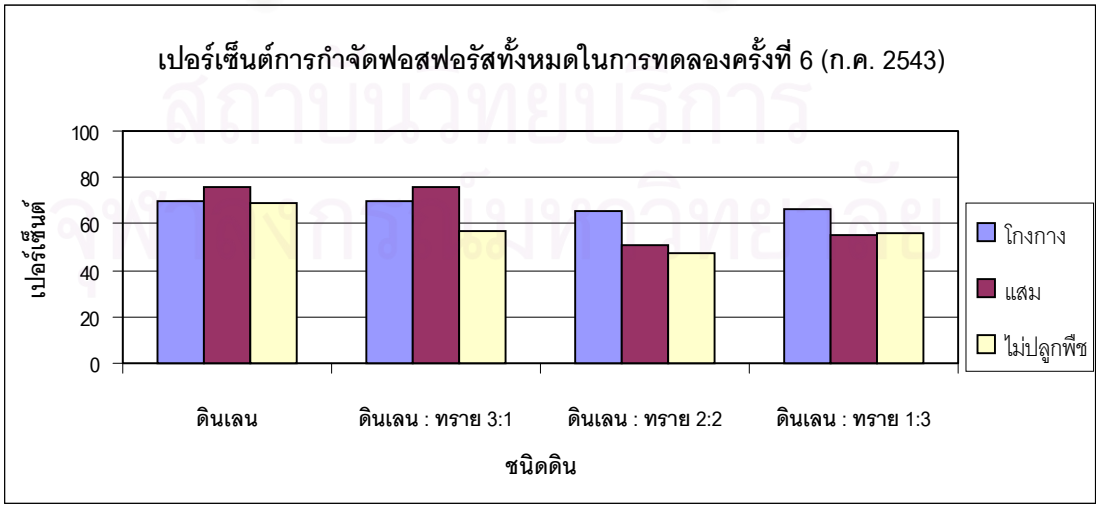




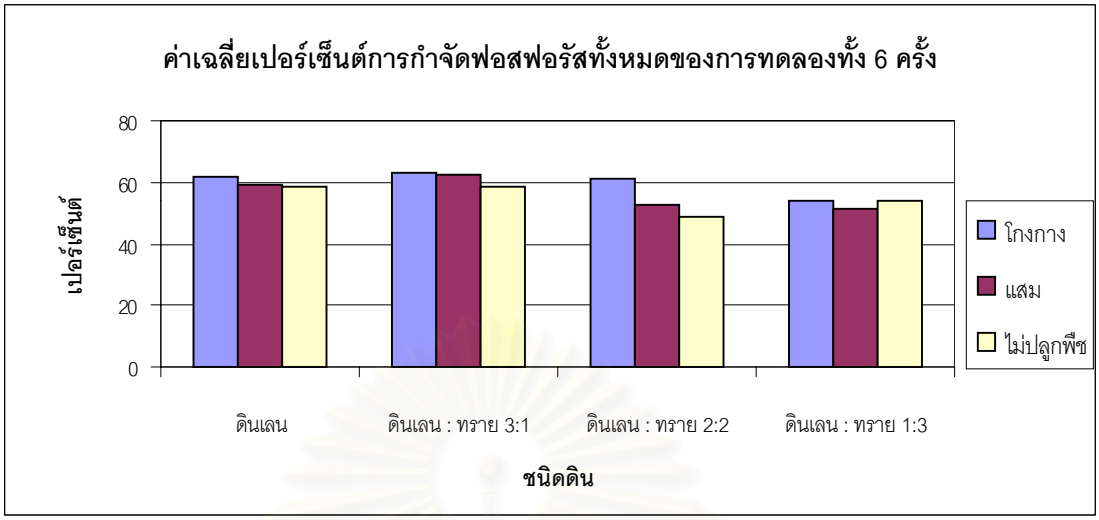
ภาพที่ 4.13 เปอร์เซ็นต์การกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมดในชุดการทดลองต่าง ๆ







ภาพที่ 4.13 (ต่อ) เปอร์เซ็นต์การกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมดในชุดการทดลองต่าง ๆ



ภาพที่ 4.14 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมดระหว่างชนิดของดินและพืชในชุดการทดลองต่างๆ ของการทดลองทั้ง 6 ครั้ง

4.2 สมบัติของดิน

ผลการศึกษาสมบัติของดินในชุดการทดลองดินทั้ง 4 อัตราส่วน โดยเปรียบเทียบระหว่างสมบัติของดินก่อนการทดลอง และภายหลังสิ้นสุดการทดลองในครั้งที่ 6 สามารถสรุปได้ดังนี้

4.2.1 ความเป็นกรดด่าง (pH) ของดิน

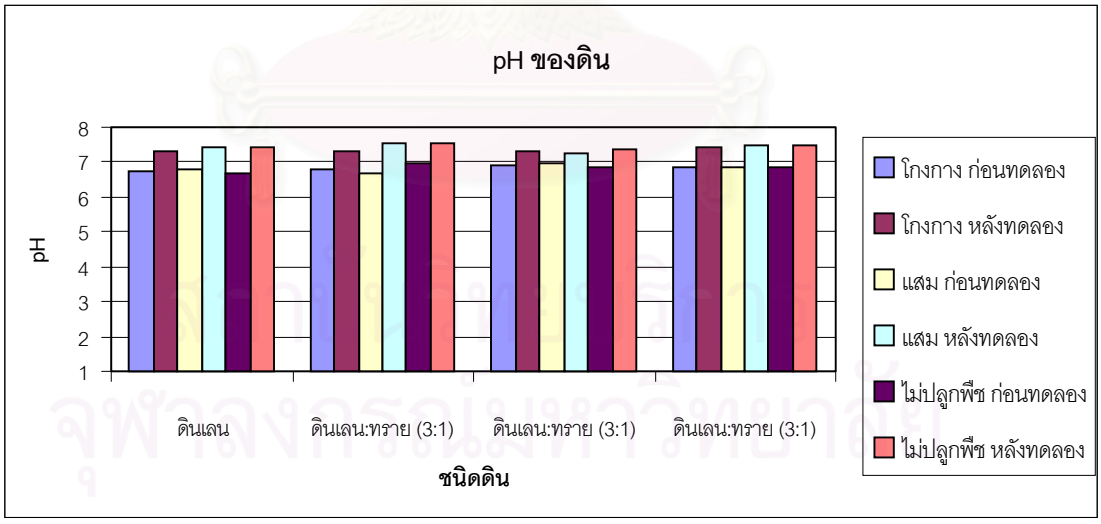
pH ของดินในชุดการทดลองต่างๆ ก่อนการทดลองจะมีค่าระหว่าง 6.66-6.95 และหลังสิ้นสุดการทดลอง pH ของดินจะมีค่าระหว่าง 7.27-7.52 และเมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของ pH ของดินระหว่างก่อนการทดลองและหลังสิ้นสุดการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยจะเห็นว่า pH หลังการทดลองจะเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.9 และภาพที่ 4.15)

จินตนา กรมน้อย (2537) ได้ทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินป่าชายเลนพบว่า pH ของดินป่าชายเลนธรรมชาติจะมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อย เนื่องจากดินป่าชายเลนมีอินทรียวัตถุสะสมอยู่มาก และการเน่าเปื่อยผุพังของอินทรียวัตถุในดินทำให้เกิดกรดอินทรีย์ขึ้น ดังนั้นจึงเห็นว่าดินก่อนทดลองจะมี pH ค่อนข้างต่ำ แต่ในระหว่างการทดลองอินทรีย์วัตถุในดินจะถูกใช้ไปโดยจุลินทรีย์ซึ่งจุลินทรีย์จะทำการย่อยสลายและเปลี่ยนอินทรีย์วัตถุในดินให้อยู่ในรูปสารประกอบอนินทรย์ซึ่งพืชสามารถดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้ (ปัทมา วิตยากร, 2533) ทำให้มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินลดลง pH ของดินจึงเพิ่มขึ้น และนอกจากนี้ดินในสภาพน้ำท่วมขังอาจมีส่วนช่วยเจือจางความเป็นกรดของดินให้ลดลงได้ (Boto,1997)

ตารางที่ 4.9 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในดิน ก่อนและหลังทดลอง

ชุดการทดลอง	ชนิดดิน	ชนิดพืช		
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช
* ก่อนทดลอง	ดินเลน	^{a}6.75 ± 0.18 ^{a}	^{a}6.77 ± 0.35 ^{a}	^{a}6.66 ± 0.11 ^{a}
	ดินเลน:ทราย (3:1)	^{a}6.81 ± 0.08 ^{a}	^{a}6.66 ± 0.00 ^{a}	^{a}6.94 ± 0.15 ^{a}
	ดินเลน:ทราย (2:2)	^{a}6.93 ± 0.11 ^{a}	^{a}6.95 ± 0.02 ^{a}	^{a}6.84 ± 0.11 ^{a}
	ดินเลน:ทราย (1:3)	^{a}6.87 ± 0.04 ^{a}	^{a}6.87 ± 0.03 ^{a}	^{a}6.87 ± 0.11 ^{a}
* หลังทดลอง	ดินเลน	^{a}7.32 ± 0.19 ^{a}	^{a}7.44 ± 0.22 ^{a}	^{a}7.43 ± 0.26 ^{a}
	ดินเลน:ทราย (3:1)	^{a}7.32 ± 0.06 ^{a}	^{a}7.53 ± 0.14 ^{a}	^{a}7.53 ± 0.15 ^{a}
	ดินเลน:ทราย (2:2)	^{a}7.33 ± 0.11 ^{a}	^{a}7.27 ± 0.03 ^{a}	^{a}7.38 ± 0.07 ^{a}
	ดินเลน:ทราย (1:3)	^{a}7.42 ± 0.09 ^{a}	^{a}7.46 ± 0.09 ^{a}	^{a}7.46 ± 0.07 ^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่เหมือนกัน: หมายถึง ไม่มีความแตกต่างระหว่างชนิดของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมบนขวามือที่เหมือนกัน: หมายถึง ไม่มีความแตกต่างระหว่างชนิดของพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
* หมายถึง มีความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %



ภาพที่ 4.15 pH ของดินในชุดการทดลอง

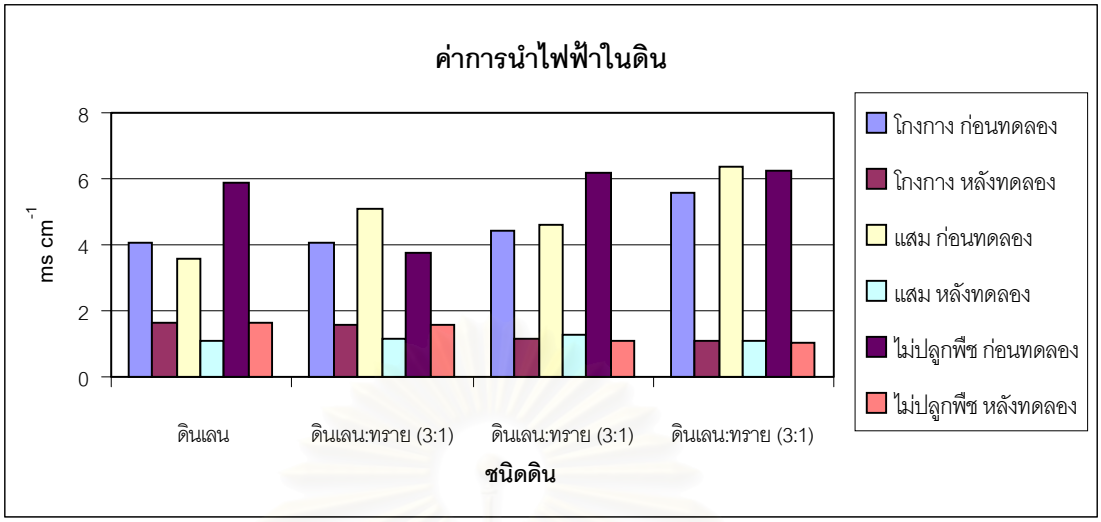
4.2.2 ค่าการนำไฟฟ้า (conductivity) ในดิน

ค่าการนำไฟฟ้าของดินในชุดการทดลองต่างๆ ก่อนการทดลองมีค่าระหว่าง 4.596-6.385 ms cm^{-1} และหลังการทดลองมีค่าระหว่าง 1.016-1.660 ms cm^{-1} จะเห็นว่าค่าการนำไฟฟ้าหลังสิ้นสุดการทดลองจะลดลง ทั้งนี้เนื่องจากค่าการนำไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับปริมาณเกลือที่ละลายได้ในดิน ถ้ามีปริมาณเกลือละลายอยู่ในดินมากค่าการนำไฟฟ้าจะสูง และถ้าปริมาณเกลือในดินลดลงค่าการนำไฟฟ้าก็จะลดลงด้วย (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954) และจากผลการศึกษาค่าความเค็มของน้ำ จะเห็นว่าในการทดลองครั้งที่ 1 และ 2 ค่าความเค็มของน้ำจะสูง และในครั้งถัดไปค่าความเค็มจะลดลงเรื่อยๆ แสดงว่าปริมาณเกลือที่ละลายได้ในดินละลายปนออกมากับน้ำเสีย มีผลให้ค่าการนำไฟฟ้าของดินลดลงด้วย และจากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าการนำไฟฟ้าของดินระหว่างก่อนการทดลองและหลังสิ้นสุดการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.10 และภาพที่ 4.16)

ตารางที่ 4.10 ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (ms cm^{-1}) ก่อนการทดลองและหลังสิ้นสุดการทดลอง

ช่วงการทดลอง	ชนิดดิน	ชนิดพืช		
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช
* ก่อนทดลอง	ดินเลน	^{a} 4.068 ± 1.346 ^{a}	^{a} 3.596 ± 2.184 ^{a}	^{a} 5.885 ± 0.516 ^{a}
	ดินเลน:ทราย (3:1)	^{a} 4.052 ± 1.269 ^{a}	^{a} 5.100 ± 0.679 ^{a}	^{a} 3.777 ± 0.709 ^{a}
	ดินเลน:ทราย (2:2)	^{a} 4.399 ± 0.213 ^{b}	^{a} 4.577 ±0.419^{ab}	^{a} 6.160 ± 0.778 ^{a}
	ดินเลน:ทราย (1:3)	^{a} 5.580 ± 0.538^{a}	^{a} 6.385 ± 0.194 ^{a}	^{a} 6.255 ± 1.718 ^{a}
* หลังทดลอง	ดินเลน	^{a} 1.651 ± 0.858 ^{a}	^{a} 1.076 ± 0.861 ^{a}	^{a} 1.660 ± 1.219 ^{a}
	ดินเลน:ทราย (3:1)	^{a} 1.557 ± 0.135 ^{a}	^{a} 1.159 ± 0.371 ^{a}	^{a} 1.590 ± 0.097 ^{a}
	ดินเลน:ทราย (2:2)	^{a} 1.177 ± 0.352 ^{a}	^{a} 1.275 ± 0.320 ^{a}	^{a} 1.072 ± 0.537 ^{a}
	ดินเลน:ทราย (1:3)	^{a} 1.105 ± 0.001 ^{a}	^{a} 1.081 ± 0.443 ^{a}	^{a} 1.016 ± 0.205 ^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่เหมือนกัน: หมายถึง ไม่มีความแตกต่างระหว่างชนิดของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมบนขวามือที่เหมือนกัน: หมายถึง ไม่มีความแตกต่างระหว่างชนิดของพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
* หมายถึง มีความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %



ภาพที่ 4.16 การนำไฟฟ้าของดินในชุดการทดลองต่างๆ

4.2.3 ปริมาณขนาดอนุภาคดิน และลักษณะเนื้อดิน

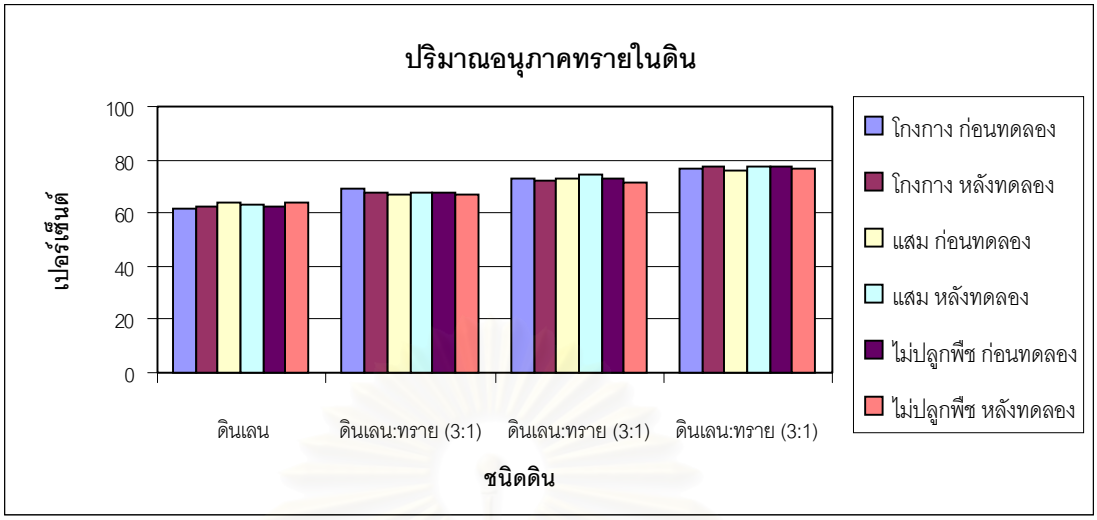
ชุดการทดลองที่ใช้ดินเลนจะมีปริมาณอนุภาคทรายระหว่าง 61.63-63.81% อนุภาคทรายแป้ง 13.08-13.95% และอนุภาคดินเหนียว 22.49-24.42% มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) ส่วนดินเลน:ทราย (3:1) จะมีปริมาณอนุภาคทรายระหว่าง 66.72-69.02% อนุภาคทรายแป้ง 17.29-18.87% และอนุภาคดินเหนียว 13.08-15.24% มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) สำหรับดินเลน:ทราย (2:2) จะมีอนุภาคทรายระหว่าง 71.77-74.21% อนุภาคทรายแป้ง 13.04-15.60% และดินเลน:ทราย (1:3) จะมีอนุภาคทรายระหว่าง 76.20-77.34% อนุภาคทรายแป้ง 13.81-15.28% และอนุภาคดินเหนียว 8.17-8.92% มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินทรายร่วน (loamy sand) จะเห็นว่าดินเลนมีปริมาณอนุภาคดินเหนียวสูงที่สุด ขณะที่ดินเลน:ทราย (1:3)มีปริมาณอนุภาคทรายสูงที่สุด และจากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าปริมาณขนาดอนุภาคดินในแต่ละชุดการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จะไม่มีความแตกต่างกันระหว่างก่อนการทดลองและหลังสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 4.11 ภาพที่ 4.17)

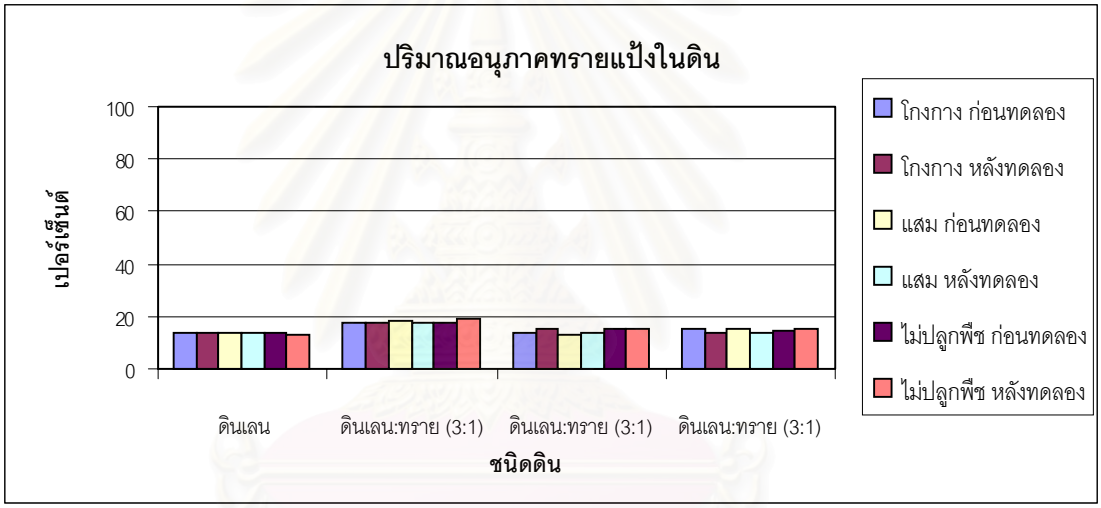
ตารางที่ 4.11 ปริมาณขนาดอนุภาคดิน และลักษณะเนื้อดินก่อนและหลังการทดลอง

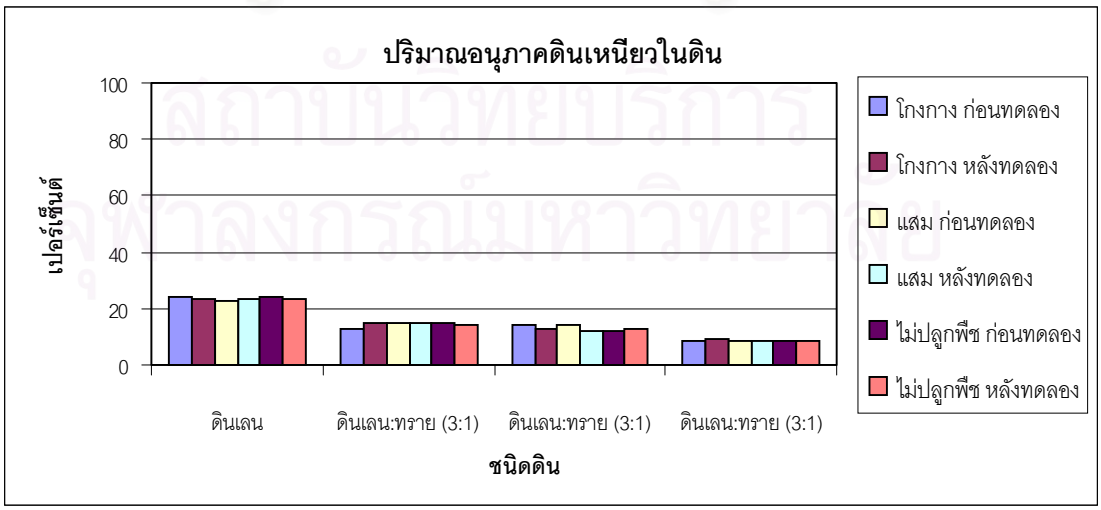
ช่วงการทดลอง		อนุภาคทราย (%)			อนุภาคทรายแป้ง (%)			อนุภาคดินเหนียว (%)			เนื้อดิน
		โกงกาง	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช	โกงกาง	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช	โกงกาง	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช	
ก่อนทดลอง	ดินเลน	^{d}61.63 ± 2.22 ^{a}	^{d}63.92 ± 0.09 ^{a}	^{d}62.06 ± 1.31 ^{a}	^{b}13.95 ± 0.61 ^{a}	^{b}13.59 ± 0.60 ^{a}	^{b}13.52 ± 1.11 ^{a}	^{a}24.42 ± 1.62 ^{a}	^{a}22.49 ± 0.51 ^{a}	^{a}24.42 ± 0.20 ^{a}	ดินร่วนเหนียวปนทราย
	ดินเลน:ทราย (3:1)	^{c}69.02 ± 0.05 ^{a}	^{c}66.72 ± 0.18 ^{a}	^{c}67.52 ± 2.07 ^{a}	^{a}17.89 ± 1.13 ^{a}	^{a}18.04 ± 0.58 ^{a}	^{a}17.48 ± 2.17 ^{a}	^{b}13.08 ± 1.18 ^{a}	^{b}15.24 ± 0.76 ^{a}	^{b}14.99 ± 0.10 ^{a}	ดินร่วนปนทราย
	ดินเลน:ทราย (2:2)	^{b}72.70 ± 0.00 ^{a}	^{b}72.88 ± 0.25 ^{a}	^{b}72.77 ± 0.00 ^{a}	^{b}13.45 ± 0.10 ^{b}	^{b}13.04 ± 0.49 ^{b}	^{ab}15.13 ± 0.25 ^{a}	^{b}13.85 ± 0.10 ^{a}	^{b}14.08 ± 0.23 ^{a}	^{c}12.10 ± 0.25 ^{b}	ดินร่วนปนทราย
	ดินเลน:ทราย (1:3)	^{a}76.56 ± 0.20 ^{a}	^{a}76.20 ± 1.22 ^{a}	^{a}77.13 ± 0.40 ^{a}	^{b}15.28 ± 0.66 ^{a}	^{ab}15.10 ± 2.12 ^{a}	^{ab}14.70 ± 0.55 ^{a}	^{c}8.17 ± 0.86 ^{a}	^{c}8.70 ± 0.91 ^{a}	^{d}8.17 ± 0.15 ^{a}	ดินทรายร่วน
หลังทดลอง	ดินเลน	^{c}62.62 ± 1.74 ^{a}	^{b}62.81 ± 1.65 ^{a}	^{d}63.81 ± 1.15 ^{a}	^{b}13.81 ± 0.53 ^{a}	^{b}13.64 ± 0.39 ^{a}	^{b}13.08 ± 1.13 ^{a}	^{a}23.57 ± 1.21 ^{a}	^{a}23.55 ± 1.26 ^{a}	^{a}23.11 ± 0.02 ^{a}	ดินร่วนเหนียวปนทราย
	ดินเลน:ทราย (3:1)	^{a}67.92 ± 1.88 ^{a}	^{c}67.85 ± 0.14 ^{a}	^{c}66.86 ± 0.29 ^{a}	^{a}17.34 ± 0.42 ^{a}	^{a}17.29 ± 1.65 ^{a}	^{a}18.87 ± 0.25 ^{a}	^{b}14.74 ± 1.46 ^{a}	^{b}14.87 ± 0.23 ^{a}	^{b}14.28 ± 0.04 ^{a}	ดินร่วนปนทราย
	ดินเลน:ทราย (2:2)	^{b}71.85 ± 1.61^{a}	^{a}74.21 ± 0.79 ^{a}	^{b}71.77 ± 1.31 ^{a}	^{ab}15.47 ± 0.81 ^{a}	^{b}13.54 ± 0.33 ^{a}	^{ab}15.60 ± 2.11 ^{a}	^{b}12.69 ± 0.80 ^{a}	^{c}12.25 ± 046 ^{a}	^{c}12.63 ± 0.79 ^{a}	ดินร่วนปนทราย
	ดินเลน:ทราย (1:3)	^{a}77.27 ± 0.72 ^{a}	^{a}77.34 ± 0.01 ^{a}	^{a}76.47 ± 1.22 ^{a}	^{b}13.81 ± 2.13 ^{a}	^{b}14.01 ± 0.83 ^{a}	^{ab}15.25 ± 1.54 ^{a}	^{c}8.92 ± 1.41 ^{a}	^{d}8.65 ± 0.83 ^{a}	^{d}8.28 ± 0.33 ^{a}	ดินทรายร่วน

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรมุมบนขวามือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%







ภาพที่ 4.17 ปริมาณขนาดอนุภาคดินก่อนและหลังการทดลอง

4.2.4 ปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter) ในดิน

ปริมาณอินทรียวัตถุในดินในชุดการทดลองต่างๆ ก่อนการทดลองมีค่าระหว่าง 2.930-3.937% และจากการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างชุดการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชนิดของดิน โดยจะเห็นว่า ดินเลนจะมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากดินเลนจะมีปริมาณอนุภาคดินเหนียวเป็นองค์ประกอบอยู่มาก จึงมีการดูดซับอินทรียวัตถุไว้ที่ผิวดินได้มาก และหลังสิ้นสุดการทดลอง พบว่าปริมาณอินทรียวัตถุในดินในชุดการทดลองต่าง ๆ มีค่าระหว่าง 2.821-3.315% จากการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างชุดการทดลอง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างก่อนการทดลองและหลังสิ้นสุดการทดลอง พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยจะเห็นว่าหลังสิ้นสุดการทดลองจะมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินลดต่ำลง (ตารางที่ 4.12 และภาพที่ 4.18) ทั้งนี้เนื่องจากในระหว่างการทดลองอินทรียวัตถุจะถูกใช้ไปโดยจุลินทรีย์และพืช ซึ่งจุลินทรีย์จะทำการย่อยสลายอินทรียวัตถุให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ และนอกจากนี้น้ำเสียชุมชนที่เข้าสู่ชุดการทดลองจะมีค่าบีโอดีค่อนข้างต่ำ (20.25-46.00 mg l^{-1})เมื่อเทียบน้ำเสียชุมชนทั่วไป (110-440 mg l^{-1}) ทำให้การสะสมของอินทรียวัตถุในระบบมีน้อย ทั้งนี้เนื่องจากสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นสารละลายในน้ำ โดยทั่วไปจะวัดในรูปของบีโอดี (Campbell และ Ogden, 1999)

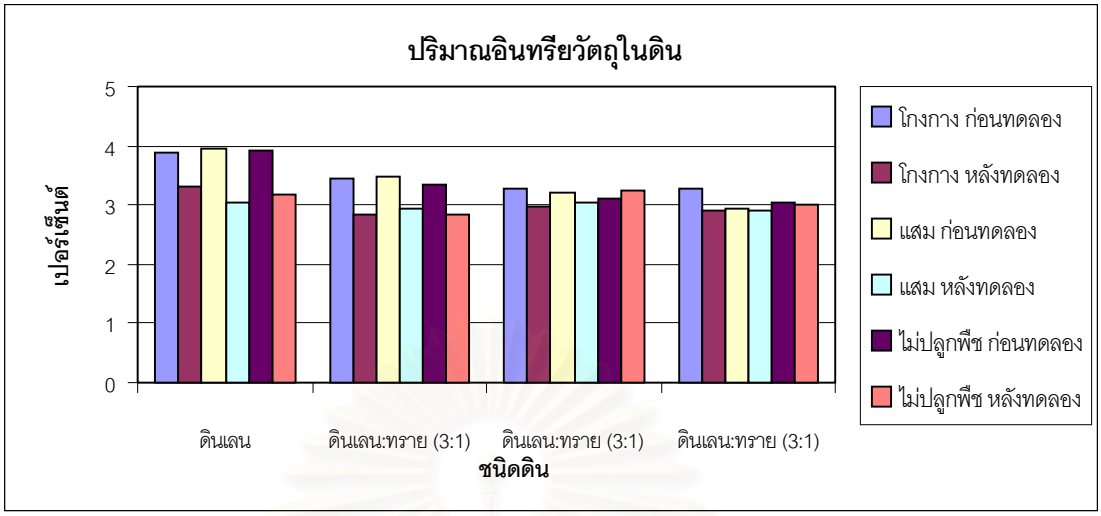
ตารางที่ 4.12 ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (%) ก่อนและหลังทดลอง

ช่วงการทดลอง	ชนิดดิน	ชนิดพืช		
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช
* ก่อนทดลอง	ดินเลน	$^{a}3.877 \pm 0.481^{a}$	$^{a}3.937 \pm 0.113^{a}$	$^{a}3.923 \pm 0.512^{a}$
	ดินเลน:ทราย (3:1)	$^{a}3.433 \pm 0.015^{a}$	$^{b}3.470 \pm 0.015^{a}$	$^{ab}3.344 \pm 0.152^{a}$
	ดินเลน:ทราย (2:2)	$^{a}3.274 \pm 0.126^{b}$	$^{bc}3.214 \pm 0.258^{ab}$	$^{ab}3.111 \pm 0.083^{a}$
	ดินเลน:ทราย (1:3)	$^{a}3.285 \pm 0.104^{a}$	$^{c}2.930 \pm 0.106^{a}$	$^{b}3.053 \pm 0.238^{a}$
* หลังทดลอง	ดินเลน	$^{a}3.315 \pm 0.226^{a}$	$^{a}3.034 \pm 0.028^{a}$	$^{a}3.175 \pm 0.100^{a}$
	ดินเลน:ทราย (3:1)	$^{a}2.821 \pm 0.510^{a}$	$^{a}2.932 \pm 0.058^{a}$	$^{a}2.840 \pm 0.113^{a}$
	ดินเลน:ทราย (2:2)	$^{a}2.982 \pm 0.236^{b}$	$^{a}3.036 \pm 0.075^{a}$	$^{a}3.241 \pm 0.486^{a}$
	ดินเลน:ทราย (1:3)	$^{a}2.899 \pm 0.319^{a}$	$^{a}2.906 \pm 0.136^{a}$	$^{a}2.998 \pm 0.452^{a}$

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรมุมบนขวามือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* หมายถึง มีความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %



ภาพที่ 4.18 ปริมาณอินทรียวัตถุในดินก่อนและหลังการทดลอง

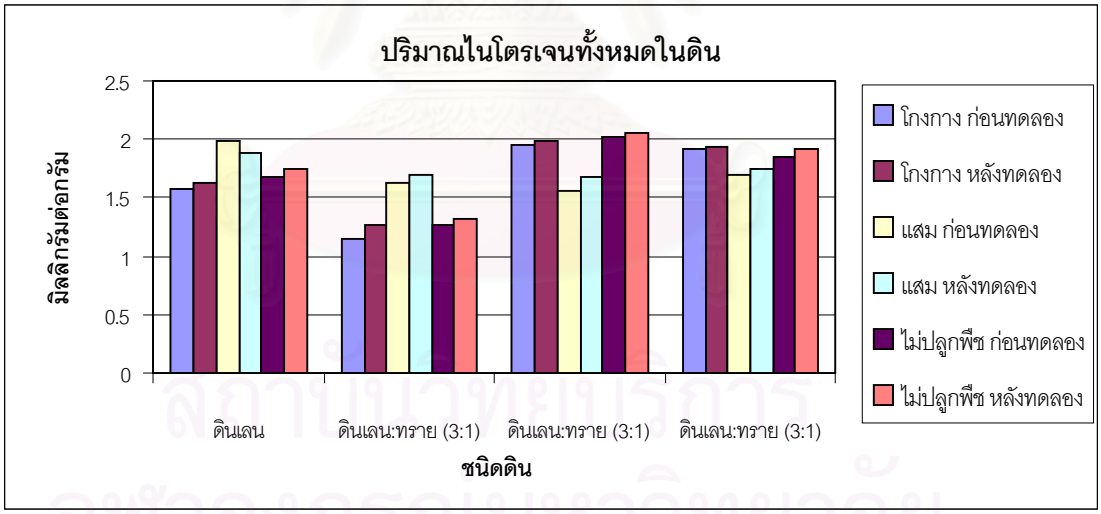
4.2.5 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen) ในดิน

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินก่อนการทดลองต่างๆ ก่อนการทดลองจะมีค่าระหว่าง 1.15-2.02 mg g^{-1} และหลังสิ้นสุดการทดลองจะมีค่าระหว่าง 1.26-2.05 mg g^{-1} จะเห็นว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินหลังสิ้นสุดการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างก่อนและหลังการทดลอง(ตารางที่ 4.13 และภาพที่ 4.19) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำเสียชุมชนที่เข้าสู่ชุดการทดลองจะมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (7.56-21.56 mg l^{-1}) ต่ำกว่าน้ำเสียชุมชนทั่วไป (20-80 mg l^{-1}) ดังนั้นจึงทำให้มีการสะสมของไนโตรเจนในดินน้อย และนอกจากนี้ในน้ำเสียและในดินจะมีจุลินทรีย์ที่ช่วยในการเปลี่ยนรูปอินทรีย์ไนโตรเจน ให้อยู่ในรูปสารอนินทรีย์ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น แอมโมเนีย และไนเตรท ดังนั้นไนโตรเจนบางส่วนจึงถูกพืชนำไปใช้ และสารประกอบไนโตรเจนในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้นั้นสามารถสูญหายไปกับน้ำได้ง่าย (เพิ่มพูน กีรติกสิกร) ไนโตรเจนบางส่วนจึงอาจถูกชะล้างไปกับน้ำเสียที่ปล่อยออกจากชุดการทดลองได้ ทำปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดก่อนการทดลองมีค่าใกล้เคียงกับหลังสิ้นสุดการทดลอง Ru และ Wong (1995) ได้ศึกษาน้ำเสียชุมชนที่ปล่อยลงสู่ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำป่าชายเลนในประเทศจีน พบว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินป่าชายเลนที่ได้รับน้ำเสียชุมชนไม่แตกต่างกันกับดินป่าชายเลนที่ไม่ได้รับน้ำเสียชุมชน ทั้งนี้ได้ให้ข้อสังเกตว่าน้ำเสียชุมชนที่ผ่านเข้าสู่ป่าชายเลนเป็นน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นที่ 2 จึงทำให้พบว่ามีปริมาณธาตุอาหารในดินต่ำและประกอบกับมีระยะเวลาการศึกษาค่อนข้างสั้นเพียง 1 ปี

ตารางที่ 4.13 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (มิลลิกรัมต่อกรัม (mg g^{-1})) ก่อนและหลังทดลอง

ช่วงการทดลอง	ชนิดดิน	ชนิดพืช		
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช
ก่อนทดลอง	ดินเลน	$^{ab}1.57 \pm 0.19^{a}$	$^{a}1.98 \pm 0.19^{a}$	$^{ab}1.67 \pm 0.09^{a}$
	ดินเลน:ทราย (3:1)	$^{b}1.15 \pm 0.33^{b}$	$^{a}1.63 \pm 0.06^{a}$	$^{b}1.26 \pm 0.25^{ab}$
	ดินเลน:ทราย (2:2)	$^{a}1.95 \pm 1.26^{a}$	$^{a}1.56 \pm 0.32^{a}$	$^{a}2.02 \pm 0.25^{a}$
	ดินเลน:ทราย (1:3)	$^{a}1.91 \pm 0.36^{a}$	$^{a}1.69 \pm 0.09^{a}$	$^{a}1.85 \pm 0.10^{a}$
หลังทดลอง	ดินเลน	$^{ab}1.63 \pm 0.13^{a}$	$^{a}1.88 \pm 0.09^{a}$	$^{bc}1.75 \pm 0.02^{a}$
	ดินเลน:ทราย (3:1)	$^{b}1.26 \pm 0.17^{a}$	$^{a}1.70 \pm 0.01^{a}$	$^{c}1.32 \pm 0.27^{a}$
	ดินเลน:ทราย (2:2)	$^{a}1.99 \pm 0.15^{a}$	$^{a}1.68 \pm 0.28^{a}$	$^{a}2.05 \pm 0.13^{a}$
	ดินเลน:ทราย (1:3)	$^{a}1.94 \pm 0.15^{a}$	$^{a}1.75 \pm 0.06^{a}$	$^{ab}1.92 \pm 0.15^{a}$

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ตัวอักษรมุมบนขวามือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 4.19 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในชุดการทดลองต่างๆ

4.2.6 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (total phosphorus) ในดิน

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินในชุดการทดลองต่างๆ ก่อนการทดลองมีค่าระหว่าง 0.105-0.128 mg g^{-1} และหลังสิ้นสุดการทดลองมีค่าระหว่าง 0.117-0.165 mg g^{-1} และจากการวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินระหว่างก่อนการทดลองและหลังสิ้นสุด

การทดลอง พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยจะเห็นว่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินหลังสิ้นสุดการทดลองจะเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.14 และภาพที่ 4.20) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ในน้ำเสียจะถูกดูดซับไว้โดยอนุภาคของดิน จะเห็นได้ว่าหลังสิ้นสุดการทดลอง ดินเลนซึ่งมีปริมาณอนุภาคดินเหนียวสูงที่สุดจะดูดซับฟอสฟอรัสไว้ได้มากที่สุด

การศึกษาของคณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2535) พบว่าเมื่อใส่ปุ๋ยฟอสเฟตที่ละลายได้ลงไปในดิน พืชจะสามารถนำไปใช้ได้ประมาณ 10-25% ของฟอสเฟตที่ละลายได้ ส่วนอีก 75-90% จะถูกตรึงอยู่ในดินในสภาพที่ไม่ละลายน้ำ พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ยาก ซึ่งปริมาณฟอสเฟตจะถูกตรึงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอำนาจการตรึงของดิน และอำนาจในการตรึงฟอสเฟตของดินขึ้นกับชนิดของส่วนประกอบและสภาพของดินนั้นๆ เช่น ปริมาณไอออนบวกและสารประกอบของเหล็ก อะลูมิเนียม และแคลเซียม โดยเฉพาะดินเลนซึ่งส่วนใหญ่จะมีอนุภาคดินเหนียว และอนุภาคทรายแป้งซึ่งมี internal surface กว้างมาก โดย ดินเลน 1 กรัม มี internal surface ถึง 2500 ลูกบาศก์เซนติเมตร จึงทำให้ดินเลนสามารถดูดซับอินทรีย์สารและมลสารได้ปริมาณมาก

นอกจากนี้ Sah และ Mikkelsen (1986) ได้กล่าวว่าอินทรียวัตถุที่อยู่ในดินในสภาพไร้อากาศเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มการดูดซับฟอสฟอรัสของดิน และยังได้เปรียบเทียบการปลดปล่อยฟอสเฟตออกจากดินในสภาพ anaerobic และ aerobic พบว่าในสภาพ anaerobic มีการปลดปล่อยฟอสเฟตออกมามากกว่า

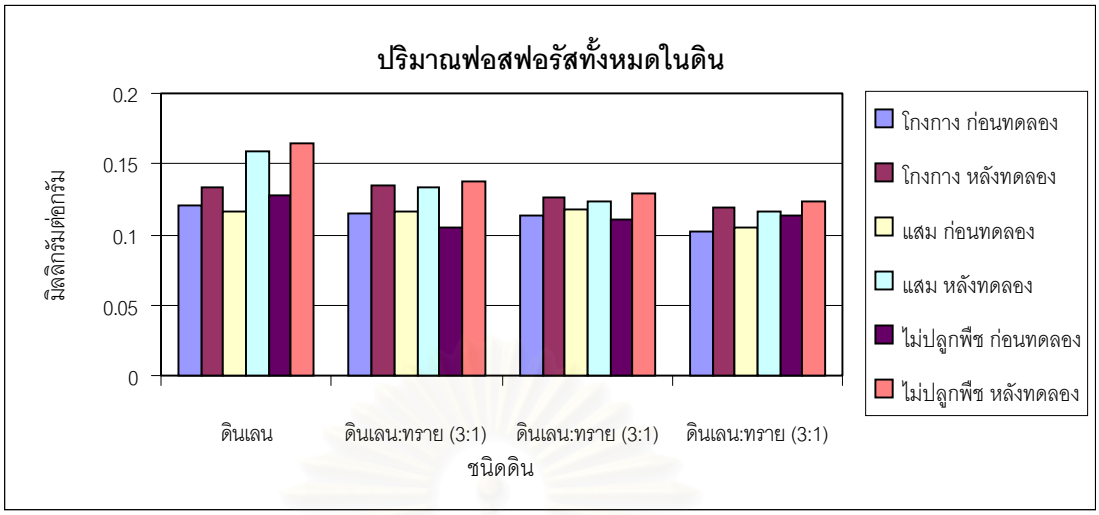
ตารางที่ 4.14 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดิน (มิลลิกรัมต่อกรัม (mg g^{-1})) ก่อนและหลังทดลอง

ช่วงการทดลอง	ชนิดดิน	ชนิดพืช		
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช
* ก่อนทดลอง	ดินเลน	$^{a}0.121 \pm 0.015^{a}$	$^{a}0.116 \pm 0.009^{a}$	$^{a}0.128 \pm 0.013^{a}$
	ดินเลน:ทราย (3:1)	$^{a}0.115 \pm 0.012^{a}$	$^{a}0.117 \pm 0.005^{a}$	$^{a}0.105 \pm 0.007^{a}$
	ดินเลน:ทราย (2:2)	$^{a}0.114 \pm 0.019^{a}$	$^{a}0.118 \pm 0.006^{a}$	$^{a}0.110 \pm 0.013^{a}$
	ดินเลน:ทราย (1:3)	$^{a}0.102 \pm 0.014^{a}$	$^{a}0.105 \pm 0.007^{a}$	$^{a}0.114 \pm 0.023^{a}$
* หลังทดลอง	ดินเลน	$^{a}0.134 \pm 0.006^{b}$	$^{a}0.159 \pm 0.013^{ab}$	$^{a}0.165 \pm 0.002^{a}$
	ดินเลน:ทราย (3:1)	$^{a}0.135 \pm 0.016^{a}$	$^{ab}0.133 \pm 0.007^{a}$	$^{a}0.137 \pm 0.005^{a}$
	ดินเลน:ทราย (2:2)	$^{a}0.126 \pm 0.008^{a}$	$^{b}0.124 \pm 0.008^{a}$	$^{a}0.129 \pm 0.016^{a}$
	ดินเลน:ทราย (1:3)	$^{a}0.119 \pm 0.009^{a}$	$^{b}0.117 \pm 0.010^{a}$	$^{a}0.124 \pm 0.030^{a}$

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรมุมบนขวามือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* หมายถึง มีความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %



ภาพที่ 4.20 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดก่อนและหลังการทดลอง

4.3 อัตราการเจริญเติบโตของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเล

ก ข

ค ง

ภาพที่ 4.21 ชุดการทดลองกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ และแสมทะเล

ก. กล้าไม้โกงกางใบใหญ่ในการทดลองเดือนที่ 1

ข. กล้าไม้แสมทะเลในการทดลองเดือนที่ 1

ค. กล้าไม้โกงกางใบใหญ่ในการทดลองเดือนที่ 6

ง. กล้าไม้แสมทะเลในการทดลองเดือนที่ 6

4.3.1 การเจริญเติบโตทางด้านความสูง

การเปรียบเทียบความสูงในเดือนที่ 6 กับเดือนที่ 1 ของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ และแสมทะเลในชุดการทดลองต่างๆ (ตารางที่ 4.15 และภาพที่ 4.21-4.22) พบว่ากล้าไม้โกงกางใบใหญ่ซึ่งปลูกในดินเลน จะมีการเพิ่มพูนความสูงมากที่สุด คือ 25.27 เซนติเมตร และรองลงมา คือ ดินเลน:ทราย (3:1) ดินเลน:ทราย (2:2) และดินเลน:ทราย (1:3) ซึ่งมีการเพิ่มพูนความสูงเท่ากับ 20.32, 13.47 และ 11.37 เซนติเมตรตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากโกงกางใบใหญ่เป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในดินเลน (Steenis, 1958 อ้างถึงใน สนิท อักษรแก้ว, 2541) นอกจากนี้จากผลการศึกษาสมบัติของดินจะเห็นว่าดินเลนจะมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงที่สุด และมีความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารไว้ได้มากที่สุด จึงน่าจะเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้โกงกางใบใหญ่มีการเจริญเติบโตได้ดีในดินเลน

ส่วนกล้าไม้แสมทะเล พบว่าในชุดการทดลองดินเลน ดินเลน:ทราย (3:1) ดินเลน:ทราย (2:2) และดินเลน:ทราย (1:3) มีการเพิ่มพูนความสูงที่เพิ่มขึ้น เท่ากับ 11.47, 34.43, 42.28 และ 43.42 เซนติเมตรตามลำดับ ซึ่งจากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ one-way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และทดสอบความแตกต่างระหว่างชนิดดินโดยวิธี Duncan's new multiple range test จะเห็นว่ากล้าไม้แสมทะเลที่ปลูกในชุดการทดลองดินเลนจะมีการเพิ่มพูนความสูงต่ำกว่าชุดการทดลองดินอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ยังไม่สามารถสรุปได้ชัดเจนนัก เนื่องจากชุดการทดลองดินเลนที่ปลูกแสมทะเลเกิดการรั่วซึมระหว่างทำการศึกษา ทำให้กล้าไม้แสมทะเลขาดน้ำในช่วงระหว่างการกักน้ำทะเลก่อนทำการทดลองในแต่ละครั้ง จึงอาจมีผลให้กล้าไม้แสมทะเลที่ปลูกในชุดการทดลองดินเลนมีการเจริญเติบโตทางความสูงต่ำกว่าความเป็นจริง แต่โดยทั่วไปแล้วไม้แสมทะเลจะสามารถขึ้นได้ดีในดินเลนปนทราย (Gledhill, 1963 อ้างถึงในสนิท อักษรแก้ว, 2541) และจากผลการศึกษา จะเห็นว่าในชุดการทดลองที่มีอัตราส่วนทรายต่ำ แต่อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.3.2 การเจริญเติบโตทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลาง

การเปรียบเทียบเส้นผ่าศูนย์กลางที่ 0 และ15 เซนติเมตร ในเดือนที่ 6 กับเดือนที่ 1 ของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเลในชุดการทดลองต่างๆ (ตารางที่ 4.15 และภาพที่ 4.21-4.22) พบว่ากล้าไม้โกงกางใบใหญ่ซึ่งปลูกในชุดทดลองดินเลน ดินเลน:ทราย (3:1) ดินเลน:ทราย (2:2) และดินเลน:ทราย (1:3) จะมีการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางที่ 0 เซนติเมตร เท่ากับ 0.73, 0.56, 0.67 และ 0.56 เซนติเมตรตามลำดับ และเส้นผ่าศูนย์กลางที่ 15 เซนติเมตร เท่ากับ 0.52, 0.37, 0.46 และ 0.27 เซนติเมตรตามลำดับ ซึ่งจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า การเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางที่ 0 และ 15 เซนติเมตรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชนิดดิน ส่วนกล้าไม้แสมทะเลพบว่าในชุดทดลองดินเลน ดินเลน:ทราย (3:1) ดินเลน:ทราย (2:2) และดินเลน:ทราย (1:3) มีการเพิ่มพูน

เส้นผ่าศูนย์กลางที่ 0 เซนติเมตร เท่ากับ 0.28, 0.43, 0.41 และ 0.42 เซนติเมตรตามลำดับ ซึ่งจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ากล้าไม้แสมทะเลที่ปลูกในดินเลน:ทราย (3:1) ดินเลน:ทราย (2:2) และดินเลน:ทราย (1:3) จะมีการเพิ่มพูนเส้นผ่าศูนย์กลางสูงกว่ากล้าไม้ที่ปลูกในดินเลนอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อเปรียบเทียบการเพิ่มพูนความสูงและเส้นผ่าศูนย์กลางของโกงกางใบใหญ่และแสมทะเลในชุดการทดลองต่างๆจะเห็นว่า โกงกางใบใหญ่จะมีการเจริญเติบโตทางเส้นผ่าศูนย์กลางดีกว่าแสมทะเล ขณะที่แสมทะเลจะมีการเจริญเติบโตทางความสูงดีกว่าโกงกางใบใหญ่

ตารางที่ 4.15 การเปรียบเทียบความสูงและเส้นผ่าศูนย์กลางที่เพิ่มขึ้นของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเลในชุดการทดลองต่างๆ (เซนติเมตร) ในระยะเวลา 6 เดือน

ชนิดพืช	ชนิดดิน	ความสูง (ซ.ม.)	เส้นผ่าศูนย์กลางที่ 0 ซ.ม.	เส้นผ่าศูนย์กลางที่ 15 ซ.ม.
โกงกางใบใหญ่	ดินเลน	^{a}25.57 ± 7.22	^{a}0.73 ± 0.07	^{a}0.52 ± 0.24
	ดินเลน:ทราย (3:1)	^{ab}20.32 ± 3.46	^{a}0.56 ± 0.02	^{a}0.37 ± 0.02
	ดินเลน:ทราย (2:2)	^{b}13.47 ± 2.32	^{a}0.67 ± 0.08	^{a}0.46 ± 0.07
	ดินเลน:ทราย (1:3)	^{b}11.37 ± 1.35	^{a}0.56 ± 0.11	^{a}0.27 ± 0.04
แสมทะเล	ดินเลน	^{b}11.47 ± 1.51	^{b}0.28 ± 0.06	^{b}0.21 ± 0.03
	ดินเลน:ทราย (3:1)	^{a}34.43 ± 1.99	^{a}0.43 ± 0.06	^{ab}0.31 ± 0.04
	ดินเลน:ทราย (2:2)	^{a}42.28 ± 0.28	^{a}0.41 ± 0.09	^{a}0.35 ± 0.01
	ดินเลน:ทราย (1:3)	^{a}43.42 ± 6.18	^{a}0.42 ± 0.03	^{a}0.39 ± 0.06

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดินอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.3.3 การเพิ่มพูนมวลชีวภาพของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเล

การศึกษาการเพิ่มพูนมวลชีวภาพของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเล จะทำการศึกษาโดยแบ่งเป็น การศึกษาการเพิ่มพูนมวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง และใบ และการศึกษามวลชีวภาพรวม ซึ่งจะให้ผลดังนี้

การเพิ่มพูนมวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง และใบ

ผลการเปรียบเทียบการเพิ่มพูนมวลชีวภาพในส่วนของลำต้น กิ่ง และใบของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเลตลอดการศึกษาในแต่ละชุดการทดลอง (ภาพที่ 4.23 และ4.24) พบว่ากล้าไม้โกงกางใบใหญ่ที่ปลูกในดินเลน จะมีการเพิ่มพูนมวลชีวภาพในส่วนต่างๆ สูงที่สุด คือมีการเพิ่มพูนมวลชีวภาพในส่วนของลำต้น กิ่ง และใบเท่ากับ 22.43, 3.69 และ16.09 กรัมต่อต้นตามลำดับ รองลงมา คือ ดินเลน:ทราย (3:1) ดินเลน:ทราย (2:2) และดินเลน:ทราย (1:3) ซึ่งมีการเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้นเท่ากับ 18.61, 17.40 และ14.06 กรัมต่อต้นตามลำดับ มีการเพิ่มพูนมวลชีวภาพกิ่งเท่ากับ 3.32, 2.92 และ2.17 กรัมต่อต้นตามลำดับ และมีการเพิ่มพูนมวลชีวภาพใบเท่ากับ 14.00, 12.63 และ 9.76 กรัมต่อต้นตามลำดับ สำหรับกล้าไม้แสมทะเล พบว่าดินเลน:ทราย (3:1) มีการเพิ่มพูนมวลชีวภาพในส่วนของลำต้น กิ่ง และใบเท่ากับ 10.60, 4.83 และ6.37 กรัมต่อต้นตามลำดับ ส่วนดินเลน:ทราย (2:2) มีการเพิ่มพูนมวลชีวภาพในส่วนของลำต้น กิ่ง และใบเท่ากับ 11.55, 4.73 และ7.1 กรัมต่อต้นตามลำดับ และดินเลน:ทราย (1:3) มีการเพิ่มพูนมวล ชีวภาพในส่วนของลำต้น กิ่ง และใบเท่ากับ 12.86, 5.59 และ7.82 กรัมต่อต้นตามลำดับ และจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าการเพิ่มพูนมวลชีวภาพในส่วนต่างๆ ของดินทั้ง 3 อัตราส่วนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่จะแตกต่างจากในชุดดินเลน ซึ่งมีการเพิ่มพูนมวลชีวภาพในส่วนของลำต้น กิ่ง และใบเท่ากับ 5.26, 1.39 และ3.65 กรัมต่อต้นตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากแสมทะเลเป็นพืชที่ขึ้นได้ดีในดินเลนปนทราย จึงมีผลให้การเพิ่มพูนมวลชีวภาพของแสมทะเลที่ปลูกในดินเลนต่ำกว่าชุดการทดลองอื่นๆ และนอกจากนี้การขาดน้ำในระหว่างการศึกษา อาจมีผลให้มวล ชีวภาพในส่วนต่างๆของแสมทะเลต่ำกว่าที่ควรจะเป็น

ส่วนการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพในส่วนต่างๆ ของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเล (กรัมต่อตารางเมตร) ในชุดการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาทำการศึกษา 6 เดือน (ตารางที่ 4.16) พบว่ากล้าไม้โกงกางใบใหญ่ซึ่งปลูกในดินเลนจะมีค่าเฉลี่ยการเพิ่มพูนมวลชีวภาพในส่วนต่างๆ สูงที่สุด โดยจะเห็นความแตกต่างทางสถิติได้ชัดเจนในส่วนของลำต้น คือจะมีการเพิ่มพูนมวลชีวภาพของลำต้นเท่ากับ 69.91 กรัมต่อตารางเมตร และรองลงมา คือ ดินเลน:ทราย (3:1) ดินเลน:ทราย (2:2) และดินเลน:ทราย (1:3) ซึ่งจะมีการเพิ่มพูนมวลชีวภาพของลำต้นเท่ากับ 57.38, 54.21 และ43.84 กรัมต่อตารางเมตรตามลำดับ สำหรับมวลชีวภาพในส่วนของกิ่งและใบ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชนิดของดิน ส่วนกล้าแสมทะเลพบว่าการเพิ่มพูนมวลชีวภาพในส่วนต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างชนิดของดิน ยกเว้นดินเลน ซึ่งจะมีการเพิ่มพูนมวลชีวภาพในส่วนต่างๆ ต่ำกว่าในชุดการทดลองอื่นๆ

มวลชีวภาพรวมที่เพิ่มขึ้น

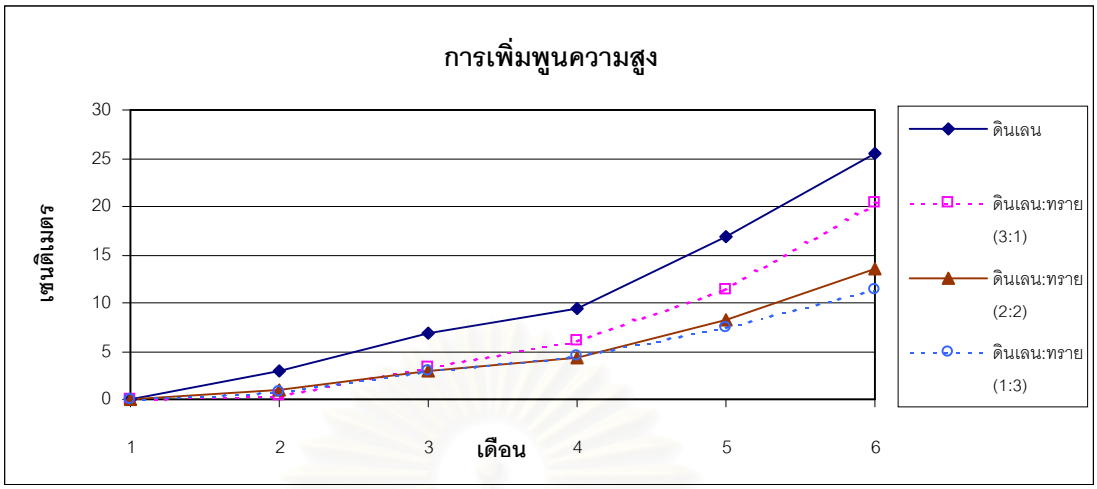
ผลการเปรียบเทียบมวลชีวภาพรวมที่เพิ่มขึ้นของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเล ตลอดการศึกษาในแต่ละชุดการทดลอง (ภาพที่ 4.25 และ4.26) พบว่ากล้าไม้โกงกางใบใหญ่ที่ปลูกในดินเลน จะมีมวลชีวภาพรวมที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุด คือ 45.31 กรัมต่อต้น รองลงมา คือ ดินเลน:ทราย (3:1) ดินเลน:ทราย (2:2) และดินเลน:ทราย (1:3) ซึ่งมีมวลชีวภาพรวมที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 38.56, 35.36 และ27.95 กรัมต่อต้นตามลำดับ สำหรับกล้าไม้แสมทะเล พบว่าดินเลน:ทราย (3:1) ดินเลน:ทราย (2:2) และดินเลน:ทราย (1:3) ซึ่งมีมวลชีวภาพรวมที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 19.94, 21.85 และ24.26 กรัมต่อต้นตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญสถิติ แต่จะแตกต่างจากในชุดดินเลน ซึ่งมีการเพิ่มพูนมวลชีวภาพเท่ากับ 10.24 กรัมต่อต้นอย่างมีนัยสำคัญ

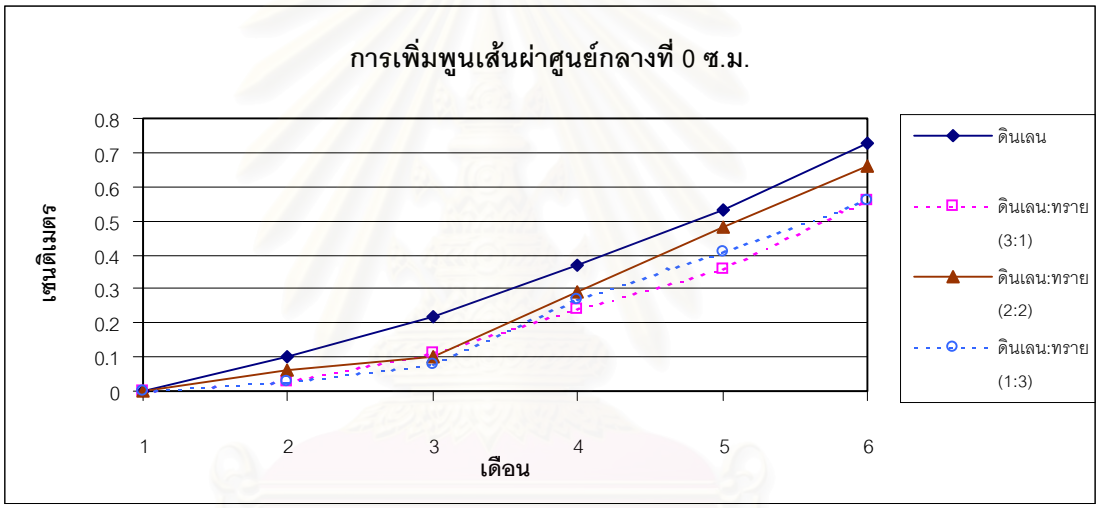
ส่วนการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพรวมของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเล (กรัมต่อตารางเมตร) ในชุดการทดลองต่างๆ ตลอดระยะเวลาทำการศึกษา 6 เดือน (ตารางที่ 4.16) พบว่าค่าเฉลี่ยการเพิ่มพูนมวลชีวภาพรวมของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ในชุดการทดลองต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชนิดของดิน ส่วนกล้าแสมทะเลพบว่ามวลชีวภาพรวมที่เพิ่มขึ้นในชุดการทดลองต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างชนิดของดินเช่นกัน ยกเว้นดินเลนเท่านั้นที่มีการเพิ่มพูนมวลชีวภาพในส่วนต่างๆ ต่ำกว่าในชุดการทดลองอื่นๆ

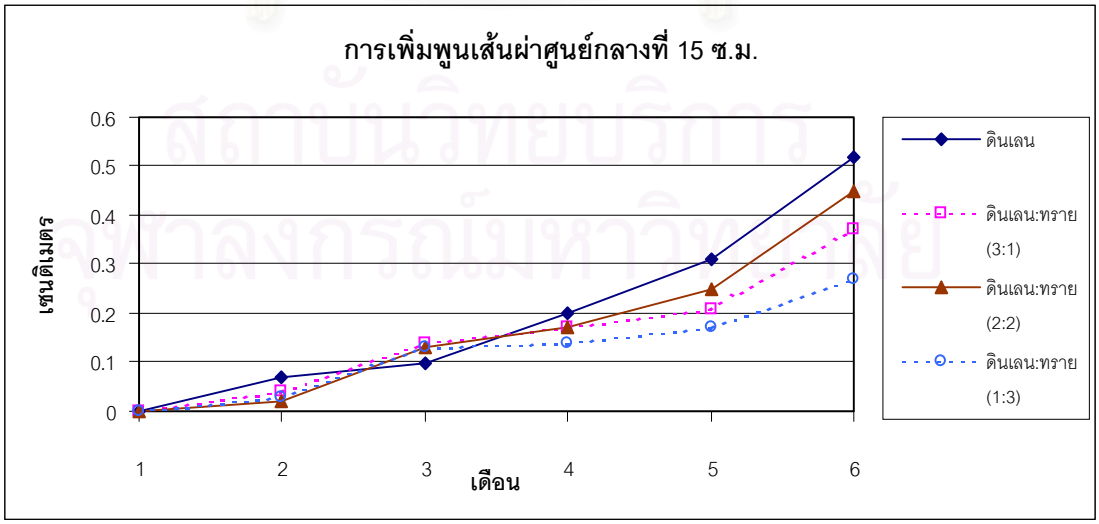
ตารางที่ 4.16 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการเพิ่มพูนมวลชีวภาพส่วนต่างๆ ของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเลในชุดการทดลองต่างๆ (กรัมต่อตารางเมตร) ในระยะเวลา 6 เดือน

ชนิดพืช	ชนิดดิน	ค่าเฉลี่ยการเพิ่มพูนมวลชีวภาพส่วนต่างๆ ($g\ m^{-2}$)			
		ลำต้น	กิ่ง	ใบ	รวม
โกงกางใบใหญ่	ดินเลน	^{a}69.91 ± 8.32	^{a}11.48 ± 2.84	^{a}50.16 ±9.61	^{a}141.24± 22.27
	ดินเลน:ทราย (3:1)	^{ab}57.38 ±9.42	^{a}10.29 ± 2.89	^{a}43.32 ± 0.01	^{a}119.14± 23.81
	ดินเลน:ทราย (2:2)	^{ab}54.21 ±3.35	^{a} 9.11 ± 0.86	^{a} 39.38 ± 3.10	^{a}110.21 ± 7.74
	ดินเลน:ทราย (1:3)	^{b} 43.84 ± 9.02	^{a} 6.76 ± 1.63	^{a} 30.41 ± 6.79	^{a} 87.05 ± 18.67
แสมทะเล	ดินเลน	^{b} 16.61 ± 4.82	^{b} 4.44 ± 2.56	^{b} 11.48 ± 2.74	^{b} 32.32 ± 8.92
	ดินเลน:ทราย (3:1)	^{a} 33.04 ± 3.71	^{a} 15.06 ± 3.75	^{a} 19.85 ± 1.63	^{a} 62.15 ± 6.49
	ดินเลน:ทราย (2:2)	^{a} 35.99 ± 0.06	^{a} 14.73 ± 0.55	^{a} 22.12 ± 0.13	^{a} 68.10 ± 0.07
	ดินเลน:ทราย (1:3)	^{a} 40.09 ± 3.94	^{a} 17.43 ± 1.27	^{a} 24.40 ± 2.81	^{a} 75.63 ± 7.71

