

การปรับปรุงตะกอนเลนจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ
เพื่อประโยชน์ในการเพาะปลูกดอกดาวเรือง



นางสาวปวีณา บุญยรัตผลิน
นางสาวลำพูน ใจตรง
นายศรุต รักษาพรหมณ์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....43896
วัน, เดือน, ปี.....17 ต.ค. 2545

b.....
i.....

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาเคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม ภาควิชาเคมี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2544

**The slush precipitation shrimp farm improvement
for a flowering plantby using Marigold as a case study**



Paweena Boonyaratpalin
Lumpoon Chaitrong
Sarut Raqsapram

A Special project Submitted in Partial Fulfillment of the
Requirement for The Degree of Bachelor of Science
Department of Chemistry
Faculty of Science
King Mongkut 's Institute of Technology Ladkrabang

2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | |
|--------------------|---|--------------|
| หัวข้อโครงการพิเศษ | การปรับปรุงคุณภาพตะกอนเลนจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำเพื่อประโยชน์ในการปลูกโดยใช้ต้นดาวเรืองเป็นกรณีศึกษา | |
| โดย | นางสาววีณา | บุญรัตผลิน |
| | นางสาวลำพูน | ใจตรง |
| | นายสรุต | รักษาพราหมณ์ |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | อาจารย์กตินศุคนธ์ | สุวรรณรัตน์ |
| ภาควิชา | เคมี | |

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการนำตะกอนเลนจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำมาปรับปรุงคุณสมบัติเพื่อประโยชน์ในการปลูกไม้ดอกโดยใช้ต้นดาวเรืองเป็นกรณีศึกษา ซึ่งทำการศึกษาคุณสมบัติตะกอนเลนได้แก่ ปริมาณธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน โปแทสเซียม ฟอสฟอรัส) อัตราการดูดซับโซเดียม ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ปริมาณอินทรีย์สาร ค่าการนำไฟฟ้า ค่าพีเอช และการหาขนาดอนุภาค จากการศึกษาพบว่าตะกอนเลนมีธาตุไนโตรเจนเท่ากับ 0.07 ppm ฟอสฟอรัสเท่ากับ 25.34 ppm โปแทสเซียมเท่ากับ 670.91 ppm อัตราการดูดซับโซเดียมเท่ากับ 14.196 ปริมาณอินทรีย์สารเท่ากับ 1.56 % ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเท่ากับ 322.00 meI/mol ค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 6.33 ms/cm พีเอชเท่ากับ 7.23 และเป็นอนุภาคคินเหนียว ทำการปรับปรุงคุณภาพตะกอนเลน โดยนำมาผสมกับวัสดุปลูก 3 ชนิดได้แก่ ทรายและ แกลบ เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพ ดินสีดา เพื่อ เพิ่มปริมาณธาตุอาหารหลักและอินทรีย์สาร และมีการเติมยิปซัมเพื่อลดความเค็มของดิน โดยผสมวัสดุปลูกและยิปซัมกับตะกอนเลนในอัตราส่วนต่างๆทั้งหมด 17 สูตร นำดินทั้ง 17 สูตรมาใช้ในการปลูกดาวเรือง และ ศึกษาการเจริญเติบโต จากการศึกษา พบว่า ดาวเรืองสามารถเจริญเติบโตได้ในดินทุกสูตร แต่สูตรที่ 7 ให้ขนาดดอกใหญ่สุด

Project Title : The slush precipitation shrimp farm improvement for a flowering plant by using Marigold as a case study

Author Ms. Paweena Boonyaratpalin
 Ms. Lumpoon Chaitrong
 Mr. Sarut Ruqsapram

Advisor Ms. Glinsukon Suwannarat

Department Chemistry

Academic Year 2001

ABSTRACT

The purpose of this project is to improve the quality of slush from a shrimp farm and bring it for a flowering plant. "Marigold" plants were used for case study. The focus of the slush quality were the primary essential element quantity (N, P, K), Sodium Absorption Rate(SAR), Cation Exchange Capacity(CEC), Organic matter, Conductivity, Particle size analysis. It was found that the precipitates slush evaluated N = 0.07 ppm, P = 25.34 ppm, K = 670.91 ppm, SAR = 14.196, %Organic Matter = 1.56 CEC = 322.00 ms/cm, Conductivity = 6.33 meq/mol, pH = 7.23 and Partical size is clay.

The improvement of the precipitate slush was done by mixing three growing materials as sand, rice hull, to improve the Physical quality and rich soil to increases mineral and added Gypsum to increase salty of soil. The growing materials and gypsum were mixed in the slush different ratio and was used for growing Marigold. The study found that Marigold grew well in every formula soil, but the formula 7 (mixing of slush, rich soil and Gypsum) made the biggest Marigold flowers.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่ายด้วยกัน ซึ่งผู้จัดทำโครงการได้รับความอนุเคราะห์จึ่งใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์กมลสินสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือต่างๆ ในการดำเนินงานโครงการพิเศษนี้มาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ ผศ. พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย ผศ.ศิริภัก สระตันดีและอาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำมาตลอด

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ฝ่ายธุรการ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ ที่ให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวกจนโครงการพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณ บิดามารดา และญาติพี่น้องที่คอยให้กำลังใจ ให้คำปรึกษา และ สนับสนุนทุนทรัพย์ ทำให้โครงการนี้สะดวกและรวดเร็วขึ้น

และขอบคุณเพื่อนๆที่คอยเป็นกำลังใจและอยู่เคียงข้างกันเสมอมา นอกเหนือจากบุคคลที่ได้กล่าวมาแล้วยังมีบุคคลอีกหลายท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ และให้กำลังใจจนโครงการพิเศษนี้สำเร็จ ทางผู้จัดทำโครงการใคร่ขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ผู้จัดทำ

สารบัญ

| เรื่อง | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย | ก |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | ข |
| กิตติกรรมประกาศ | ค |
| สารบัญตาราง | ง |
| สารบัญภาพ | จ |
| บทที่ 1 บทนำ | |
| 1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการพิเศษ | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ | 2 |
| 1.3 ขอบเขตการวิจัย | 2 |
| 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ | 2 |
| 1.5 ขั้นตอนวิจัยและดำเนินงาน | 3 |
| บทที่ 2 ทฤษฎี | |
| 2.1 การทำนาถั่ว | 5 |
| 2.2 สภาพภูมิประเทศของจังหวัดฉะเชิงเทรา | 9 |
| 2.3 ดินในจังหวัดฉะเชิงเทรา | 9 |
| 2.4 ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช (essential element) | 11 |
| 2.5 ปริมาณธาตุอาหารในดิน | 12 |
| 2.6 การเปลี่ยนรูปของธาตุอาหารไปอยู่ในรูปที่พืชใช้ได้ | 13 |
| 2.7 ดินที่มีปัญหาเนื่องมาจากการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ | 15 |
| 2.8 อิทธิพลของความเค็มที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช | 15 |
| 2.9 วัสดุปลูก | 16 |
| บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย | |
| 3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง | 20 |
| 3.2 อุปกรณ์ใช้ในการทดลอง | 21 |
| 3.3 แหล่งที่มาตัวอย่างดิน | 22 |
| 3.4 การดำเนินการทดลอง | 22 |
| 3.5 วิธีการวิเคราะห์ | 23 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

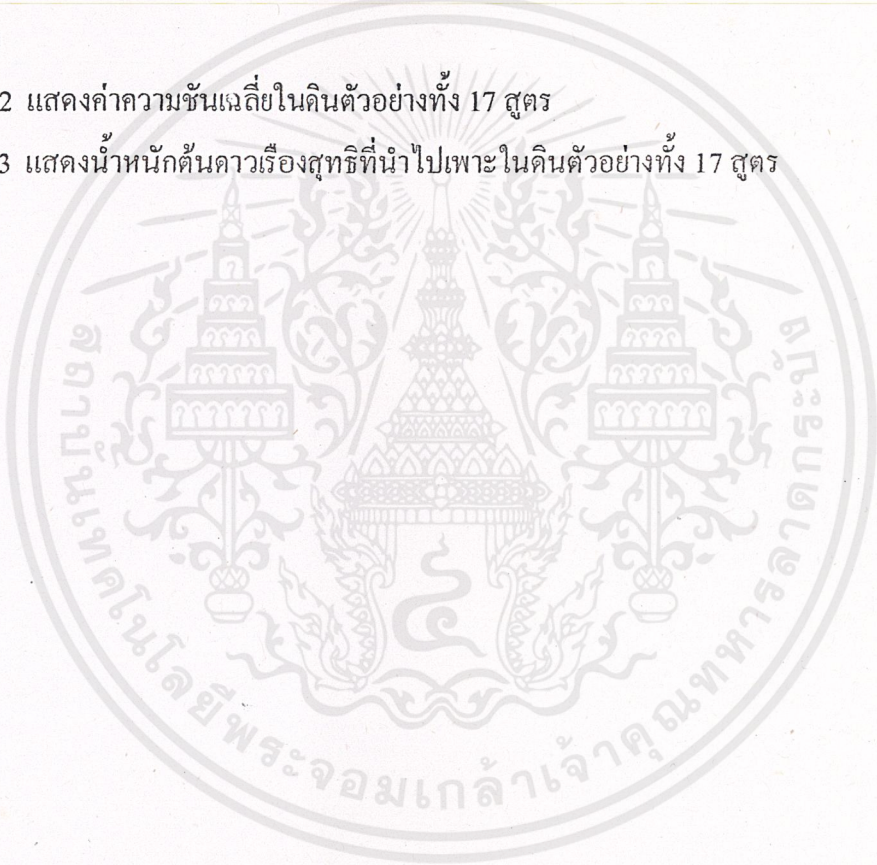
| เรื่อง | หน้า |
|--|------|
| บทที่ 4 ผลการทดลอง | |
| 4.1 ผลการทดลองในการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ | 24 |
| 4.2 ผลการทดลองในการนำดินตัวอย่าง 17 สูตร ไปปลูกต้นดาวเรือง | 37 |
| บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง | 41 |
| ข้อเสนอแนะ | 44 |
| บรรณานุกรม | 45 |
| ภาคผนวก ก แสดงวิธีการทดลองในการหาค่าพารามิเตอร์ | 46 |
| ภาคผนวก ข แสดงตารางการคำนวณค่าเฉลี่ยของแต่ละพารามิเตอร์ | 71 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

| ตาราง | หน้า |
|---|------|
| ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย | 4 |
| ตารางที่ 3.1 วิธีการวิเคราะห์ | 23 |
| ตารางที่ 4.1 แสดงค่าพีเอช ค่าการนำไฟฟ้า ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ปริมาณอินทรีย์สาร ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม และอัตราการดูดซับโซเดียม | 24 |
| ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความชื้นเฉลี่ยในดินตัวอย่างทั้ง 17 สูตร | 38 |
| ตารางที่ 4.3 แสดงน้ำหนักคั่นดาวเรืองสุทธิที่นำไปเพาะในดินตัวอย่างทั้ง 17 สูตร | 39 |



สารบัญรูป

| รูปที่ | หน้า |
|---|------|
| รูปที่ 2.1 สภาพพื้นที่ที่มีการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำในจังหวัด ฉะเชิงเทรา | 7 |
| รูปที่ 2.2 สภาพพื้นที่ที่มีการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำในจังหวัด ฉะเชิงเทรา | 7 |
| รูปที่ 2.3 แผนภูมิแสดงพื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำในเขตอำเภอเมือง แยกเป็นรายตำบล ปี 2540 | 8 |
| รูปที่ 2.4 แผนภูมิแสดงพื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำในเขตอำเภอเมือง แยกเป็นรายตำบล ปี 2541 | 8 |
| รูปที่ 4.1 แสดงค่า pH ของดินแต่ละสูตร | 26 |
| รูปที่ 4.2 แสดงค่าการนำไฟฟ้า ของดินแต่ละสูตร | 27 |
| รูปที่ 4.3 แสดงค่าความจุการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินแต่ละสูตร | 28 |
| รูปที่ 4.4 แสดงปริมาณอินทรียสาร ของดินแต่ละสูตร | 29 |
| รูปที่ 4.5 แสดงปริมาณไนโตรเจนของดินแต่ละสูตร | 30 |
| รูปที่ 4.6 แสดงปริมาณฟอสฟอรัสในดินแต่ละสูตร | 31 |
| รูปที่ 4.7 แสดงปริมาณโพแทสเซียมในดินแต่ละสูตร | 32 |
| รูปที่ 4.8 แสดงปริมาณโซเดียมในดินแต่ละสูตร | 33 |
| รูปที่ 4.9 แสดงปริมาณแคลเซียมในดินแต่ละสูตร | 34 |
| รูปที่ 4.10 แสดงปริมาณแมกนีเซียมในดินแต่ละสูตร | 35 |
| รูปที่ 4.11 แสดงค่าอัตราการดูดซับโซเดียมในดินแต่ละสูตร | 36 |
| รูปที่ 4.12 แสดงน้ำหนักคันดาวเรืองสุทธิในดินแต่ละสูตร | 40 |

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการพิเศษ

ปัจจุบันการเลี้ยงกุ้งกุลาดำได้มีการแผ่ขยายไปในหลาย ๆ พื้นที่ และได้มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะในการเลี้ยงกุ้งเป็นแบบพัฒนาหรือแบบหนาแน่น กันมากเพื่อให้ได้รับผลตอบแทนที่คุ้มค่า (บรรจง,2530) ในการเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนา นี้จะมีการให้อาหารกุ้งที่เป็นอาหารสำเร็จรูปในปริมาณมาก ทำให้มีอาหารส่วนเกิน ที่ไม่ได้ถูกเปลี่ยนเป็นเนื้อกุ้งซึ่งอยู่ในรูปของเสียที่ขับออกมาจากตัวกุ้ง รวมทั้งเศษอาหารที่เหลือตกค้างอยู่ในบ่อกุ้ง โดยที่กุ้งไม่สามารถจะจับกินได้และยังมีแหล่งกักตุนที่เกิดขึ้นในระหว่างการเลี้ยงเมื่อตายก็จะสะสมอยู่บริเวณพื้นบ่อ (คลิต,2536) ส่งผลให้หลังการเลี้ยงต้องมีการปรับสภาพพื้นบ่อที่เสื่อมสภาพให้เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงครั้งต่อไป เพราะพื้นบ่อเป็นส่วนที่ติดต่อกับน้ำ เป็นที่รองรับการทับถมของ ตะกอนอินทรีย์สาร เป็นที่ดูดซับและปล่อยอินทรีย์สารและอนินทรีย์สาร รวมทั้งปฏิกิริยาทางเคมีที่พื้นบ่อจะปลดปล่อยผลผลิตของปฏิกิริยานั้นให้กับน้ำอันอาจจะ เป็นพิษกับกุ้งที่เลี้ยงได้ (บริษัท แหลมทองอะควอเทค จำกัด,2535)