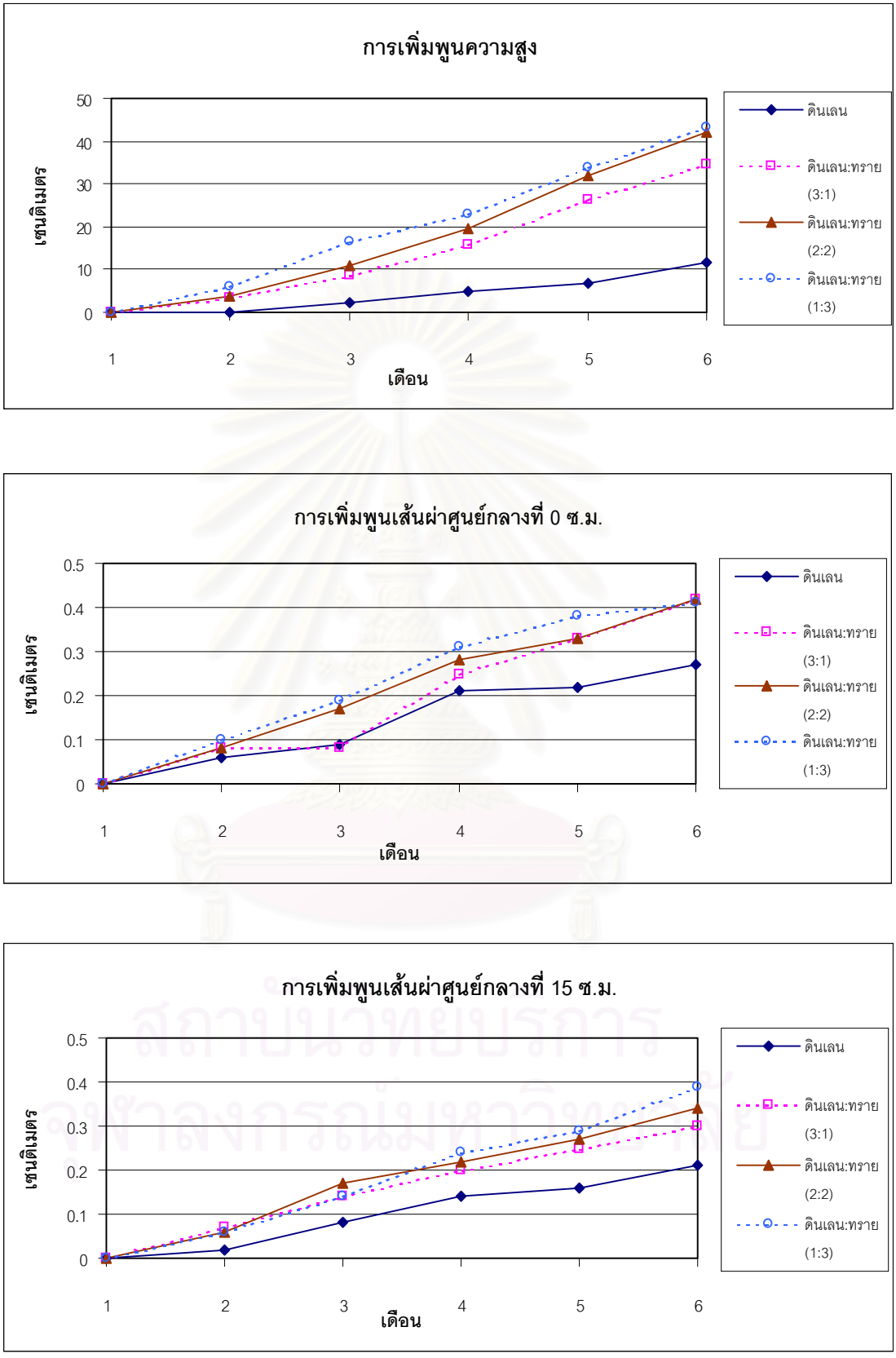
หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดินอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



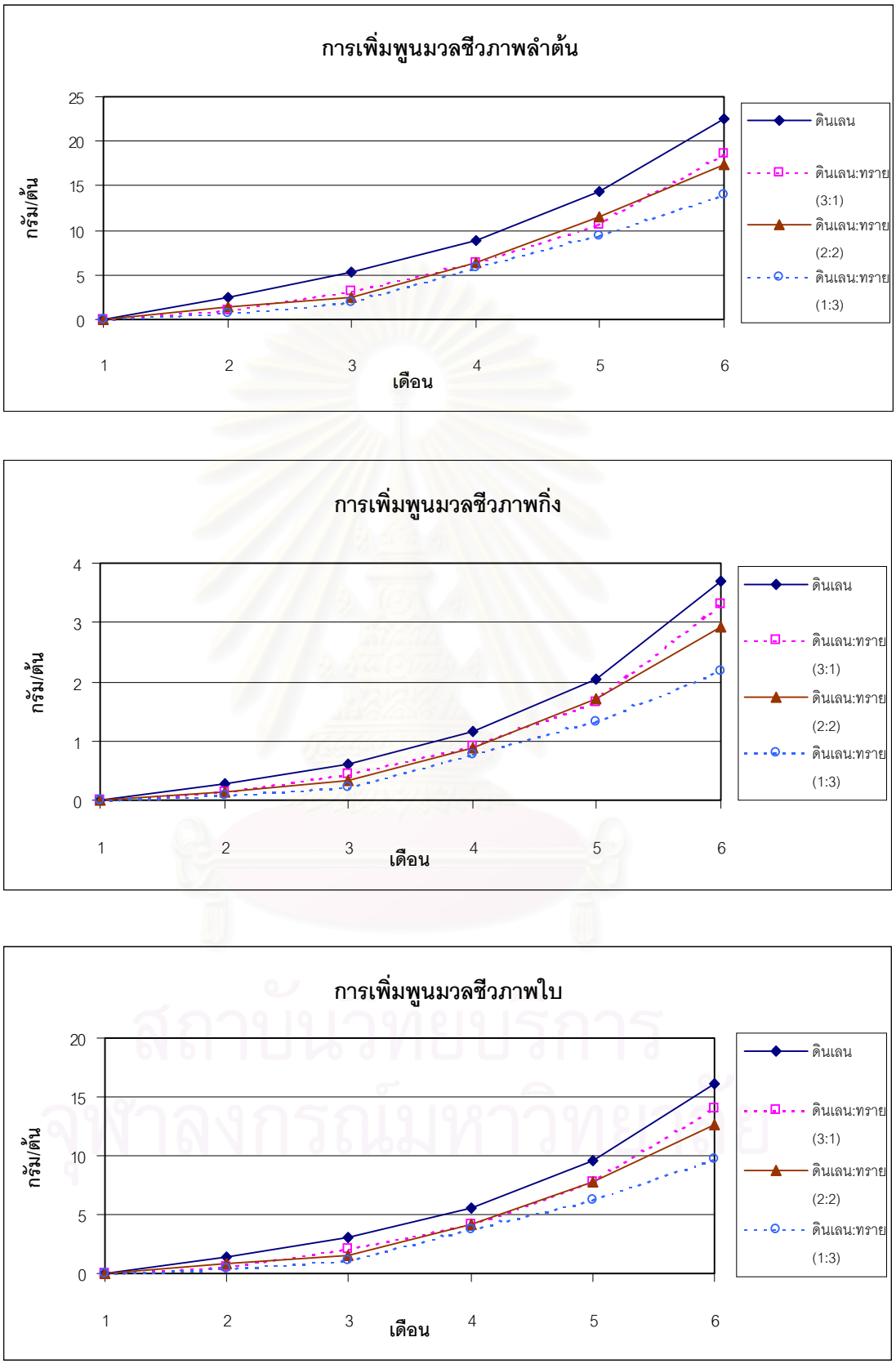




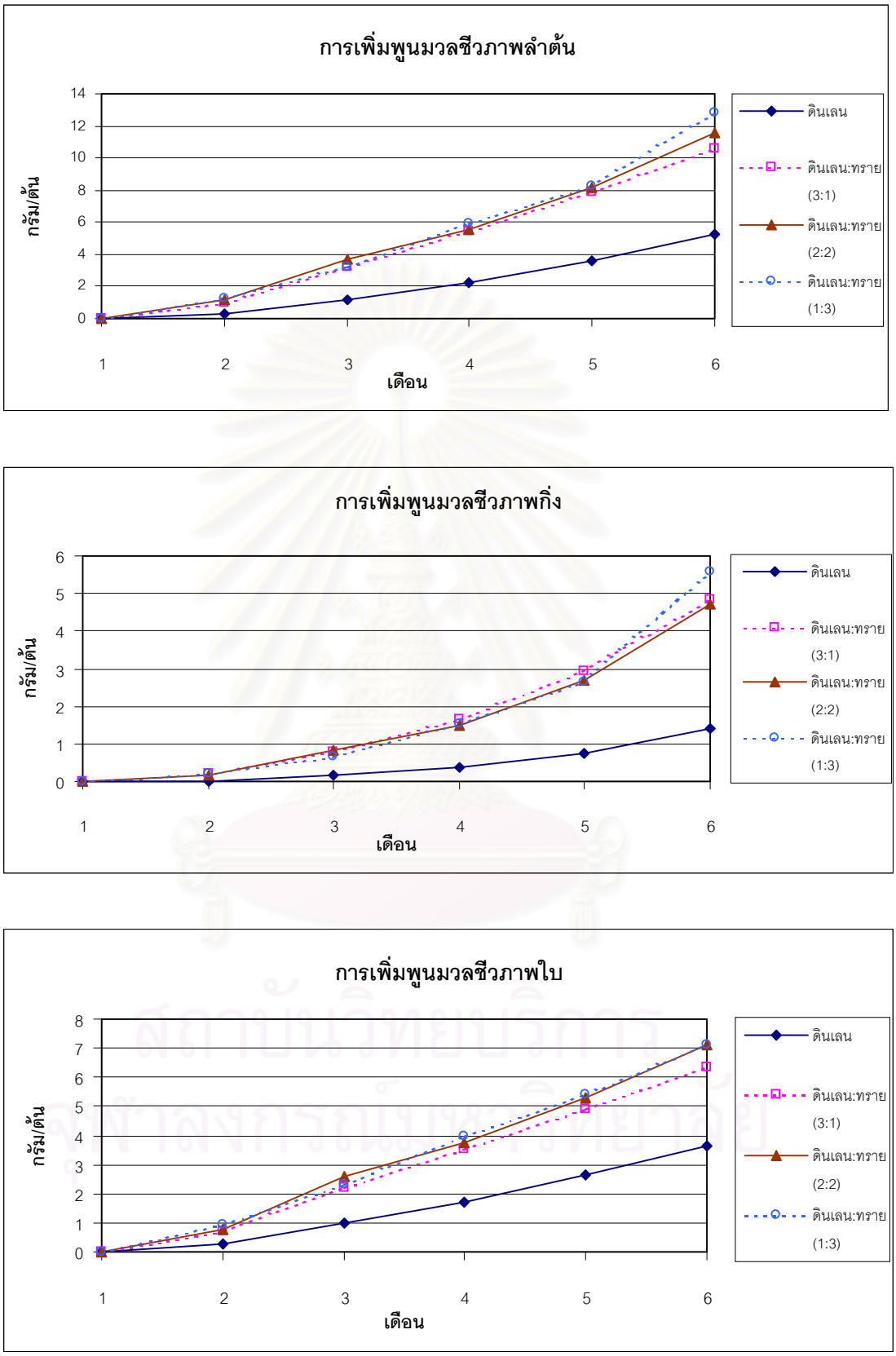
ภาพที่ 4.22 การเพิ่มพูนความสูงและเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ในชุดการทดลองต่างๆ



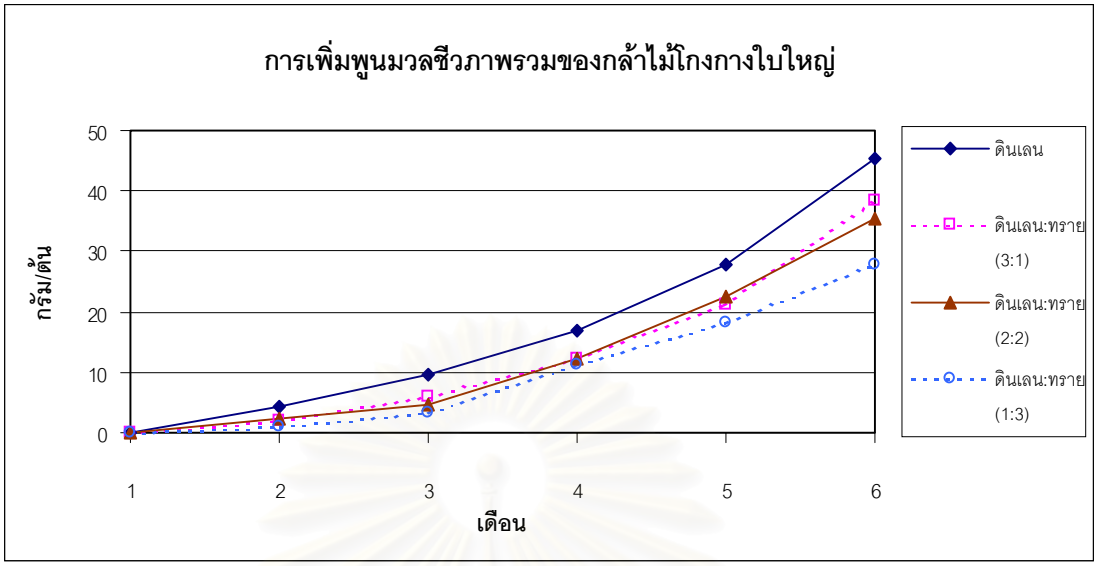
ภาพที่ 4.23 การเพิ่มพูนความสูงและเส้นผ่าศูนย์กลางของกล้าไม้แสมทะเลในชุดการทดลองต่างๆ



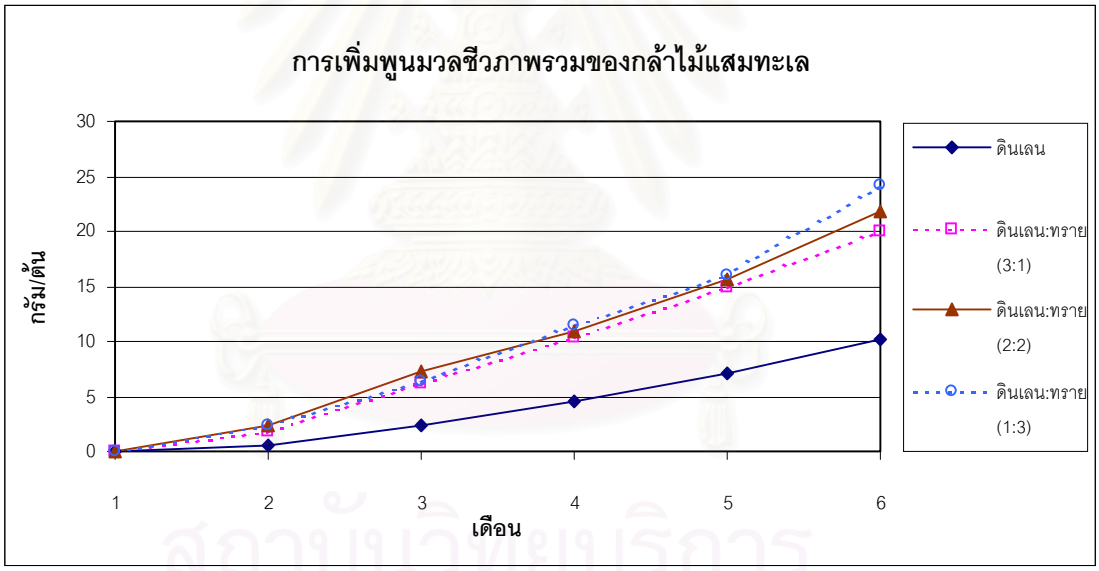
ภาพที่ 4.24 การเพิ่มพูนมวลชีวภาพลำต้น กิ่ง และใบของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ในชุดการทดลองต่างๆ



ภาพที่ 4.25 การเพิ่มพูนมวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง และใบของกล้าไม้แสมทะเลในชุดการทดลองต่างๆ



ภาพที่ 4.26 การเพิ่มพูนมวลชีวภาพรวมของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ในชุดการทดลองต่างๆ



ภาพที่ 4.27 การเพิ่มพูนมวลชีวภาพรวมของกล้าไม้แสมทะเลในชุดการทดลองต่างๆ

4.4 ปริมาณธาตุอาหารในกล้าไม้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเล

4.4.1 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในกล้าไม้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเล

ผลการศึกษาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในใบของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเลในชุดการทดลองต่าง ๆ (ตารางที่ 4.17 และภาพที่ 4.27) พบว่า ก่อนการทดลอง ปริมาณไนโตรเจน ทั้งหมดในใบของโกงกางใบใหญ่มีค่าระหว่าง 10.36-11.46 mg g^{-1} และแสมทะเลมีค่าระหว่าง 16.19-

18.79 mg g^{-1} และหลังสิ้นสุดการทดลอง พบว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในใบของโกงกางใบใหญ่จะมีค่าระหว่าง 12.34-13.38 mg g^{-1} ส่วนแสมทะเลจะมีค่าระหว่าง 17.10-18.45 mg g^{-1} และจากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าโกงกางใบใหญ่จะมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดระหว่างก่อนการทดลองและหลังสิ้นสุดการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยจะเห็นว่าหลังสิ้นสุดการทดลองโกงกางใบใหญ่จะมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในใบเพิ่มขึ้น ขณะที่ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในใบของแสมทะเลระหว่างก่อนและหลังการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จะเห็นว่าแสมทะเลจะมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดก่อนและหลังสิ้นสุดการทดลองสูงกว่าโกงกางใบใหญ่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการสะสมธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของพืชแต่ชนิด

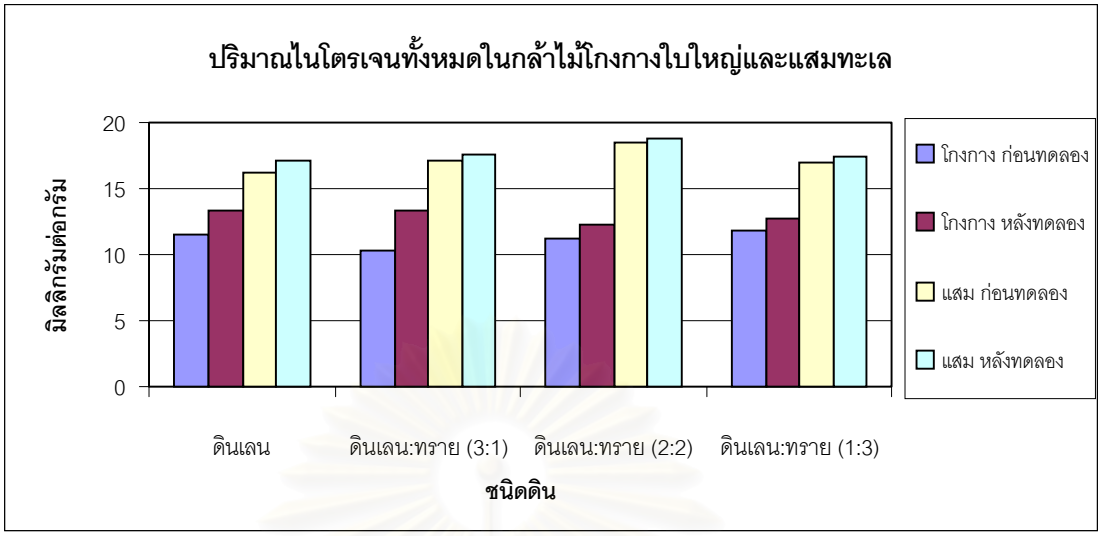
ตารางที่ 4.17 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อกรัม)ในกล้าไม้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเล

ช่วงการทดลอง	ชนิดดิน	ชนิดพืช	
		* โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล
ก่อนทดลอง	ดินเลน	[a]11.46 ± 0.90	[a]16.19 ± 0.46
	ดินเลน:ทราย (3:1)	[a]10.36 ± 0.98	[a]17.14 ± 0.30
	ดินเลน:ทราย (2:2)	[a]11.17 ± 0.28	[a]18.45 ± 0.03
	ดินเลน:ทราย (1:3)	[a]11.80 ± 0.53	[a]17.02 ± 1.00
หลังทดลอง	ดินเลน	[a]13.38 ± 0.48	[a]17.10 ± 1.58
	ดินเลน:ทราย (3:1)	[a]13.31 ± 1.88	[a]17.63 ± 0.06
	ดินเลน:ทราย (2:2)	[a]13.34 ± 0.18	[a]18.79 ± 0.01
	ดินเลน:ทราย (1:3)	[a]12.70 ± 0.46	[a]17.39 ± 0.11

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่เหมือนกัน: หมายถึง ไม่มีความแตกต่างระหว่างชนิดของดินอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* หมายถึง มีความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4.28 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในกล้าไม้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเลในชุดการทดลองต่างๆ

4.4.1 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในกล้าไม้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเล

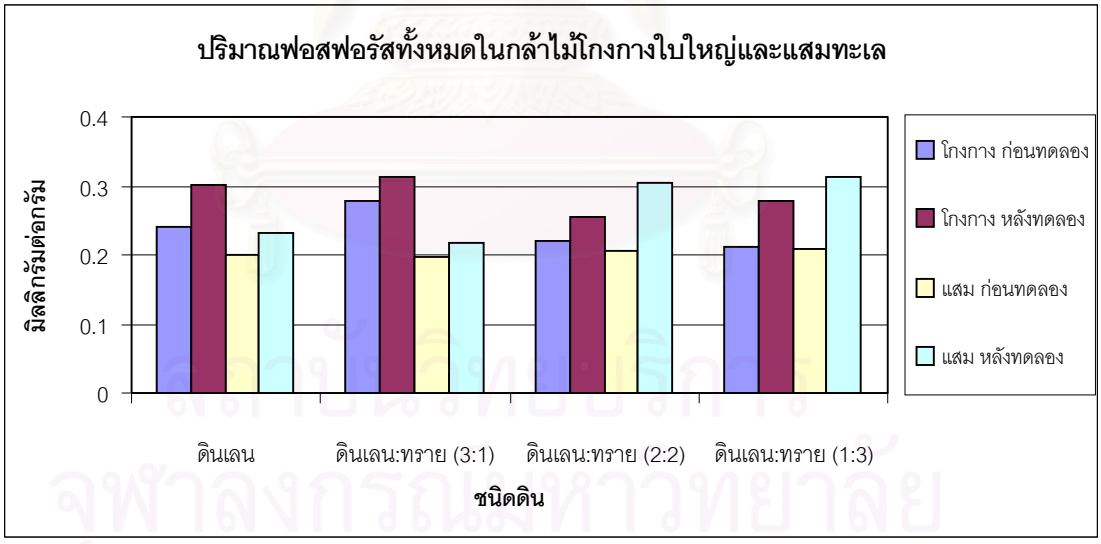
ผลการศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเลในชุดการทดลองต่าง ๆ (ตารางที่ 4.18 และภาพที่ 4.28) พบว่าก่อนการทดลอง ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบของโกงกางใบใหญ่มีค่าระหว่าง 0.211-0.277 mg g^{-1} และแสมทะเลมีค่าระหว่าง 0.198-0.208 mg g^{-1} จะเห็นว่าโกงกางใบใหญ่มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบสูงกว่าแสมทะเล และหลังสิ้นสุดการทดลอง พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบของโกงกางใบใหญ่จะมีค่าระหว่าง 0.277-0.314 mg g^{-1} ส่วนแสมทะเลจะมีค่าระหว่าง 0.218-0.314 mg g^{-1} และจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าโกงกางใบใหญ่และแสมทะเลจะมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดระหว่างก่อนการทดลองและหลังสิ้นสุดการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยหลังสิ้นสุดการทดลองกล้าไม้ทั้ง 2 ชนิดจะมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเพิ่มขึ้น และจะเห็นว่าโกงกางใบใหญ่ซึ่งปลูกในดินเลน และดินเลน:ทราย (3:1) จะมีการสะสมของฟอสฟอรัสทั้งหมดในพืชได้ดีกว่าในชุดการทดลองอื่น ขณะที่แสมทะเลซึ่งปลูกในดินเลน:ทราย (2:2) และดินเลน:ทราย (1:3) จะมีการสะสมของฟอสฟอรัสทั้งหมดในพืชได้ดีกว่าในชุดการทดลองอื่น แสดงให้เห็นว่าความสามารถของพืชในการนำสารประกอบฟอสฟอรัสในดิน และในน้ำเสียไปใช้ นั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของดินด้วย ทั้งนี้ดินจะต้องมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชแต่ละชนิด โดยจะเห็นว่าโกงกางใบใหญ่ซึ่งเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีสภาพเป็นเลนจะสามารถนำฟอสฟอรัสในดินที่มีดินเลนสูงไปใช้และเกิดการสะสมในพืชได้มากกว่าดินในชุดการทดลองอื่น ขณะที่แสมทะเลซึ่งเจริญเติบโตได้ดีในดินเลนปนทรายก็จะสามารถใช้ฟอสฟอรัสในดินที่มีอัตราส่วนทรายสูงได้ดีกว่า

ตารางที่ 4.18 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด(มิลลิกรัมต่อกรัม)ในกล้าไม้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเล

ช่วงการทดลอง	ชนิดดิน	ชนิดพืช	
		* โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล
ก่อนทดลอง	ดินเลน	^{a}0.242 ± 0.047	^{a}0.200 ± 0.002
	ดินเลน:ทราย (3:1)	^{a}0.277 ± 0.042	^{a}0.198 ± 0.007
	ดินเลน:ทราย (2:2)	^{a}0.219 ± 0.023	^{a}0.205 ± 0.034
	ดินเลน:ทราย (1:3)	^{a}0.211 ± 0.012	^{a}0.208 ± 0.000
หลังทดลอง	ดินเลน	^{ab}0.302 ± 0.005	^{b}0.232 ± 0.012
	ดินเลน:ทราย (3:1)	^{a}0.314 ± 0.022	^{b}0.218 ± 0.013
	ดินเลน:ทราย (2:2)	^{b}0.254 ± 0.003	^{a}0.304 ± 0.011
	ดินเลน:ทราย (1:3)	^{ab}0.277 ± 0.028	^{a}0.314 ± 0.011

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดินอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* หมายถึง มีความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %



ภาพที่ 4.29 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในกล้าไม้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเลในชุดการทดลอง ต่างๆ

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษาความสามารถของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเลในการบำบัดน้ำเสียชุมชนในดินป่าชายเลนที่มีโครงสร้างต่างกัน ได้ดำเนินการศึกษา ณ บริเวณพื้นที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี โดยใช้ชุดการทดลองดิน 4 อัตราส่วน (ดินเลน ดินเลน:ทราย (3:1) ดินเลน:ทราย (2:2) และดินเลน:ทราย (1:3)) ทำการปลูกกล้าไม้ 2 ชนิด (โกงกางใบใหญ่ และแสมทะเล) และชุดควบคุมไม่ปลูกพืช โดยใช้ระยะเวลาในการศึกษาตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2543 ถึง เดือนกรกฎาคม 2543 สรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

5.1.1 คุณภาพน้ำ

การศึกษาคุณภาพน้ำ พบว่าความสามารถในการกำจัดบีโอดีและธาตุอาหาร (แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ไนไตรท์-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน ไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสทั้งหมด) ในชุดการทดลองต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างชนิดของดินอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นออร์โธฟอสเฟต ซึ่งพบว่าดินเลน และดินเลน:ทราย (3:1) มีเปอร์เซ็นต์การกำจัดออร์โธฟอสเฟตสูงกว่าดินเลน:ทราย (2:2) และดินเลน:ทราย (1:3) อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้เนื่องจากดินจะเป็นปัจจัยสำคัญในการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดสารประกอบฟอสฟอรัสจากน้ำเสีย โดยออร์โธฟอสเฟตจะถูกตรึงไว้ในดินในสภาพที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งปริมาณออร์โธฟอสเฟตจะถูกตรึงได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของส่วนประกอบและสภาพของดินนั้นๆ เช่น ปริมาณไอออนบวก สารประกอบของเหล็ก อะลูมิเนียม และแคลเซียม (คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา, 2535) โดยจะเห็นว่าดินเลน ซึ่งมีอนุภาคดินเหนียวสูงจะมีเปอร์เซ็นต์การกำจัดออร์โธฟอสเฟตสูงกว่าดินเลนปนทรายซึ่งมีอนุภาคดินเหนียวต่ำ และเมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การกำจัดบีโอดีและธาตุอาหารในชุดการทดลองต่างๆ ตามชนิดของพืช สรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 5.1 สรุปเปอร์เซ็นต์การกำจัดบีโอดีและธาตุในชุดการทดลองต่างๆ ตามชนิดของพืช

พารามิเตอร์ / ชนิดพืช	เปอร์เซ็นต์การกำจัด		
	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช
บีโอดี	59.60-72.08	62.31-66.32	48.53-57.58
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	84.47-89.46	80.23-84.47	58.69-75.71
ไนไตรท์-ไนโตรเจน	57.61-66.89	52.29-66.64	38.03-58.43
ไนเตรท-ไนโตรเจน	59.09-67.90	55.61-69.20	37.07-48.64
ไนโตรเจนทั้งหมด	64.64-72.47	64.44-70.08	53.28-58.83
ออร์โธฟอสเฟต	51.49-68.30	48.57-60.49	43.30-54.77
ฟอสฟอรัสทั้งหมด	53.77-63.06	51.40-62.68	48.58-58.67

จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ two-way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สรุปได้ว่าในชุดการทดลองที่ปลูกพืชทั้งกล้าไม้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเลสามารถกำจัดบีโอดีและธาตุอาหารต่างๆ ได้ดีกว่าชุดการทดลองที่ไม่ปลูกพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5.1.2 **สมบัติของดิน**

การศึกษาสมบัติของดินพบว่าในชุดการทดลองต่างๆ จะมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินก่อนการทดลองอยู่ในช่วง 2.930-3.937 % และหลังการทดลองอยู่ในช่วง 2.821-3.315 % โดยดินเลนจะมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากดินเลนมีปริมาณอนุภาคดินเหนียวเป็นองค์ประกอบอยู่มาก จึงมีการดูดซับอินทรียวัตถุที่ผิวดินได้มาก ขณะที่ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินก่อนการทดลองจะอยู่ในช่วง 1.15-2.02 mg g^{-1} และหลังการทดลองอยู่ในช่วง 1.26-2.05 mg g^{-1} ซึ่งจากการวิเคราะห์ทางสถิตระหว่างก่อนและหลังการทดลองโดยใช้วิธี paired t-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากน้ำเสียชุมชนที่เข้าสู่ชุดการทดลองมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดต่ำกว่าน้ำเสียชุมชนทั่วไปทำให้มีการสะสมของไนโตรเจนในดินน้อย ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินก่อนการทดลองจะอยู่ในช่วง 0.105-0.128 mg g^{-1} และหลังการทดลองอยู่ในช่วง 0.117-0.165 mg g^{-1} ซึ่งจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างก่อนและหลังการทดลอง เนื่องจากปริมาณฟอสฟอรัสส่วนใหญ่จะถูกดูดซับไว้ในอนุภาคดิน โดยหลังสิ้นสุดการทดลองดินเลนซึ่งมีปริมาณอนุภาคดินเหนียวสูงสุดจะดูดซับฟอสฟอรัสไว้ได้มากที่สุด

5.1.3 อัตราการเจริญเติบโตและการเพิ่มพูนมวลชีวภาพของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเล

การศึกษาการเจริญเติบโต และการเพิ่มพูนมวลชีวภาพ สรุปได้ว่ากล้าไม้โกงกางใบใหญ่จะเจริญเติบโตได้ดี และมีการเพิ่มพูนมวลชีวภาพสูงที่สุดในดินเลน รองลงมาคือ ดินเลน:ทราย (3:1) ดินเลน:ทราย (2:2) และดินเลน:ทราย (1:3) ตามลำดับ ขณะที่กล้าไม้แสมทะเลจะมีการเจริญเติบโต และการเพิ่มพูนมวลชีวภาพในดินเลน:ทราย (3:1) ดินเลน:ทราย (2:2) และดินเลน:ทราย (1:3) ได้ดีกว่าในดินเลนอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้เนื่องจากโดยทั่วไปแล้วไม้แสมทะเลจะสามารถขึ้นได้ดีในดินเลนปนทราย (Gledhill, 1963 อ้างถึงในสนิท อักษรแก้ว, 2541) ดังนั้นจากการศึกษาจึงพบว่าในชุดการทดลองที่มีอัตราส่วนทรายสูงแสมทะเลจะมีการเจริญเติบโตทางความสูงและการเพิ่มพูนมวลชีวภาพสูงกว่าในชุดการทดลองที่มีอัตราส่วนทรายต่ำ แต่อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลองดินเลนผสมทรายทั้ง 3 อัตราส่วน

5.1.4 ปริมาณธาตุอาหารในกล้าไม้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเล

การศึกษาปริมาณธาตุอาหารในใบของกล้าไม้ทั้ง 2 ชนิด พบว่ากล้าไม้โกงกางใบใหญ่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในใบก่อนการทดลองระหว่าง 10.36-11.46 mg g^{-1} และหลังการทดลองมีค่าระหว่าง 12.34-13.38 mg g^{-1} ส่วนกล้าไม้แสมทะเลจะมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดก่อนการทดลองระหว่าง 16.19-18.79 mg g^{-1} และหลังการทดลองมีค่าระหว่าง 17.10-18.45 mg g^{-1} จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่ากล้าไม้โกงกางใบใหญ่จะมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดหลังสิ้นสุดการทดลองเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ในกล้าไม้แสมทะเลจะมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดก่อนและหลังสิ้นสุดการทดลองไม่แตกต่างกัน แต่จะเห็นว่ากล้าไม้แสมทะเลจะมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในใบสูงกว่ากล้าไม้โกงกางใบใหญ่ทั้งก่อนและหลังการทดลอง ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบของกล้าไม้ทั้ง 2 ชนิด พบว่ากล้าไม้โกงกางใบใหญ่จะมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดก่อนการทดลองระหว่าง 0.211-0.277 mg g^{-1} และหลังการทดลองมีค่าระหว่าง 0.277-0.314 mg g^{-1} ส่วนกล้าไม้แสมทะเลจะมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดก่อนการทดลองระหว่าง 0.198-0.208 mg g^{-1} และหลังการทดลองมีค่าระหว่าง 0.218-0.314 mg g^{-1} จะเห็นว่ากล้าไม้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเลจะมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดหลังสิ้นสุดการทดลองเพิ่มขึ้น โดยพบว่ากล้าไม้โกงกางใบใหญ่ซึ่งเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีสภาพเป็นเลนจะสามารถนำฟอสฟอรัสในดินที่มีดินเลนสูงไปใช้และเกิดการสะสมในพืชได้มากกว่าดินในชุดการทดลองอื่น ขณะที่แสมทะเลซึ่งเจริญเติบโตได้ดีในดินเลนปนทรายก็จะสามารถใช้ฟอสฟอรัสในดินที่มีอัตราส่วนทรายสูงได้ดีกว่า

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้เป็นเพียงการศึกษาเบื้องต้นของความสามารถในการบำบัดน้ำเสียโดยกล้าไม้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเลในดินต่างชนิดกัน ซึ่งพบว่ากล้าไม้ทั้ง 2 ชนิดสามารถช่วยในการบำบัดน้ำเสียได้ดี แต่การนำไปใช้จริงยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องอีกมาก ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในรายละเอียดดังต่อไปนี้ เพื่อความเหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

1) การศึกษาต่อไปควรศึกษาเพิ่มเติมในรายละเอียดของแต่ละปัจจัยที่อาจมีผลต่อการกำจัดธาตุอาหารจากน้ำเสีย เช่น จุลินทรีย์ ดิน และพืช

2) การศึกษาต่อเนื่องในระยะยาวที่พืชมีการเจริญเติบโตสูงกว่านี้ น่าจะทำให้เห็นผลของการบำบัดโดยพืชได้ชัดเจนขึ้น และควรมีการศึกษาเปรียบเทียบในพืชชนิดอื่นเพิ่มเติม

3) ควรมีการศึกษาผลผลิตขั้นปฐมภูมิ (ผลผลิตมวลชีวภาพรวมกับผลผลิตการร่วงหล่นของเศษกิ่งไม้ใบไม้) และองค์ประกอบธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของพืชเพิ่มเติม เช่น ในส่วนกิ่ง ลำต้น ราก เพื่อสามารถนำไปคาดการณ์ปริมาณธาตุอาหารที่พืชสามารถนำไปใช้ต่อหน่วยพื้นที่ต่อระยะเวลาได้ชัดเจนขึ้น และสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการคัดเลือกพันธุ์ไม้สำหรับใช้ในการบำบัดน้ำเสีย เช่น ตัวอย่างการศึกษาการอนุรักษ์ป่าชายเลนควบคู่กับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี ของ กนกพร บุญส่ง และอภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ (2537) ซึ่งได้ทำการคาดประมาณธาตุอาหารที่พืชสามารถนำไปใช้ พบว่า เมื่อนำผลผลิตมวลชีวภาพของส่วนต่างๆมารวมกับผลผลิตการร่วงหล่นของเศษไม้ใบไม้ จะได้ค่าผลผลิตขั้นปฐมภูมิ และเมื่อทราบองค์ประกอบของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในส่วนต่างๆ ของพืชสามารถประเมินได้ว่าสังคมพืชป่าชายเลนบริเวณดังกล่าวสามารถนำไนโตรเจนไปใช้ประมาณ 34.848 กก./ไร่/ปี และฟอสฟอรัส 4.650 กก./ไร่/ปี ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเทียบกับสัดส่วนปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากนากุ้ง 162.624 และ 30.4กก./ไร่/ปี ตามลำดับ จะเห็นว่าในปัจจุบันพื้นที่ป่าชายเลนทั้งหมดในอ่าวคุ้งกระเบนซึ่งมีประมาณ 1000 ไร่ ไม่เพียงพอที่บำบัดของเสียจากนากุ้งในโครงการฯ 582.32 ไร่ แต่ในสภาพที่เป็นจริงของเสียในรูปไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจำนวนดังกล่าวไม่ถูกระบายออกสู่อ่าวคุ้งกระเบนทั้งหมด ทั้งนี้เพราะเกษตรกรส่วนใหญ่ได้สร้างบ่อพักเลน นอกจากนี้องค์ประกอบอื่นของระบบนิเวศป่าชายเลน อาทิ ดินตะกอนและน้ำสามารถที่จะรองรับของเสียได้จำนวนหนึ่งเช่นกัน

4) ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงคุณภาพดินต่อไปอีกระยะหนึ่ง เพื่อให้เห็นผลกระทบต่อดินให้ชัดเจนขึ้นก่อนการนำไปใช้จริง ทั้งนี้เนื่องจากช่วงเวลาที่ศึกษามีค่อนข้างสั้น ทำให้ยังไม่เห็นความแตกต่างระหว่างชนิดดินอย่างชัดเจน

5) ระบบนิเวศของป่าชายเลนเป็นระบบที่มีความซับซ้อนเปราะบาง เนื่องจากเป็นระบบนิเวศที่เป็นตัวต่อเชื่อมระหว่างระบบนิเวศบก (terrestrial ecosystem) และระบบนิเวศน้ำ (aquatic ecosystem) มีคุณค่าทางนิเวศวิทยา เป็นแหล่งดักตะกอน เป็นแหล่งวางไข่ และเลี้ยงสัตว์น้ำวัยอ่อน ดังนั้นการนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไปใช้ จึงต้องคำนึงปัจจัยอื่นๆ ที่จะได้รับผลกระทบด้วย และควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นกับระบบนิเวศดังกล่าว เช่น การศึกษาเพิ่มเติมถึงผลกระทบต่อสัตว์ในป่าชายเลน ทั้งโดยทางตรงและโดยห่วงโซ่อาหาร แต่จากการศึกษาผลกระทบต่อสัตว์ป่าในบริเวณพื้นที่โครงการฯ แหลมผักเบี้ยของวิชัย คงทอง และคณะ (2542) ยังไม่มีรายงานถึงผลกระทบทางด้านลบ โดยรายงานว่าเมื่อมีโครงการเกิดขึ้นได้มีการระบายน้ำออกจากบ่อบำบัดผ่านป่าชายเลน มีการปลูกป่าชายเลนเพิ่มขึ้น มีพื้นที่ชุ่มน้ำ จึงทำให้เกิดเป็นแหล่งอาหารของสัตว์ป่าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจากการศึกษาจำนวนนกในพื้นที่โครงการฯ พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้งชนิดและจำนวน จากเดิมรายงานไว้ 96 ชนิด เพิ่มขึ้นเป็น 100 ชนิด ซึ่งชนิดที่เพิ่มขึ้นได้แก่ นกยางไฟธรรมดา นกอีล้ำ นกรัฟฟ์ นกแสก นกตบยุงหางยาว และนกกระจิบหญ้าท้องเหลือง ทั้งนี้เนื่องจากมีแหล่งอาหารที่อุดมสมบูรณ์ขึ้น และจากตัวอย่างของการทำนากุ้งแบบพัฒนาร่วมกับการอนุรักษ์ป่าชายเลน บริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จันทบุรี โดยบริเวณด้านนอกติดชายฝั่งมีการอนุรักษ์และปลูกป่าชายเลนเป็นแนว buffer โดยรอบอ่าว ส่วนด้านในจัดสรรเป็นพื้นที่นากุ้ง ซึ่งโครงการนี้ได้เริ่มจัดทำตั้งแต่ปี 2524 โดยในช่วงแรกเป็นการทำนากุ้งแบบกึ่งพัฒนา (semi-intensive) และต่อมาในปี 2530 จึงได้เปลี่ยนเป็นนากุ้งแบบพัฒนา (intensive) พบว่าในปัจจุบันป่าชายเลนยังคงมีสภาพสมบูรณ์ดี (Boonsong, 1997) ในกรณีของอ่าวคุ้งกระเบนจึงน่าจะเป็นตัวอย่างของการอนุรักษ์ป่าชายเลนควบคู่ไปกับการใช้ประโยชน์จากป่าชายเลนได้

6) การนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไปใช้ในพื้นที่จริงไปใช้จริง ควรมีการจัดสร้างเป็นระบบพื้นที่ชุ่มน้ำแบบประดิษฐ์ (constructed wetland) เพื่อสามารถควบคุมปริมาณน้ำเสียที่เข้าออกจากระบบได้ และลดผลกระทบที่อาจจะเกิดกับพืชและสัตว์ในป่าชายเลนที่มีอยู่ตามธรรมชาติ แต่ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงความเหมาะสมของพื้นที่ในการจัดสร้าง ชนิดดิน ชนิดพืชที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย โดยควรมีการศึกษาทดลองในช่วงระยะเวลาหนึ่งก่อนการนำไปใช้จริง ทั้งนี้เพื่อป้องกันผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กนกพร บุญส่ง. 2528. การทดแทนสังคมพืชขั้นปฐมภูมิของป่าชายเลนบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กนกพร บุญส่ง และอภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ. 2538. การอนุรักษ์ป่าชายเลนควบคู่กับการเลี้ยงกุ้งกุลาดำบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี. ใน การสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติครั้งที่ 9 “การอนุรักษ์ป่าชายเลน เพื่อสังคมไทยในทศวรรษหน้า”, หน้า II-04 (1-17). 6-9 กันยายน 2538 ณ โรงแรมภูเก็ตเมอร์ลิน จังหวัดภูเก็ต.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. 2539. การบำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพมหานคร: มิตรนราการพิมพ์.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2535. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: สวิตาการพิมพ์.

จรีรัตน์ ศรีเนตรพัฒน์, วรรณพรรธน์ เปี่ยมพงศ์ศานต์, ปาริชาต ธนาภรณ์, สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์ และไมตรี ดวงสวัสดิ์. 2541. ความสามารถในการบำบัดธาตุอาหารหลักของพืชจากน้ำเสียชุมชน โดยการรวบรวมน้ำเสียและบ่อผึ่งบำบัดน้ำเสีย จังหวัดเพชรบุรี. เอกสารสัมมนาวิชาการเรื่อง เทคโนโลยีการกำจัดขยะแบบประหยัด และการบำบัดน้ำเสียด้วยพืช (โครงการวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ), หน้า 17 (10-18). 25-28 สิงหาคม 2542 ณ ห้องสุธรรมอารีกุล อาคารสารนิเทศ 50 ปี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จินตนา กรมน้อย. 2537. สมบัติบางประการทางกายภาพและเคมีของดินป่าชายเลน จังหวัดพังงา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เจนจิรา แก้วรัตน์. 2541. ความสามารถของโกงกางใบเล็ก *Rhizophora apiculata* เพื่อบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชาตรี มากนวล และ ไพศาล ธนะเพิ่มพูล. 2540. การงอกของเมล็ด และการเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 13 ชนิด. ใน การสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติครั้งที่ 10 “การจัดการและการอนุรักษ์ป่าชายเลน : บทเรียนในรอบ 20 ปี”, หน้า II-6 (1-16). 25-28 สิงหาคม 2540 ณ โรงแรมเจ.บี. หาดใหญ่ จังหวัดสงขลา.

เทียมใจ คมกฤส. 2536. โครงสร้างของไม้ป่าชายเลน. กรุงเทพมหานคร: บริษัทฉลองรัตน์ จำกัด.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์, อุดร จารุรัตน์, จารุรัตน์ วรนิสรากุล, และเฉลิมราช วันทวิน. 2536. รายงานฉบับสมบูรณ์ แนวทางการลดปริมาณสารประกอบฟอสฟอรัส ในน้ำทิ้งชุมชนจากการใช้สารซักฟอก. คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธัญลักษณ์ แต่บรรพกุล. 2539. ประสิทธิภาพของดีปลีน้ำ *Potamogeton malaianus* และสาหร่ายหางกระรอก *Hydrilla verticiclata* ในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปัทมา วิตยากร. 2537. ดิน: แหล่งธาตุอาหารของพืช. ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พิชิต แก้ววงศ์ศรี, และนพรัตน์ บำรุงรัตน์. 2540. การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นแสมที่ใช้เป็นไม้เบิกนำบนหาดเลนงอกใหม่ของอ่าวปัตตานี. ใน การสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติครั้งที่ 10 “การจัดการและการอนุรักษ์ป่าชายเลน : บทเรียนในรอบ 20 ปี”, หน้า II-4 (1-8). 25-28 สิงหาคม 2540 ณ โรงแรมเจ.บี. หาดใหญ่ จังหวัดสงขลา.

พิศมัย ภูริสินสิทธิ์ เอี่ยมสกุลรัตน์, สัญชัย สูติพันธ์วิหาร, และสมเกียรติ เรืองจันทร์. 2538. ใน มิ่งสรรพ์ ขาวสะอาด และอดิศร อิศรางกูร ณ อยุธยา (บรรณาธิการ), ปัญหาการจัดการและความขัดแย้งเรื่องน้ำ การสำรวจพรมแดนแห่งความรู้, หน้า 123-177. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: ฝ่ายทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย.

พูนศรี เมืองส่ง และสนิท อักษรแก้ว. 2540. การเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้ป่าชายเลน ที่ปลูกบนพื้นที่นากุ้งร้าง อำเภอเมือง จังหวัดระนอง. ใน การสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติครั้งที่ 10 “การจัดการและการอนุรักษ์ป่าชายเลน : บทเรียนในรอบ 20 ปี”, หน้า II-8 (1-6). 25-28 สิงหาคม 2540 ณ โรงแรมเจ.บี. หาดใหญ่ จังหวัดสงขลา.

เพิ่มพูน กีรติกสิกร. 2528. เคมีของดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

มูลนิธิชัยพัฒนา. 2534. แนวคิดในการดำเนินโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ เกี่ยวกับการพัฒนาและการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี. หน้า 3-5.

วิเชียร คงทอง, มธุรส สุมิพันธ์, วันดี จันสวัสดิ์ และกนกวรรณ ด่านนคินทร์รัตน์. 2541. ผลกระทบต่อสัตว์ป่า. เอกสารสัมมนาวิชาการเรื่อง เทคโนโลยีการกำจัดขยะแบบประหยัด และการบำบัดน้ำเสียด้วยพืช (โครงการวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ), หน้า 43 (1-10). 25-28 สิงหาคม 2542 ณ ห้องสุธรรมอารีกุล อาคารสารนิเทศ 50 ปี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สนิท อักษรแก้ว. 2522. ลักษณะโครงสร้างของป่าชายเลน. ใน รายงานการสัมมนาระบบนิเวศวิทยาป่าชายเลน ครั้งที่ 3 จังหวัดสงขลา 8-12 เมษายน 2522 1: 73-81. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

สนิท อักษรแก้ว, สนใจ หะวานนท์ และ ชาตรี มากนวล. 2539. การปลูกแสมทะเล. คู่มือการปลูกพันธุ์ไม้ป่าชายเลน, หน้า 71-75. กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนฟันนี่พับบลิชชิ่ง.

สนิท อักษรแก้ว. 2541. ป่าชายเลน นิเวศวิทยาและการจัดการ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมศักดิ์ พิริยโยธา และดาวรุ่ง ใจจริง. 2540. การศึกษาการเจริญเติบโตของกล้าไม้ป่าชายเลนในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ กัน. ใน การสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติครั้งที่ 10 “การจัดการและการอนุรักษ์ป่าชายเลน : บทเรียนในรอบ 20 ปี”, หน้า II-4 (9-16). 25-28 สิงหาคม 2540 ณ โรงแรมเจ.บี. หาดใหญ่ จังหวัดสงขลา.

สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์. 2538. การใช้ดินตะกอนภาคพื้นสมุทรในสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืชเป็นต้นแบบในการบำบัดน้ำเสียชุมชน. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต สาขาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรชัย ใหญ่สว่าง. 2530. การกำจัดไนโตรเจนในน้ำเสียด้วยระบบแอกติเวตเต็ดสลัดจ์ และแอเรตเต็ดลากูล. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โสภณ หะวานนท์ และไพศาล ธนะเพิ่มพูล. 2534. ระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไม้ป่าชายเลน. ใน รายงานการสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่7 หน้า IV-9 (1-10). 22-25 กรกฎาคม 2534 ณ โรงแรมธรรมรินทร์ จังหวัดตรัง.

ศิริพร วรกุลดำรงชัย. 2540. อิทธิพลของน้ำและดินตะกอนของน้ำทิ้งจากนากุ้งต่อโครงสร้างและการเจริญเติบโตของไม้ป่าชายเลน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

อภิชัย เชียร์ศิริกุล. 2533. การบำบัดน้ำเสียจากที่พักอาศัยด้วยบ่อผักตบชวา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

AWWA, WEF, and APHA. 1995. Standard Method for The Examination of Water and Wastewater. 19th ed. American Public Health Association.

Boonsong, K. 1997. An Integrated Planing and Management Framework for the Sustainable Development of Shimp Farming in Kung Krabaen Bay, Chanthaburi Province, Thailand. Doctoral Dissertation Asian Institute of Technology (AIT), Bangkok, Thailand.

Boto, K. G. 1984. Waterlogged Saline Soil. In S. C. Snedaker and J. G. Snedaker (eds.), The Mangrove Ecosystem : Research Methods, pp. 114-130. Unesco.

Campbell, C .S, and Ogden, M. 1999. Constructed Wetlands and Wastewater Treatment Design. Constructed Wetlands in The Sustainable Landscape, pp. 41-91. New York: John Wiley & Sons.

Chu, H. Y., Chen, N.C., Yeung, M.C., Tam, N.F.Y., and Wong, Y.S. 1998. Tide-Tank System Simulating Mangrove Wetland for Remove of Nutrients and Heavy Metals from Wastewater. Water Science and Technology 38(1): 361-368.

Cooper, P. F., and Findlater, B. C. 1990. Constructed Wetlands in Water Pollution Control. (n.p.). Pergamon Press.

Findlater, T. A., Hobson, J. A., and Cooper, P. F. 1990. Reed Bed Treatment System: Performance Evaluation. Constructed Wetlands in Water Pollution Control U.K. p. 193.

Gersberg, R. M., Elkins, B. V., and Goldman, C. R. 1983. Nitrogen Removal in Artificial Wetlands. Water Research 17(9): 1009-1014. Great Britain: Peramon Press.

Hammer, D. A., and Bastian, R. K. 1989. Constructed Wetlands for Wastewater Treatment. Michigan: Liwis Publighers.

Horneck, D. A., and Miller, R. O. 1998. Determination of Total Nitrogen in Plant Tissue. In Y. P. Kalra (ed.), Handbook of Reference Methods for Plant Analysis, pp. 75-80. The United States of America : CRC Press.

Jackson, M. L. 1958. Phosphorus Determinations for Soils. Soil Chemical Analysis, pp. 134-203. Prentice - Hall.

Juwarkar, A. H., Oke, B., Juwarkar, A., and Patnaik, S. M. 1995. Domestic wastewater treatment through constructed wetland in India. Water Science and Technology 32(3): 291-294.

Nedwell, D. B. 1975. Inorganic Nitrogen Metabolism in A Eutrophicated Tropical Mangrove Estuary. Water Research 9: 221-231. Great Britain: Peramon Press.

Parson, T. R., Maita, Y., and Lalli, C. M., 1989. A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis. 3th ed. Oxford: Pergamon Press.

Reddy, K. R., D'Angelo, E.M. 1997. Biogeochemical Indicators to Evaluate Pollutant Removal Efficiency in Constructed Wetlands. Water Science and Technology 35(5): 1-10.

Reddy, K. R., and Smith, W. H. 1987. Aquatic Plants for Water Treatment and Resource Recovery. Orland, Florida: Magnolia Publishing.

Robertson, A. L., and Phillips M. J. 1995. Mangrove As Filters of Shimp Pond Effluent : Predictions and Biogeochemical Research Need. Hydrobiologia 295: 311-321.

Rogers, K. H., Breen, P. F., and Chick, A. J.. 1991. Nitrogen removal experimental wetland treatment systems: evidence for the role of aquatic plants. Journal Water Pollution Control Federation 63(7): 934-941.

Ru, C. X., and Wong, Y. S. 1995. Effect of Wastewater Discharge on nutrient Contamination of Mangrove Soils and Plants. In C. Khemnark (ed.), Ecology and Management of Mangrove Restoration and Regeneration in East And Southeast Asia. Proceedings of the ECOTONE IV 18-22 January 1995 Wang Thi Hotel : Suratthani, Thailand.

Sah, R. N., and Mikkelsen, D. S. 1986. Effects of Anaerobic Decomposition of Organic Matter on Sorption and Transformations of Phosphate in Drained Soils : Effect on Phosphate Sorption. Soil Science 5: 267-274.

Smith, R. T., and Alkinson, K. 1975. Techniques in Pedology. A Handbook for Environmental and Resource Studies. London.

Strickland, J. D. H., and Parsons, T. R. 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Ottawa : Fisheries Research Board of Canada.

Tam, N. F. Y., and Wong, Y. S. 1995. Mangrove soils as sinks for wastewater-borne pollutants. Hydrobiologia 295: 231-241. Belgium: Kluwer Academic Publishers.

Tam, N. F. Y., and Wong, Y. S. 1996. Retention of Wastewater-borne Nitrogen and Phosphorus in mangrove soils. Environmental Toxicology 17: 851-859. Publication Division Selper Ltd.

Tan, K. H. 1996. Determination of Macroelements. Soil Sampling Preparation and Analysis, pp. 135-187. Marcel Dekker.

U.S. Salinity Laboratory Staff. 1954. Diagnosis and improvement of Saline and Alkaline Soil. USDA Handbook, No. 6. Washington D.C: Government Printing Office.

Wathugala, A. G., Suzuki, T., and Kurihara, Y. 1987. Removal of Nitrogen, Phosphorus and COD from Waste Water Using Sand Filtration System with *Phragmites australis*. Water Research 21(10): 1217-1224. Great Britain: Peramon Press.

Wong, Y. S., and others. 1995. Effect of wastewater discharge on nutrient contamination of mangrove soils and plants. Asia-Pacific Symposium on Mangrove Ecosystems 295: 243-254. Kluwer Academic.

Yaron, B., Calvet, R., and Prost, R. 1996. The Soil Pollution. Soil Pollution Process and Dynamics, Germany: Springer. pp. 25-32.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ข้อมูลคุณภาพน้ำ

คำย่อที่ใช้ในภาคผนวก ก

^{o}C หมายถึง องศาเซลเซียส

ms cm^{-1} หมายถึง มิลลิซีเมนต่อเซนติเมตร

mg l^{-1} หมายถึง มิลลิกรัมต่อลิตร

ppt หมายถึง past per thousand

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ1 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำเสียชุมชนในวันที่ 1 และวันที่ 7 ของการกักเก็บในชุดการทดลองตามชนิดของดินและชนิดของพืช

ครั้งที่ทดลอง	ชนิดดิน	วันที่ 1			วันที่ 7		
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช
1	ดินเลน	$^{a}7.43 \pm 0.11^{a}$	$^{a}7.65 \pm 0.22^{a}$	$^{ab}7.51 \pm 0.26^{a}$	$^{a}7.99 \pm 0.16^{a}$	$^{a}7.89 \pm 0.04^{a}$	$^{a}8.12 \pm 0.16^{a}$
(ก.พ. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}7.59 \pm 0.52^{a}$	$^{a}7.13 \pm 0.02^{a}$	$^{ab}7.31 \pm 0.11^{a}$	$^{a}7.80 \pm 0.11^{a}$	$^{a}7.76 \pm 0.28^{a}$	$^{a}8.05 \pm 0.15^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}7.37 \pm 0.12^{b}$	$^{a}7.39 \pm 0.08^{b}$	$^{a}7.68 \pm 0.01^{a}$	$^{a}7.88 \pm 0.15^{a}$	$^{a}7.99 \pm 0.18^{a}$	$^{a}7.86 \pm 0.27^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}7.49 \pm 0.07^{a}$	$^{a}7.52 \pm 0.42^{a}$	$^{b}7.26 \pm 0.06^{a}$	$^{a}8.14 \pm 0.06^{a}$	$^{a}7.84 \pm 0.02^{a}$	$^{a}7.86 \pm 0.18^{a}$
2	ดินเลน	$^{a}7.32 \pm 0.09^{a}$	$^{a}7.24 \pm 0.13^{a}$	$^{a}7.49 \pm 0.11^{a}$	$^{a}8.11 \pm 0.17^{a}$	$^{a}7.77 \pm 0.12^{a}$	$^{a}8.01 \pm 0.21^{a}$
(มี.ค. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}7.60 \pm 0.45^{a}$	$^{a}7.40 \pm 0.06^{a}$	$^{a}7.49 \pm 0.53^{a}$	$^{a}7.99 \pm 0.18^{a}$	$^{a}7.87 \pm 0.11^{a}$	$^{a}7.85 \pm 0.28^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}7.30 \pm 0.13^{b}$	$^{a}7.48 \pm 0.08^{ab}$	$^{a}7.66 \pm 0.11^{a}$	$^{a}8.12 \pm 0.13^{a}$	$^{a}7.76 \pm 0.23^{a}$	$^{a}8.21 \pm 0.31^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}7.64 \pm 0.07^{a}$	$^{a}7.55 \pm 0.37^{a}$	$^{a}7.38 \pm 0.07^{a}$	$^{a}7.99 \pm 0.04^{ab}$	$^{a}7.75 \pm 0.09^{b}$	$^{a}8.16 \pm 0..12^{a}$
3	ดินเลน	$^{a}7.50 \pm 0.13^{a}$	$^{a}7.26 \pm 0.35^{a}$	$^{ab}7.23 \pm 0.01^{a}$	$^{a}7.80 \pm 0.37^{a}$	$^{a}7.62 \pm 0.28^{a}$	$^{a}7.92 \pm 0.01^{a}$
(เม.ย. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}7.38 \pm 0.08^{ab}$	$^{a}7.72 \pm 0.13^{a}$	$^{b}7.16 \pm 0.13^{b}$	$^{a}7.52 \pm 0.28^{a}$	$^{a}7.66 \pm 0.01^{a}$	$^{a}7.70 \pm 0.16^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}7.32 \pm 0.04^{a}$	$^{a}7.35 \pm 0.15^{a}$	$^{b}7.14 \pm 0.06^{a}$	$^{a}7.90 \pm 0.16^{a}$	$^{a}7.82 \pm 0.00^{a}$	$^{a}7.79 \pm 0.15^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}7.60 \pm 0.34^{a}$	$^{a}7.32 \pm 0.30^{a}$	$^{a}7.48 \pm 0.11^{a}$	$^{a}7.82 \pm 0.13^{a}$	$^{a}7.85 \pm 0.16^{a}$	$^{a}7.75 \pm 0.19^{a}$

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดินอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรมุมบนขวามือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ผ 1 (ต่อ) ความเป็นกรดด่าง (pH) ของน้ำเสียชุมชนในวันที่ 1 และวันที่ 7 ของการกักเก็บในชุดการทดลองตามชนิดของดินและชนิดของพืช

ครั้งที่ทดลอง	ชนิดดิน	วันที่ 1			วันที่ 7		
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช
4	ดินเลน	$^{a}7.49 \pm 0.18^{a}$	$^{a}7.33 \pm 0.05^{a}$	$^{a}7.47 \pm 0.02^{a}$	$^{a}7.89 \pm 0.03^{a}$	$^{a}7.89 \pm 0.01^{a}$	$^{a}7.69 \pm 0.14^{a}$
(พ.ค. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}7.56 \pm 0.23^{a}$	$^{a}7.40 \pm 0.16^{a}$	$^{a}7.54 \pm 0.17^{a}$	$^{b}7.67 \pm 0.06^{b}$	$^{a}7.86 \pm 0.01^{a}$	$^{a}7.61 \pm 0.15^{b}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}7.50 \pm 0.16^{a}$	$^{a}7.55 \pm 0.06^{a}$	$^{a}7.41 \pm 0.04^{a}$	$^{ab}7.76 \pm 0.02^{b}$	$^{b}7.69 \pm 0.01^{c}$	$^{a}7.86 \pm 0.27^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}7.40 \pm 0.06^{b}$	$^{a}7.53 \pm 0.01^{ab}$	$^{a}7.54 \pm 0.04^{a}$	$^{ab}7.69 \pm 0.13^{a}$	$^{b}7.68 \pm 0.09^{a}$	$^{a}7.86 \pm 0.18^{a}$
5	ดินเลน	$^{a}7.66 \pm 0.25^{a}$	$^{a}8.13 \pm 0.13^{a}$	$^{a}8.00 \pm 0.13^{a}$	$^{a}8.03 \pm 0.01^{a}$	$^{ab}7.97 \pm 0.02^{a}$	$^{a}8.30 \pm 0.64^{a}$
(มิ.ย. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}7.96 \pm 0.02^{a}$	$^{a}7.63 \pm 0.45^{a}$	$^{a}8.18 \pm 0.02^{a}$	$^{a}7.72 \pm 0.13^{a}$	$^{a}8.18 \pm 0.10^{a}$	$^{a}8.34 \pm 0.32^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}7.62 \pm 0.20^{a}$	$^{a}7.77 \pm 0.20^{a}$	$^{b}7.62 \pm 0.11^{a}$	$^{a}7.89 \pm 0.32^{a}$	$^{b}7.75 \pm 0.23^{a}$	$^{a}8.25 \pm 0.00^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}7.61 \pm 0.18^{a}$	$^{a}7.52 \pm 0.14^{a}$	$^{b}7.59 \pm 0.17^{a}$	$^{a}7.89 \pm 0.09^{b}$	$^{ab}8.36 \pm 0.07^{ab}$	$^{a}8.23 \pm 0.06^{a}$
6	ดินเลน	$^{a}7.85 \pm 0.14^{a}$	$^{a}8.15 \pm 0.11^{a}$	$^{a}8.04 \pm 0.25^{a}$	$^{a}8.29 \pm 0.38^{a}$	$^{ab}8.29 \pm 0.00^{a}$	$^{a}8.16 \pm 0.21^{a}$
(ก.ค. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}7.99 \pm 0.04^{a}$	$^{a}7.96 \pm 0.20^{a}$	$^{a}8.17 \pm 0.03^{a}$	$^{a}7.87 \pm 0.13^{a}$	$^{a}8.51 \pm 0.27^{a}$	$^{a}8.45 \pm 0.23^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}7.80 \pm 0.03^{b}$	$^{a}7.73 \pm 0.02^{b}$	$^{a}8.13 \pm 0.08^{a}$	$^{a}8.09 \pm 0.44^{a}$	$^{c}7.75 \pm 0.16^{a}$	$^{a}8.11 \pm 0.08^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}7.60 \pm 0.34^{a}$	$^{a}7.88 \pm 0.04^{a}$	$^{a}8.05 \pm 0.01^{a}$	$^{a}7.97 \pm 0.08^{b}$	$^{bc}8.05 \pm 0.06^{b}$	$^{a}8.38 \pm 0.08^{a}$

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดินอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรมุมบนขวามือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ผ2 อุณหภูมิ (° C) ของน้ำเสียชุมชนในวันที่ 1 และวันที่ 7 ของการกักเก็บในชุดการทดลองตามชนิดของดินและชนิดของพืช

ครั้งที่ทดลอง	ชนิดดิน	วันที่ 1			วันที่ 7		
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช
1	ดินเลน	$^{a}23.60 \pm 0.11^{a}$	$^{b}23.80 \pm 0.42^{a}$	$^{b}23.55 \pm 0.92^{a}$	$^{a}29.75 \pm 0.78^{a}$	$^{a}29.95 \pm 0.64^{a}$	$^{a}30.25 \pm 0.21^{a}$
(ก.พ. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{ab}24.50 \pm 0.42^{a}$	$^{b}24.15 \pm 0.21^{a}$	$^{ab}24.15 \pm 0.49^{a}$	$^{a}30.00 \pm 0.57^{a}$	$^{a}30.40 \pm 0.42^{a}$	$^{a}30.55 \pm 0.35^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{ab}24.85 \pm 0.35^{a}$	$^{ab}24.39 \pm 0.49^{a}$	$^{a}24.85 \pm 0.35^{a}$	$^{a}29.75 \pm 0.49^{a}$	$^{a}29.90 \pm 0.42^{a}$	$^{a}29.80 \pm 0.28^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}25.25 \pm 0.07^{a}$	$^{a}25.40 \pm 0.14^{a}$	$^{a}25.20 \pm 0.14^{a}$	$^{a}30.30 \pm 0.28^{a}$	$^{a}29.70 \pm 0.71^{a}$	$^{a}30.65 \pm 0.35^{a}$
2	ดินเลน	$^{a}27.70 \pm 0.14^{a}$	$^{b}26.80 \pm 0.42^{b}$	$^{b}27.49 \pm 0.11^{ab}$	$^{c}27.50 \pm 0.14^{ab}$	$^{b}27.35 \pm 0.07^{b}$	$^{b}27.85 \pm 0.21^{a}$
(มี.ค. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}27.20 \pm 0.85^{a}$	$^{ab}27.20 \pm 0.42^{a}$	$^{b}27.20 \pm 0.42^{a}$	$^{bc}28.10 \pm 0.28^{a}$	$^{b}28.15 \pm 0.49^{a}$	$^{b}28.20 \pm 0.14^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}27.55 \pm 0.07^{a}$	$^{ab}27.25 \pm 0.07^{b}$	$^{b}27.45 \pm 0.07^{ab}$	$^{ab}28.75 \pm 0.35^{a}$	$^{b}28.40 \pm 0.42^{a}$	$^{a}29.00 \pm 0.00^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}27.90 \pm 0.14^{a}$	$^{a}28.00 \pm 0.42^{a}$	$^{a}28.25 \pm 0.21^{a}$	$^{a}29.10 \pm 0.14^{a}$	$^{a}29.50 \pm 0.42^{a}$	$^{a}29.30 \pm 0.00^{a}$
3	ดินเลน	$^{a}27.75 \pm 0.49^{a}$	$^{a}27.50 \pm 0.14^{a}$	$^{a}26.90 \pm 0.99^{a}$	$^{a}30.05 \pm 0.35^{a}$	$^{a}30.75 \pm 0.49^{a}$	$^{a}30.75 \pm 0.35^{a}$
(เม.ย. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}27.50 \pm 0.14^{a}$	$^{a}27.60 \pm 0.28^{a}$	$^{a}27.35 \pm 0.35^{a}$	$^{a}30.50 \pm 0.57^{a}$	$^{a}30.40 \pm 0.28^{a}$	$^{a}30.60 \pm 0.14^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}27.60 \pm 0.14^{a}$	$^{a}27.60 \pm 0.00^{a}$	$^{a}27.75 \pm 0.21^{a}$	$^{a}30.40 \pm 0.00^{a}$	$^{a}30.25 \pm 0.35^{a}$	$^{a}31.30 \pm 0.13^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}27.90 \pm 0.00^{a}$	$^{a}28.05 \pm 0.35^{a}$	$^{a}28.15 \pm 0.21^{a}$	$^{a}30.45 \pm 0.07^{a}$	$^{a}30.80 \pm 0.14^{a}$	$^{a}31.30 \pm 0.71^{a}$

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดินอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรมุมบนขวามือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ผ2 (ต่อ)_อุณหภูมิ (˚C) ของน้ำเสียชุมชนในวันที่ 1 และวันที่ 7 ของการกักเก็บในชุดการทดลองตามชนิดของดินและชนิดของพืช

ครั้งที่ทดลอง	ชนิดดิน	วันที่ 1			วันที่ 7		
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช
4	ดินเลน	$^{bc}29.00 \pm 0.14^{a}$	$^{b}23.90 \pm 0.14^{a}$	$^{b}29.05 \pm 0.07^{a}$	$^{a}32.55 \pm 2.33^{a}$	$^{a}32.60 \pm 2.26^{a}$	$^{a}32.65 \pm 1.48^{a}$
(พ.ค. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{c}28.85 \pm 0.21^{a}$	$^{b}28.90 \pm 0.14^{a}$	$^{b}28.95 \pm 0.35^{a}$	$^{a}33.85 \pm 0.35^{a}$	$^{a}33.00 \pm 0.57^{a}$	$^{a}33.55 \pm 1.06^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{ab}29.75 \pm 0.21^{a}$	$^{a}29.65 \pm 0.07^{a}$	$^{a}29.75 \pm 0.21^{a}$	$^{a}33.25 \pm 0.21^{a}$	$^{a}32.50 \pm 0.71^{a}$	$^{a}33.15 \pm 0.21^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}30.15 \pm 0.49^{a}$	$^{a}30.15 \pm 0.35^{a}$	$^{a}30.15 \pm 0.21^{a}$	$^{a}32.95 \pm 0.35^{a}$	$^{a}32.90 \pm 0.00^{a}$	$^{a}33.35 \pm 0.07^{a}$
5	ดินเลน	$^{a}30.40 \pm 0.52^{a}$	$^{a}29.35 \pm 1.20^{a}$	$^{a}30.30 \pm 0.57^{a}$	$^{a}30.05 \pm 0.21^{a}$	$^{a}30.30 \pm 0.14^{a}$	$^{a}30.10 \pm 0.42^{a}$
(มิ.ย. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}30.25 \pm 0.07^{a}$	$^{a}30.45 \pm 0.21^{a}$	$^{a}30.15 \pm 0.21^{a}$	$^{a}30.40 \pm 0.85^{a}$	$^{a}29.65 \pm 0.35^{a}$	$^{a}30.05 \pm 0.35^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}30.70 \pm 0.85^{a}$	$^{a}30.05 \pm 0.78^{a}$	$^{b}30.60 \pm 0.42^{a}$	$^{a}29.25 \pm 0.07^{b}$	$^{a}29.45 \pm 0.07^{b}$	$^{a}29.80 \pm 0.14^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}30.30 \pm 0.28^{a}$	$^{a}30.60 \pm 0.14^{a}$	$^{a}30.45 \pm 0.35^{a}$	$^{a}29.25 \pm 0.35^{a}$	$^{a}29.95 \pm 0.92^{a}$	$^{a}29.70 \pm 0.28^{a}$
6	ดินเลน	$^{a}28.55 \pm 0.21^{a}$	$^{a}28.80 \pm 0.14^{a}$	$^{b}28.60 \pm 0.42^{a}$	$^{a}30.30 \pm 0.00^{b}$	$^{a}33.65 \pm 0.07^{a}$	$^{a}32.65 \pm 0.06^{a}$
(ก.ค. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}28.65 \pm 0.49^{a}$	$^{a}28.85 \pm 0.78^{a}$	$^{b}28.30 \pm 0.00^{a}$	$^{a}30.95 \pm 1.63^{b}$	$^{b}31.15 \pm 0.49^{ab}$	$^{a}32.35 \pm 0.64^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}29.15 \pm 0.92^{a}$	$^{a}28.65 \pm 0.78^{a}$	$^{b}28.80 \pm 0.14^{a}$	$^{a}31.55 \pm 0.07^{ab}$	$^{b}31.45 \pm 0.07^{b}$	$^{a}32.30 \pm 0.42^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}28.90 \pm 0.14^{a}$	$^{a}28.65 \pm 0.21^{a}$	$^{a}29.25 \pm 0.35^{a}$	$^{a}31.45 \pm 0.49^{a}$	$^{b}31.40 \pm 0.00^{a}$	$^{a}31.70 \pm 0.28^{a}$

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดินอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรมุมบนขวามือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ3 ค่าการนำไฟฟ้า (ms/cm) ของน้ำเสียชุมชนในวันที่ 1 และวันที่ 7 ของการกักเก็บในชุดการทดลองตามชนิดของดินและชนิดของพืช

ครั้งที่ทดลอง	ชนิดดิน	วันที่ 1			วันที่ 7		
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช
1	ดินเลน	$^{a}15.73 \pm 15.06^{a}$	$^{c}11.49 \pm 0.93^{a}$	$^{a}14.08 \pm 8.12^{a}$	$^{a}44.29 \pm 2.43^{a}$	$^{a}16.09 \pm 2.43^{b}$	$^{a}33.15 \pm 7.86^{a}$
(ก.พ. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}26.19 \pm 16.90^{a}$	$^{b}20.97 \pm 4.18^{a}$	$^{a}21.31 \pm 3.30^{a}$	$^{c}17.46 \pm 1.10^{a}$	$^{a}19.84 \pm 6.43^{a}$	$^{b}13.64 \pm 4.72^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}26.03 \pm 7.63^{a}$	$^{b}25.71 \pm 0.18^{a}$	$^{a}33.78 \pm 13.00^{a}$	$^{c}15.72 \pm 1.66^{a}$	$^{a}16.81 \pm 2.17^{a}$	$^{b}14.98 \pm 2.43^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}24.44 \pm 7.79^{a}$	$^{a}35.65 \pm 2.15^{a}$	$^{a}35.06 \pm 8.46^{a}$	$^{b}23.69 \pm 1.59^{a}$	$^{a}19.33 \pm 9.38^{a}$	$^{b}17.90 \pm 5.15^{a}$
2	ดินเลน	$^{a}45.07 \pm 3.73^{a}$	$^{b}23.08 \pm 4.85^{a}$	$^{a}38.09 \pm 4.41^{a}$	$^{a}30.25 \pm 14.90^{a}$	$^{b}18.69 \pm 7.74^{a}$	$^{a}33.57 \pm 5.53^{a}$
(มี.ค. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}29.02 \pm 21.52^{a}$	$^{a}35.80 \pm 18.82^{a}$	$^{a}28.44 \pm 15.87^{a}$	$^{a}23.89 \pm 19.26^{a}$	$^{ab}28.57 \pm 5.51^{a}$	$^{a}23.67 \pm 6.84^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}32.41 \pm 3.62^{a}$	$^{a}35.20 \pm 8.83^{a}$	$^{a}31.21 \pm 15.65^{a}$	$^{a}32.80 \pm 5.95^{a}$	$^{a}34.43 \pm 3.11^{a}$	$^{a}28.40 \pm 0.51^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}32.82 \pm 18.42^{a}$	$^{a}29.96 \pm 1.64^{a}$	$^{a}30.13 \pm 1.16^{a}$	$^{a}34.41 \pm 9.12^{a}$	$^{ab}33.74 \pm 4.62^{a}$	$^{a}30.90 \pm 4.00^{a}$
3	ดินเลน	$^{a}15.96 \pm 13.48^{a}$	$^{a}6.75 \pm 3.50^{a}$	$^{a}11.43 \pm 6.17^{a}$	$^{a}26.45 \pm 8.45^{a}$	$^{a}16.03 \pm 5.43^{a}$	$^{a}29.69 \pm 12.98^{a}$
(เม.ย. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}26.63 \pm 22.44^{a}$	$^{a}15.97 \pm 1.80^{a}$	$^{a}10.99 \pm 9.37^{a}$	$^{a}14.61 \pm 2.90^{a}$	$^{b}21.93 \pm 1.58^{a}$	$^{a}13.32 \pm 7.01^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}14.09 \pm 2.41^{a}$	$^{a}15.23 \pm 7.11^{a}$	$^{a}7.28 \pm 4.85^{a}$	$^{a}24.79 \pm 7.99^{a}$	$^{b}24.64 \pm 11.56^{b}$	$^{a}21.30 \pm 8.90^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}18.50 \pm 5.54^{a}$	$^{a}11.97 \pm 6.58^{a}$	$^{a}13.12 \pm 3.46^{a}$	$^{a}28.19 \pm 5.80^{a}$	$^{b}26.38 \pm 8.43^{a}$	$^{a}22.46 \pm 3.61^{a}$

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดินอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรมุมบนขวามือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ผ3 (ต่อ)_ค่าการนำไฟฟ้า (ms/cm) ของน้ำเสียชุมชนในวันที่ 1 และวันที่ 7 ของการกักเก็บในชุดการทดลองตามชนิดของดินและชนิดของพืช

ครั้งที่ทดลอง	ชนิดดิน	วันที่ 1			วันที่ 7		
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช
4	ดินเลน	$^{ab}13.76 \pm 8.00^{a}$	$^{b}4.44 \pm 0.33^{a}$	$^{a}15.37 \pm 6.31^{a}$	$^{a}15.36 \pm 5.25^{a}$	$^{a}5.12 \pm 3.78^{a}$	$^{a}11.82 \pm 4.72^{a}$
(พ.ค. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{b}4.55 \pm 1.49^{a}$	$^{b}6.48 \pm 3.34^{a}$	$^{a}6.37 \pm 6.13^{a}$	$^{a}2.68 \pm 0.18^{a}$	$^{a}3.31 \pm 1.47^{a}$	$^{b}2.39 \pm 1.63^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}27.16 \pm 1.46^{a}$	$^{a}23.59 \pm 5.32^{a}$	$^{a}10.21 \pm 3.00^{b}$	$^{ab}9.95 \pm 1.94^{a}$	$^{a}13.08 \pm 10.98^{a}$	$^{ab}7.02 \pm 2.38^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{b}10.81 \pm 6.58^{a}$	$^{ab}12.33 \pm 6.26^{a}$	$^{a}16.43 \pm 11.46^{a}$	$^{b}5.95 \pm 1.15^{a}$	$^{a}7.53 \pm 0.98^{a}$	$^{ab}6.81 \pm 0.22^{a}$
5	ดินเลน	$^{a}19.64 \pm 8.34^{a}$	$^{b}2.42 \pm 1.18^{b}$	$^{ab}5.96 \pm 1.72^{ab}$	$^{a}10.58 \pm 4.77^{a}$	$^{a}9.05 \pm 4.36^{a}$	$^{a}9.47 \pm 3.05^{a}$
(มิ.ย. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{b}4.58 \pm 0.82^{a}$	$^{ab}5.39 \pm 2.26^{a}$	$^{a}3.17 \pm 0.89^{a}$	$^{b}2.02 \pm 1.02^{a}$	$^{a}2.55 \pm 0.69^{a}$	$^{b}2.28 \pm 0.43^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{ab}7.61 \pm 3.18^{a}$	$^{a}7.74 \pm 0.69^{a}$	$^{ab}5.24 \pm 0.03^{a}$	$^{ab}7.67 \pm 1.85^{a}$	$^{a}7.52 \pm 2.57^{a}$	$^{ab}4.62 \pm 0.04^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{ab}9.37 \pm 1.61^{a}$	$^{a}7.34 \pm 1.20^{a}$	$^{a}8.53 \pm 2.81^{a}$	$^{ab}6.09 \pm 0.01^{a}$	$^{a}5.23 \pm 0.28^{a}$	$^{ab}4.78 \pm 1.64^{a}$
6	ดินเลน	$^{a}8.71 \pm 1.59^{a}$	$^{a}4.27 \pm 1.67^{a}$	$^{a}6.65 \pm 2.96^{a}$	$^{a}14.04 \pm 2.88^{a}$	$^{a}6.23 \pm 0.04^{a}$	$^{a}12.23 \pm 7.94^{a}$
(ก.ค. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{b}4.12 \pm 1.75^{a}$	$^{a}4.68 \pm 2.52^{a}$	$^{a}3.63 \pm 1.03^{a}$	$^{a}4.22 \pm 3.26^{a}$	$^{a}4.16 \pm 2.78^{a}$	$^{a}4.08 \pm 0.48^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{ab}5.81 \pm 0.33^{a}$	$^{a}4.31 \pm 0.53^{b}$	$^{a}3.35 \pm 0.53^{b}$	$^{a}8.01 \pm 2.39^{a}$	$^{a}7.96 \pm 0.74^{a}$	$^{a}4.54 \pm 1.06^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{ab}5.25 \pm 1.06^{a}$	$^{a}4.02 \pm 0.12^{a}$	$^{a}5.01 \pm 0.90^{a}$	$^{a}6.78 \pm 1.49^{a}$	$^{a}7.51 \pm 3.17^{a}$	$^{a}6.54 \pm 1.39^{a}$

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดินอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรมุมบนขวามือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ผ4 ค่าความเค็ม(ppt) ของน้ำเสียชุมชนในวันที่ 1 และวันที่ 7 ของการกักเก็บในชุดการทดลองตามชนิดของดิน และชนิดของพืช

ครั้งที่ทดลอง	ชนิดดิน	วันที่ 1			วันที่ 7		
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช
1	ดินเลน	$^{a}9.40 \pm 9.48^{a}$	$^{c}6.55 \pm 0.64^{a}$	$^{a}8.20 \pm 5.09^{a}$	$^{a}29.00 \pm 0.85^{a}$	$^{a}9.30 \pm 1.56^{c}$	$^{a}20.95 \pm 0.92^{b}$
(ก.พ. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}16.25 \pm 11.24^{a}$	$^{b}18.55 \pm 2.76^{a}$	$^{a}12.80 \pm 2.12^{a}$	$^{c}10.50 \pm 1.41^{a}$	$^{a}11.75 \pm 4.17^{a}$	$^{b}7.80 \pm 2.83^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}15.80 \pm 4.95^{a}$	$^{b}15.70 \pm 0.14^{a}$	$^{a}21.25 \pm 8.98^{a}$	$^{c}9.15 \pm 1.06^{a}$	$^{a}9.80 \pm 1.41^{a}$	$^{b}8.65 \pm 1.48^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}14.85 \pm 5.16^{a}$	$^{a}22.40 \pm 1.56^{a}$	$^{a}22.10 \pm 5.80^{a}$	$^{b}14.35 \pm 1.06^{a}$	$^{a}11.45 \pm 6.01^{a}$	$^{b}10.45 \pm 3.32^{a}$
2	ดินเลน	$^{a}29.05 \pm 2.76^{a}$	$^{b}13.59 \pm 3.18^{b}$	$^{a}24.10 \pm 3.11^{a}$	$^{a}18.75 \pm 9.97^{a}$	$^{b}11.10 \pm 9.95^{a}$	$^{a}21.00 \pm 3.82^{a}$
(มี.ค. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}18.25 \pm 14.50^{a}$	$^{a}22.70 \pm 13.10^{a}$	$^{a}17.65 \pm 10.68^{a}$	$^{a}14.75 \pm 1.34^{a}$	$^{ab}17.55 \pm 3.75^{a}$	$^{a}14.30 \pm 4.53^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}22.60 \pm 6.79^{a}$	$^{a}20.10 \pm 2.40^{a}$	$^{a}21.55 \pm 2.19^{a}$	$^{a}20.40 \pm 4.10^{a}$	$^{a}21.55 \pm 2.19^{a}$	$^{a}17.45 \pm 0.35^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}20.65 \pm 12.66^{a}$	$^{a}18.50 \pm 1.13^{a}$	$^{a}21.05 \pm 3.18^{a}$	$^{a}21.60 \pm 6.36^{a}$	$^{ab}21.05 \pm 3.18^{a}$	$^{a}19.10 \pm 2.69^{a}$
3	ดินเลน	$^{a}9.45 \pm 8.41^{a}$	$^{a}3.70 \pm 1.98^{a}$	$^{a}10.90 \pm 1.13^{a}$	$^{a}16.05 \pm 5.59^{a}$	$^{a}10.90 \pm 1.13^{a}$	$^{a}18.00 \pm 8.20^{a}$
(เม.ย. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}4.20 \pm 2.69^{a}$	$^{a}9.30 \pm 1.13^{a}$	$^{a}13.00 \pm 0.99^{a}$	$^{a}9.05 \pm 0.92^{b}$	$^{a}13.00 \pm 0.99^{a}$	$^{a}10.15 \pm 0.78^{ab}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}8.15 \pm 1.48^{a}$	$^{a}7.10 \pm 7.21^{a}$	$^{a}15.00 \pm 0.57^{a}$	$^{a}15.10 \pm 5.09^{a}$	$^{a}15.00 \pm 0.57^{a}$	$^{a}12.75 \pm 3.04^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}10.95 \pm 3.61^{a}$	$^{a}6.85 \pm 4.03^{a}$	$^{a}16.10 \pm 5.66^{a}$	$^{a}17.25 \pm 3.89^{a}$	$^{a}16.10 \pm 5.66^{a}$	$^{a}13.45 \pm 2.33^{a}$

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดินอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรมุมบนขวามือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ผ4 (ต่อ)_ค่าความเค็ม(ppt) ของน้ำเสียชุมชนในวันที่ 1 และวันที่ 7 ของการกักเก็บในชุดการทดลอง ตามชนิดของดิน และชนิดของพืช

ครั้งที่ทดลอง	ชนิดดิน	วันที่ 1			วันที่ 7		
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช
4	ดินเลน	$^{ab}8.00 \pm 4.95^{a}$	$^{b}2.35 \pm 0.21^{a}$	$^{a}8.95 \pm 4.03^{a}$	$^{a}8.90 \pm 0.35^{a}$	$^{b}3.25 \pm 1.48^{a}$	$^{a}6.70 \pm 2.83^{b}$
(พ.ค. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{b}3.50 \pm 3.54^{a}$	$^{b}3.55 \pm 1.91^{a}$	$^{a}3.50 \pm 3.54^{a}$	$^{b}1.35 \pm 0.07^{a}$	$^{b}1.70 \pm 0.85^{a}$	$^{b}1.20 \pm 0.85^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}5.75 \pm 1.77^{a}$	$^{a}14.20 \pm 3.54^{a}$	$^{a}5.75 \pm 1.77^{b}$	$^{ab}5.55 \pm 1.20^{ab}$	$^{a}7.55 \pm 0.35^{a}$	$^{ab}3.80 \pm 1.41^{b}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{b}9.70 \pm 7.20^{a}$	$^{ab}7.05 \pm 3.89^{a}$	$^{a}9.70 \pm 7.21^{a}$	$^{b}3.20 \pm 0.71^{a}$	$^{b}4.10 \pm 0.57^{a}$	$^{ab}3.70 \pm 0.41^{a}$
5	ดินเลน	$^{a}3.20 \pm 0.99^{a}$	$^{b}1.25 \pm 0.64^{b}$	$^{ab}3.20 \pm 0.99^{ab}$	$^{a}5.95 \pm 2.90^{a}$	$^{a}5.05 \pm 2.62^{a}$	$^{a}5.30 \pm 1.84^{a}$
(มิ.ย. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{b}1.65 \pm 0.49^{a}$	$^{ab}2.90 \pm 1.27^{a}$	$^{b}1.65 \pm 0.49^{a}$	$^{b}1.00 \pm 0.57^{a}$	$^{a}1.30 \pm 0.42^{a}$	$^{b}1.15 \pm 0.21^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{ab}2.80 \pm 0.00^{a}$	$^{a}4.25 \pm 0.35^{a}$	$^{ab}2.80 \pm 0.00^{a}$	$^{ab}4.20 \pm 1.13^{a}$	$^{a}4.15 \pm 1.48^{a}$	$^{ab}2.45 \pm 0.07^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{ab}4.70 \pm 1.70^{a}$	$^{a}4.00 \pm 0.71^{a}$	$^{a}4.70 \pm 1.70^{a}$	$^{ab}3.30 \pm 0.03^{a}$	$^{a}2.80 \pm 0.14^{a}$	$^{ab}2.55 \pm 0.92^{a}$
6	ดินเลน	$^{a}3.60 \pm 1.70^{a}$	$^{a}2.25 \pm 0.92^{a}$	$^{a}3.60 \pm 1.70^{a}$	$^{a}8.05 \pm 1.77^{a}$	$^{a}3.30 \pm 0.14^{a}$	$^{a}7.05 \pm 4.88^{a}$
(ก.ค. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{b}1.90 \pm 0.57^{a}$	$^{a}2.50 \pm 1.41^{a}$	$^{a}1.90 \pm 0.57^{a}$	$^{b}2.25 \pm 1.77^{a}$	$^{a}2.20 \pm 1.56^{a}$	$^{a}2.10 \pm 0.28^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{ab}1.70 \pm 0.28^{a}$	$^{a}2.30 \pm 0.28^{b}$	$^{a}1.70 \pm 0.28^{b}$	$^{ab}4.45 \pm 0.35^{a}$	$^{a}4.45 \pm 0.35^{a}$	$^{a}2.40 \pm 0.57^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{ab}2.65 \pm 0.49^{a}$	$^{a}2.65 \pm 0.64^{a}$	$^{a}2.65 \pm 0.49^{a}$	$^{b}3.70 \pm 0.85^{a}$	$^{a}4.10 \pm 1.85^{a}$	$^{a}3.55 \pm 0.78^{a}$

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดินอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรมุมบนขวามือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ผ5 ปริมาณออกซิเจนละลาย (DO) (mg l^{-1}) ของน้ำเสียชุมชนในวันที่ 1 และวันที่ 7 ของการกักเก็บในชุดการทดลองตามชนิดของดินและชนิดของพืช

ครั้งที่ทดลอง	ชนิดดิน	วันที่ 1			วันที่ 7		
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช
1	ดินเลน	$^{a}1.40 \pm 0.57^{a}$	$^{a}1.05 \pm 1.20^{a}$	$^{a}0.45 \pm 0.49^{a}$	$^{a}4.35 \pm 0.35^{a}$	$^{b}4.30 \pm 0.42^{a}$	$^{a}3.45 \pm 0.07^{b}$
(ก.พ. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}0.55 \pm 0.49^{a}$	$^{a}0.50 \pm 0.00^{a}$	$^{a}0.75 \pm 0.21^{a}$	$^{a}4.30 \pm 0.42^{a}$	$^{a}4.75 \pm 0.07^{a}$	$^{a}3.60 \pm 0.28^{b}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}1.80 \pm 0.00^{a}$	$^{a}0.60 \pm 0.42^{b}$	$^{a}0.75 \pm 0.35^{b}$	$^{a}4.65 \pm 0.49^{a}$	$^{a}5.05 \pm 0.78^{a}$	$^{a}3.90 \pm 0.28^{b}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}2.10 \pm 0.85^{a}$	$^{a}1.95 \pm 0.64^{a}$	$^{a}1.75 \pm 0.92^{a}$	$^{a}4.45 \pm 1.20^{a}$	$^{a}4.75 \pm 0.35^{a}$	$^{a}3.95 \pm 0.07^{a}$
2	ดินเลน	$^{a}0.20 \pm 0.14^{a}$	$^{a}0.35 \pm 0.49^{a}$	$^{a}0.10 \pm 0.14^{a}$	$^{a}3.95 \pm 0.64^{a}$	$^{a}4.00 \pm 0.14^{a}$	$^{a}2.70 \pm 0.14^{b}$
(มี.ค. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}0.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}0.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}0.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}3.85 \pm 0.92^{a}$	$^{a}4.00 \pm 0.14^{a}$	$^{a}2.90 \pm 0.28^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}0.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}0.30 \pm 0.12^{a}$	$^{a}0.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}3.10 \pm 1.56^{a}$	$^{ab}3.05 \pm 1.34^{a}$	$^{a}2.60 \pm 0.57^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}0.20 \pm 0.28^{a}$	$^{a}0.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}0.15 \pm 0.21^{a}$	$^{a}2.10 \pm 0.71^{a}$	$^{b}2.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}1.90 \pm 0.28^{a}$
3	ดินเลน	$^{a}0.50 \pm 0.28^{a}$	$^{a}0.10 \pm 0.14^{a}$	$^{a}0.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}2.05 \pm 0.07^{a}$	$^{a}2.05 \pm 0.35^{a}$	$^{a}1.85 \pm 1.20^{a}$
(เม.ย. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}0.25 \pm 0.35^{a}$	$^{a}0.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}0.20 \pm 0.28^{a}$	$^{a}3.10 \pm 2.97^{a}$	$^{a}3.75 \pm 0.07^{a}$	$^{a}2.05 \pm 0.64^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}0.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}0.15 \pm 0.21^{a}$	$^{a}0.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}4.45 \pm 0.49^{a}$	$^{a}3.85 \pm 2.05^{a}$	$^{a}0.70 \pm 0.14^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}0.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}0.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}0.10 \pm 0.14^{a}$	$^{a}2.45 \pm 0.07^{a}$	$^{a}2.45 \pm 0.64^{a}$	$^{a}1.15 \pm 0.07^{b}$

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดินอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรมุมบนขวามือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ผ5 (ต่อ)_ปริมาณออกซิเจนละลาย (DO) (mg l^{-1}) ของน้ำเสียชุมชนในวันที่ 1 และวันที่ 7 ของการกักเก็บในชุดการทดลองตามชนิดของดินและชนิดของพืช

ครั้งที่ทดลอง	ชนิดดิน	วันที่ 1			วันที่ 7		
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช
4	ดินเลน	$^{a}0.10 \pm 0.42^{a}$	$^{a}0.15 \pm 1.63^{a}$	$^{a}0.45 \pm 0.64^{a}$	$^{a}4.05 \pm 1.20^{a}$	$^{a}3.65 \pm 0.64^{a}$	$^{a}2.65 \pm 0.92^{b}$
(พ.ค. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}0.50 \pm 1.48^{a}$	$^{a}0.50 \pm 0.71^{a}$	$^{a}0.15 \pm 1.63^{a}$	$^{a}3.95 \pm 0.78^{a}$	$^{a}3.45 \pm 0.92^{a}$	$^{a}2.65 \pm 0.21^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}0.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}0.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}0.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}2.95 \pm 0.07^{ab}$	$^{a}3.30 \pm 0.28^{a}$	$^{a}2.30 \pm 0.28^{b}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}0.25 \pm 0.35^{a}$	$^{a}0.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}0.90 \pm 1.27^{a}$	$^{a}4.50 \pm 0.42^{a}$	$^{a}4.00 \pm 0.14^{a}$	$^{a}2.95 \pm 0.21^{b}$
5	ดินเลน	$^{a}0.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}0.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}0.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}4.45 \pm 1.34^{a}$	$^{a}4.75 \pm 0.07^{a}$	$^{a}2.80 \pm 0.14^{a}$
(มิ.ย. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}0.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}0.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}0.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}3.40 \pm 0.28^{a}$	$^{a}4.35 \pm 0.92^{a}$	$^{a}2.90 \pm 0.14^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}0.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}0.10 \pm 0.14^{a}$	$^{a}0.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}3.30 \pm 0.71^{a}$	$^{a}4.25 \pm 0.49^{a}$	$^{a}2.95 \pm 0.35^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}0.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}0.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}0.10 \pm 0.14^{a}$	$^{a}4.65 \pm 1.34^{a}$	$^{a}4.35 \pm 0.07^{a}$	$^{a}3.05 \pm 0.07^{a}$
6	ดินเลน	$^{a}0.35 \pm 0.04^{a}$	$^{a}0.35 \pm 1.91^{a}$	$^{a}0.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}3.25 \pm 0.78^{a}$	$^{a}3.60 \pm 0.14^{a}$	$^{b}0.35 \pm 0.21^{b}$
(ก.ค. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}0.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}0.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}0.10 \pm 0.14^{a}$	$^{a}2.05 \pm 0.07^{a}$	$^{a}3.45 \pm 0.49^{a}$	$^{a}2.85 \pm 0.35^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}0.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}0.30 \pm 0.42^{a}$	$^{a}0.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}3.10 \pm 0.14^{a}$	$^{a}3.00 \pm 0.42^{a}$	$^{a}1.65 \pm 0.35^{b}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}0.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}0.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}0.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}2.75 \pm 0.64^{a}$	$^{a}2.80 \pm 0.57^{a}$	$^{b}0.45 \pm 0.07^{b}$

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดินอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรมุมบนขวามือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ผ6 ปริมาณบีโอดี (mg l^{-1}) ของน้ำเสียชุมชนในวันที่ 1 และวันที่ 7 ของการกักเก็บในชุดการทดลองตามชนิดของดินและชนิดของพืช

ครั้งที่ทดลอง	ชนิดดิน	วันที่ 1			วันที่ 7		
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช
1	ดินเลน	$^{c}25.50 \pm 0.71^{a}$	$^{ab}27.50 \pm 9.19^{a}$	$^{a}26.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}6.25 \pm 4.60^{a}$	$^{a}5.25 \pm 1.77^{a}$	$^{a}4.00 \pm 0.00^{a}$
(ก.พ. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{bc}32.50 \pm 0.71^{a}$	$^{ab}32.00 \pm 5.66^{a}$	$^{a}22.00 \pm 2.83^{a}$	$^{a}4.00 \pm 2.83^{a}$	$^{a}5.00 \pm 2.83^{a}$	$^{a}6.50 \pm 3.54^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}46.50 \pm 6.36^{a}$	$^{a}50.00 \pm 12.73^{a}$	$^{a}26.00 \pm 2.83^{a}$	$^{a}2.50 \pm 0.71^{b}$	$^{a}2.50 \pm 0.71^{b}$	$^{a}5.75 \pm 0.35^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{ab}40.00 \pm 7.07^{a}$	$^{b}25.00 \pm 1.41^{b}$	$^{a}21.50 \pm 3.54^{b}$	$^{a}8.50 \pm 2.12^{a}$	$^{a}7.50 \pm 2.12^{a}$	$^{a}8.50 \pm 2.12^{a}$
2	ดินเลน	$^{bc}23.00 \pm 0.00^{a}$	$^{b}24.50 \pm 3.54^{a}$	$^{a}25.00 \pm 2.83^{a}$	$^{b}5.50 \pm 3.54^{a}$	$^{a}7.50 \pm 2.12^{a}$	$^{b}10.50 \pm 0.71^{a}$
(มี.ค. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{c}21.00 \pm 1.41^{a}$	$^{b}28.50 \pm 4.95^{a}$	$^{a}24.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}12.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}11.50 \pm 3.54^{a}$	$^{a}13.00 \pm 1.41^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}27.50 \pm 0.00^{a}$	$^{b}28.00 \pm 4.24^{a}$	$^{a}22.50 \pm 0.71^{a}$	$^{ab}7.50 \pm 0.71^{a}$	$^{a}10.50 \pm 2.12^{a}$	$^{c}7.50 \pm 0.71^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{b}23.50 \pm 0.71^{b}$	$^{a}39.50 \pm 2.12^{a}$	$^{a}22.00 \pm 1.41^{b}$	$^{ab}7.00 \pm 1.41^{a}$	$^{a}9.00 \pm 2.83^{a}$	$^{d}5.00 \pm 0.00^{a}$
3	ดินเลน	$^{a}21.50 \pm 2.12^{a}$	$^{a}19.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}20.50 \pm 0.71^{a}$	$^{a}5.50 \pm 3.54^{a}$	$^{a}7.50 \pm 2.12^{a}$	$^{b}10.50 \pm 0.71^{a}$
(เม.ย. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}19.50 \pm 2.12^{a}$	$^{a}22.50 \pm 0.71^{a}$	$^{a}20.00 \pm 1.41^{a}$	$^{a}12.00 \pm 0.00^{ab}$	$^{a}9.50 \pm 0.71^{b}$	$^{a}13.00 \pm 1.41^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}25.00 \pm 2.83^{a}$	$^{a}22.50 \pm 2.12^{a}$	$^{a}21.50 \pm 0.71^{a}$	$^{a}7.50 \pm 0.71^{a}$	$^{a}10.50 \pm 2.12^{a}$	$^{c}7.50 \pm 0.71^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}22.50 \pm 2.12^{ab}$	$^{a}25.00 \pm 4.24^{a}$	$^{b}13.50 \pm 2.21^{b}$	$^{a}7.00 \pm 2.83^{a}$	$^{a}9.00 \pm 2.83^{a}$	$^{d}5.00 \pm 0.00^{a}$