การปรับสภาพพื้นบ่อโดยทั่วไปจะสูบน้ำออกจากระบบบ่อ (วังเลน) ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมโทรม เนื่องจากตะกอนเลนมีธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืชสูง เมื่อลงสู่แหล่งน้ำทำให้พืชน้ำเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และจึงขาดออกซิเจน ส่งผลให้พืชตายสะสมในบริเวณก้นแหล่งน้ำ จากนั้นจะเกิดการย่อยสลายพืชที่ตายซึ่งจะใช้ออกซิเจนทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง สัตว์น้ำ จะขาดออกซิเจนและตาย อีกทั้งการปล่อยตะกอนเลนลงสู่แหล่งน้ำยังจะทำให้ น้ำตื้น เงินอีกด้วย

เนื่องจากตะกอนเลนจากบ่อกุ้งมีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชมามาก จึงสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูกได้ แต่สมบัติบางประการของตะกอนเลนยังไม่เหมาะสม คือลักษณะเนื้อดินตะกอนเป็นดินเหนียวจัด และมีความเค็ม จึงต้องมีการปรับปรุง คุณภาพก่อนที่จะนำไปใช้ในการเพาะปลูก ในการปรับปรุงคุณภาพตะกอนเลนให้นำไปใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูกจะต้อง

เป็นวิธีที่ง่ายต่อการนำไปใช้จริง และมีต้นทุนที่ต่ำ เพื่อเป็นการนำของเสียมาใช้ให้เป็นประโยชน์ และไม่เกิดผลเสียต่อสภาวะแวดล้อม การปรับปรุงจะทำได้โดยการนำตะกอนเลนมาผสมกับวัสดุปลูกอีก 4 ชนิด คือ ยิปซัม ดินสีดา ทราย และแกลบ เพื่อลดความเค็มของดิน และปรับสภาพให้มีความร่วนซุยมากขึ้น และศึกษาประสิทธิภาพของตะกอนที่ปรับปรุงคุณภาพแล้วจากการเจริญเติบโตของไม้ดอก

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของตะกอนเลนจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ
2. เพื่อปรับปรุงตะกอนเลนจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำให้สามารถนำไปใช้ในการปลูกดาวเรืองได้
3. ศึกษาประสิทธิภาพในการนำตะกอนเลนที่ผ่านการปรับปรุงแล้วมาใช้ในการปลูกดอกดาวเรือง

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของตะกอนเลนจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ โดยวิเคราะห์ถึงลักษณะของเนื้อดิน (Texture) พีเอช (pH) สภาพการนำไฟฟ้า (conductivity) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ปริมาณสารอินทรีย์ อัตราการดูดซับโซเดียม (SAR) ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K)
2. ปรับปรุงคุณภาพจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำโดยผสมกับดินสีดา ยิปซัม ทราย และ แกลบ ตามสูตรต่างๆ
3. ทดสอบประสิทธิภาพของตะกอนเลนที่ปรับปรุงคุณภาพแล้วในข้อ 2 โดยนำมาปลูกดอกดาวเรือง และศึกษาการเจริญเติบโตของดอกดาวเรืองจากความสูงของต้น ความสมบูรณ์ของลำต้น ใบและดอก น้ำหนักเปียก และน้ำหนักแห้งของต้นดาวเรือง

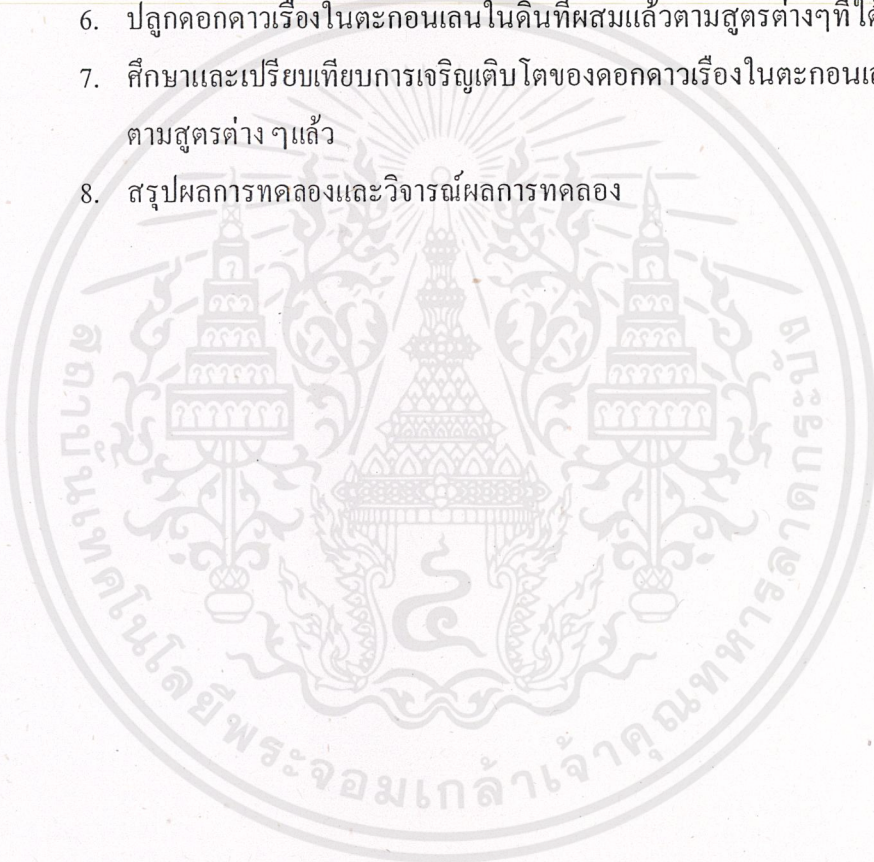
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงสมบัติบางประการและองค์ประกอบทางเคมีของตะกอนเลนจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ
2. ทราบถึงความเป็นไปได้ที่จะนำตะกอนเลนจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่ปรับปรุงคุณภาพแล้วมาใช้ประโยชน์ในการปลูกไม้ดอก
3. นำของเสียมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด
4. ลดปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากตะกอนเลนบ่อเลี้ยงกุ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขั้นตอนวิจัยและดำเนินงาน

1. นำตะกอนเลนที่ได้จากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำมาตากแดดให้แห้ง
2. นำตะกอนเลนที่แห้งแล้วมาบด
3. วิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ
4. ปรับปรุงคุณภาพโดยนำมาผสมกับดินสีดา ยิปซัม ทราย และเกลบตามสูตรต่าง ๆ ที่ได้กำหนดไว้
5. นำตะกอนเลนที่ปรับปรุงคุณภาพแล้วมาวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ อีกครั้ง
6. ปลุกดอกดาวเรืองในตะกอนเลนในดินที่ผสมแล้วตามสูตรต่าง ๆ ที่ได้กำหนดไว้
7. ศึกษาและเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของดอกดาวเรืองในตะกอนเลนที่ปรับปรุงคุณภาพตามสูตรต่าง ๆ แล้ว
8. สรุปผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง



ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

| ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย | ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------------------------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|--|
| | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | |
| ศึกษาและค้นคว้าข้อมูล | | | | | | | | | | | | | |
| ตั้งวัตถุประสงค์และขอบเขต | | | | | | | | | | | | | |
| จัดทำเค้าโครงงานวิจัย | | | | | | | | | | | | | |
| เสนอเค้าโครงงานวิจัย | | | | | | | | | | | | | |
| เตรียมอุปกรณ์และสารเคมี | | | | | | | | | | | | | |
| ทดสอบประสิทธิภาพเครื่องมือ | | | | | | | | | | | | | |
| การศึกษาเบื้องต้น | | | | | | | | | | | | | |
| เก็บตัวอย่างดินตะกอน | | | | | | | | | | | | | |
| ทดลองศึกษาคุณสมบัติดินตะกอน | | | | | | | | | | | | | |
| รวบรวมและวิเคราะห์ผลการทดลอง | | | | | | | | | | | | | |
| ปรับปรุงคุณสมบัติดินตะกอน | | | | | | | | | | | | | |
| นำดินตะกอนสัดส่วนต่างๆ ไปปลูกดาวเรือง | | | | | | | | | | | | | |
| สรุปและวิจารณ์ | | | | | | | | | | | | | |
| ค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติม | | | | | | | | | | | | | |
| จัดทำรูปเล่มรายงาน | | | | | | | | | | | | | |
| เตรียมเสนอ โครงการงานพิเศษ | | | | | | | | | | | | | |
| เสนอโครงการงานพิเศษ | | | | | | | | | | | | | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี

ทรัพยากรที่ดิน เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญต่อมวลมนุษยชาติ เพราะทรัพยากรดินเป็นสิ่งพื้นฐานที่ก่อให้เกิดการผลิตปัจจัยที่สำคัญสนองต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ อย่างไรก็ตามทรัพยากรที่ดินมีปริมาณที่คงที่ไม่สามารถขยายหรือเพิ่มขึ้นได้อีก ตามจำนวนประชากรที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วทุกปี ความต้องการที่ดิน เพื่อประกอบอาชีพ และกิจกรรมอื่นๆจึงเกิดขึ้น ทำให้มีการดำเนินการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างไม่เหมาะสม ไม่มีประสิทธิภาพ และไม่ถูกวิธี ซึ่งส่งผลก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ติดตามมาอย่างมากมาย

จังหวัดฉะเชิงเทรา มีพื้นที่เหมาะสม เพื่อการกสิกรรมอยู่ในอำเภอเมือง บางน้ำเปรี้ยว พนมสารคาม บางคล้า บ้านโพธิ์ บางปะกง แปลงยาว กิ่งอำเภอราชสาสน์ และกิ่งอำเภอท่าตะเกียบ จำนวน 1,410,959 ไร่ หรือร้อยละ 42% ของพื้นที่ทั้งหมดและพื้นที่ที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาแหล่งน้ำ และการประมง อยู่ในบริเวณอำเภอบางปะกงจำนวน 84,658 ไร่ หรือร้อยละ 2.54 ของพื้นที่ทั้งหมด ในปัจจุบัน การใช้ประโยชน์ที่ดินในจังหวัดฉะเชิงเทราได้เปลี่ยนแปลงในบางส่วน เนื่องจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำสามารถให้ผลตอบแทนแก่เกษตรกรผู้เลี้ยงสูงมากจึงเป็นสิ่งจูงใจให้เกษตรกรบางส่วนได้เปลี่ยนแปลงพื้นที่ไปเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ซึ่งในระยะยาว จะก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมตามมาในระยะต่อไป

2.1 การทำนากุ้ง

ในอดีตประเทศไทยได้มีการเลี้ยงกุ้งทะเลประมาณ 70 ปีมาแล้ว โดยผู้ประกอบการอาชีพทำนาเกลือและนาข้าวและได้กักน้ำซึ่งจะมีลูกกุ้งทะเลติดเข้ามากับน้ำทะเลในธรรมชาติไว้ในบริเวณนาเกลือและนาข้าว เกษตรกรได้พบว่ามีการเลี้ยงกุ้งในลำธารจึงได้พยายามรวบรวมนำไปเลี้ยงไว้ในนาข้าวนาเกลือ ซึ่งวิธีการนี้เป็นการเริ่มต้นเลี้ยงกุ้งทะเล จากนั้นมาวิธีการเลี้ยงกุ้งทะเลก็ได้พัฒนาขึ้นเรื่อยๆ

วิธีการเลี้ยงกุ้ง

การเลี้ยงกุ้งทะเลได้มีการเลี้ยงซึ่งพอแบ่งออกได้เป็น 3 รูปแบบคือ

1. การเลี้ยงแบบธรรมชาติ (Traditional farming) เป็นการทำนากุ้งโดยอาศัยลูกกุ้งทะเลที่มีมากับน้ำทะเลตามธรรมชาติ เมื่อนำน้ำทะเลเข้ามาพักไว้ในนากุ้งจะมีลูกกุ้งจะมีลูกกุ้งติดมาด้วย เมื่อได้กำหนดปล่อยน้ำออกเพื่อจับกุ้ง ซึ่งการทำนากุ้งแบบนี้ น้ำที่ปล่อยออกมามีคุณภาพเหมือนน้ำทะเลซึ่งไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
2. การเลี้ยงแบบกึ่งพัฒนา (Semi-intensive farming) เป็นการทำนากุ้งคล้ายการเลี้ยงแบบธรรมชาติ แต่มีการปล่อยลูกกุ้งลงไปเสริมกับลูกกุ้งธรรมชาติและมีการให้อาหารเสริม ซึ่งการเลี้ยงแบบกึ่งพัฒนานี้ลูกกุ้งที่เลี้ยงในแต่ละบ่อไม่มีความหนาแน่นมากนัก การเลี้ยงยังต้องอาศัยลูกกุ้งจากธรรมชาติเข้ามาในบ่อเลี้ยงกุ้ง และมีการถ่ายเทน้ำทุกวัน น้ำที่ระบายออกมาไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
3. การเลี้ยงแบบพัฒนา (Intensive farming) การเลี้ยงกุ้งทะเลด้วยวิธีนี้ได้ขยายตัวไปอย่างรวดเร็ว เนื่องจากผลตอบแทนที่ได้รับการเลี้ยงแต่ละรุ่นใช้เวลาในการเลี้ยงเพียง 4 เดือนสามารถทำรายได้ได้มากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ในบางครั้ง ถ้ามีการจัดการที่ดี ซึ่งดีกว่าอาชีพอื่นๆ การเลี้ยงจะเลี้ยงในบ่อเลี้ยงขนาดพื้นที่ 4 ไร่ แต่ละบ่อมีความลึกประมาณ 1.5-2.0 เมตร ลูกกุ้งทะเลที่เลี้ยงจะนำมาจากโรงเพาะฟักทั้งหมด ซึ่งปริมาณกุ้งที่ปล่อยหนาแน่นมากประมาณ 20-40 ตัวต่อ ตารางเมตร แล้วแต่ความต้องการของเกษตรกร มีการให้อาหารอย่างเต็มที่ มีอุปกรณ์และมีเทคนิคที่ทันสมัยมีเครื่องมือเครื่องสีน้ำหรือพ่นน้ำเพื่อเพิ่มออกซิเจนในน้ำ มีการใช้สารเคมีชนิดต่างๆ เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติหรือรักษาโรครวมทั้งอาหารเสริมรวมทั้งมีการใช้ยาผสมกับอาหาร การเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนานี้เมื่อมีการระบายน้ำออกจะมีคุณสมบัติแตกต่างจากแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งได้แก่ ความเค็ม สารเคมีต่างๆ และยา ในปริมาณสูง แต่ปริมาณออกซิเจนในน้ำต่ำ นอกจากนี้ยังมีเหลือที่ย่อยสลายไม่หมดที่อยู่ก้นบ่ออีกเป็นจำนวนมาก