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดินอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรมุมบนขวามือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ผ6 (ต่อ) ปริมาณบีโอดี (mg l^{-1}) ของน้ำเสียชุมชนในวันที่ 1 และวันที่ 7 ของการกักเก็บในชุดการทดลองตามชนิดของดินและชนิดของพืช

ครั้งที่ทดลอง	ชนิดดิน	วันที่ 1			วันที่ 7		
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช
4	ดินเลน	$^{b}27.00 \pm 1.41^{a}$	$^{a}27.00 \pm 1.41^{a}$	$^{b}23.50 \pm 3.54^{a}$	$^{b}9.50 \pm 0.71^{a}$	$^{a}9.50 \pm 2.12^{a}$	$^{b}12.50 \pm 0.71^{a}$
(พ.ค. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{b}27.50 \pm 2.12^{a}$	$^{a}32.50 \pm 4.95^{a}$	$^{b}25.00 \pm 1.41^{a}$	$^{a}8.50 \pm 2.12^{b}$	$^{a}13.00 \pm 1.41^{ab}$	$^{ab}14.00 \pm 0.00^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}32.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}26.00 \pm 2.83^{b}$	$^{a}32.50 \pm 0.71^{a}$	$^{a}14.00 \pm 1.41^{a}$	$^{a}11.50 \pm 0.71^{a}$	$^{a}15.00 \pm 1.41^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{b}24.50 \pm 0.71^{b}$	$^{a}30.50 \pm 2.12^{a}$	$^{b}23.50 \pm 0.71^{b}$	$^{ab}11.50 \pm 0.71^{a}$	$^{a}8.50 \pm 2.12^{a}$	$^{c}8.50 \pm 0.71^{a}$
5	ดินเลน	$^{b}23.20 \pm 1.41^{a}$	$^{a}23.50 \pm 2.12^{a}$	$^{a}22.00 \pm 1.41^{a}$	$^{a}9.00 \pm 1.41^{a}$	$^{ab}11.50 \pm 0.71^{b}$	$^{a}16.50 \pm 0.71^{a}$
(มิ.ย. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}28.00 \pm 1.41^{a}$	$^{a}22.50 \pm 2.12^{b}$	$^{a}21.50 \pm 0.71^{b}$	$^{a}14.00 \pm 4.24^{a}$	$^{a}14.50 \pm 2.12^{a}$	$^{ab}14.50 \pm 0.71^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{b}22.00 \pm 2.83^{a}$	$^{a}21.00 \pm 1.41^{a}$	$^{a}20.00 \pm 2.83^{a}$	$^{a}12.50 \pm 0.71^{a}$	$^{ab}13.00 \pm 1.41^{a}$	$^{b}11.50 \pm 2.12^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{b}19.50 \pm 0.71^{a}$	$^{a}19.00 \pm 0.00^{a}$	$^{a}21.50 \pm 2.12^{a}$	$^{a}11.00 \pm 1.41^{b}$	$^{b}10.50 \pm 0.71^{b}$	$^{ab}15.00 \pm 1.41^{a}$
6	ดินเลน	$^{ab}27.50 \pm 2.12^{a}$	$^{a}23.00 \pm 2.83^{a}$	$^{a}24.50 \pm 0.71^{a}$	$^{a}5.50 \pm 2.12^{a}$	$^{a}10.50 \pm 0.71^{a}$	$^{a}9.50 \pm 2.12^{a}$
(ก.ค. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{b}23.00 \pm 0.00^{b}$	$^{a}25.50 \pm 0.71^{ab}$	$^{a}27.00 \pm 1.71^{a}$	$^{a}7.00 \pm 2.83^{a}$	$^{a}6.00 \pm 1.41^{a}$	$^{a}10.00 \pm 1.41^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{ab}26.00 \pm 1.41^{a}$	$^{a}27.50 \pm 0.71^{a}$	$^{b}18.00 \pm 0.00^{b}$	$^{a}6.50 \pm 0.71^{a}$	$^{a}8.00 \pm 1.41^{a}$	$^{a}11.00 \pm 4.24^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}30.50 \pm 2.12^{a}$	$^{a}24.50 \pm 2.12^{ab}$	$^{b}17.00 \pm 2.83^{b}$	$^{a}9.50 \pm 0.71^{a}$	$^{a}7.00 \pm 2.83^{a}$	$^{a}8.50 \pm 3.54^{a}$

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดินอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรมุมบนขวามือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ผ7 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (mg l^{-1}) ของน้ำเสียชุมชนในวันที่ 1 และวันที่ 7 ของการกักเก็บในชุดการทดลองตามชนิดของดินและชนิดของพืช

ครั้งที่ทดลอง	ชนิดดิน	วันที่ 1			วันที่ 7		
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช
1	ดินเลน	$^{b}0.997 \pm 0.192^{a}$	$^{b}1.242 \pm 0.247^{a}$	$^{a}0.956 \pm 0.104^{a}$	$^{a}0.172 \pm 0.109^{a}$	$^{a}0.202 \pm 0.012^{a}$	$^{a}0.291 \pm 0.236^{a}$
(ก.พ. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{ab}1.070 \pm 0.291^{a}$	$^{c}0.671 \pm 0.033^{a}$	$^{a}1.239 \pm 0.330^{a}$	$^{a}0.138 \pm 0.096^{b}$	$^{b}0.103 \pm 0.030^{b}$	$^{a}0.372 \pm 0.045^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}1.533 \pm 0.043^{a}$	$^{ab}1.412 \pm 0.101^{a}$	$^{a}1.016 \pm 0.106^{b}$	$^{a}0.092 \pm 0.030^{b}$	$^{b}0.117 \pm 0.005^{b}$	$^{a}0.443 \pm 0.140^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{ab}1.529 \pm 0.129^{ab}$	$^{a}1.692 \pm 0.094^{a}$	$^{a}1.151 \pm 0.170^{b}$	$^{a}0.145 \pm 0.033^{a}$	$^{b}0.124 \pm 0.027^{ab}$	$^{a}0.114 \pm 0.013^{a}$
2	ดินเลน	$^{a}0.838 \pm 0.52^{a}$	$^{a}0.826 \pm 0.046^{a}$	$^{a}0.995 \pm 0.193^{a}$	$^{a}0.099 \pm 0.015^{b}$	$^{a}0.232 \pm 0.107^{b}$	$^{a}0.494 \pm 0.063^{a}$
(มี.ค. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{b}0.627 \pm 0.014^{a}$	$^{a}0.830 \pm 0.216^{a}$	$^{a}0.881 \pm 0.194^{a}$	$^{a}0.136 \pm 0.026^{b}$	$^{a}0.200 \pm 0.027^{b}$	$^{b}0.284 \pm 0.013^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{ab}0.633 \pm 0.119^{a}$	$^{b}0.468 \pm 0.015^{ab}$	$^{b}0.408 \pm 0.042^{b}$	$^{a}0.186 \pm 0.102^{b}$	$^{a}0.195 \pm 0.022^{a}$	$^{b}0.284 \pm 0.032^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{ab}0.653 \pm 0.032^{a}$	$^{a}0.814 \pm 0.104^{a}$	$^{ab}0.640 \pm 0.144^{a}$	$^{a}0.189 \pm 0.001^{c}$	$^{a}0.222 \pm 0.004^{b}$	$^{b}0.337 \pm 0.001^{a}$
3	ดินเลน	$^{ab}0.297 \pm 0.105^{b}$	$^{a}0.908 \pm 0.153^{a}$	$^{a}0.684 \pm 0.083^{a}$	$^{a}0.084 \pm 0.107^{b}$	$^{a}0.371 \pm 0.005^{a}$	$^{a}0.308 \pm 0.095^{a}$
(เม.ย. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{ab}0.557 \pm 0.003^{a}$	$^{b}0.342 \pm 0.040^{b}$	$^{ab}0.536 \pm 0.034^{a}$	$^{a}0.119 \pm 0.028^{b}$	$^{b}0.117 \pm 0.000^{b}$	$^{a}0.217 \pm 0.003^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}0.961 \pm 0.020^{a}$	$^{a}0.918 \pm 0.07^{a}$	$^{bc}0.459 \pm 0.249^{b}$	$^{a}0.160 \pm 0.019^{a}$	$^{b}0.155 \pm 0.056^{a}$	$^{a}0.208 \pm 0.027^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{bc}0.409 \pm 0.006^{a}$	$^{b}0.387 \pm 0.098^{a}$	$^{c}0.327 \pm 0.066^{a}$	$^{a}0.153 \pm 0.041^{a}$	$^{b}0.191 \pm 0.049^{a}$	$^{a}0.217 \pm 0.110^{a}$

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดินอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรมุมบนขวามือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ผ7 (ต่อ)_ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (mg l^{-1}) ของน้ำเสียชุมชนในวันที่ 1 และวันที่ 7 ของการกักเก็บในชุดการทดลองตามชนิดของดินและชนิดของพืช

ครั้งที่ทดลอง	ชนิดดิน	วันที่ 1			วันที่ 7		
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช
4	ดินเลน	$^{a}1.840 \pm 0.225^{a}$	$^{a}1.552 \pm 0.613^{a}$	$^{a}1.411 \pm 0.395^{a}$	$^{a}0.234 \pm 0.099^{a}$	$^{a}0.211 \pm 0.004^{a}$	$^{a}0.377 \pm 0.025^{a}$
(พ.ค. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{b}1.189 \pm 0.006^{a}$	$^{a}1.310 \pm 0.085^{a}$	$^{ab}1.015 \pm 0.022^{b}$	$^{ab}0.138 \pm 0.096^{b}$	$^{b}0.133 \pm 0.012^{b}$	$^{b}0.206 \pm 0.017^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{ab}1.520 \pm 0.22^{a}$	$^{a}1.583 \pm 0.022^{a}$	$^{b}0.863 \pm 0.111^{b}$	$^{b}0.078 \pm 0.011^{b}$	$^{b}0.142 \pm 0.015^{b}$	$^{c}0.138 \pm 0.015^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{b}1.420 \pm 0.089^{a}$	$^{a}1.579 \pm 0.199^{a}$	$^{ab}0.840 \pm 0.005^{b}$	$^{ab}0.133 \pm 0.013^{b}$	$^{ab}0.158 \pm 0.040^{a\,b}$	$^{a}0.221 \pm 0.008^{a}$
5	ดินเลน	$^{ab}1.547 \pm 0.310^{b}$	$^{a}2.374 \pm 0.019^{a}$	$^{a}2.379 \pm 0.034^{a}$	$^{a}0.107 \pm 0.000^{b}$	$^{a}0.276 \pm 0.103^{ab}$	$^{a}0.420 \pm 0.025^{a}$
(มิ.ย. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}2.349 \pm 0.043^{a}$	$^{a}2.011 \pm 0.530^{a}$	$^{a}2.123 \pm 0.245^{a}$	$^{b}0.027 \pm 0.028^{a}$	$^{b}0.065 \pm 0.060^{a}$	$^{b}0.141 \pm 0.011^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}2.286 \pm 0.057^{a}$	$^{a}2.304 \pm 0.051^{a}$	$^{a}2.187 \pm 0.061^{a}$	$^{b}0.021 \pm 0.003^{b}$	$^{b}0.011 \pm 0.002^{b}$	$^{b}0.137 \pm 0.036^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{b}1.140 \pm 0.475^{a}$	$^{a}1.829 \pm 0.415^{a}$	$^{b}0.948 \pm 0.120^{a}$	$^{b}0.016 \pm 0.005^{b}$	$^{b}0.025 \pm 0.008^{b}$	$^{c}0.054 \pm 0.008^{a}$
6	ดินเลน	$^{a}1.754 \pm 0.618^{a}$	$^{a}2.074 \pm 0.350^{a}$	$^{a}1.494 \pm 0.828^{a}$	$^{a}0.123 \pm 0.089^{b}$	$^{b}0.136 \pm 0.030^{b}$	$^{a}1.102 \pm 0.103^{a}$
(ก.ค. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}1.941 \pm 0.171^{a}$	$^{a}1.737 \pm 0.367^{a}$	$^{a}2.003 \pm 0.269^{b}$	$^{a}0.1003 \pm 0.014^{b}$	$^{b}0.102 \pm 0.016^{b}$	$^{c}0.292 \pm 0.004^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}1.524 \pm 0.055^{b}$	$^{a}1.878 \pm 0.015^{a}$	$^{a}1.611 \pm 0.053^{b}$	$^{a}0.118 \pm 0.044^{b}$	$^{b}0.317 \pm 0.087^{ab}$	$^{c}0.347 \pm 0.069^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}1.236 \pm 0.211^{a}$	$^{a}1.433 \pm 0.123^{a}$	$^{a}1.457 \pm 0.313^{a}$	$^{a}0.075 \pm 0.008^{b}$	$^{b}0.125 \pm 0.005^{b}$	$^{b}0.561 \pm 0.051^{a}$

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดินอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรมุมบนขวามือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ผ8 ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน (mg l^{-1}) ของน้ำเสียชุมชนในวันที่ 1 และวันที่ 7 ของการกักเก็บในชุดการทดลองตามชนิดของดินและชนิดของพืช

ครั้งที่ทดลอง	ชนิดดิน	วันที่ 1			วันที่ 7		
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช
1	ดินเลน	$^{a}0.012 \pm 0.003^{b}$	$^{a}0.016 \pm 0.002^{ab}$	$^{a}0.019 \pm 0.001^{a}$	$^{a}0.006 \pm 0.001^{a}$	$^{a}0.006 \pm 0.002^{a}$	$^{a}0.009 \pm 0.001^{a}$
(ก.พ. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}0.013 \pm 0.001^{a}$	$^{a}0.014 \pm 0.002^{a}$	$^{a}0.019 \pm 0.004^{a}$	$^{a}0.006 \pm 0.004^{a}$	$^{a}0.007 \pm 0.003^{a}$	$^{a}0.007 \pm 0.005^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}0.015 \pm 0.001^{a}$	$^{a}0.0016 \pm 0.001^{a}$	$^{a}0.017 \pm 0.008^{a}$	$^{a}0.004 \pm 0.004^{a}$	$^{a}0.117 \pm 0.001^{a}$	$^{a}0.013 \pm 0.008^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}0.011 \pm 0.000^{b}$	$^{a}0.013 \pm 0.000^{a}$	$^{a}0.012 \pm 0.000^{ab}$	$^{a}0.001 \pm 0.000^{b}$	$^{a}0.003 \pm 0.000^{b}$	$^{a}0.008 \pm 0.002^{a}$
2	ดินเลน	$^{ab}0.029 \pm 0.004^{a}$	$^{b}0.029 \pm 0.001^{a}$	$^{a}0.024 \pm 0.002^{a}$	$^{a}0.005 \pm 0.006^{a}$	$^{a}0.010 \pm 0.002^{a}$	$^{a}0.015 \pm 0.001^{a}$
(มี.ค. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{c}0.008 \pm 0.001^{a}$	$^{d}0.010 \pm 0.001^{a}$	$^{a}0.010 \pm 0.003^{a}$	$^{a}0.002 \pm 0.001^{b}$	$^{b}0.001 \pm 0.000^{b}$	$^{b}0.003 \pm 0.000^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{bc}0.014 \pm 0.003^{a}$	$^{c}0.017 \pm 0.002^{ab}$	$^{a}0.025 \pm 0.006^{a}$	$^{a}0.007 \pm 0.005^{a}$	$^{a}0.007 \pm 0.003^{a}$	$^{a}0.016 \pm 0.008^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}0.043 \pm 0.010^{a}$	$^{a}0.045 \pm 0.025^{a}$	$^{a}0.020 \pm 0.014^{a}$	$^{a}0.004 \pm 0.000^{b}$	$^{a}0.007 \pm 0.000^{a}$	$^{ab}0.005 \pm 0.000^{b}$
3	ดินเลน	$^{a}0.041 \pm 0.020^{b}$	$^{a}0.040 \pm 0.008^{a}$	$^{b}0.044 \pm 0.012^{a}$	$^{ab}0.009 \pm 0.004^{a}$	$^{a}0.009 \pm 0.001^{a}$	$^{ab}0.012 \pm 0.000^{a}$
(เม.ย. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}0.032 \pm 0.004^{a}$	$^{a}0.045 \pm 0.020^{a}$	$^{a}0.069 \pm 0.000^{a}$	$^{a}0.003 \pm 0.003^{a}$	$^{a}0.009 \pm 0.002^{a}$	$^{b}0.005 \pm 0.002^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{b}0.031 \pm 0.001^{a}$	$^{a}0.032 \pm 0.002^{a}$	$^{b}0.028 \pm 0.001^{a}$	$^{ab}0.006 \pm 0.000^{b}$	$^{a}0.015 \pm 0.005^{a}$	$^{a}0.014 \pm 0.000^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{b}0.031 \pm 0.001^{a}$	$^{a}0.027 \pm 0.003^{a}$	$^{b}0.032 \pm 0.000^{a}$	$^{a}0.013 \pm 0.003^{a}$	$^{a}0.010 \pm 0.008^{a}$	$^{ab}0.011 \pm 0.006^{a}$

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดินอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรมุมบนขวามือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ8 (ต่อ)ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน (mg l^{-1}) ของน้ำเสียชุมชนในวันที่ 1 และวันที่ 7 ของการกักเก็บในชุดการทดลองตามชนิดของดินและชนิดของพืช

ครั้งที่ทดลอง	ชนิดดิน	วันที่ 1			วันที่ 7		
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช
4	ดินเลน	$^{a}0.019 \pm 0.000^{a}$	$^{a}0.030 \pm 0.009^{a}$	$^{a}0.016 \pm 0.001^{a}$	$^{a}0.007 \pm 0.000^{a}$	$^{a}0.003 \pm 0.002^{a}$	$^{a}0.007 \pm 0.000^{a}$
(พ.ค. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}0.018 \pm 0.008^{a}$	$^{a}0.016 \pm 0.002^{a}$	$^{a}0.013 \pm 0.004^{a}$	$^{a}0.002 \pm 0.002^{a}$	$^{a}0.002 \pm 0.001^{a}$	$^{a}0.003 \pm 0.002^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}0.019 \pm 0.005^{a}$	$^{a}0.020 \pm 0.007^{a}$	$^{a}0.013 \pm 0.004^{a}$	$^{a}0.006 \pm 0.001^{a}$	$^{a}0.010 \pm 0.007^{a}$	$^{a}0.008 \pm 0.001^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}0.021 \pm 0.004^{a}$	$^{a}0.015 \pm 0.003^{a}$	$^{a}0.016 \pm 0.003^{a}$	$^{a}0.003 \pm 0.001^{a}$	$^{a}0.005 \pm 0.004^{a}$	$^{a}0.006 \pm 0.002^{a}$
5	ดินเลน	$^{a}0.023 \pm 0.004^{a}$	$^{c}0.014 \pm 0.000^{b}$	$^{a}0.018 \pm 0.000^{ab}$	$^{a}0.014 \pm 0.006^{a}$	$^{a}0.009 \pm 0.004^{a}$	$^{a}0.013 \pm 0.001^{a}$
(มิ.ย. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}0.019 \pm 0.002^{a}$	$^{bc}0.017 \pm 0.003^{ab}$	$^{b}0.010 \pm 0.003^{b}$	$^{a}0.010 \pm 0.004^{a}$	$^{a}0.009 \pm 0.003^{a}$	$^{b}0.006 \pm 0.001^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}0.018 \pm 0.004^{a}$	$^{ab}0.020 \pm 0.001^{a}$	$^{a}0.017 \pm 0.002^{a}$	$^{a}0.006 \pm 0.000^{a}$	$^{a}0.009 \pm 0.000^{a}$	$^{a}0.006 \pm 0.003^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}0.019 \pm 0.002^{a}$	$^{a}0.023 \pm 0.000^{a}$	$^{a}0.019 \pm 0.002^{a}$	$^{a}0.008 \pm 0.004^{a}$	$^{a}0.010 \pm 0.002^{a}$	$^{ab}0.011 \pm 0.002^{a}$
6	ดินเลน	$^{b}0.017 \pm 0.003^{a}$	$^{a}0.024 \pm 0.008^{a}$	$^{a}0.034 \pm 0.019^{a}$	$^{b}0.011 \pm 0.003^{a}$	$^{a}0.013 \pm 0.002^{a}$	$^{a}0.023 \pm 0.015^{a}$
(ก.ค. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{b}0.015 \pm 0.001^{a}$	$^{a}0.015 \pm 0.003^{a}$	$^{a}0.018 \pm 0.002^{a}$	$^{b}0.009 \pm 0.003^{ab}$	$^{b}0.007 \pm 0.000^{b}$	$^{a}0.013 \pm 0.000^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}0.026 \pm 0.000^{a}$	$^{a}0.016 \pm 0.001^{b}$	$^{a}0.027 \pm 0.001^{a}$	$^{a}0.021 \pm 0.000^{a}$	$^{a}0.012 \pm 0.003^{b}$	$^{a}0.022 \pm 0.001^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{b}0.019 \pm 0.001^{a}$	$^{a}0.018 \pm 0.000^{a}$	$^{a}0.020 \pm 0.001^{a}$	$^{b}0.013 \pm 0.002^{a}$	$^{a}0.014 \pm 0.003^{a}$	$^{a}0.016 \pm 0.001^{a}$

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดินอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรมุมบนขวามือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ผ9 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (mg l^{-1}) ของน้ำเสียชุมชนในวันที่ 1 และวันที่ 7 ของการกักเก็บในชุดการทดลองตามชนิดของดินและชนิดของพืช

ครั้งที่ทดลอง	ชนิดดิน	วันที่ 1			วันที่ 7		
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช
1	ดินเลน	$^{b}0.011 \pm 0.002^{a}$	$^{b}0.012 \pm 0.004^{a}$	$^{c}0.012 \pm 0.002^{a}$	$^{a}0.032 \pm 0.001^{ab}$	$^{a}0.037 \pm 0.001^{a}$	$^{a}0.026 \pm 0.004^{b}$
(ก.พ. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{ab}0.016 \pm 0.005^{a}$	$^{b}0.015 \pm 0.005^{a}$	$^{c}0.006 \pm 0.002^{a}$	$^{a}0.034 \pm 0.007^{a}$	$^{a}0.034 \pm 0.000^{a}$	$^{a}0.045 \pm 0.016^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}0.025 \pm 0.005^{a}$	$^{a}0.033 \pm 0.009^{a}$	$^{a}0.027 \pm 0.001^{a}$	$^{a}0.039 \pm 0.000^{a}$	$^{a}0.032 \pm 0.010^{a}$	$^{a}0.040 \pm 0.013^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{ab}0.019 \pm 0.001^{a}$	$^{ab}0.018 \pm 0.002^{a}$	$^{b}0.021 \pm 0.000^{a}$	$^{b}0.014 \pm 0.000^{c}$	$^{a}0.026 \pm 0.000^{b}$	$^{a}0.043 \pm 0.008^{a}$
2	ดินเลน	$^{a}0.123 \pm 0.001^{b}$	$^{a}0.330 \pm 0.061^{a}$	$^{a}0.074 \pm 0.003^{b}$	$^{a}0.046 \pm 0.003^{b}$	$^{a}0.069 \pm 0.003^{a}$	$^{a}0.032 \pm 0.002^{c}$
(มี.ค. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{b}0.057 \pm 0.003^{a}$	$^{b}0.043 \pm 0.007^{a}$	$^{b}0.048 \pm 0.002^{a}$	$^{b}0.028 \pm 0.002^{a}$	$^{b}0.023 \pm 0.007^{a}$	$^{a}0.036 \pm 0.005^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{c}0.027 \pm 0.009^{ab}$	$^{b}0.046 \pm 0.006^{a}$	$^{c}0.015 \pm 0.005^{b}$	$^{c}0.007 \pm 0.001^{a}$	$^{c}0.005 \pm 0.000^{a}$	$^{b}0.006 \pm 0.000^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{c}0.036 \pm 0.005^{a}$	$^{b}0.045 \pm 0.003^{a}$	$^{c}0.018 \pm 0.002^{b}$	$^{c}0.007 \pm 0.003^{a}$	$^{c}0.008 \pm 0.000^{a}$	$^{b}0.010 \pm 0.003^{a}$
3	ดินเลน	$^{b}0.147 \pm 0.005^{b}$	$^{a}0.204 \pm 0.006^{a}$	$^{ab}0.078 \pm 0.030^{c}$	$^{b}0.026 \pm 0.005^{b}$	$^{a}0.056 \pm 0.002^{a}$	$^{b}0.015 \pm 0.002^{c}$
(เม.ย. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}0.311 \pm 0.051^{a}$	$^{b}0.099 \pm 0.008^{b}$	$^{a}0.125 \pm 0.026^{b}$	$^{a}0.134 \pm 0.025^{a}$	$^{a}0.056 \pm 0.008^{b}$	$^{a}0.056 \pm 0.004^{b}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{b}0.098 \pm 0.011^{a}$	$^{b}0.100 \pm 0.007^{a}$	$^{b}0.045 \pm 0.005^{b}$	$^{b}0.012 \pm 0.002^{a}$	$^{b}0.022 \pm 0.003^{a}$	$^{b}0.022 \pm 0.005^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{b}0.074 \pm 0.003^{a}$	$^{c}0.068 \pm 0.009^{a}$	$^{b}0.052 \pm 0.008^{a}$	$^{b}0.023 \pm 0.003^{a}$	$^{b}0.017 \pm 0.006^{a}$	$^{b}0.016 \pm 0.002^{a}$

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดินอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรมุมบนขวามือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ9 (ต่อ) ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (mg l^{-1}) ของน้ำเสียชุมชนในวันที่ 1 และวันที่ 7 ของการกักเก็บในชุดการทดลองตามชนิดของดินและชนิดของพืช

ครั้งที่ทดลอง	ชนิดดิน	วันที่ 1			วันที่ 7		
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช
4	ดินเลน	$^{b}0.031 \pm 0.001^{a}$	$^{b}0.023 \pm 0.004^{a}$	$^{c}0.013 \pm 0.004^{b}$	$^{a}0.012 \pm 0.009^{a}$	$^{ab}0.007 \pm 0.000^{a}$	$^{b}0.009 \pm 0.001^{a}$
(พ.ค. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{ab}0.037 \pm 0.007^{a}$	$^{b}0.017 \pm 0.001^{b}$	$^{bc}0.019 \pm 0.004^{b}$	$^{a}0.010 \pm 0.000^{a}$	$^{b}0.005 \pm 0.000^{c}$	$^{ab}0.014 \pm 0.016^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}0.045 \pm 0.002^{a}$	$^{a}0.030 \pm 0.002^{b}$	$^{b}0.028 \pm 0.001^{b}$	$^{a}0.015 \pm 0.003^{a}$	$^{a}0.009 \pm 0.001^{a}$	$^{a}0.015 \pm 0.002^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{b}0.029 \pm 0.003^{b}$	$^{a}0.037 \pm 0.002^{ab}$	$^{a}0.045 \pm 0.004^{a}$	$^{b}0.005 \pm 0.000^{c}$	$^{ab}0.007 \pm 0.002^{b}$	$^{ab}0.014 \pm 0.003^{a}$
5	ดินเลน	$^{a}0.044 \pm 0.007^{a}$	$^{b}0.026 \pm 0.004^{a}$	$^{a}0.033 \pm 0.005^{a}$	$^{a}0.027 \pm 0.003^{a}$	$^{a}0.016 \pm 0.000^{c}$	$^{a}0.021 \pm 0.000^{b}$
(มิ.ย. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}0.040 \pm 0.005^{a}$	$^{b}0.032 \pm 0.000^{ab}$	$^{b}0.023 \pm 0.001^{b}$	$^{b}0.011 \pm 0.002^{a}$	$^{a}0.012 \pm 0.002^{a}$	$^{b}0.014 \pm 0.002^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}0.033 \pm 0.009^{a}$	$^{a}0.040 \pm 0.003^{a}$	$^{a}0.035 \pm 0.001^{a}$	$^{b}0.016 \pm 0.003^{a}$	$^{a}0.021 \pm 0.003^{a}$	$^{ab}0.018 \pm 0.001^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}0.045 \pm 0.006^{a}$	$^{a}0.041 \pm 0.002^{ab}$	$^{a}0.033 \pm 0.001^{b}$	$^{a}0.025 \pm 0.003^{a}$	$^{a}0.019 \pm 0.005^{a}$	$^{a}0.021 \pm 0.003^{a}$
6	ดินเลน	$^{b}0.028 \pm 0.007^{b}$	$^{a}0.032 \pm 0.002^{b}$	$^{a}0.052 \pm 0.004^{a}$	$^{b}0.012 \pm 0.003^{b}$	$^{a}0.016 \pm 0.006^{b}$	$^{a}0.040 \pm 0.006^{a}$
(ก.ค. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{b}0.058 \pm 0.007^{a}$	$^{a}0.032 \pm 0.003^{a}$	$^{b}0.020 \pm 0.004^{a}$	$^{b}0.012 \pm 0.002^{a}$	$^{a}0.011 \pm 0.000^{a}$	$^{c}0.012 \pm 0.001^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}0.049 \pm 0.001^{a}$	$^{ab}0.028 \pm 0.000^{b}$	$^{a}0.049 \pm 0.005^{a}$	$^{a}0.019 \pm 0.002^{b}$	$^{a}0.014 \pm 0.004^{b}$	$^{ab}0.031 \pm 0.003^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}0.048 \pm 0.000^{a}$	$^{b}0.026 \pm 0.002^{c}$	$^{b}0.034 \pm 0.008^{b}$	$^{a}0.024 \pm 0.001^{a}$	$^{a}0.012 \pm 0.001^{b}$	$^{b}0.024 \pm 0.005^{a}$

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดินอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรมุมบนขวามือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ผ10_ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (mg l^{-1}) ของน้ำเสียชุมชนในวันที่ 1 และวันที่ 7 ของการกักเก็บในชุดการทดลองตามชนิดของดินและชนิดของพืช

ครั้งที่ทดลอง	ชนิดดิน	วันที่ 1			วันที่ 7		
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช
1	ดินเลน	$^{a}11.20 \pm 1.58^{a}$	$^{a}9.80 \pm 0.05^{a}$	$^{a}11.48 \pm 0.40^{a}$	$^{ab}3.08 \pm 1.19^{a}$	$^{ab}2.80 \pm 0.00^{a}$	$^{a}4.76 \pm 0.40^{a}$
(ก.พ. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}12.32 \pm 0.00^{a}$	$^{a}10.36 \pm 1.19^{a}$	$^{b}7.00 \pm 1.19^{b}$	$^{a}4.76 \pm 1.19^{a}$	$^{a}3.64 \pm 0.40^{a}$	$^{b}3.36 \pm 0.00^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}9.52 \pm 1.58^{a}$	$^{a}10.80 \pm 0.57^{a}$	$^{a}11.48 \pm 1.98^{a}$	$^{b}1.68 \pm 0.00^{b}$	$^{bc}2.24 \pm 0.40^{ab}$	$^{c}2.68 \pm 0.00^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}10.36 \pm 1.98^{a}$	$^{b}5.60 \pm 0.79^{b}$	$^{ab}8.68 \pm 0.40^{ab}$	$^{b}1.96 \pm 0.40^{a}$	$^{c}1.40 \pm 0.40^{a}$	$^{d}1.54 \pm 0.20^{a}$
2	ดินเลน	$^{b}8.40 \pm 0.00^{a}$	$^{a}9.24 \pm 1.19^{a}$	$^{a}8.86 \pm 0.65^{a}$	$^{ab}2.24 \pm 1.58^{a}$	$^{a}3.76 \pm 0.23^{a}$	$^{a}3.92 \pm 1.58^{a}$
(มี.ค. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}9.80 \pm 0.40^{a}$	$^{a}8.48 \pm 0.10^{a}$	$^{a}11.20 \pm 1.58^{a}$	$^{a}2.92 \pm 0.17^{a}$	$^{a}3.36 \pm 0.79^{a}$	$^{a}3.64 \pm 1.19^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}10.08 \pm 1.58^{a}$	$^{a}11.20 \pm 0.79^{a}$	$^{b}11.48 \pm 1.98^{a}$	$^{ab}1.68 \pm 0.79^{a}$	$^{b}1.68 \pm 0.00^{a}$	$^{a}2.52 \pm 0.40^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}12.32 \pm 0.00^{a}$	$^{a}10.36 \pm 1.98^{a}$	$^{b}12.04 \pm 1.19^{b}$	$^{b}0.70 \pm 0.20^{c}$	$^{b}1.12 \pm 0.00^{b}$	$^{a}2.24 \pm 0.00^{a}$
3	ดินเลน	$^{a}7.28 \pm 0.00^{b}$	$^{ab}7.84 \pm 0.00^{a}$	$^{a}7.84 \pm 0.00^{a}$	$^{a}1.68 \pm 0.00^{a}$	$^{a}1.68 \pm 0.00^{a}$	$^{b}1.82 \pm 0.20^{a}$
(เม.ย. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}8.12 \pm 1.19^{a}$	$^{b}6.72 \pm 0.00^{a}$	$^{a}8.12 \pm 0.40^{a}$	$^{a}1.82 \pm 0.59^{a}$	$^{a}1.82 \pm 0.20^{a}$	$^{b}2.10 \pm 0.20^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}9.52 \pm 1.58^{a}$	$^{a}8.96 \pm 0.96^{b}$	$^{a}8.96 \pm 2.38^{b}$	$^{a}1.26 \pm 0.20^{b}$	$^{a}1.54 \pm 0.20^{b}$	$^{a}2.80 \pm 0.00^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}10.08 \pm 0.00^{a}$	$^{ab}8.12 \pm 0.40^{b}$	$^{a}9.24 \pm 0.40^{a}$	$^{a}1.68 \pm 0.00^{a}$	$^{a}1.40 \pm 0.40^{a}$	$^{b}2.10 \pm 0.20^{a}$

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดินอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรมุมบนขวามือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ผ10_ (ต่อ) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (mg l^{-1}) ของน้ำเสียชุมชนในวันที่ 1 และวันที่ 7 ของการกักเก็บในชุดการทดลองตามชนิดของดินและชนิดของพืช

ครั้งที่ทดลอง	ชนิดดิน	วันที่ 1			วันที่ 7		
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช
4	ดินเลน	$^{a}10.30 \pm 0.65^{a}$	$^{b}7.42 \pm 0.20^{b}$	$^{a}10.36 \pm 0.40^{a}$	$^{bc}2.52 \pm 0.23^{b}$	$^{c}1.12 \pm 0.00^{b}$	$^{a}5.04 \pm 0.79^{a}$
(พ.ค. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}8.26 \pm 2.8^{a}$	$^{a}11.20 \pm 0.96^{a}$	$^{b}8.96 \pm 0.17^{b}$	$^{c}1.26 \pm 0.20^{b}$	$^{b}2.38 \pm 0.59^{b}$	$^{a}4.46 \pm 0.23^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}9.24 \pm 0.40^{ab}$	$^{a}11.48 \pm 1.19^{a}$	$^{a}7.28 \pm 0.79^{a}$	$^{b}2.80 \pm 0.79^{a}$	$^{a}4.20 \pm 0.40^{a}$	$^{a}4.48 \pm 1.58^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}10.08 \pm 0.00^{a}$	$^{b}8.12 \pm 0.40^{b}$	$^{ab}9.24 \pm 0.40^{ab}$	$^{a}4.20 \pm 0.40^{a}$	$^{a}4.20 \pm 0.40^{a}$	$^{a}4.76 \pm 0.40^{a}$
5	ดินเลน	$^{b}8.68 \pm 1.98^{a}$	$^{a}12.60 \pm 1.98^{a}$	$^{a}11.48 \pm 1.53^{a}$	$^{a}4.76 \pm 0.40^{a}$	$^{a}6.44 \pm 1.19^{a}$	$^{a}7.00 \pm 1.19^{a}$
(มิ.ย. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}15.12 \pm 0.00^{a}$	$^{a}10.36 \pm 1.19^{b}$	$^{a}12.88 \pm 1.58^{a}$	$^{a}3.92 \pm 0.00^{b}$	$^{b}3.64 \pm 0.40^{b}$	$^{a}6.72 \pm 0.00^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{ab}11.54 \pm 0.31^{a}$	$^{a}12.60 \pm 1.98^{a}$	$^{b}11.76 \pm 1.58^{a}$	$^{a}4.20 \pm 0.79^{a}$	$^{b}4.20 \pm 0.40^{a}$	$^{a}5.88 \pm 1.98^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{b}9.52 \pm 1.75^{a}$	$^{a}10.92 \pm 0.40^{a}$	$^{b}10.08 \pm 0.34^{b}$	$^{a}3.64 \pm 1.19^{a}$	$^{b}3.36 \pm 0.79^{a}$	$^{a}5.60 \pm 0.79^{a}$
6	ดินเลน	$^{b}10.36 \pm 1.36^{a}$	$^{a}11.20 \pm 1.58^{a}$	$^{a}13.72 \pm 0.57^{a}$	$^{a}5.60 \pm 0.79^{b}$	$^{a}6.22 \pm 0.08^{b}$	$^{ab}8.40 \pm 0.00^{a}$
(ก.ค. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}18.20 \pm 1.98^{a}$	$^{a}9.80 \pm 1.19^{b}$	$^{a}13.72 \pm 0.40^{a}$	$^{a}5.85 \pm 0.35^{b}$	$^{a}5.04 \pm 0.79^{b}$	$^{b}8.12 \pm 0.40^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{b}10.92 \pm 1.19^{a}$	$^{a}9.80 \pm 1.19^{a}$	$^{a}12.04 \pm 0.40^{b}$	$^{a}5.88 \pm 1.19^{a}$	$^{a}5.88 \pm 1.19^{a}$	$^{b}7.56 \pm 0.40^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{b}12.60 \pm 0.40^{a}$	$^{a}10.92 \pm 0.40^{b}$	$^{a}11.48 \pm 0.40^{a}$	$^{a}6.16 \pm 0.00^{b}$	$^{a}6.16 \pm 0.00^{c}$	$^{a}9.24 \pm 0.40^{a}$

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดินอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรมุมบนขวามือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ผ11 ปริมาณออร์โธฟอสเฟต (mg l^{-1}) ของน้ำเสียชุมชนในวันที่ 1 และวันที่ 7 ของการกักเก็บในชุดการทดลองตามชนิดของดินและชนิดของพืช

ครั้งที่ทดลอง	ชนิดดิน	วันที่ 1			วันที่ 7		
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช
1	ดินเลน	$^{a}0.446 \pm 0.041^{b}$	$^{a}0.886 \pm 0.092^{a}$	$^{a}0.405 \pm 0.041^{b}$	$^{a}0.085 \pm 0.005^{b}$	$^{ab}0.196 \pm 0.030^{a}$	$^{b}0.134 \pm 0.003^{b}$
(ก.พ. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}0.424 \pm 0.022^{a}$	$^{b}0.538 \pm 0.062^{b}$	$^{a}0.591 \pm 0.270^{a}$	$^{a}0.076 \pm 0.005^{c}$	$^{b}0.143 \pm 0.010^{b}$	$^{a}0.239 \pm 0.023^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}0.389 \pm 0.089^{a}$	$^{b}0.410 \pm 0.035^{a}$	$^{a}0.570 \pm 0.047^{a}$	$^{a}0.147 \pm 0.024^{a}$	$^{ab}0.148 \pm 0.058^{a}$	$^{a}0.243 \pm 0.033^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}0.475 \pm 0.065^{ab}$	$^{b}0.540 \pm 0.058^{a}$	$^{a}0.343 \pm 0.065^{b}$	$^{a}0.164 \pm 0.071^{a}$	$^{a}0.243 \pm 0.023^{b}$	$^{b}0.150 \pm 0.016^{a}$
2	ดินเลน	$^{ab}0.177 \pm 0.003^{a}$	$^{ab}0.301 \pm 0.032^{a}$	$^{a}0.188 \pm 0.094^{a}$	$^{a}0.054 \pm 0.004^{a}$	$^{ab}0.152 \pm 0.002^{c}$	$^{a}0.131 \pm 0.058^{a}$
(มี.ค. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}0.247 \pm 0.061^{a}$	$^{b}0.183 \pm 0.098^{a}$	$^{a}0.321 \pm 0.060^{a}$	$^{a}0.066 \pm 0.005^{a}$	$^{b}0.080 \pm 0.008^{a}$	$^{a}0.140 \pm 0.046^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{ab}0.177 \pm 0.001^{c}$	$^{a}0.462 \pm 0.065^{a}$	$^{a}0.329 \pm 0.022^{b}$	$^{a}0.085 \pm 0.004^{b}$	$^{a}0.214 \pm 0.035^{a}$	$^{a}0.126 \pm 0.001^{b}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{b}0.113 \pm 0.007^{d}$	$^{a}0.365 \pm 0.034^{a}$	$^{a}0.307 \pm 0.017^{a}$	$^{a}0.061 \pm 0.002^{a}$	$^{a}0.207 \pm 0.032^{a}$	$^{a}0.194 \pm 0.091^{a}$
3	ดินเลน	$^{c}0.501 \pm 0.070^{b}$	$^{b}0.846 \pm 0.011^{a}$	$^{c}0.582 \pm 0.008^{b}$	$^{b}0.152 \pm 0.005^{b}$	$^{b}0.303 \pm 0.034^{b}$	$^{b}0.242 \pm 0.067^{ab}$
(เม.ย. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{ab}0.651 \pm 0.036^{b}$	$^{d}0.568 \pm 0.007^{b}$	$^{b}0.915 \pm 0.113^{a}$	$^{b}0.178 \pm 0.037^{a}$	$^{c}0.82 \pm 0.040^{a}$	$^{b}0.281 \pm 0.090^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{bc}0.567 \pm 0.046^{b}$	$^{c}0.780 \pm 0.017^{b}$	$^{a}1.398 \pm 0.118^{a}$	$^{b}0.172 \pm 0.08^{c}$	$^{b}0.372 \pm 0.006^{b}$	$^{a}0.642 \pm 0.012^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}0.763 \pm 0.017^{b}$	$^{a}1.283 \pm 0.031^{a}$	$^{bc}0.857 \pm 0.146^{b}$	$^{a}0.280 \pm 0.039^{b}$	$^{a}0.589 \pm 0.003^{a}$	$^{a}0.516 \pm 0.115^{a}$

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดินอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรมุมบนขวามือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ผ11 (ต่อ) ปริมาณออร์โธฟอสเฟต (mg l^{-1}) ของน้ำเสียชุมชนในวันที่ 1 และวันที่ 7 ของการกักเก็บในชุดการทดลองตามชนิดของดินและชนิดของพืช

ครั้งที่ทดลอง	ชนิดดิน	วันที่ 1			วันที่ 7		
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช
4	ดินเลน	$^{a}1.535 \pm 0.076^{a}$	$^{ab}1.624 \pm 0.088^{a}$	$^{a}1.443 \pm 0.148^{a}$	$^{b}0.442 \pm 0.003^{a}$	$^{bc}0.731 \pm 0.045^{a}$	$^{a}0.789 \pm 0.248^{a}$
(พ.ค. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{ab}1.300 \pm 0.078^{a}$	$^{c}1.257 \pm 0.081^{a}$	$^{a}1.429 \pm 0.345^{a}$	$^{b}0.408 \pm 0.038^{a}$	$^{c}0.656 \pm 0.035^{a}$	$^{a}0.689 \pm 0.154^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{b}1.166 \pm 0.055^{b}$	$^{bc}1.504 \pm 0.131^{a}$	$^{a}1.413 \pm 0.060^{ab}$	$^{a}0.639 \pm 0.057^{ab}$	$^{a}0.856 \pm 0.025^{a}$	$^{a}0.694 \pm 0.013^{b}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{ab}1.238 \pm 0.188^{b}$	$^{a}1.796 \pm 0.053^{a}$	$^{a}1.242 \pm 0.034^{b}$	$^{a}0.751 \pm 0.067^{ab}$	$^{ab}0.819 \pm 0.021^{a}$	$^{a}0.657 \pm 0.001^{b}$
5	ดินเลน	$^{a}1.070 \pm 0.036^{b}$	$^{a}1.564 \pm 0.028^{a}$	$^{a}1.345 \pm 0.133^{a}$	$^{a}0.680 \pm 0.224^{a}$	$^{a}0.999 \pm 0.191^{a}$	$^{ab}0.927 \pm 0.146^{a}$
(มิ.ย. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{a}1.205 \pm 0.171^{a}$	$^{b}1.191 \pm 0.086^{a}$	$^{a}1.372 \pm 0.096^{b}$	$^{a}0.834 \pm 0.071^{ab}$	$^{a}0.786 \pm 0.005^{b}$	$^{ab}0.953 \pm 0.051^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}0.033 \pm 0.009^{ab}$	$^{ab}1.434 \pm 0.088^{a}$	$^{ab}1.156 \pm 0.056^{b}$	$^{a}0.849 \pm 0.058^{a}$	$^{a}0.985 \pm 0.184^{a}$	$^{a}0.981 \pm 0.046^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}1.106 \pm 0.055^{a}$	$^{b}1.211 \pm 0.159^{a}$	$^{b}0.961 \pm 0.195^{a}$	$^{a}0.734 \pm 0.034^{a}$	$^{a}0.812 \pm 0.002^{a}$	$^{b}0.701 \pm 0.089^{a}$
6	ดินเลน	$^{b}1.255 \pm 0.055^{c}$	$^{a}1.738 \pm 0.145^{b}$	$^{a}2.062 \pm 0.081^{a}$	$^{c}0.228 \pm 0.029^{b}$	$^{b}0.333 \pm 0.000^{b}$	$^{c}0.657 \pm 0.068^{a}$
(ก.ค. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{b}1.507 \pm 0.087^{a}$	$^{a}1.401 \pm 0.123^{a}$	$^{b}1.546 \pm 0.152^{a}$	$^{b}0.417 \pm 0.111^{a}$	$^{b}0.373 \pm 0.015^{a}$	$^{c}0.551 \pm 0.010^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}2.079 \pm 0.280^{a}$	$^{a}1.616 \pm 0.217^{a}$	$^{a}1.998 \pm 0.048^{a}$	$^{a}0.715 \pm 0.014^{b}$	$^{a}0.671 \pm 0.030^{b}$	$^{a}1.033 \pm 0.025^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{b}1.583 \pm 0.003^{a}$	$^{a}1.487 \pm 0.237^{a}$	$^{a}1.914 \pm 0.046^{a}$	$^{a}0.597 \pm 0.031^{b}$	$^{a}0.683 \pm 0.012^{b}$	$^{b}0.904 \pm 0.034^{a}$

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดินอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรมุมบนขวามือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ ผ12 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg l^{-1}) ของน้ำเสียชุมชนในวันที่ 1 และวันที่ 7 ของการกักเก็บในชุดการทดลองตามชนิดของดินและชนิดของพืช

ครั้งที่ทดลอง	ชนิดดิน	วันที่ 1			วันที่ 7		
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช
1	ดินเลน	$^{a}1.817 \pm 0.263^{b}$	$^{a}3.566 \pm 0.463^{a}$	$^{a}1.863 \pm 0.007^{b}$	$^{b}0.356 \pm 0.091^{a}$	$^{a}0.599 \pm 0.264^{a}$	$^{b}0.603 \pm 0.091^{a}$
(ก.พ. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{b}1.262 \pm 0.026^{b}$	$^{b}2.440 \pm 0.526^{a}$	$^{a}2.085 \pm 0.046^{ab}$	$^{b}0.439 \pm 0.026^{b}$	$^{a}0.510 \pm 0.006^{a}$	$^{c}0.358 \pm 0.013^{c}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}2.135 \pm 0.008^{a}$	$^{b}1.458 \pm 0.264^{b}$	$^{a}2.028 \pm 0.042^{a}$	$^{a}0.706 \pm 0.095^{ab}$	$^{a}0.570 \pm 0.028^{b}$	$^{a}0.862 \pm 0.022^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{b}0.862 \pm 0.208^{b}$	$^{b}1.614 \pm 0.208^{a}$	$^{c}1.540 \pm 0.025^{a}$	$^{b}0.452 \pm 0.007^{b}$	$^{a}0.786 \pm 0.069^{a}$	$^{c}0.314 \pm 0.013^{c}$
2	ดินเลน	$^{a}2.580 \pm 0.026^{b}$	$^{b}2.767 \pm 0.061^{a}$	$^{b}2.594 \pm 0.063^{b}$	$^{a}1.445 \pm 0.044^{ab}$	$^{a}1.525 \pm 0.094^{a}$	$^{b}1.307 \pm 0.031^{b}$
(มี.ค. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{c}2.157 \pm 0.030^{b}$	$^{b}2.825 \pm 0.040^{b}$	$^{a}3.894 \pm 0.543^{a}$	$^{c}0.648 \pm 0.026^{c}$	$^{b}1.295 \pm 0.099^{b}$	$^{a}1.828 \pm 0.026^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{b}2.460 \pm 0.013^{c}$	$^{a}3.319 \pm 0.002^{a}$	$^{b}2.990 \pm 0.019^{b}$	$^{b}0.906 \pm 0.107^{c}$	$^{ab}1.452 \pm 0.054^{a}$	$^{b}1.200 \pm 0.057^{b}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{d}2.055 \pm 0.038^{b}$	$^{c}2.329 \pm 0.135^{ab}$	$^{b}2.567 \pm 0.050^{a}$	$^{bc}0.830 \pm 0.076^{b}$	$^{c}0.839 \pm 0.026^{b}$	$^{b}1.209 \pm 0.069^{a}$
3	ดินเลน	$^{c}2.511 \pm 0.058^{a}$	$^{b}2.718 \pm 0.170^{a}$	$^{c}2.858 \pm 0.077^{a}$	$^{a}0.470 \pm 0.139^{b}$	$^{b}0.987 \pm 0.159^{a}$	$^{b}0.692 \pm 0.057^{ab}$
(เม.ย. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{c}2.536 \pm 0.0043^{b}$	$^{b}3.034 \pm 0.132^{a}$	$^{b}2.221 \pm 0.088^{a}$	$^{a}0.588 \pm 0.104^{b}$	$^{b}0.873 \pm 0.020^{a}$	$^{b}0.759 \pm 0.018^{ab}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}3.037 \pm 0.015^{b}$	$^{b}3.037 \pm 0.041^{b}$	$^{a}4.361 \pm 0.033^{a}$	$^{a}0.577 \pm 0.076^{b}$	$^{b}1.044 \pm 0.013^{b}$	$^{a}2.660 \pm 0.441^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{b}2.723 \pm 0.035^{c}$	$^{a}4.208 \pm 0.123^{a}$	$^{b}3.228 \pm 0.054^{b}$	$^{a}0.612 \pm 0.007^{c}$	$^{a}1.514 \pm 0.057^{a}$	$^{b}1.305 \pm 0.001^{b}$

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดินอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรมุมบนขวามือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ12 (ต่อ) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg l^{-1}) ของน้ำเสียชุมชนในวันที่ 1 และวันที่ 7 ของการกักเก็บในชุดการทดลองตามชนิดของดินและชนิดของพืช

ครั้งที่ทดลอง	ชนิดดิน	วันที่ 1			วันที่ 7		
		โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช	โกงกางใบใหญ่	แสมทะเล	ไม่ปลูกพืช
4	ดินเลน	$^{c}3.567 \pm 0.073^{c}$	$^{a}4.506 \pm 0.114^{a}$	$^{a}4.007 \pm 0.092^{b}$	$^{b}0.942 \pm 0.055^{b}$	$^{ab}1.752 \pm 0.157^{a}$	$^{b}1.440 \pm 0.034^{a}$
(พ.ค. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{b}4.058 \pm 0.003^{a}$	$^{b}3.882 \pm 0.079^{a}$	$^{a}4.245 \pm 0.378^{a}$	$^{b}1.233 \pm 0.007^{c}$	$^{b}1.436 \pm 0.007^{b}$	$^{ab}1.576 \pm 0.034^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{c}3.707 \pm 0.089^{a}$	$^{a}4.443 \pm 0.242^{a}$	$^{a}4.219 \pm 0.409^{a}$	$^{a}1.892 \pm 0.029^{a}$	$^{a}2.033 \pm 0.176^{a}$	$^{a}1.765 \pm 0.157^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}4.377 \pm 0.142^{b}$	$^{a}4.824 \pm 0.031^{a}$	$^{a}4.241 \pm 0.031^{b}$	$^{a}1.843 \pm 0.299^{a}$	$^{a}1.988 \pm 0.019^{a}$	$^{a}1.796 \pm 0.112^{a}$
5	ดินเลน	$^{d}1.995 \pm 0.192^{b}$	$^{bc}2.651 \pm 0.011^{a}$	$^{a}2.899 \pm 0.124^{a}$	$^{c}1.549 \pm 0.021^{b}$	$^{b}1.988 \pm 0.047^{a}$	$^{a}2.153 \pm 0.132^{a}$
(มิ.ย. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{c}2.631 \pm 0.061^{a}$	$^{c}2.340 \pm 0.246^{a}$	$^{b}2.286 \pm 0.227^{a}$	$^{b}1.923 \pm 0.083^{a}$	$^{c}1.552 \pm 0.101^{a}$	$^{a}1.857 \pm 0.161^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}3.474 \pm 0.027^{a}$	$^{ab}2.977 \pm 0.065^{b}$	$^{a}2.936 \pm 0.038^{b}$	$^{b}2.079 \pm 0.098^{a}$	$^{b}2.135 \pm 0.000^{a}$	$^{a}2.070 \pm 0.041^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{b}3.083 \pm 0.038^{ab}$	$^{a}3.342 \pm 0.290^{a}$	$^{ab}2.591 \pm 0.055^{a}$	$^{a}2.620 \pm 0.025^{a}$	$^{a}2.821 \pm 0.220^{a}$	$^{a}2.110 \pm 0.007^{b}$
6	ดินเลน	$^{d}2.171 \pm 0.120^{b}$	$^{a}4.497 \pm 0.205^{a}$	$^{ab}4.942 \pm 0.803^{a}$	$^{d}0.663 \pm 0.032^{c}$	$^{b}1.075 \pm 0.000^{b}$	$^{b}1.507 \pm 0.039^{a}$
(ก.ค. 2543)	ดินเลน : ทราย (3:1)	$^{c}4.027 \pm 0.038^{ab}$	$^{a}4.419 \pm 0.252^{a}$	$^{b}3.782 \pm 0.024^{b}$	$^{c}1.216 \pm 0.011^{b}$	$^{b}1.078 \pm 0.006^{b}$	$^{b}1.614 \pm 0.010^{a}$
	ดินเลน : ทราย (2:2)	$^{a}6.320 \pm 0.302^{a}$	$^{a}3.749 \pm 0.356^{c}$	$^{a}5.078 \pm 0.264^{b}$	$^{a}2.175 \pm 0.038^{b}$	$^{a}1.834 \pm 0.085^{c}$	$^{a}2.658 \pm 0.135^{a}$
	ดินเลน : ทราย (1:3)	$^{a}4.702 \pm 0.005^{b}$	$^{a}4.292 \pm 0.224^{b}$	$^{a}5.721 \pm 0.022^{a}$	$^{b}1.578 \pm 0.011^{d}$	$^{a}1.910 \pm 0.173^{b}$	$^{a}2.522 \pm 0.201^{a}$

หมายเหตุ ตัวอักษรมุมบนซ้ายมือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของดินอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตัวอักษรมุมบนขวามือที่แตกต่างกัน : แสดงความแตกต่างระหว่างชนิดของพืชอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ข้อมูลการเจริญเติบโตทางความสูง เส้นผ่าศูนย์กลาง และมวลชีวภาพของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่และแสมทะเล

1	หมายถึง ดินเลน
2	หมายถึง ดินเลน:ทราย (3:1)
3	หมายถึง ดินเลน:ทราย (2:2)
4	หมายถึง ดินเลน:ทราย (1:3)
D0	หมายถึง เส้นผ่าศูนย์กลางที่ 0 เซนติเมตร (เซนติเมตร)
D15	หมายถึง เส้นผ่าศูนย์กลางที่ 15 เซนติเมตร (เซนติเมตร)
H	หมายถึง ความสูง (เซนติเมตร)
ลำต้น	หมายถึง มวลชีวภาพของลำต้น (มิลลิกรัมต่อต้น)
กิ่ง	หมายถึง มวลชีวภาพของกิ่ง (มิลลิกรัมต่อต้น)
ใบ	หมายถึง มวลชีวภาพของใบ (มิลลิกรัมต่อต้น)
รวม	หมายถึง มวลชีวภาพของรวม (มิลลิกรัมต่อต้น)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ผ13 ข้อมูลการเจริญเติบโตทางความสูง เส้นผ่าศูนย์กลาง และมวลชีวภาพของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่

ชนิดดิน	เดือน	D0	D15	H	ลำต้น	กิ่ง	ใบ	รวม
1	1	1.74	1.03	48.24	15.08	0.80	5.41	20.57
1	2	1.84	1.10	51.27	17.50	1.07	6.80	24.91
1	3	1.96	1.13	55.05	20.32	1.40	8.47	30.07
1	4	2.11	1.23	57.70	23.98	1.95	10.98	37.31
1	5	2.27	1.34	65.17	29.52	2.85	14.95	48.50
1	6	2.47	1.55	73.81	37.51	4.49	21.50	65.88
2	1	1.88	1.05	52.95	18.52	1.20	7.43	26.83
2	2	1.91	1.09	53.40	19.30	1.31	7.94	28.32
2	3	1.99	1.19	56.32	21.43	1.61	9.35	32.44
2	4	2.12	1.22	58.95	24.63	2.08	11.51	38.72
2	5	2.24	1.26	64..25	29.04	2.24	14.79	47.80
2	6	2.44	1.42	73.27	36.93	2.44	21.33	65.05
3	1	1.76	1.09	55.77	17.35	1.07	6.77	24.74
3	2	1.82	1.11	56.80	18.68	1.22	7.54	27.14
3	3	1.86	1.22	58.64	19.90	1.39	8.33	29.47
3	4	2.05	1.26	60.15	23.79	1.95	10.93	37.05
3	5	2.24	1.34	64.10	28.86	2.77	14.56	47.30
3	6	2.42	1.54	69.24	34.75	3.99	19.40	60.10
4	1	1.79	1.07	53.19	17.12	1.02	6.55	24.18
4	2	1.82	1.10	53.97	17.76	1.09	6.91	25.32
4	3	1.87	1.20	55.09	19.12	1.26	7.75	27.85
4	4	2.06	1.21	57.65	22.91	1.77	10.20	35.11
4	5	2.20	1.24	60.57	26.54	2.34	12.76	42.40
4	6	2.35	1.34	64.56	31.18	3.19	16.31	52.11

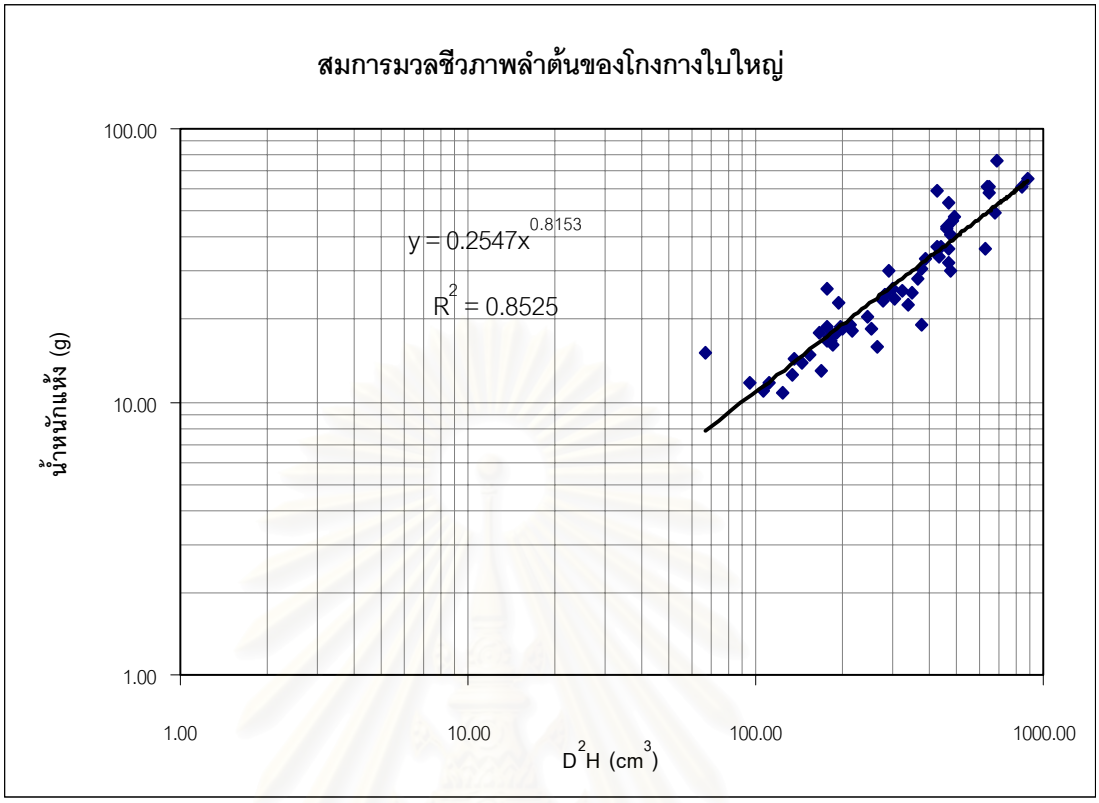
ตารางที่ ผ14 ข้อมูลการเจริญเติบโตทางความสูง เส้นผ่าศูนย์กลาง และมวลชีวภาพของกล้าไม้แสมทะเล

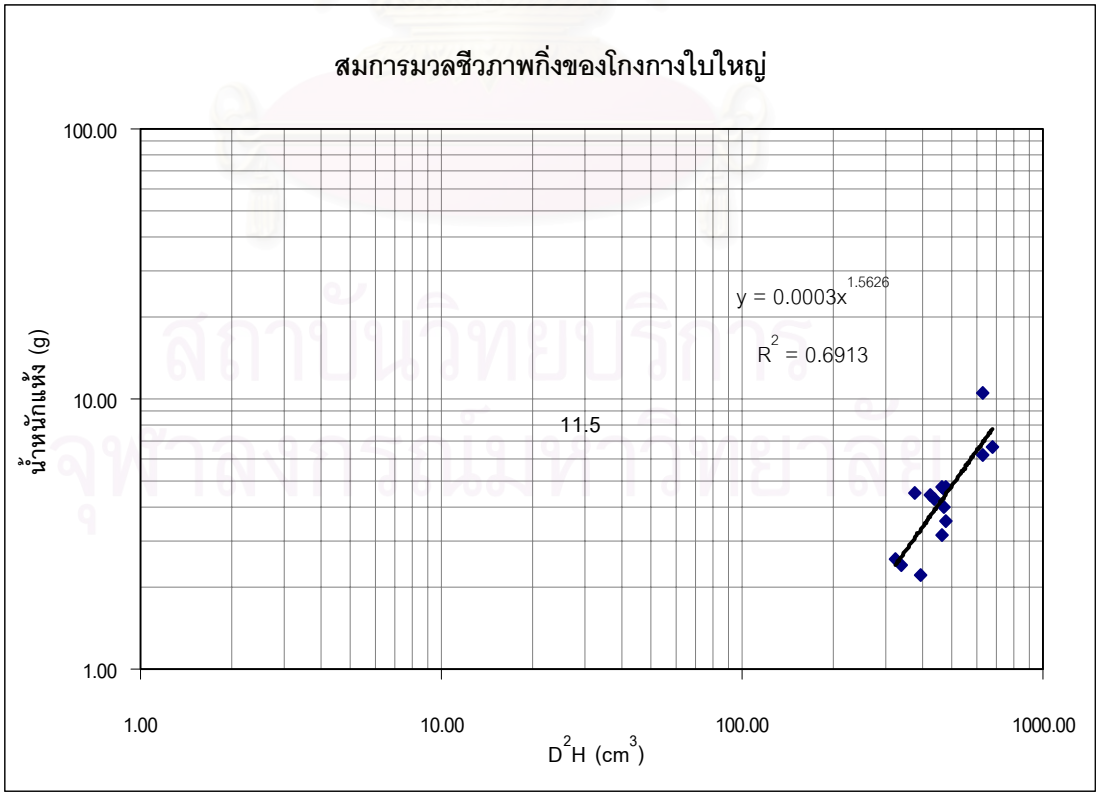
ชนิดดิน	เดือน	D0	D15	H	ลำต้น	กิ่ง	ใบ	รวม
1	1	0.44	0.25	41.77	1.82	0.09	2.06	3.98
1	2	0.50	0.27	41.84	2.11	0.11	2.32	4.57
1	3	0.53	0.33	44.02	3.03	0.24	3.03	6.42
1	4	0.65	0.39	46.83	4.08	0.46	3.79	8.49
1	5	0.66	0.41	48.49	5.45	0.84	4.70	11.13
1	6	0.71	0.46	53.24	7.15	1.51	5.74	14.35
2	1	0.60	0.33	47.98	3.13	0.25	3.12	6.62
2	2	0.68	0.37	51.49	4.09	0.44	3.81	8.52
2	3	0.68	0.47	56.45	6.34	1.05	5.31	12.87
2	4	0.85	0.53	63.65	8.54	1.94	6.63	17.00
2	5	0.93	0.58	74.25	10.97	3.17	8.02	21.52
2	6	1.02	0.63	82.40	13.73	5.08	9.49	26.56
3	1	0.56	0.30	44.11	2.52	0.16	2.65	5.41
3	2	0.64	0.36	47.78	3.66	0.34	3.53	7.69
3	3	0.73	0.47	55.17	6.23	0.98	5.25	12.66
3	4	0.84	0.52	63.56	8.11	1.66	6.42	16.23
3	5	0.89	0.57	75.89	10.70	2.86	7.92	21.07
3	6	0.98	0.64	86.40	14.07	4.89	9.75	27.26
4	1	0.51	0.30	38.73	2.38	0.16	2.52	5.11
4	2	0.61	0.36	44.89	3.60	0.37	3.44	7.54
4	3	0.70	0.44	55.11	5.61	.084	4.83	11.46
4	4	0.82	0.54	61.79	8.27	1.70	6.52	16.54
4	5	0.89	0.59	72.52	10.73	2.82	7.95	21.13
4	6	0.92	0.69	82.15	15.24	5.75	10.34	29.37