การเลี้ยงกุ้งในจังหวัดฉะเชิงเทรา

จากการรายงานของกรมประมงพบว่าการเลี้ยงกุ้งบริเวณ ต. คลองสอง อ. บางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 18 ราย เนื้อที่ 1,943 ไร่ ซึ่งเป็นบริเวณชายฝั่งทะเล เป็นการเลี้ยงแบบธรรมชาติ ซึ่งหลังจากกรมประมงได้ประสบความสำเร็จในการเพาะฟักลูกกุ้งทะเลในปีพ.ศ. 2515 การส่งเสริมการเลี้ยงกุ้งทะเลบริเวณชายฝั่งจึงได้เริ่มขึ้นอย่างจริงจัง ได้มีการนำลูกกุ้งไปปล่อยเสริมการเลี้ยงแบบธรรมชาติและมีการเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนาได้เริ่มขึ้นแพร่หลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั่วประเทศ รวมทั้งจังหวัดฉะเชิงเทรา และเกษตรกรหลายรายได้เปลี่ยนอาชีพจากการทำนาเป็นการทำนากุ้ง หรือขายที่ดินให้แก่เกษตรกรเพื่อการทำนากุ้ง

รูปที่ 2.1 และ 2.2 เป็นสภาพพื้นที่ที่มีการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำในจังหวัด ฉะเชิงเทรา
รูปที่ 2.1



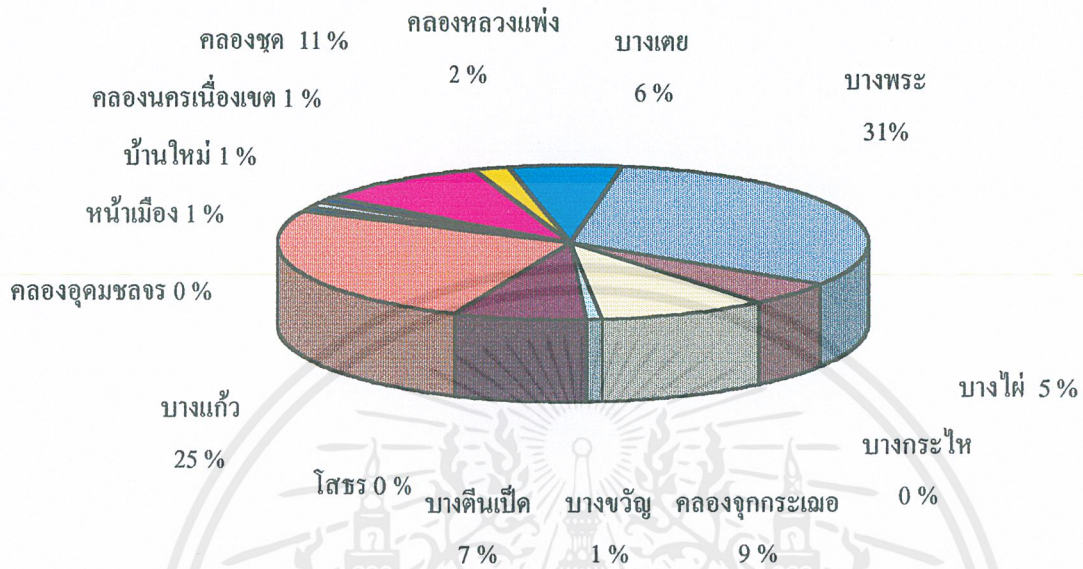
รูปที่ 2.2



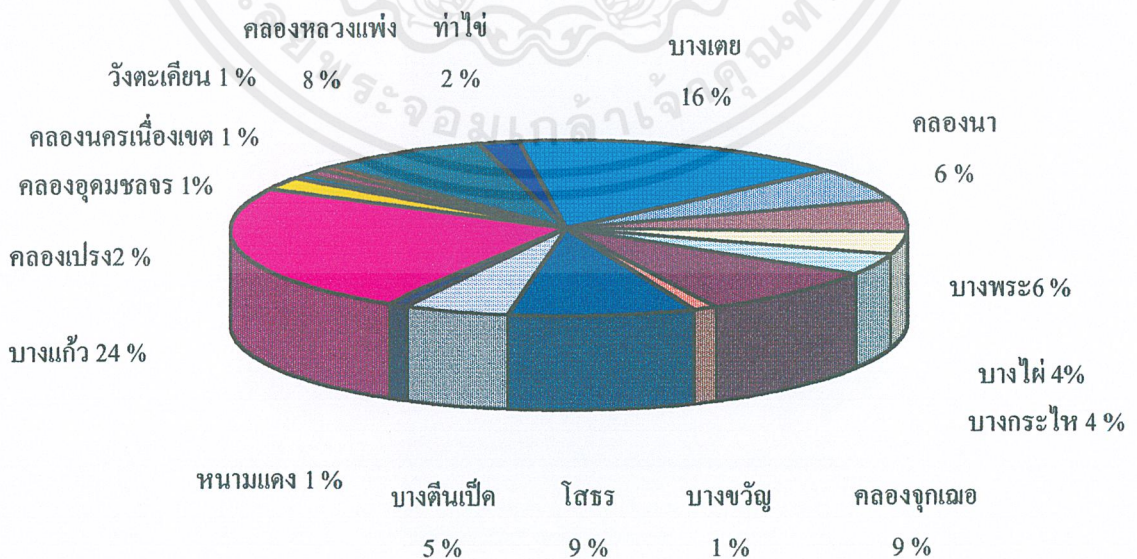
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.3 และ 2.4 แสดงพื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำในเขตอำเภอเมือง แยกเป็นรายตำบล ปี 2540 และ ปี 2541

รูปที่2.3 แผนภูมิแสดงพื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำในเขตอำเภอเมือง แยกเป็นรายตำบล ปี 2540



รูปที่2.4 แผนภูมิแสดงพื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำในเขตอำเภอเมือง แยกเป็นรายตำบล ปี 2541



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลกระทบจากการเลี้ยงกุ้งในจังหวัดฉะเชิงเทรา

จากการสำรวจอย่างหยาบพบว่าการเลี้ยงกุ้งในจังหวัดฉะเชิงเทรา ได้ส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อพื้นที่บริเวณข้างเคียงที่ทำการเกษตร ทำให้ไม่สามารถปลูกพืชได้อีกต่อไปเนื่องจากปัญหาความเค็มของดินและน้ำ และน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งที่ระบายออกของนาุ้งจะมีความเค็มสูงทำให้เกิดการแพร่กระจายของดินเค็มเป็นไปอย่างกว้างขวาง และยังมีผลต่อน้ำที่ใช้ในการอุปโภคบริโภค และเพื่อการเลี้ยงสัตว์ชนิดต่างๆ สถานที่เพาะฟักลูกกุ้งได้ใช้น้ำเค็มจัดเพื่อการเพาะฟักลูกกุ้ง ซึ่งพบอยู่มากมายได้ระบายน้ำเค็มออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะ และพื้นที่ใกล้เคียง ซึ่งได้ส่งผลกระทบอย่างมาก นอกจากนี้ยังพบว่าพื้นที่การเลี้ยงกุ้งได้ขยายตัวถึงบางพื้นที่ ในจังหวัดปราจีนบุรี ในกรณีนี้การเลี้ยงได้วิวัฒนาการโดยปรับสภาพน้ำจัดเป็นน้ำกร่อย ด้วยวิธีการนำน้ำเค็มจากทะเลและผสมกับน้ำจืดและเกลือชนิดเหลว หรือเกลือป่นดิน มาปรับสภาพของน้ำในบ่อให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของกุ้ง ซึ่งวิธีนี้น่าจะเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมในระยะต่อไป

2.2 สภาพภูมิประเทศของจังหวัดฉะเชิงเทรา

จังหวัดฉะเชิงเทรามีพื้นที่ 3,344,3375 ไร่ตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกของประเทศ ลักษณะของพื้นที่ บริเวณชายฝั่งทะเลด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ของจังหวัด มีสภาพราบเรียบ ความลาดชันไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์ อยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเลปานกลาง 0-2 เมตร มีอยู่บริเวณพื้นที่ไม่มากนัก แถบชายฝั่งทะเลพื้นที่ส่วนใหญ่ถูกน้ำทะเลท่วมถึงพื้นที่บริเวณติดต่อมาเป็นพื้นที่ราบกว้างใหญ่ด้านทิศตะวันออกและทิศเหนือของจังหวัด ระดับจะค่อยๆสูงขึ้นแต่ส่วนใหญ่มีสภาพราบเรียบ บริเวณต่อจากทุ่งราบนี้ความสูงจะเพิ่มมากขึ้นจรดบริเวณที่ดอนของทิศตะวันออก พื้นที่ส่วนนี้จะมีประมาณครึ่งหนึ่งของพื้นที่จังหวัดซึ่งประกอบด้วยพื้นที่ราบน้ำท่วมและพื้นที่ดอน ส่วนใหญ่เป็นที่ดอนมีสภาพเป็นลูกคลื่นลอนลาด ความลาดชัน 2-4 เปอร์เซ็นต์ และมีเขาเตี้ยๆและต่อจากบริเวณนี้เป็นที่ราบเชิงเขา ความลาดชันไม่เกิน 30 เปอร์เซ็นต์ เป็นบริเวณที่มีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัด ปราจีนบุรี ชลบุรี และจันทบุรี

2.3 ดินในจังหวัดฉะเชิงเทรา

ดินในจังหวัดฉะเชิงเทราเป็นดินในกลุ่มดินชุดที่ 3 ซึ่งเป็นกลุ่มของชุดดินบางกอก และชุดดินฉะเชิงเทรา

สภาพแวดล้อมที่เกี่ยวกับกลุ่มชุดดิน

1. วัตถุดิบกำเนิดดิน : เกิดจากการทับถมตะกอนจากทะเล (marine water deposits) และตะกอนน้ำจืด (fresh water deposits)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ภูมิฐาน : ที่ราบน้ำทะเลเคยท่วมถึง (formers tidal flats) และที่ราบน้ำจากแม่น้ำท่วมถึง (river basin)
3. สภาพพื้นที่ : ราบเรียบถึงราบลุ่ม ความลาดเทน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์
4. สภาพการระบายน้ำของดิน : การระบายน้ำเร็วในช่วงฤดูฝนที่น้ำท่วมขัง 4-5 เดือน
5. พืชพรรณ / การใช้ประโยชน์ : ใช้ทำนา ปลูกผักและผลไม้โดยการยกร่อง พืชพรรณธรรมชาติเดิมเป็นป่าชายเลน และป่าหญ้า
6. การชะล้างพังทลายของหน้าดิน : ไม่มี
7. ปริมาณเศษหิน กรวดบนหน้าดิน : ไม่มี
8. การแพร่กระจาย : ภาคเหนือ กลาง ตะวันออกเฉียงเหนือ ตะวันออกภาคใต้

ลักษณะของกลุ่มชุดดินและของชุดดินในกลุ่มและการประเมินค่าความต้องการอุดมสมบูรณ์ของดิน

1. ลักษณะของกลุ่มชุดดิน มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ดินบนสีดําหรือเทาเข้มมาก ส่วนดินชั้นล่างสีเทาหรือสีน้ำตาลอ่อน พบจุดประสีเหลืองและสีน้ำตาลหรือสีแดงอยู่หน้าตัดดิน การระบายน้ำเร็ว บางพื้นที่จะพบเปลือกหอยอยู่ในดินชั้นล่าง ถ้าพบดินกลุ่มนี้บริเวณชายฝั่งทะเล ปฏิกริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นด่าง ค่าความเป็นด่างอยู่ในระหว่าง 7.5-8.0 ความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง
2. ลักษณะของดินในกลุ่ม
 - ชุดดินบางกอก (Bangkok series) พบในแถบที่ลุ่มภาคกลาง ลักษณะเนื้อดินเป็นดินเหนียวตลอดหน้าตัดของดิน สีดินบนเทาหรือเข้มหรือน้ำตาลเข้มมากปนเทา ส่วนดินข้างล่างสีเทาหรือเทาปนเขียวมะกอก พบจุดประสีน้ำตาลปนเหลือง หรือน้ำตาลแก่ในดินชั้นบนและสีน้ำตาลปนเหลืองและน้ำตาล อมเขียวมะกอกในดินชั้นล่าง ปฏิกริยาดินเป็นกรดและดินปานกลางถึงกรดเล็กน้อยในดินชั้นบน ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 5.5-6.5 และเป็นกรดเล็กน้อยถึงปานกลางในดินชั้นล่าง ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 6.5-8.0
 - ชุดดินชะเชิงตรา (Chachoengsao series) ลักษณะเนื้อดินบนเป็นดินเหนียวสีเทาเข้มหรือน้ำตาลปนเทา ส่วนดินชั้นล่างเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทราย สีน้ำตาลปนเทาและเปลี่ยนสีเทาหรืออมน้ำเงินในดินชั้นล่างลึกๆ พบจุดสีประสีเหลืองปนน้ำตาลและสีแดงในดินชั้นล่าง ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลางในดินชั้นบน ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 5.5-6.0 ส่วนดินชั้นล่างจะเป็นกรดเล็กน้อยถึงปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้อยถึงเป็นค่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 6.5-8.0 (รายงานการจัดการทรัพยากรที่ดิน,2541)

3. การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ในการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินได้ใช้วิธีการประเมินคู่มือการวินิจฉัยคุณภาพของดินสำหรับประเทศไทยปี ค.ศ. 1973 ได้ใช้คุณสมบัติทางเคมีของดินได้แก่ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (C.E.C) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ซึ่งได้จากผลของการวิเคราะห์ดินที่เป็นตัวแทนของชุดดินในกลุ่มโดยการพิจารณาความอุดมสมบูรณ์ของดินเฉพาะผิวดินบนหนา 30 ซม. ผลจากการประเมิน สรุปได้ว่าเป็นกลุ่มชุดดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง

ปัญหาและข้อจำกัดของกลุ่มดินชุดที่ 3 ในการปลูกพืชต่างๆ

1. น้ำท่วม (Flooding) เนื่องจากกลุ่มชุดดินนี้พบในบริเวณที่ราบต่ำในช่วงฤดูฝนมีน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลา 4-5 เดือน ไม่เหมาะสมในการปลูกพืชไร่ ไม้ผล และพืชผัก เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าว แต่บางปีที่น้ำท่วมลึกอาจทำให้ข้าวที่ปลูกเสียหาย
2. ดินที่มีการระบายน้ำเลว (poorly drained soils) เป็นข้อจำกัดในการปลูกพืชไร่ พืชผัก และไม้ผล ต้องมีการปรับปรุงแก้ไข
3. ดินเหนียวจัดและดินมีโครงสร้างค่อนข้างแน่นทึบ ทำให้การไถพรวนดินในการปลูกพืชไร่ และพืชผักค่อนข้างลำบากและเป็นอุปสรรคต่อการชอนไชของรากพืช ทำให้พืชเกิดการชะงักการเจริญเติบโตได้จะต้องมีการปรับปรุงแก้ไข

2.4 ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช (essential element)

สามารถแบ่งได้คือ

1 ธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมาก

เป็นธาตุอาหารพืชต้องการในปริมาณมากและจำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตของพืช พืชทุกชนิดเจริญเติบโตโดยอาศัยธาตุอาหารพวกนี้เป็นหลักเกี่ยวกับระบบ โครงสร้าง เอนไซม์และการสร้างผลผลิตต่างๆ ธาตุเหล่านี้แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มคือ

1. ธาตุอาหารหลัก (Primary Essential Elements) ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส(P) และโพแทสเซียม (K)
2. ธาตุอาหารรอง(Secondary Essential Element) ได้แก่ แคลเซียม(Ca) แมกนีเซียม (Mg) และซัลเฟอร์ (S)

ธาตุอาหารหลักทั้งสามมักจะพบอยู่ในดินในปริมาณที่น้อยหรือ อยู่ในรูปที่พืชใช้ประโยชน์ไม่ได้ จึงเป็นธาตุที่พืชมักขาดอยู่เสมอและเป็นปัญหาในการผลิตพืชมาก

2 ธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณน้อยหรือจุลธาตุ

เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการสำหรับการเจริญเติบโตในปริมาณที่น้อยแต่ก็ขาดไม่ได้ธาตุในกลุ่มนี้คือ เหล็ก(Fe) แมงกานีส (Mn) สังกะสี(Zn) โบรอน(B) ทองแดง (Cu) คลอรีน(Cl) โมลิบดีนัม(Mo)

2.5 ปริมาณธาตุอาหารในดิน

จากการวิเคราะห์ดินพบว่าดินที่มีปริมาณของธาตุไนโตรเจนน้อยเนื่องจาก อินทรีย์วัตถุสลายตัวได้รวดเร็วโดยเฉพาะ ในแถบชุ่มชื้นและอุณหภูมิสูงอย่างในเขตร้อนทั่วไป เมื่ออินทรีย์วัตถุสลายตัวจะให้สารประกอบไนโตรเจนที่มีไนโตรเจนประมาณ 5% ดังนั้นอินทรีย์วัตถุ 1-3% จึงให้ธาตุไนโตรเจนน้อยมาก

เมื่อพิจารณาถึงเปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจะเห็นว่าปริมาณน้อย นอกจากนี้บางส่วนอาจอยู่ในรูปของสารประกอบที่พืชใช้ประโยชน์ไม่ได้ทันที ต้องสลายตัวหรือเปลี่ยนรูปเสียก่อน ดังนั้นดินทั่วไปจึงมักจะประสบปัญหาที่มีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสไม่เพียงพอกับความต้องการของพืช

ธาตุโพแทสเซียม

แม้จะพบว่ามีอยู่ในปริมาณมากในดินส่วนใหญ่ ยกเว้นดินทราย แต่ก็อยู่ในรูปที่พืชใช้ไม่ได้มีอยู่น้อยมากนอกนั้นอยู่ในรูปสินแร่เกือบหมด ปัญหาของของโพแทสเซียมโดยทั่วไปขึ้นอยู่กับอัตราการแลกเปลี่ยนรูปของโพแทสเซียม และการตรึงโพแทสเซียมของดิน

ธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียม

ที่มีอยู่ในดินเป็นปริมาณที่มากเช่นกันและส่วนใหญ่ก็อยู่ในรูปที่เป็นสินแร่ แต่ง่ายกว่าการสลายตัวมากกว่าแร่ที่มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบ อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปมักจะพบในดินในปริมาณที่น้อยกว่าโพแทสเซียม แต่ก็มากพอกับความต้องการของพืช ปัญหาที่ดินมีแคลเซียมและแมกนีเซียมไม่เพียงพอกับความต้องการของพืชเกือบไม่มีเลย แต่ที่พบ

ว่าดินต้องเพิ่มปุ๋ย(มีทั้งแคลเซียมและแมกนีเซียมในปุ๋ยบางชนิด) ลงไปไม่ได้มีจุดประสงค์ที่จะเพิ่มแคลเซียมและแมกนีเซียมให้แก่ดิน แต่เพื่อจะลดความเป็นกรดของดินให้อยู่ที่ระดับที่เหมาะสม

ธาตุกำมะถัน

ในดินแม้จะมีปริมาณที่เกือบเท่าฟอสฟอรัสในดินก็ตามแต่ก็อยู่ในรูปที่พืชใช้ได้ง่ายและมีปริมาณมากพอ ทั้งนี้ก็เพราะว่ากำมะถันในรูปอนินทรีย์ เช่น ซัลเฟต ส่วนน้อยเท่านั้นที่ถูกเปลี่ยนรูปไปอยู่ในรูปอื่นที่ละลายน้ำยากขึ้น ดังนั้นปัญหาดินขาดกำมะถันของพืชจึงไม่ค่อยปรากฏ (คูสิค,2536)

2.6 การเปลี่ยนรูปของธาตุอาหารไปอยู่ในรูปที่พืชใช้ได้

ไนโตรเจน

แหล่งใหญ่ของไนโตรเจนในดินคือ อินทรีย์วัตถุ ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วมีไนโตรเจนอยู่ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ เมื่ออินทรีย์วัตถุสลายตัวโดยจุลินทรีย์บางพวกจะได้สารประกอบไนโตรเจนที่มีโครงสร้างง่ายๆหลายชนิด พร้อมทั้งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของเกลือของธาตุอื่นๆ ขบวนการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในดินเป็นกระบวนการทางชีวเคมีที่สลับซับซ้อนมีจุลินทรีย์เข้ามาเกี่ยวข้องทุกขั้น และกิจกรรมของจุลินทรีย์เหล่านี้ถูกควบคุมโดยสภาพแวดล้อมในดิน เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณออกซิเจน ชนิดของสารประกอบอินทรีย์ อินทรีย์วัตถุ ปฏิกิริยาดิน(soil reaction) และปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เหล่านั้น

อนึ่งถ้าอินทรีย์วัตถุที่ใส่ลงไปในดินมีคาร์บอนมากเมื่อเทียบกับไนโตรเจน (C/N ratio สูงหรือกว้าง) กระบวนการข้างบนจะผันกลับชั่วคราว ทั้งนี้เพราะจุลินทรีย์ได้พลังงานและแหล่งของคาร์บอน (carbon source) จำนวนมากจากคาร์บอนอินทรีย์ในอินทรีย์วัตถุจึงสามารถเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์มากขึ้นซึ่งจำเป็นใช้ไนโตรเจนมากขึ้นเช่นกัน แต่ไนโตรเจนในอินทรีย์วัตถุไม่พอจึงต้องไปดึงเอาแอมโมเนียม (NH_4^+) และไนเตรด (NO_3^-) ซึ่งมีอยู่เดิมในดินมาใช้อีก เมื่อเป็นดังนี้จุลินทรีย์กับพืชต่างก็แย่งแอมโมเนียมและไนเตรดกันจึงทำให้พืชแสดงอาการขาดธาตุไนโตรเจนออกมาให้เห็น แต่ก็เพียงชั่วระยะเวลาสั้นๆ เพราะเมื่อจุลินทรีย์ขาดไนโตรเจนก็ลดจำนวนลง บางพวกจะตายไปบ้าง จำนวนจุลินทรีย์ก็กลับลงมาสมดุลกับปริมาณอินทรีย์วัตถุ นั่นคือทำให้อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจน

ของอินทรีย์วัตถุในดินต่ำหรือแคบลง ซึ่งมีผลทำให้การปลดปล่อยแอมโมเนียมและไนเตรด โดยกระบวนการต่างๆในดินเพิ่มขึ้นอีกเป็นผลคือพืช

ฟอสฟอรัส

การสลายอินทรีย์วัตถุที่มีฟอสฟอรัสอยู่ด้วยจะทำให้สารประกอบฟอสฟอรัสในรูปอินทรีย์วัตถุที่ง่ายในการที่พืชจะดูดเข้าไป แต่อย่างไรก็ตามฟอสฟอรัสจากอินทรีย์วัตถุในดินต่างๆไปมีน้อยมากเมื่อเทียบกับฟอสฟอรัสในรูปสารประกอบอนินทรีย์ฟอสเฟตต่างๆ นอกจากนั้นฟอสเฟตในดินมีเป็นปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับแร่อื่นๆในดิน ซ้ำยังละลายน้ำได้น้อยจนเกือบจะเรียกว่าไม่ละลายน้ำเลย ฟอสฟอรัสในดินที่พืชดูดซึ่งมีน้อยมากเพราะดินมีสารประกอบฟอสเฟตอยู่น้อย และอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้น้อยด้วย นอกจากนี้ยังถูกพวกจุลินทรีย์นำไปใช้สร้างเนื้อเยื่อของมัน ดังที่เคยกล่าวมาแล้วว่าฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่ไวต่อการทำปฏิกิริยา ฟอสเฟตรูปที่ละลายน้ำได้ซึ่งอยู่ในดินมักจะเปลี่ยนรูปไปเป็นสารฟอสเฟตที่พืชใช้ไม่ได้ (ถูกตรึง) ในทุกสภาพของความเป็นกรดเป็นด่าง เช่น ถ้าดินเป็นกรดฟอสเฟตนี้จะถูกเปลี่ยนไปเป็นเหล็กหรืออะลูมิเนียมฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ยากมาก หรือถ้าดินเป็นด่างจะถูกเปลี่ยนไปเป็นแคลเซียมฟอสเฟตที่มีโมเลกุลใหญ่ละลายน้ำได้ยากมากเช่นเดียวกันเป็นต้น

โพแทสเซียม

โพแทสเซียมในดินส่วนใหญ่อยู่ในรูปที่เป็นแร่ซึ่งสลายตัวช้าๆให้สารประกอบโพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ง่ายขึ้น

โพแทสเซียมในดินที่อยู่ในรูปของแร่มีประมาณ 90-98 % ส่วนอีก 2-10 % อยู่ในรูปของไอออนบวกที่ดูดซับอยู่ที่ผิวของสารคอลลอยด์ (adsorbed K) และอยู่ในสารละลายในดิน

แคลเซียมและแมกนีเซียม

บางส่วนของแคลเซียมและแมกนีเซียมอยู่ในรูปแร่แคลเซียมและแมกนีเซียม จะละลายในน้ำที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ หรือเรียกว่ากรดคาร์บอนิกได้แคลเซียมและแมกนีเซียมไบคาร์บอเนต $[Ca(HCO_3)_2 \text{ \& \ } Mg(HCO_3)_2]$ ซึ่งสามารถละลายอยู่ในสารละลายดิน ส่วนใหญ่ของแคลเซียมและแมกนีเซียมไอออนจะถูกดูดซับที่ผิวของสารคอลลอยด์ในดินและสามารถจะถูกไล่ที่หรือแลกเปลี่ยนออกมาอยู่ในรูปของสารละลายดินได้อีก ถ้าใส่เกลือแคลเซียมหรือแมกนีเซียมที่ละลายน้ำได้ดีลงไปในดิน ส่วนใหญ่ของแคลเซียมและ

แมกนีเซียมไอออนจะถูกดูดซับเอาไว้ และบางที่อาจถูกตรึงอย่างเหนียวแน่นจนคล้ายกับว่าเป็นส่วนหนึ่งของ โมเลกุลหรือสารคอลลอยด์ก็ได้

กำมะถัน

ส่วนใหญ่ของกำมะถันในดิน อยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ ยกเว้นกรณีดินที่เกิดจากการสลายตัวของแร่ไพไรต์ (pyrite, FeS) หรือดินชายฝั่งทะเลที่มีแคลเซียมซัลเฟต (CaSO₄) ตกตะกอนทับถมอยู่ กำมะถันในรูปของสารประกอบอินทรีย์ดังกล่าวจะถูกจุลินทรีย์เข้าย่อยสลายให้เกิดเป็นสารอนินทรีย์ (เคมีเกษตร, 2531)

2.7 ดินที่มีปัญหาเนื่องมาจากการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

ปัญหาความเค็ม

ในปัจจุบันได้มีผู้ประกอบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่ที่มีความเค็มต่ำหรือที่เรียกว่า “การเลี้ยงกุ้งทะเลในเขตน้ำจืด” โดยเกษตรกรที่จะชื้อน้ำเค็มเติมในพื้นที่เลี้ยงและทำการปรับสภาพน้ำให้มีความเค็มพอที่จะใช้ทำการเลี้ยงกุ้งกุลาดำได้ จากการกระทำดังกล่าวนี้จะทำให้เกิดผลกระทบต่อดินคือ ดินที่ใช้เพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำไปนานๆพื้นดินจะซึมซับและสะสมความเค็มไว้ตลอดเวลา ผลที่สุดพื้นดินที่เป็นดินจืดก็จะกลายเป็นดินเค็ม โดยที่ระดับความเค็มอยู่ในช่วง 6-20 dS/m ซึ่งเกินกว่าที่พืชจะเจริญเติบโตได้ปกติ (พลธร, 2541)

2.8 อิทธิพลของความเค็มที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

พืชที่ปลูกในดินที่มีเกลือละลายอยู่มากกว่าปกติ จะมีการเจริญเติบโตและผลผลิตลดลงเนื่องจากสาเหตุ 3 ประการ คือ

1. ความดันออสโมติก (osmotic pressure)
2. ความเครียดเนื่องจากขาดธาตุอาหารบางธาตุ
3. ความเป็นพิษเนื่องจากไอออนบางชนิดที่พืชดูดเข้าไปสะสมมากเกินไปจนความต้องการ

เกลือต่างๆที่ละลายอยู่ในสารละลายดิน ทำให้ความดันออสโมติก (osmotic pressure) ของน้ำในดินเพิ่มขึ้น ทำให้ความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินที่มีต่อพืชลดลง โดยจะมีผลทำให้การงอกของเมล็ดพืชเป็นไปอย่างช้าๆ หรือไม่ออกเลยและลดปริมาณและอัตราการเจริญเติบโตของพืช โดยพืชจะแสดงอาการเฉาหรืออาการไหม้บริเวณใบ จากผลการศึกษาพบว่าระดับความดันออสโมติกที่มีผลต่ออาการพืชดังกล่าวของเกลือแต่ละชนิดใกล้เคียงกัน จึงสรุปว่าอาการเฉาหรืออาการไหม้ของใบพืช เนื่องมาจากความดันออสโมติกที่เกิดขึ้นทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พืชคุณนำไปใช้ได้น้อยลง หรืออาจกล่าวได้ว่า ผลจากการละลายของเกลือในดินในกรณีนี้ เกิดจากอิทธิพลร่วมของเกลือทุกชนิดมากกว่าชนิดของเกลือตัวใดตัวหนึ่ง โดยเฉพาะ ความเครียดออสโมติกจะเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่จำกัดการเจริญเติบโตของพืชที่ไม่ทนเค็ม นอกจากนี้การที่พืชใช้น้ำในดินได้ยากขึ้น ก็ทำให้การเจริญเติบโตของพืชลดลง พืชก็จะต้องพยายามลดอัตราการคายน้ำลงด้วย

ผลกระทบทางอ้อมเกิดขึ้นเนื่องจาก ดินที่มีไอออนบางชนิดในปริมาณสูงเกินไปทำให้สมบัติทางกายภาพในดินลดลง ทำให้ไม่เหมาะสมแก่การนำไปปลูกพืช เช่นในดินเค็มประเภทดินโซเดิกนั้น อัตราการซึมซาบของน้ำในดินจะต่ำ เนื่องจากดินเหล่านี้มีโซเดียมอยู่มาก แต่มีเกลือที่ละลายได้อยู่ในสารละลายดินน้อยเกินไปที่จะก่อให้เกิดการเกาะตัวกันของอนุภาคดิน ผลจากการมีโซเดียมในปริมาณสูงจะทำให้ดินเหนียวอยู่ในสภาพฟุ้งกระจาย ซึ่งจะเป็นตัวการสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการซาบซึมของน้ำในดิน และการฟุ้งกระจายของอนุภาคดินเหนียวจะเป็นไปได้เฉพาะเมื่อความเข้มข้นของสารละลายดินน้อยกว่าความเข้มข้นวิกฤติ(threshold concentration) ที่แผ่นดินเหนียว (clay platelets) จะตกตะกอน การฟุ้งกระจายของอนุภาคดินเหนียวเนื่องจากอิทธิพลของโซเดียมนี้ ทำให้อนุภาคดินเหนียวมีการแตกตัวและมีการเคลื่อนย้ายออกจากกันและจัดเรียงตัวกันใหม่ อนุภาคดินเหนียวเหล่านี้จะไปอุดตันช่องว่างของดิน โดยจะตกตะกอนแล้วเชื่อมตัวตามช่องว่างต่างๆ การแจกกระจายของอนุภาคดินเหนียว เป็นสาเหตุสำคัญในการลดอัตราการซึมซาบน้ำของดินถึงแม้ว่าอนุภาคของดินเหนียวนั้น เป็นดินเหนียวที่ขยายตัวได้น้อยก็ตาม ผลจากการฟุ้งกระจายของอนุภาคดินเหนียวและมีการจัดเรียงตัวกันใหม่ จะทำให้โครงสร้างของดินเสีย ผิวดินจะเกิดเป็นดานแข็งและแน่นทึบ (surface crust) ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการงอกของเมล็ดพืช และลดอัตราการซาบซึมของน้ำลงไปในดินได้ ถึงแม้ว่าชั้นดินที่แน่นทึบนั้นหนาเพียง 2-3 เซนติเมตรก็ตาม

ซึ่งการปรับปรุงคุณภาพของดินตะกอนจากบ่อกึ่งนั้นจะมีการใช้วัสดุปลูกต่างๆ มาผสมในอัตราส่วนที่ต่างกันซึ่งวัสดุปลูกมีส่วนสำคัญอย่างมากในการปรับปรุงคุณภาพดิน (สุรณี, 2538)

2.9 วัสดุปลูก

วัสดุปลูก หมายถึง วัสดุต่างๆ ที่เลือกสรรมาใช้ปลูกพืช และทำให้พืชเจริญเติบโตได้เป็นปกติ วัสดุดังกล่าวอาจเป็นวัสดุชนิดเดียวกันหรือหลายชนิดผสมกัน ชนิดของวัสดุปลูก มี 4 ประการคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. คำจุนส่วนของพืชที่อยู่เหนือวัสดุปลูกให้ตั้งตรงอยู่ได้
2. เก็บสำรองสารอาหาร
3. เก็บกักน้ำเพื่อประโยชน์ต่อพืช
4. แลกเปลี่ยนอากาศระหว่างรากพืชกับบรรยากาศเหนือวัสดุปลูก ซึ่งคุณสมบัติที่สำคัญของวัสดุปลูกมีดังนี้

คุณสมบัติทางกายภาพ

1. ความจุในการดูดน้ำไว้ได้
2. อัตราการซึมซับน้ำ
3. ช่องว่างอากาศ
4. ความหนาแน่นรวม

คุณสมบัติทางเคมีและชีวภาพ

1. ความเป็นกรดเป็นด่าง
2. ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก
3. ปราศจากสารพิษและศัตรูพืช

วัสดุปลูกที่เหมาะสม ควรมีสมบัติดังนี้

1. อากาศ 10-20 %
2. น้ำ 35-50 %
3. ความจุความชื้น 30-60 %
4. ค่า CEC 10-30 meq/100 กรัมของน้ำหนักแห้ง
5. ปริมาณเกลือที่ละลายได้ต่ำกว่า 200 ppm

สัดส่วนของช่องว่างอากาศที่เหมาะสม คือ 25% ถ้าหากว่าช่องอากาศมีมากกว่า 35 % ปริมาณน้ำในวัสดุปลูกจะลดลง จนพืชขาดน้ำได้ง่าย ความหนาแน่นของวัสดุในภาชนะ ควรอยู่ในช่วง 0.64-1.2 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

วัสดุปลูกที่นำมาใช้ในงานทดลอง

มีดังต่อไปนี้

ทราย

ทรายเป็นวัสดุที่ปรับปรุงดินที่ดีที่สุด เนื่องจากเป็นวัสดุหาง่าย ราคาไม่แพงนัก แบ่งออกเป็นสองชนิดได้แก่

1. **ทรายหยาบ** ที่ใช้ในการก่อสร้างมีขนาดเม็ดหยาบโต เหมาะที่จะช่วยในการระบายน้ำ แต่ไม่ค่อยมีธาตุอาหาร จึงมักนิยมใช้ผสมกับดินปลูก และใช้ในการปักชำพืช
2. **ทรายละเอียด หรือทรายถมที่ หรือทรายขี้เป็ด** ลักษณะสีคล้ำ เม็ดละเอียด ทรายชนิดนี้มีตะกอนปนอยู่ด้วย ซึ่งอาจเป็นอินทรีย์วัตถุ หรือหน้าดินเหนียวที่ถูกพัดพามา ดังนั้นจึงมีธาตุอาหารปนอยู่ด้วย อาจใช้ปลูกพืชได้โดยปรับปรุง ให้คุณสมบัติดีขึ้น โดยเพิ่มอินทรีย์วัตถุที่หยาบ แต่บางครั้งทรายชนิดนี้จะมีขี้เลนปนอยู่ด้วยทำให้การระบายน้ำไม่ดีไม่เหมาะสมที่จะใช้ปลูกพืช

วัตถุประสงค์ของการใช้ทรายมาเป็นโครงสร้างของดินปลูก ก็เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ โดยทรายช่วยในการระบายน้ำ และการถ่ายเทอากาศ ดังนั้นทรายที่นิยมใช้ควรเป็นทรายก่อสร้าง ทำให้วัสดุปลูกแห้งอย่างรวดเร็ว ดังนั้นทรายหยาบที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 0.6-2.5 มม. เป็นขนาดที่เหมาะสมที่สุด

แกลบ

แกลบ (rice hull) เป็นวัสดุที่ได้จากโรงสีข้าว สามารถหาได้ง่าย การใช้แกลบเป็นส่วนผสมของเครื่องปลูกจุดประสงค์เพื่อปรับสภาพทางฟิสิกส์ของเครื่องปลูก

การใช้แกลบเป็นส่วนผสมของเครื่องปลูก ปกติจะใช้ไม่เกิน 25 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณเครื่องปลูกทั้งหมด(สุปราณี, 2538)

ยิปซัม

ประโยชน์ของยิปซัมให้แคลเซียมซึ่งทำให้ดินจับตัวกันเป็นก้อนในดินกรดและดินด่าง การเกิดเกาะตัวกันเป็นก้อนของดินทำให้เกิดโครงสร้างของดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของรากและการเคลื่อนย้ายของน้ำและอากาศในดิน ยิปซัมป้องกันการเกาะตัวกันแน่นของดินทำให้สะดวกต่อการงอกของเมล็ดพืช ยิปซัมปรับปรุงให้เกิดความคงตัวของอินทรีย์วัตถุ ธาตุแคลเซียมในองค์ประกอบของยิปซัมเป็นธาตุอาหารพืชที่สำคัญ ซึ่งพืชต้องการอย่างต่อเนื่องยิปซัมป้องกันการขาดธาตุแคลเซียมและกำมะถันในพืชทั้งหลาย แคลเซียมที่มีอยู่ในยิปซัม แก้ไขความไม่สมดุลกันของธาตุอาหารพืชยิปซัมให้แคลเซียมเป็นที่ต้องการ เพื่อการผลิตผลไม้ป้องกันการผิดปกติทางสรีรวิทยาของไม้ผลแคลเซียมด้วยต้นทุนที่ต่ำ สามารถใส่ได้โดยการหว่านหรือใส่ไปพร้อมกับระบบชลประทาน

ปริมาณการใช้ยิปซัมที่ต้องการ

สามารถวัดได้จากค่าวิเคราะห์ดินดังนี้

$$= \frac{(\text{ค่าไอเอสพีที่ได้จากการคำนวณ} - \text{ค่าไอเอสพีที่ต้องการ}) \times \text{ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก} \times 1720}{\text{ค่าเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของยิปซัม}}$$

หมายเหตุ:

- เปลี่ยนจากค่าปอนด์ต่อเอเคอร์เป็นกิโลกรัมต่อเฮกตาร์ให้คูณด้วย1.2
- เปลี่ยนจากค่าปอนด์ต่อเอเคอร์เป็นกิโลกรัมต่อไร่คูณด้วย0.18

$$\text{ค่าเอสเออาร์ (SAR)} = \sqrt{\frac{\text{ประจุโซเดียม (Na)}}{(\text{ประจุแคลเซียม Ca} + \text{ประจุแมกนีเซียม Mg})/2}}$$

9. ค่าประจุโซเดียม(Na^+)แคลเซียม(Ca^{2+})แมกนีเซียม(Mg^{2+})เป็นค่าความเข้มข้นของธาตุประจุบวกที่ละลายในน้ำได้ มีค่าเป็นมิลลิกรัมสมมูลต่อลิตร

$$\text{ค่าไอเอสพี} = \frac{100[0.0126 + 0.01475 \text{ เอสเออาร์ (SAR)}]}{1 + [0.0126 + 0.01475 \text{ เอสเออาร์ (SAR)}]}$$

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. เอทิลแอลกอฮอล์ (C_2H_5OH) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo
2. แอมโมเนียมฟลูออไรด์ (NH_4OH) เกรดวิเคราะห์ บริษัท BDH
3. แอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Beaker
4. แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น (conc. NH_4OH) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo
5. แอมโมเนียมโมลิบเดต [$(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$] เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo
6. แอมโมเนียมออกซาเลต [$(NH_4)_2C_2O_4 \cdot H_2O$] เกรดวิเคราะห์ บริษัท Beaker
7. แอนติโมนีโพแทสเซียมทาร์เทต ($KsbO \cdot C_4H_4O_6$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Ajak Chemical
8. แอสคอร์บิกแอซิด เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo
9. โบรโมครีซอลกรีน (Bromocresol green) Carlo
10. สารละลายคัลกอน
11. เมทิลเรด (Methyl red) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo
12. โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo
13. โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo
14. โพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo
15. ออร์โทฟีแนนโทรลีน (*o*-phenanthroline) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Fluka
16. เฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต [$(Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$] เกรดวิเคราะห์ บริษัท Fluka
17. เฟอรัสซัลเฟต ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo
18. โซเดียมเตตระบอเรต ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ solution) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19. กรดแอซิติคเข้มข้น (conc.CH₃COOH) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo
20. กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (conc.HCl) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo
21. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc.H₂SO₄) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo
22. กรดไฮโดรคลอริก (HCl) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo
23. กรดบอริก (H₃BO₃) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo
24. ตะกอนเลน
25. ดินสีกา
26. ยิปซัม
27. แกลบ
28. ทราบ
29. ต้นกล้าดาวเรือง

3.2 อุปกรณ์ในการทดลอง

1. พีเอชมิเตอร์ (pH meter Model 215 Denver Instrument)
2. เครื่องกวนแม่เหล็ก (Magnetic Stirrer)
3. เครื่องเขย่า (Orbital Skaker Gallenkamp)
4. เครื่องชั่งละเอียดแบบ 4 ตำแหน่ง (Digital balance)
5. เครื่องกลั่น (Kjeltec system)
6. สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer UV / VIS 6405 JENWAY)
7. อะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Atomic Absorption Spectrophotometer SHIMADZU AA – 680)
8. เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity meter LF 320 t)
9. ไฮโดรมิเตอร์มาตรฐาน (Hydrometer)
10. แท่งคนแบบปลังเจอร์ (plunger)
11. ตะแกรงร่อนขนาด 10 เมช
12. เครื่องบดดิน
13. กระจ่างพลาสติก
14. ตู้อบ
15. ตลับเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 แหล่งที่มาตัวอย่างดิน

ดินตะกอนบ่อกึ่ง นำมาจากบ่อกึ่งหลังการเลี้ยงมีอายุประมาณ 10 ปี ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยจะสูบน้ำตะกอนเลนจากบ่อมาตากให้แห้ง
ดินสีดา นำมาจากร้านค้าทั่วไป

3.4 การดำเนินการทดลอง

1. วิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ ตามตารางที่ 2 ในตะกอนเลนเพื่อที่จะตรวจสอบสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของตะกอนเลนว่าจำเป็นที่จะต้องสนใจจุดใดเป็นพิเศษ โดยจะใช้วิธีวิเคราะห์ตามตารางพารามิเตอร์ โดยวิเคราะห์ทุกพารามิเตอร์และทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ละ 5 ซ้ำ
2. การปรับปรุงคุณภาพตะกอนเลนจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จะใช้ทราย แกลบ ยิปซัม และดิน สีดา เป็นส่วนผสม โดยจะผสมทั้งหมด 17 สูตร ดังนี้
 - 2.1 ตะกอนเลน
 - 2.2 ดินสีดา
 - 2.3 ตะกอนเลน + ดินสีดา 1 : 1
 - 2.4 ตะกอนเลน + ยิปซัม 4+ยิปซัม
 - 2.5 ตะกอนเลน + แกลบ 3 : 1
 - 2.6 ตะกอนเลน + ทราย 1 : 1
 - 2.7 ตะกอนเลน + ดินสีดา + ยิปซัม 1 : 1 + ยิปซัม
 - 2.8 ตะกอนเลน + ดินสีดา + แกลบ 1.5 : 1.5 : 1
 - 2.9 ตะกอนเลน + ดินสดา + ทราย 1 : 1 : 1
 - 2.10 ตะกอนเลน + ยิปซัม + แกลบ 3 : 1 + ยิปซัม
 - 2.11 ตะกอนเลน + ยิปซัม + ทราย 1 : 1 + ยิปซัม
 - 2.12 ตะกอนเลน + แกลบ + ทราย 1.5 : 1 : 1.5
 - 2.13 ตะกอนเลน + ดินสีดา + ยิปซัม + แกลบ 1.5 : 1.5 : 1 + ยิปซัม
 - 2.14 ตะกอนเลน + ดินสีดา + ยิปซัม + ทราย 1 : 1 : 1 + ยิปซัม
 - 2.15 ตะกอนเลน + ยิปซัม + แกลบ + ทราย 1.5 : 1 : 1.5 + ยิปซัม
 - 2.16 ตะกอน + ดินสีดา + แกลบ + ทราย 1 : 1 : 1 : 1
 - 2.17 ตะกอน + ดินสีดา + แกลบ + ทราย + ยิปซัม 1 : 1 : 1 : 1 + ยิปซัม

3. วิเคราะห์ตะกอนเลนที่ปรับปรุงคุณภาพแล้วจากพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้ Texture pH CEC organic matter Nitrogen phosphorus potassium โดยวิเคราะห์ตัวอย่างดินตามสูตรต่าง ๆ
4. ทดลองปลูกดอกดาวเรืองโดยนำต้นกล้าอายุประมาณ 1 เดือนลงในดินตามสูตรต่าง ๆ สูตรละ 3 กระถาง กระถางละ 1 ต้น
5. บันทึกผลการเจริญเติบโตของดอกดาวเรืองจากขนาดของดอก น้ำหนักเปียกและน้ำหนักแห้งของต้นดาวเรือง ในช่วง 1 เดือนแรกจะบันทึกผลอาทิตย์ละ 2 ครั้ง และในช่วง 1 เดือนหลังจะบันทึกผลอาทิตย์ละ 3 ครั้ง

3.5 วิธีการวิเคราะห์

ตารางที่ 2.1 แสดงวิธีการ / เครื่องมือวิเคราะห์

| พารามิเตอร์ | วิธีการ / เครื่องมือวิเคราะห์ |
|-----------------------|---|
| 1. Texture | 1. Hydrometer |
| 2. pH | 2. pH meter |
| 3. Conduct | 3. Conductivity meter |
| 4. CEC | 4. Ammonium saturation |
| 5. Gypsum Requirement | 5. Atomic Absorption Spectrophotometer |
| 6. Organic matter | 6. Walkley and Black method |
| 7. SAR | 7. Atomic Absorption Spectrophotometer |
| 8. Nitrogen | 8. Distillation method |
| 9. Phosphorus | 9. Spectrophotometer |
| 10. Potassium | 10. Atomic Absorption Spectrophotometer |

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองในการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ

จากการทดลองได้มีการนำตะกอนเลนจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำมาตากแดดให้แห้ง บดให้ละเอียด แล้วนำไปปรับปรุงคุณภาพตะกอนเลนโดยผสม ทราซ แกลบ ยิปซัม และดินสีดา ตามสูตรต่าง ๆ จะได้ดินทั้งหมด 17 สูตร นำมาวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังแสดงผลใน ตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าพีเอช ค่าการนำไฟฟ้า ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ปริมาณอินทรีย์สาร ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม และอัตราการดูดซับโซเดียม

| ดินตัวอย่างสูตรที่ | pH | conductivity(mS/cm) | CEC(meq/mol) | Organic(%organic matter) | N (%) |
|--------------------|------|---------------------|--------------|--------------------------|-------|
| 1 | 7.23 | 6.33 | 322 | 1.56 | 0.07 |
| 2 | 5.7 | 3.28 | 375.6 | 6.71 | 0.17 |
| 3 | 6.93 | 4.82 | 350.7 | 4.84 | 0.12 |
| 4 | 7.37 | 6.13 | 301.5 | 1.49 | 0.08 |
| 5 | 7.3 | 5.74 | 347.8 | 3 | 0.07 |
| 6 | 7.58 | 4.17 | 181.81 | 1.21 | 0.07 |
| 7 | 6.92 | 4.88 | 425.5 | 5.4 | 0.07 |
| 8 | 6.92 | 5.15 | 411.8 | 4.73 | 0.08 |
| 9 | 7.05 | 3.78 | 211.8 | 2.45 | 0.05 |
| 10 | 7.24 | 5.5 | 327.8 | 2.95 | 0.04 |
| 11 | 7.42 | 5.19 | 169.89 | 0.84 | 0.05 |
| 12 | 7.49 | 3.31 | 135.8 | 2.16 | 0.07 |
| 13 | 6.99 | 4.54 | 417.8 | 6.07 | 0.07 |
| 14 | 7.11 | 3.82 | 285.8 | 3.16 | 0.07 |
| 15 | 7.43 | 4.92 | 165.7 | 0.98 | 0.05 |
| 16 | 7.15 | 2.87 | 175.8 | 2.74 | 0.07 |
| 17 | 7.07 | 3.71 | 179.9 | 3.58 | 0.06 |

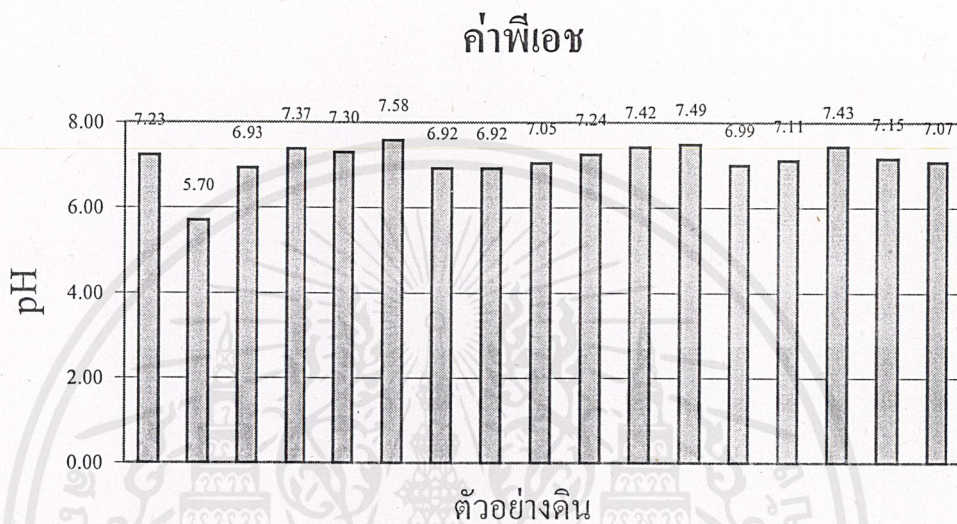
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าพีเอช ค่าการนำไฟฟ้า ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ปริมาณอินทรีย์สาร ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม และอัตราการดูดซับโซเดียม (ต่อ)

| ดินตัวอย่างสุทธที่ | P(ppm) | K(ppm) | Na(ppm) | Ca(ppm) | Mg(ppm) | SAR |
|--------------------|--------|---------|---------|---------|---------|-------|
| 1 | 25.34 | 670.91 | 2912.09 | 6545.58 | 205.67 | 13.67 |
| 2 | 134.33 | 1333.76 | 764.62 | 5878.42 | 145.02 | 3.81 |
| 3 | 72.44 | 1143.23 | 2806.33 | 6365.48 | 196.6 | 13.36 |
| 4 | 32.01 | 635.34 | 1963.91 | 8429.82 | 200.95 | 8.17 |
| 5 | 16.83 | 844.29 | 1888.05 | 7938.2 | 193.85 | 8.09 |
| 6 | 17.36 | 351.89 | 1001.68 | 3535.87 | 89.13 | 6.43 |
| 7 | 66.05 | 1034.9 | 1535.86 | 7267.78 | 172.27 | 6.88 |
| 8 | 59.86 | 962.08 | 1485.85 | 5078.78 | 157.88 | 7.92 |
| 9 | 51.21 | 532.43 | 773.39 | 3544.51 | 85.92 | 4.96 |
| 10 | 17.89 | 869.25 | 1696.53 | 7228.21 | 186.49 | 7.61 |
| 11 | 16.15 | 404.07 | 959.45 | 3939.65 | 85.26 | 5.85 |
| 12 | 16.15 | 530.68 | 728.06 | 2243.65 | 62.22 | 5.85 |
| 13 | 56.24 | 988.98 | 1446.87 | 6547.65 | 172.11 | 6.82 |
| 14 | 53 | 606.29 | 704.65 | 3559.84 | 65.47 | 4.53 |
| 15 | 28.82 | 466.05 | 758.76 | 3057.13 | 60.03 | 5.26 |
| 16 | 40.33 | 692.51 | 626.56 | 2687.63 | 60.79 | 4.62 |
| 17 | 56.29 | 741.93 | 669.48 | 4884.67 | 59.7 | 3.69 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1 แสดงค่า pH ของดินแต่ละสูตร



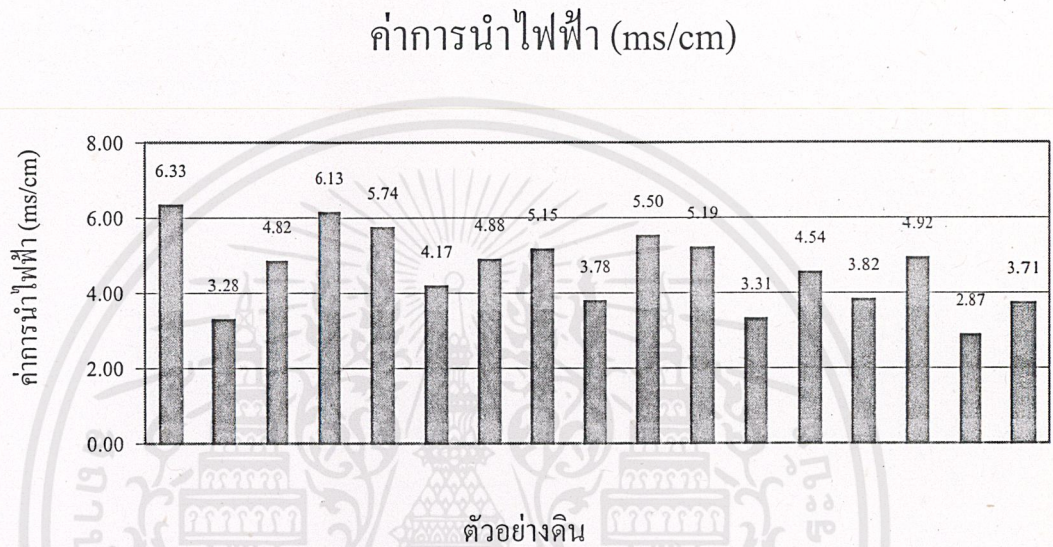
จากกราฟ แสดงค่า pH ของดินตัวอย่างทั้ง 17 สูตร

ดินตัวอย่างที่มีค่า pH สูงสุดคือ ดินตัวอย่างสูตรที่ 6 เป็น ดินที่มีส่วนผสมตะกอนเลนกับ

ทราย มีค่า pH 7.5

ส่วนดินที่มีค่า pH ต่ำสุดคือ ดินตัวอย่างสูตรที่ 2 เป็นดินสีดา มีค่า pH 5.70 จากค่า pH ทำให้ทราบว่า ดินสีดามีความเป็นกรด อ่อนๆ

รูปที่ 4.2 แสดงค่าการนำไฟฟ้าของดินแต่ละสูตร

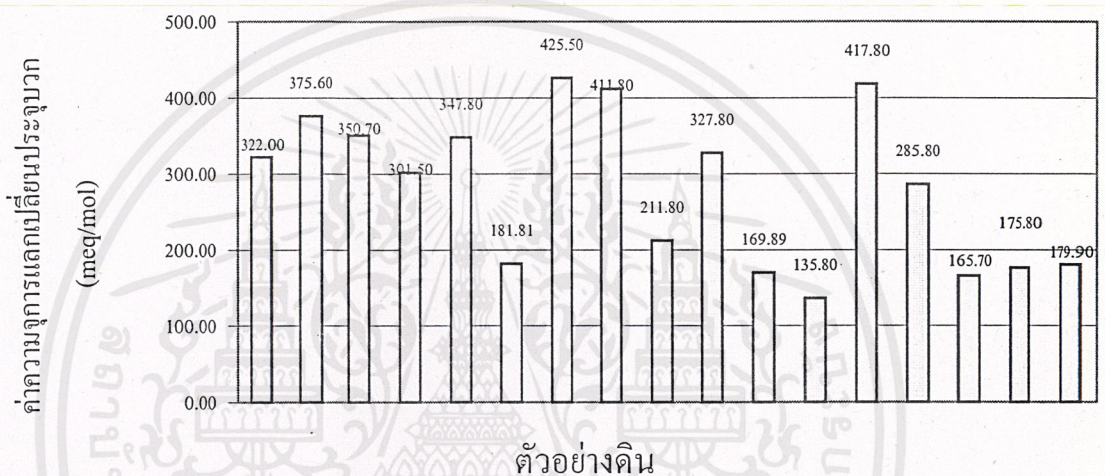


ดินตัวอย่างที่มีค่าการนำไฟฟ้าสูงสุด คือ ดินตัวอย่างสูตรที่ 1 เป็นดินตะกอน มีค่าการนำไฟฟ้า เท่ากับ 6.33 ms/cm

ดินที่มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำสุดคือ ดินตัวอย่างที่ 16 เป็นดินที่มีส่วนผสมของดินตะกอน แกลบ ยิปซัม ทราช และ ดินสีดา มีค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 2.87 ms / cm

รูปที่ 4.3 แสดงค่าความจุการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินแต่ละสูตร

ค่าความจุการแลกเปลี่ยนประจุบวก (meq/mol)

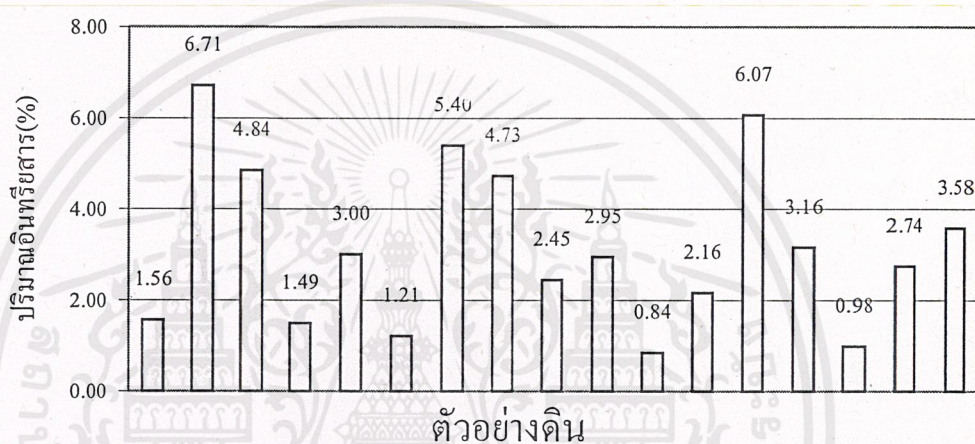


ดินตัวอย่างที่มีค่าความจุการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูงสุด คือ ดินตัวอย่างสูตรที่ 7 เป็นดินที่มีส่วนผสมของดินตะกอน, ดินสีดา และ ยิปซัม มีค่าความจุการแลกเปลี่ยนประจุบวก 425.50 มิลลิกรัมสมมูล/โมล

ดินตัวอย่างที่มีค่าความจุการแลกเปลี่ยนประจุบวกต่ำสุด คือ ดินตัวอย่างสูตรที่ 12 เป็นดินที่มีส่วนผสมของดินตะกอน, แกลบ และทรายมีค่าความจุการแลกเปลี่ยนประจุบวก 135.80 มิลลิกรัมสมมูล/โมล

รูปที่ 4.4 แสดงปริมาณอินทรีย์สาร ของดินแต่ละสูตร

ปริมาณอินทรีย์สารในดิน(%)

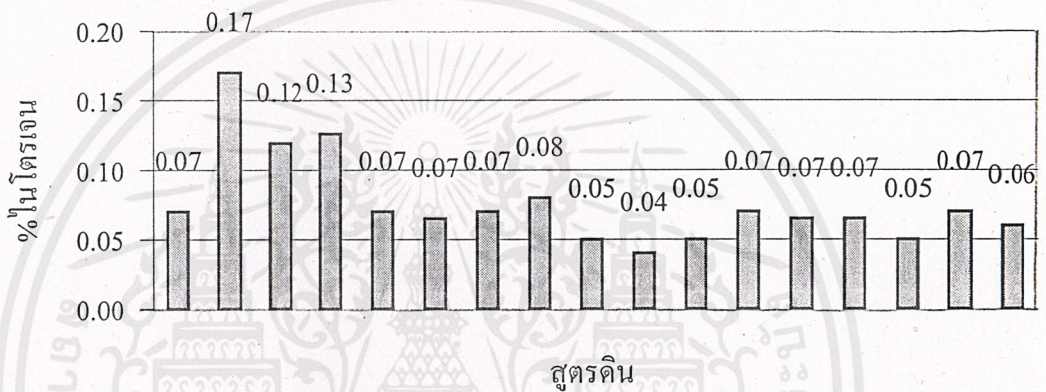


ดินตัวอย่างที่มีปริมาณอินทรีย์สารสูงสุดคือ ดินตัวอย่างสูตรที่ 2 เป็นดินสีดามีปริมาณอินทรีย์สาร 6.71%

ดินตัวอย่างที่มีปริมาณอินทรีย์สารต่ำสุดคือ ดินตัวอย่างสูตรที่ 11 เป็นดินที่มีส่วนผสมของดินตะกอน, ยิปซัม และ ทราย มีปริมาณอินทรีย์สาร 0.84 %

รูปที่ 4.5 แสดงเปอร์เซ็นต์ปริมาณไนโตรเจน(%nitrogen)ของดินแต่ละสูตร

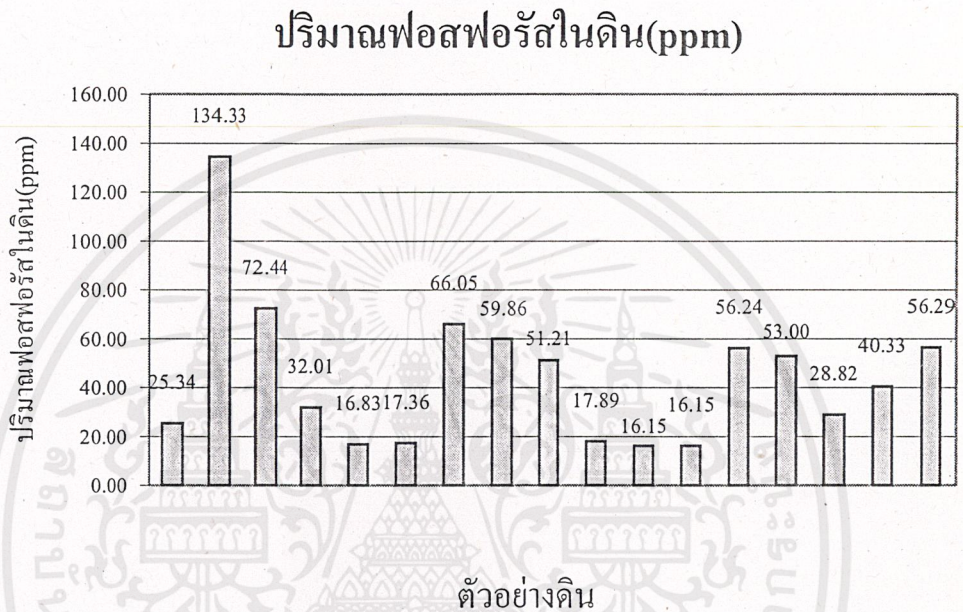
ตารางแสดงการเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจน



ดินตัวอย่างที่มีปริมาณธาตุไนโตรเจนสูงสุด คือ ดินตัวอย่างสูตรที่ 2 เป็นดินสีดา มีปริมาณธาตุไนโตรเจน 0.17 %

ดินตัวอย่างที่มีปริมาณธาตุไนโตรเจนต่ำสุด คือ ดินตัวอย่างสูตรที่ 10 เป็นดินตะกอน, ยิปซัม และ แกลบ มีปริมาณธาตุไนโตรเจน 0.04 %

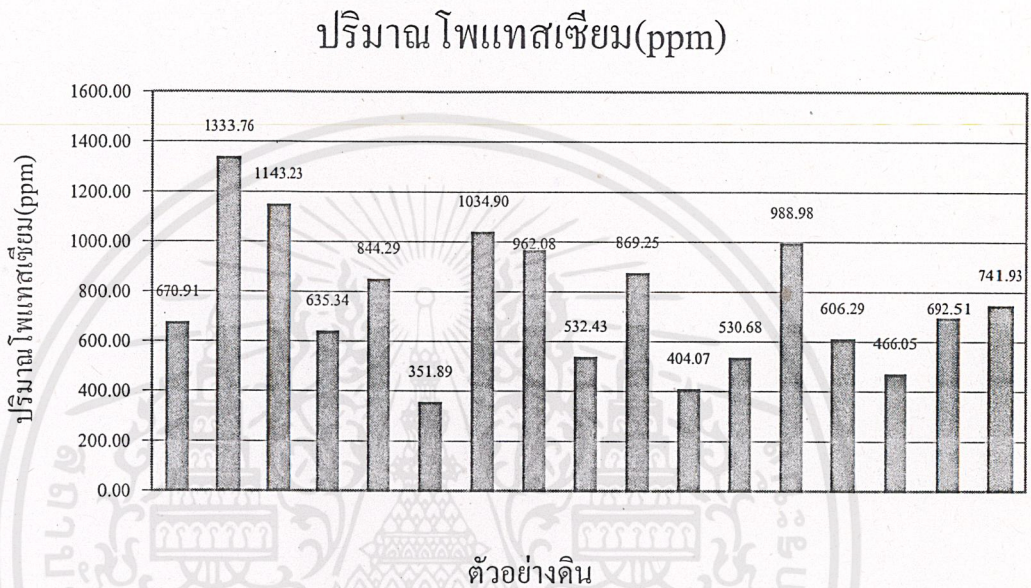
รูปที่ 4.6 แสดงปริมาณฟอสฟอรัสในดินแต่ละสูตร



ดินตัวอย่างที่มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสสูงสุด คือ ดินตัวอย่างสูตรที่ 2 เป็นดินสีดา มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัส 134.33 ppm

ดินตัวอย่างที่มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสต่ำสุด คือ ดินตัวอย่างสูตรที่ 11 เป็นดินที่มีส่วนผสมของดินตะกอน, ยิปซัม และทราย และ ดินตัวอย่างสูตรที่ 12 เป็นดินที่มีส่วนผสมของดินตะกอน แกลบ และทรายมีปริมาณธาตุฟอสฟอรัส เท่ากันคือ 16.15 ppm

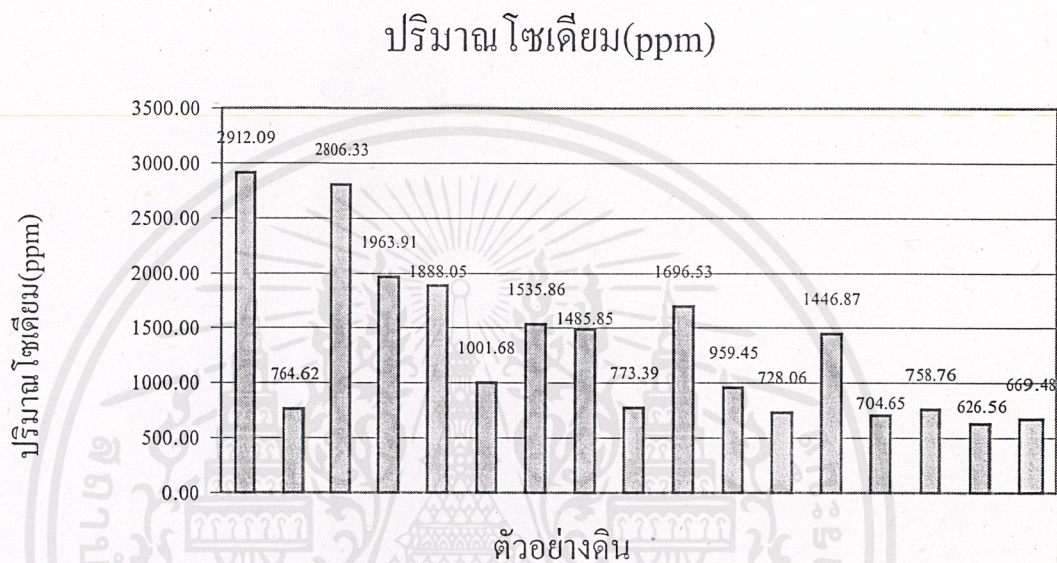
รูปที่ 4.7 แสดงปริมาณโพแทสเซียมในดินแต่ละสูตร



ดินตัวอย่างที่มีปริมาณธาตุโพแทสเซียมสูงสุด คือ ดินตัวอย่างสูตรที่ 2 เป็นดินสีดา มีปริมาณธาตุโพแทสเซียม 1333.76 ppm

ดินตัวอย่างที่มีปริมาณธาตุโพแทสเซียมต่ำสุด คือ ดินตัวอย่างสูตรที่ 11 เป็นดินที่มีส่วนผสมของดินตะกอน, ยิปซัม และทราย มีปริมาณธาตุโพแทสเซียม 404.07 ppm

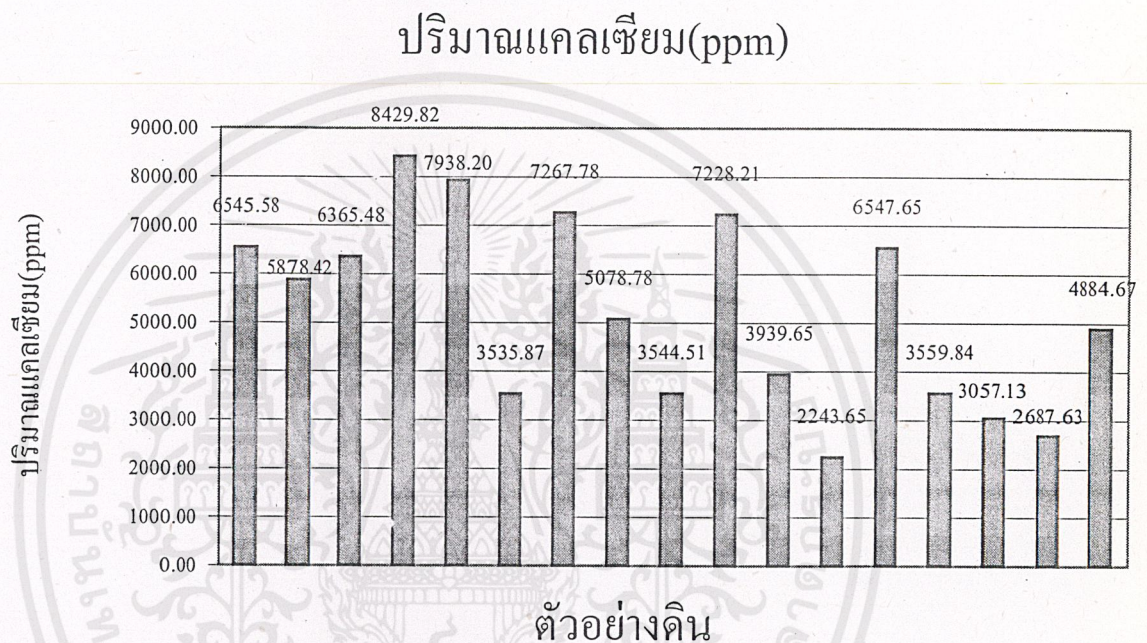
รูปที่ 4.8 แสดงปริมาณโซเดียมในดินแต่ละสูตร



ดินตัวอย่างที่มีปริมาณธาตุโซเดียมสูงสุด คือ ดินตัวอย่างสูตรที่ 1 เป็นดินตะกอน มีปริมาณธาตุโซเดียม 2,912.09 ppm

ดินตัวอย่างที่มีปริมาณธาตุโซเดียมต่ำสุด คือ ดินตัวอย่างสูตรที่ 16 เป็นดินตะกอน ดินสีดา แกลบและ ทราย มีปริมาณธาตุ โซเดียม 626.56 ppm

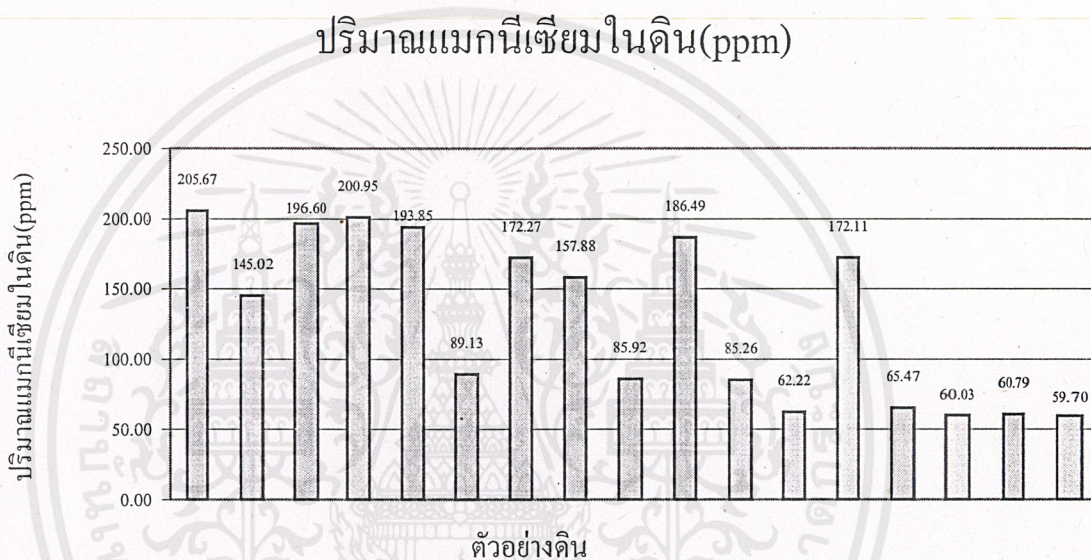
รูปที่ 4.9 แสดงปริมาณแคลเซียมในดินแต่ละสูตร



ดินตัวอย่างที่มีปริมาณธาตุแคลเซียมสูงสุด คือ ดินตัวอย่างสูตรที่ 4 เป็นดินที่มีส่วนผสมของดินตะกอนและ ยิปซัม มีปริมาณธาตุแคลเซียม 8249.82 ppm

ดินตัวอย่างที่มีปริมาณธาตุแคลเซียมต่ำสุด คือ ดินตัวอย่างสูตรที่ 12 ดินที่มีส่วนผสมของดินตะกอน, แกลบ และทรายมีปริมาณธาตุแคลเซียม 2243.65 ppm

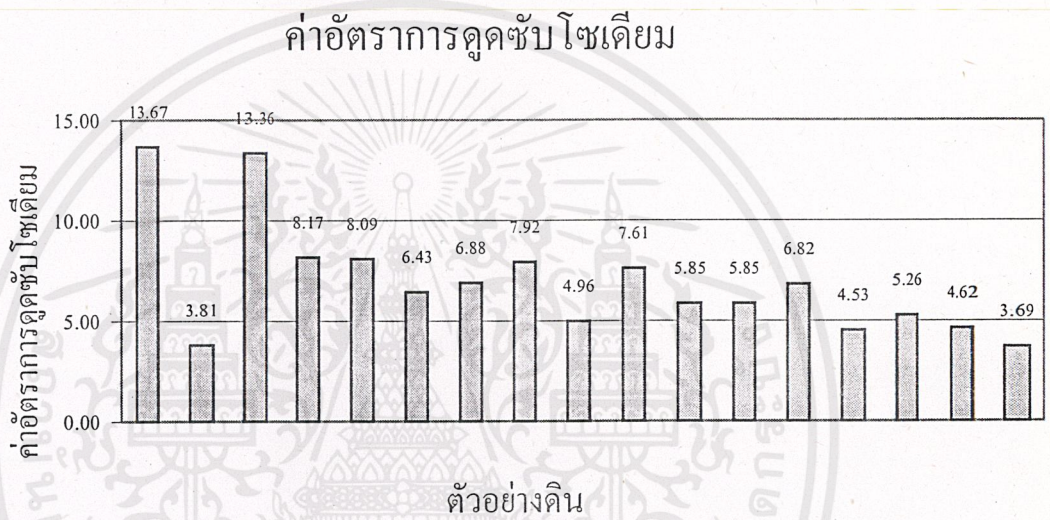
รูปที่ 4.10 แสดงปริมาณแมกนีเซียมในดินแต่ละสูตร



ดินตัวอย่างที่มีปริมาณธาตุแมกนีเซียมสูงสุด คือ ดินตัวอย่างสูตรที่ 1 เป็นดินตะกอน มีปริมาณธาตุแมกนีเซียม 205.67 ppm

ดินตัวอย่างที่มีปริมาณธาตุแมกนีเซียมต่ำสุด คือ ดินตัวอย่างสูตรที่ 17 เป็นดินที่มีส่วนผสมของดินตะกอน, ดินสีดา, แกลบ, ทราายและ ยิปซัม มีปริมาณธาตุแมกนีเซียม 59.70 ppm

รูปที่ 4.11 แสดงค่าอัตราการดูดซับโซเดียมในดินแต่ละสูตร



ดินตัวอย่างที่มีค่าอัตราการดูดซับโซเดียมสูงสุด คือ ดินตัวอย่างสูตรที่ 1 เป็นดินตะกอน มีค่าอัตราการดูดซับโซเดียม 13.67 ppm

ดินตัวอย่างที่มีปริมาณธาตุโซเดียมต่ำสุด คือ ดินตัวอย่างสูตรที่ 17 เป็นดินที่มีส่วนผสมของดินตะกอน, ดินสีดา, แกลบ, ทรายและ ยิปซัม มีค่าอัตราการดูดซับโซเดียม 3.69 ppm

4.2 ผลการทดลองในการนำดินตัวอย่าง 17 สูตร ไปปลูกต้นดาวเรือง

จากการทดลองนำดินตัวอย่างทั้ง 17 สูตร ไปปลูกต้นดาวเรือง สังเกตการเจริญของดอก และ เก็บข้อมูล โดยวัดจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดอกที่เพิ่มขึ้น นำข้อมูลที่ได้นำมาสร้างกราฟเพื่อหาแนวโน้มการเจริญของดอก โดยวัดจากค่าความชันกราฟในแต่ละดอก และนำมาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละตัวอย่าง

จากการหาค่าความชันเฉลี่ยของกราฟเส้นผ่านศูนย์กลางของดอก สามารถสรุปออกมาได้ดังตาราง

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความชันเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางดอกดาวเรืองในดินทั้งหมด 17 สูตร

| ตัวอย่างดิน | ค่าความชันเฉลี่ย |
|-------------|------------------|
| 1 | 1.54 |
| 2 | 1.24 |
| 3 | 1.12 |
| 4 | 1.21 |
| 5 | 1.28 |
| 6 | 2.75 |
| 7 | 1.58 |
| 8 | 1.17 |
| 9 | 1.55 |
| 10 | 1.15 |
| 11 | 1.34 |
| 12 | 1.41 |
| 13 | 1.95 |
| 14 | 1.39 |
| 15 | 2.23 |
| 16 | 1.91 |
| 17 | 2.08 |

จากตารางค่าความชื้นเฉลี่ยในดินตัวอย่างทั้ง 17 สูตร สามารถนำมาเรียงลำดับค่าความชื้นเฉลี่ย จากมากไปหาน้อยได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความชื้นเฉลี่ยในดินตัวอย่างทั้ง 17 สูตร

| ตัวอย่างดิน | ค่าความชื้นเฉลี่ย |
|-------------|-------------------|
| 7 | 2.75 |
| 15 | 2.23 |
| 17 | 2.08 |
| 13 | 1.95 |
| 16 | 1.91 |
| 6 | 1.58 |
| 9 | 1.55 |
| 1 | 1.54 |
| 12 | 1.41 |
| 14 | 1.39 |
| 11 | 1.34 |
| 5 | 1.28 |
| 2 | 1.24 |
| 4 | 1.21 |
| 8 | 1.17 |
| 10 | 1.15 |
| 3 | 1.12 |

จากตารางค่าความชื้นเฉลี่ย ดินตัวอย่างสูตรที่ 6 มีค่าความชื้นเฉลี่ยสูงสุด ทำให้ทราบได้ว่าต้นดาวเรืองที่ปลูกในตัวอย่างดินสูตรที่ 6 มีการเจริญเติบโตสูงสุด และรองลงมาคือตัวอย่างดินสูตรที่ 15 และ 17 ลงมาตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองหาน้ำหนักเปียกน้ำหนักแห้งของต้นดาวเรืองที่นำไปเพาะในดินตัวอย่างที่ 17 สูตรได้น้ำหนักต้นดาวเรืองสุทธิตั้งตารางที่ 4.3

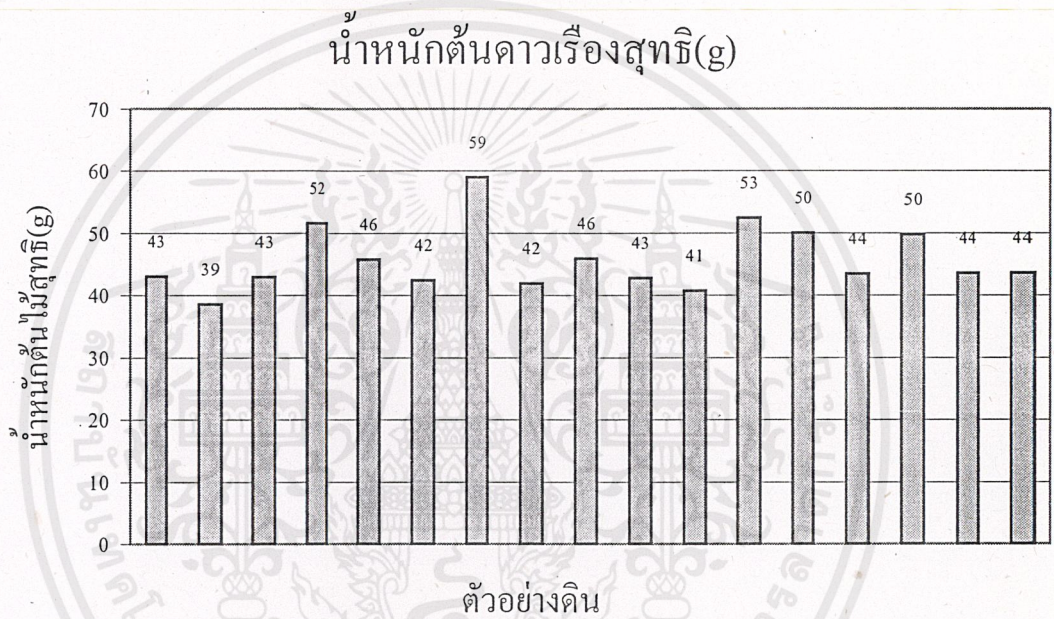
ตารางที่ 4