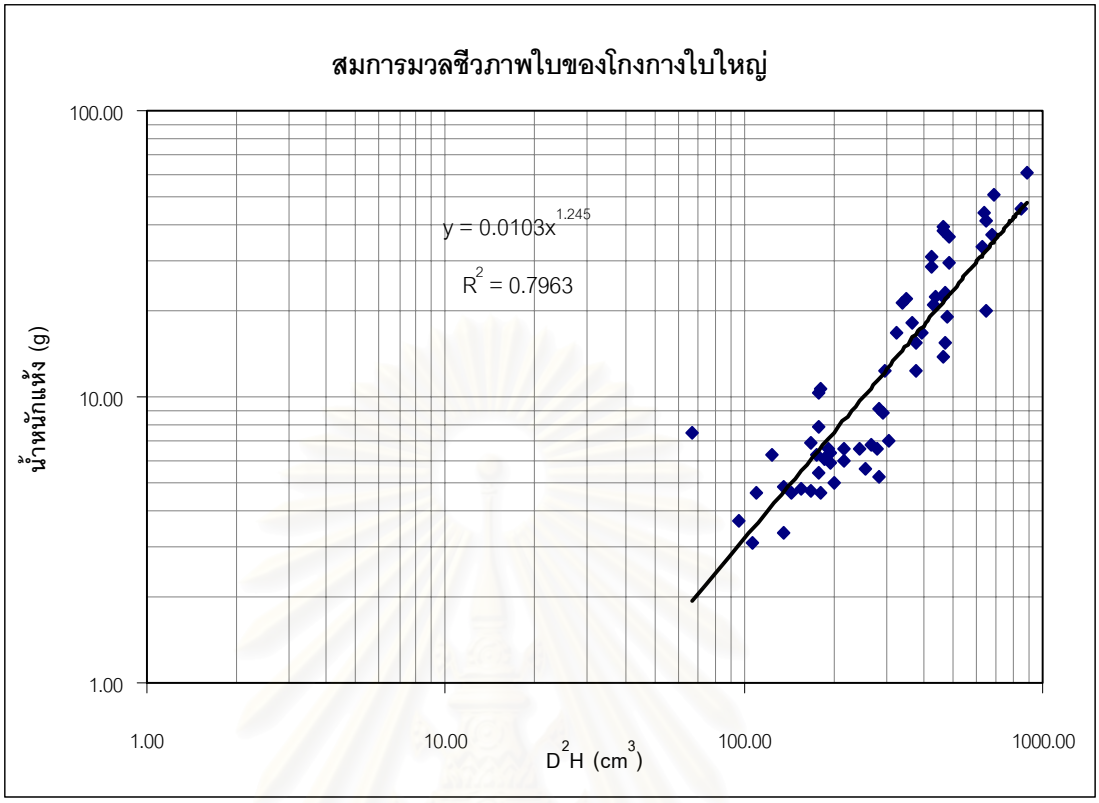
ภาคผนวก ค

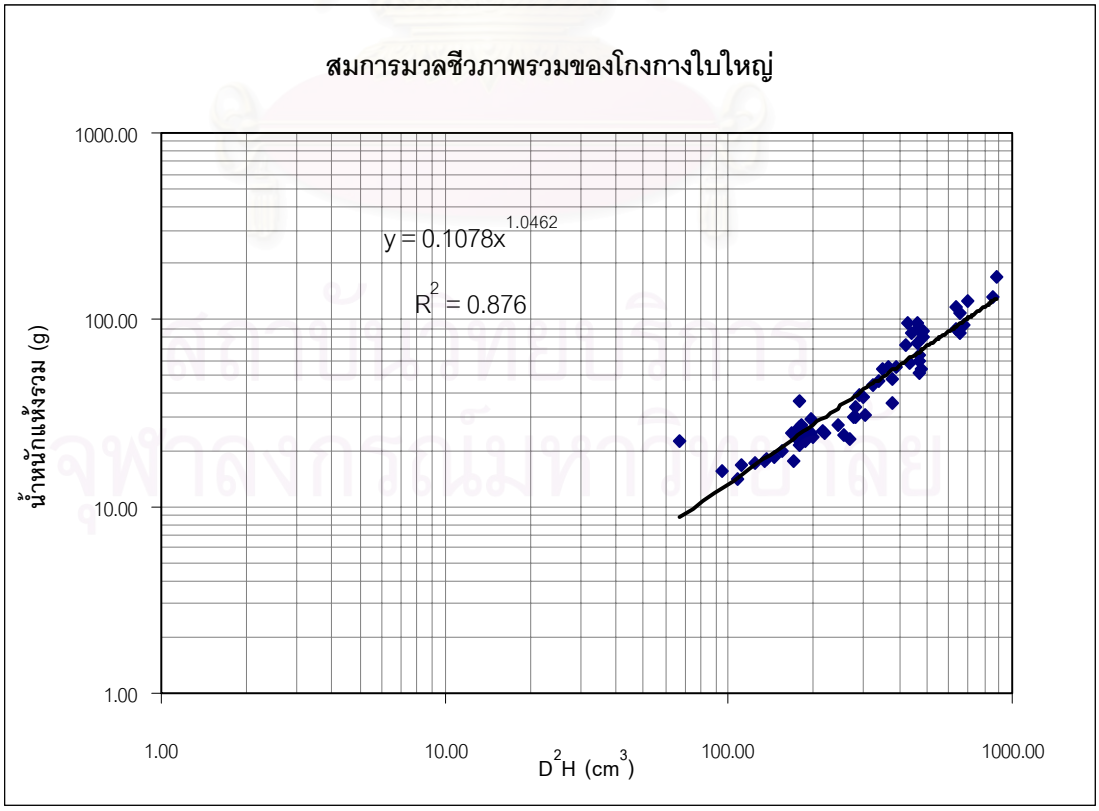
สมการที่ใช้ประมาณมวลชีวภาพของโกงกางใบใหญ่และแสมทะเล

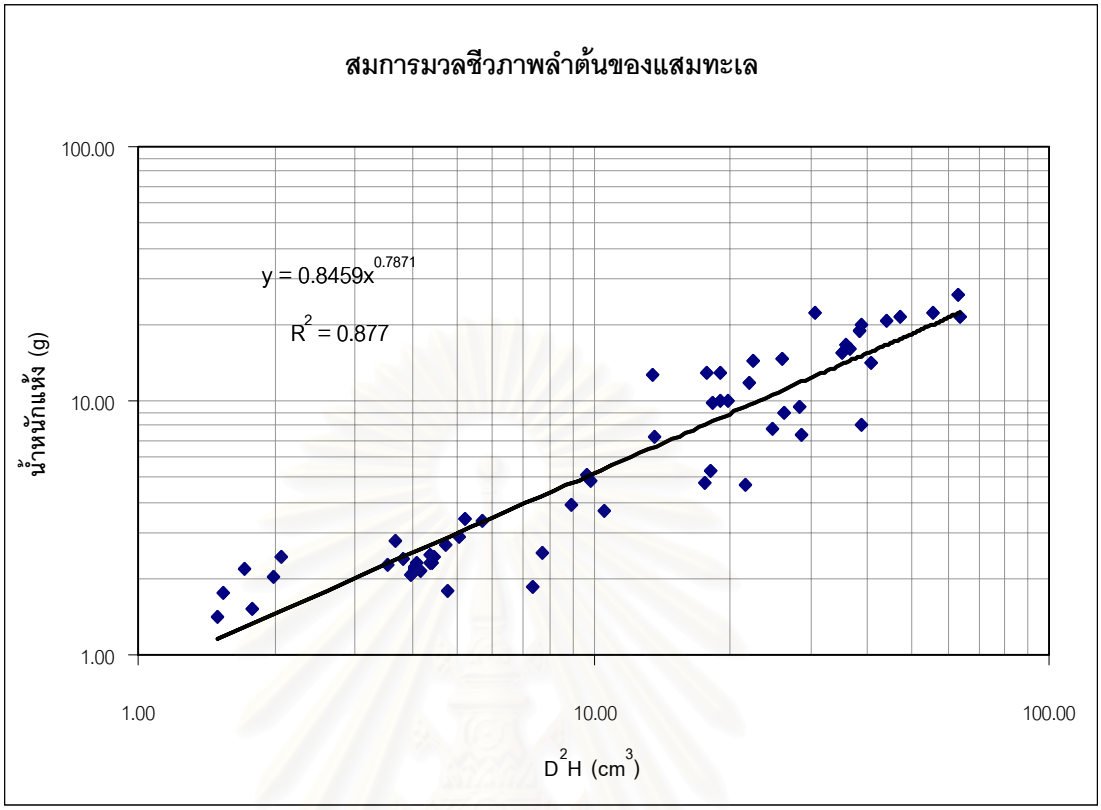
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

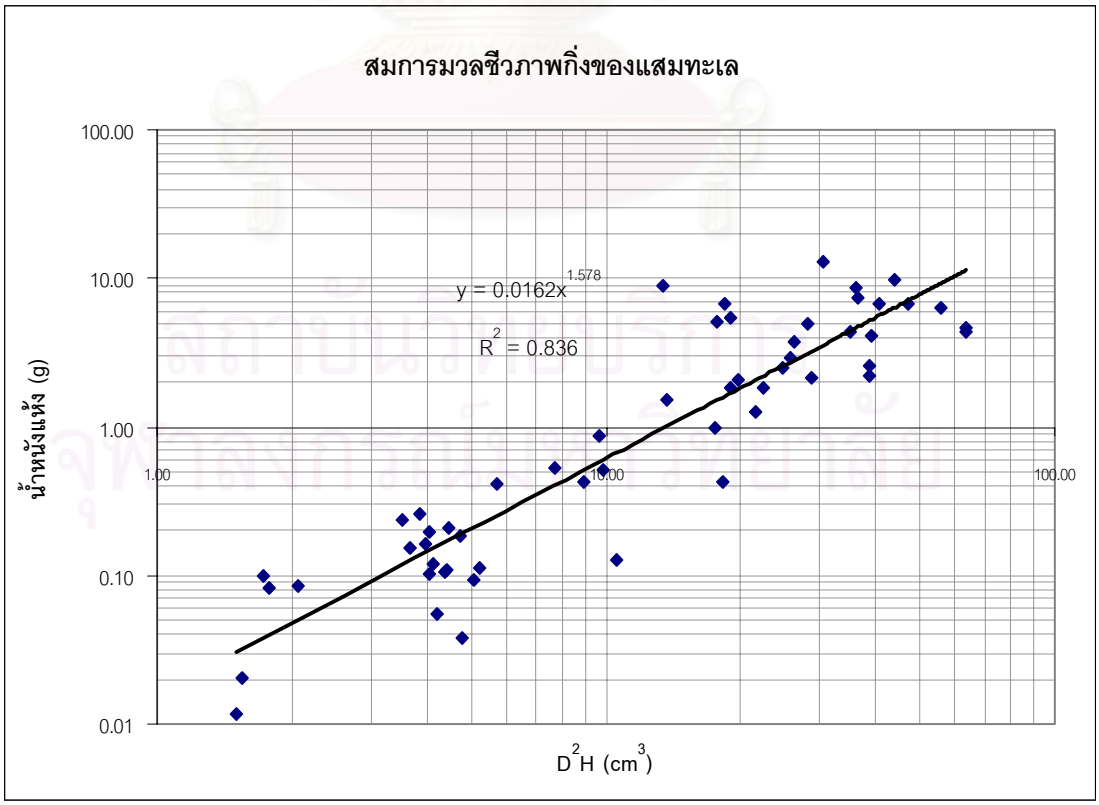

สมการมวลชีวภาพลำต้นของโกงกางใบใหญ่
100.00
10.00
1.00
น้ำหนักแห้ง (g)
y = 0.2547x^0.8153
R^2 = 0.8525
1.00
10.00
100.00
1000.00
D^2H (cm^3)

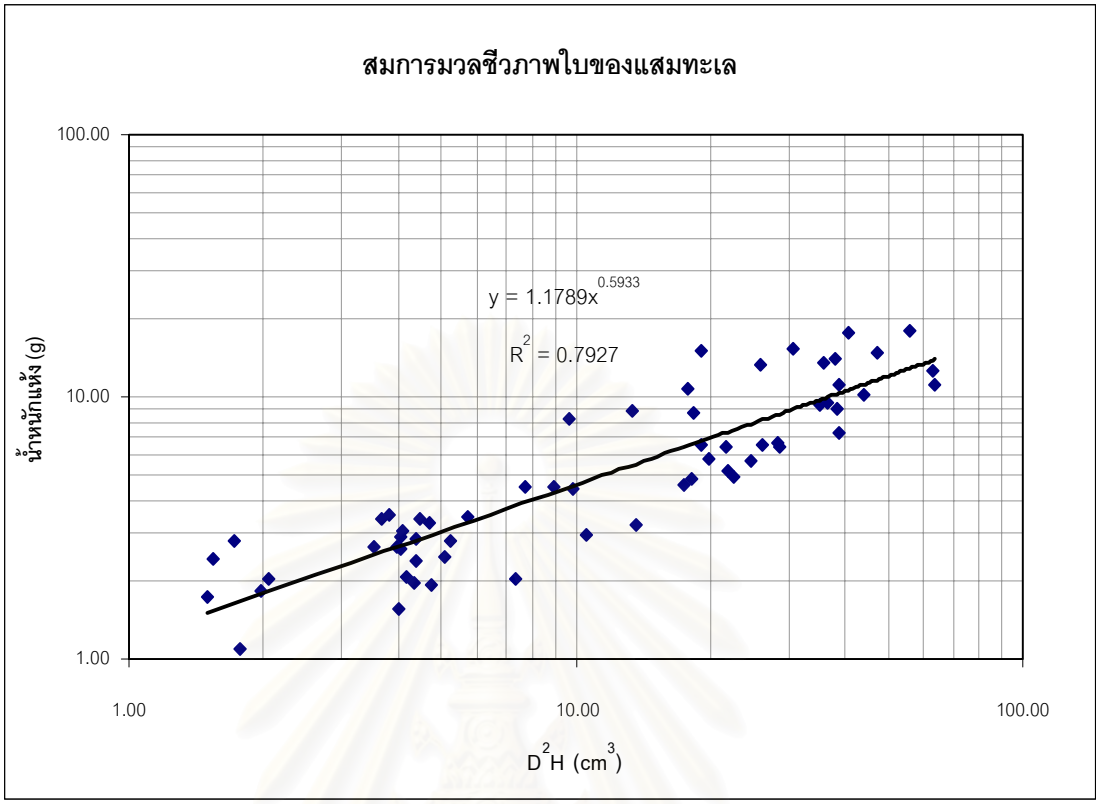

สมการมวลชีวภาพกิ่งของโกงกางใบใหญ่
100.00
10.00
1.00
น้ำหนักแห้ง (g)
y = 0.0003x^1.5626
R^2 = 0.6913
11.5
1.00
10.00
100.00
1000.00
D^2H (cm^3)

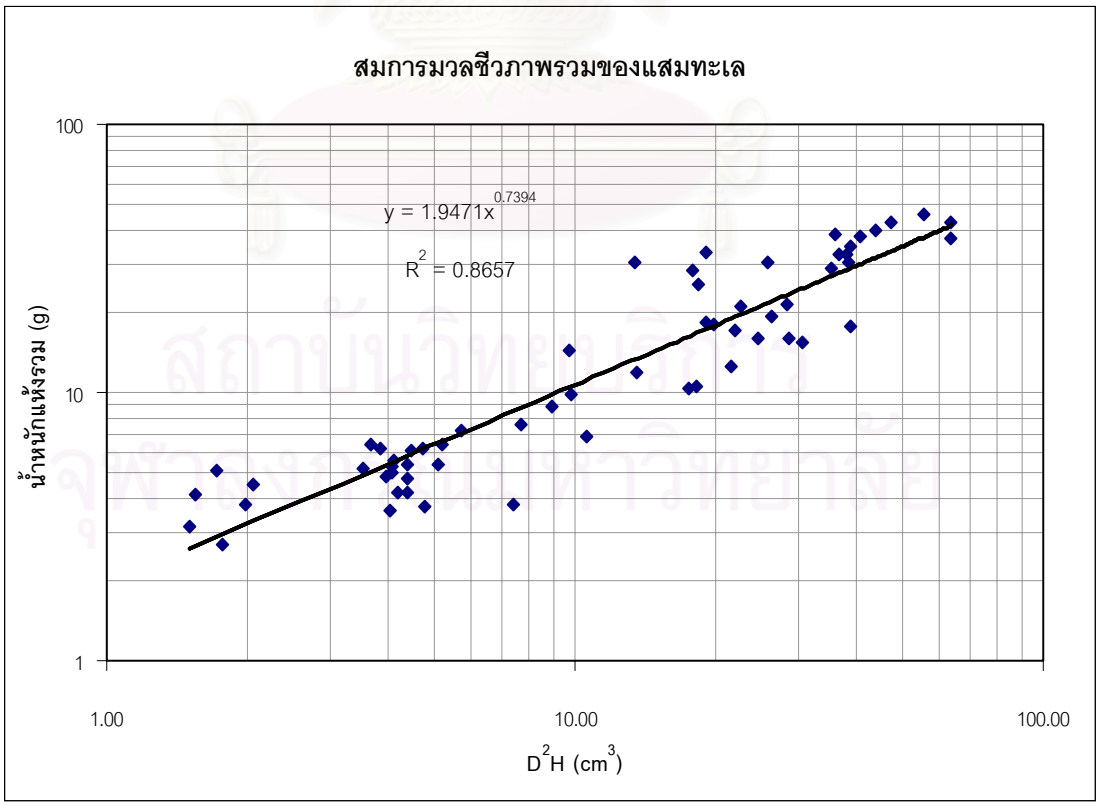

สมการมวลชีวภาพใบของโกงกางใบใหญ่
y = 0.0103x^1.245
R^2 = 0.7963
น้ำหนักแห้ง (g)
100.00
10.00
1.00
1.00
10.00
100.00
1000.00
D^2H (cm^3)


สมการมวลชีวภาพรวมของโกงกางใบใหญ่
y = 0.1078x^1.0462
R^2 = 0.876
น้ำหนักแห้งรวม (g)
1000.00
100.00
10.00
1.00
1.00
10.00
100.00
1000.00
D^2H (cm^3)


สมการมวลชีวภาพลำต้นของแสมทะเล
100.00
10.00
1.00
น้ำหนักแห้ง (g)
y = 0.8459x^0.7871
R^2 = 0.877
1.00
10.00
100.00
D^2H (cm^3)


สมการมวลชีวภาพกิ่งของแสมทะเล
100.00
10.00
1.00
0.10
0.01
น้ำหนักแห้ง (g)
y = 0.0162x^1.578
R^2 = 0.836
1.00
10.00
100.00
D^2H (cm^3)


สมการมวลชีวภาพใบของแสมทะเล
100.00
10.00
1.00
น้ำหนักแห้ง (g)
y = 1.1789x^0.5933
R^2 = 0.7927
1.00
10.00
100.00
D^2H (cm^3)

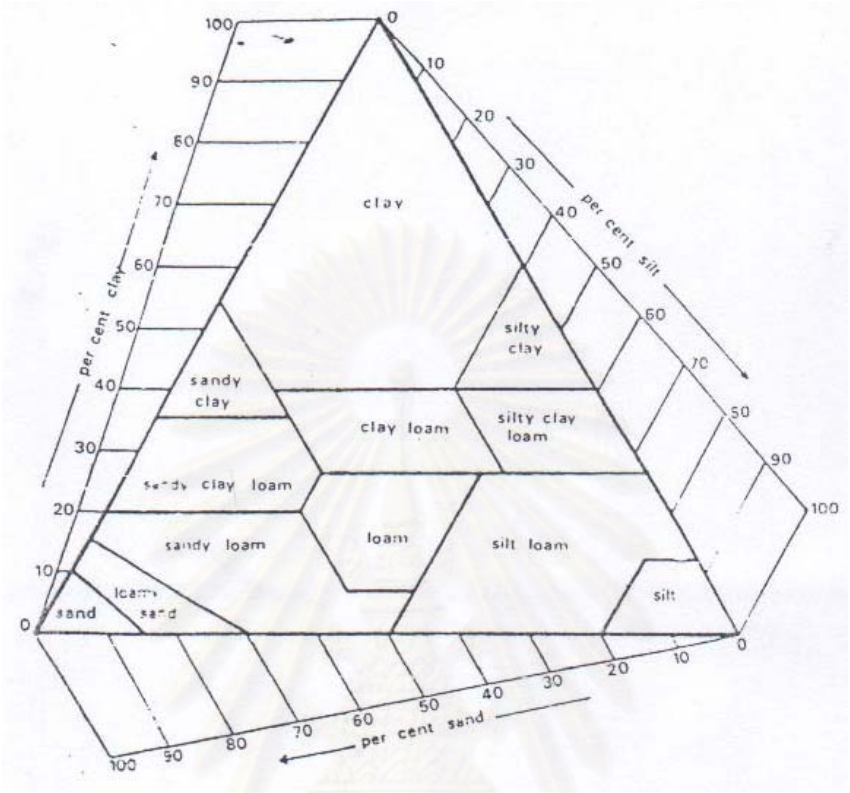

สมการมวลชีวภาพรวมของแสมทะเล
100
10
1
น้ำหนักแห้งรวม (g)
y = 1.9471x^0.7394
R^2 = 0.8657
1.00
10.00
100.00
D^2H (cm^3)

ภาคผนวก ง

เกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการประเมินสมบัติของดินทางกายภาพและเคมี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. การจัดระบบเนื้อดินตามตารางสามเหลี่ยมเนื้อดินสากลของการวิเคราะห์ดินทางกายภาพ



ที่มา : คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา, 2535

สัญลักษณ์	Textural class	ชนิดของเนื้อดิน
C	clay	ดินเหนียว
SiC	silty clay	ดินเหนียวปนทรายแป้ง
SiCL	silty clay loam	ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง
CL	clay loam	ดินร่วนเหนียว
SC	sandy clay	ดินเหนียวปนทราย
SCL	sandy clay loam	ดินร่วนหนียวปนทราย
Si	silt	ดินทรายแป้ง
SiL	silt loam	ดินร่วนปนทรายแป้ง
L	loam	ดินร่วน
SL	sandy loam	ดินร่วนปนทราย
LS	loamy sand	ดินร่วนปนดินเหนียว
S	sand	ดินทราย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ค่าปฏิกิริยาดิน, pH (Soil reaction) ดิน : น้ำ = 1 : 1 : USDA

ระดับ (rating)	พิสัย (range)
เป็นกรดจัดมาก (extremely acid)	<4.5
เป็นกรดจัด (very strongly acid)	4.5 – 5.0
เป็นกรดแก่ (strongly acid)	5.1 - 5.5
เป็นกรดปานกลาง (moderately acid)	5.6 - 6.0
เป็นกรดเล็กน้อย (slightly acid)	6.1 – 6.5
เป็นกลาง (near natural)	6.6 – 7.3
เป็นด่างอย่างอ่อน (slightly alkali)	7.4 – 7.8
เป็นด่างปานกลาง (moderately alkali)	7.9 - 8.4
เป็นด่างแก่ (strongly alkali)	8.5 – 9.0
เป็นด่างจัด (extremely alkali)	> 9.0

4. อินทรีย์วัตถุ (organic matter) (% organic carbon X 1.724) : USDA

ระดับ (rating)	พิสัย (range)
ต่ำมาก (very low)	< 0.5
ต่ำ (low)	0.5 – 1.0
ค่อนข้างต่ำ (moderately low)	1.0 – 1.5
ปานกลาง (medium)	1.5 – 2.5
ค่อนข้างสูง (moderately high)	2.5 – 3.5
สูง (high)	3.5 - 4.5
สูงมาก (very high)	> 4.5

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. **การวิเคราะห์ความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การกำจัดบีโอดี**

โดยวิธี Two-Way Analysis of variance

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: REMOVE1

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2748.222[a]	11	249.838	1.035	.428
Intercept	271145.599	1	271145.599	1123.005	.000
SOIL	516.043	3	172.014	.712	.548
PLANT	1826.055	2	913.028	3.781	.028
SOIL * PLANT	406.124	6	67.687	.280	.944
Error	14486.794	60	241.447		
Total	288380.616	72			
Corrected Total	17235.016	71			

a. R Squared = .159 (Adjusted R Squared = .005)

- เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชนิดพืชโดยใช้ Duncan's New Multiple Test

REMOVE1

Duncan [a,b]

PLANT	N	Subset 1	Subset 2
no plant	24	54.3710	
Avicennia	24		63.7099
Rhizophora	24		66.0202
Sig.		1.000	.608

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 241.447.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 24.000.

b. Alpha = .05.

2. การวิเคราะห์ความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การกำจัดแอมโมเนีย-ไนโตรเจน

โดยวิธี Two-Way Analysis of variance

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: REMOVE2

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6694.120[a]	11	608.556	2.366	.017
Intercept	455831.549	1	455831.549	1771.879	.000
SOIL	1021.942	3	340.647	1.324	.275
PLANT	4451.778	2	2225.889	8.652	.000
SOIL * PLANT	1220.399	6	203.400	.791	.581
Error	15435.533	60	257.259		
Total	477961.202	72			
Corrected Total	22129.653	71			

a. R Squared = .302 (Adjusted R Squared = .175)

- เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชนิดพืชโดยใช้ Duncan's New Multiple Test

REMOVE2

Duncan[a,b]

PLANT	N	Subset 1	Subset 2
no plant	24	68.6787	
Avicennia	24		83.0574
Rhizophora	24		86.9665
Sig.		1.000	.402

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 257.259.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 24.000.

b. Alpha = .05.

3. การวิเคราะห์ความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การกำจัดไนไตรท์-ไนโตรเจน

โดยวิธี Two-Way Analysis of variance

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: REMOVE3

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	5427.650[a]	11	493.423	1.170	.327
Intercept	243788.719	1	243788.719	577.846	.000
PLANT	2719.458	2	1359.729	3.223	.047
SOIL	2039.531	3	679.844	1.611	.196
PLANT * SOIL	668.660	6	111.443	.264	.951
Error	25313.536	60	421.892		
Total	274529.905	72			
Corrected Total	30741.186	71			

a. R Squared = .177 (Adjusted R Squared = .026)

- เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชนิดพืชโดยใช้ Duncan's New Multiple Test

REMOVE 3

Duncsn [a,b]

PLANT	N	Subset 1	Subset 2
no plant	24	49.6021	
Avicennia	24	61.3186	61.3186
Rhizophora	24		63.6462
Sig.		.053	.696

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square (Error) = 421.892.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 24.000.

b. Alpha = .05.

4. **การวิเคราะห์ความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การกำจัดไนเตรท-ไนโตรเจน**
โดยวิธี Two-Way Analysis of variance

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: REMOVE4

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	5863.882[a]	11	533.080	1.180	.326
Intercept	179785.731	1	179785.731	397.870	.000
SOIL	788.724	3	262.908	.582	.630
PLANT	3625.218	2	1812.609	4.011	.024
SOIL * PLANT	1449.940	6	241.657	.535	.779
Error	21689.788	48	451.871		
Total	207339.401	60			
Corrected Total	27553.670	59			

a. R Squared = .213 (Adjusted R Squared = .032)

- **เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชนิดพืชโดยใช้** Duncan's New Multiple Test

REMOVE 4

Duncsn [a,b]

PLANT	N	Subset 1	Subset 2
no plant	20	42.8351	
Avicennia	20	61.0117	61.0117
Rhizophora	20		63.5812
Sig.		.099	.264

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square (Error) = 451.871.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 20.000.

b. Alpha = .05.

5. การวิเคราะห์ความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การกำจัดไนโตรเจนทั้งหมด

โดยวิธี Two-Way Analysis of variance

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: REMOVE5

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3262.104[a]	11	296.555	1.185	.317
Intercept	300823.313	1	300823.313	1201.836	.000
SOIL	445.337	3	148.446	.593	.622
PLANT	2716.880	2	1358.440	5.427	.007
SOIL * PLANT	99.887	6	16.648	.067	.999
Error	15018.190	60	250.303		
Total	319103.607	72			
Corrected Total	18280.294	71			

a. R Squared = .178 (Adjusted R Squared = .028)

- **เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชนิดพืชโดยใช้** Duncan's New Multiple Test

REMOVE5

Duncan [a,b]

PLANT	N	Subset 1	Subset 2
no plant	24	56.1000	
Avicennia	24		67.5199
Rhizophora	24		70.2949
Sig.		1.000	.546

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 250.303.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 24.000.

b. Alpha = .05.

6. การวิเคราะห์ความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การกำจัดออร์โธฟอสเฟต

โดยวิธี Two-Way Analysis of variance

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: REMOVE6

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3928.799[a]	11	357.164	1.573	.130
Intercept	212944.615	1	212944.615	937.780	.000
SOIL	2262.911	3	754.304	3.322	.026
PLANT	1290.477	2	645.238	2.842	.066
SOIL * PLANT	375.412	6	62.569	.276	.946
Error	13624.392	60	227.073		
Total	230497.807	72			
Corrected Total	17553.192	71			

a. R Squared = .224 (Adjusted R Squared = .082)

- เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชนิดดินและพืชโดยใช้ Duncan's New Multiple Test

1. SOIL

REMOVE 4

Duncsn [a,b]

SOIL	N	Subset 1	Subset 2	Subset 3
ดินเลน:ทราย (1:3)	18	47.9849		
ดินเลน:ทราย (2:2)	18	49.6403	49.6403	
ดินเลน:ทราย (3:1)	18			59.2467
ดินเลน	18			59.6322
Sig.				

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square (Error) = 227.073.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18.000.

b. Alpha = .05.

2. PLANT

REMOVE6

Duncan [a,b]

PLANT	N	Subset 1	Subset 2
no plant	24	49.1529	
Avicennia	24	54.4758	54.4758
Rhizophora	24		59.5218
Sig.		.226	.251

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 227.073.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 24.000.

b. Alpha = .05.

6. การวิเคราะห์ความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การกำจัดฟอสฟอรัสทั้งหมด โดยวิธี Two-Way Analysis of variance

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: REMOVE7

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1528.536[a]	11	138.958	.398	.951
Intercept	235197.526	1	235197.526	674.023	.000
SOIL	916.134	3	305.378	.875	.459
PLANT	313.459	2	156.729	.449	.640
SOIL * PLANT	298.943	6	49.824	.143	.990
Error	20936.738	60	348.946		
Total	257662.800	72			
Corrected Total	22465.274	71			

a. R Squared = .068 (Adjusted R Squared = -.103)

- เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชนิดดินและพืชโดยใช้ Duncan's New Multiple Test

1. SOIL

REMOVE7

Duncan[a,b]

SOIL	N	Subset 1
ดินเลน:ทราย 1:3	18	53.1913
ดินเลน:ทราย 2:2	18	54.1043
ดินเลน	18	59.8570
ดินเลน:ทราย 3:1	18	61.4653
Sig.		.233

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 348.946.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 18.000.

b. Alpha = .05.

2. PLANT

REMOVE7

Duncan[a,b]

PLANT	N	Subset 1
no plant	24	54.9802
Avicennia	24	56.5139
Rhizophora	24	59.9693
Sig.		.389

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 348.946.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 24.000.

b. Alpha = .05.

ประวัติผู้เขียน

นางสาวปิยวรรณ สายมโนพันธ์ เกิดเมื่อวันที่ 1 เมษายน 2518 ที่จังหวัดระนอง สำเร็จระดับอนุปริญญา จากสถานศึกษาเคมีปฏิบัติ กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เมื่อปีพ.ศ 2538 สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต จากภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีพ.ศ. 2540 และเข้าศึกษาต่อที่สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2541

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย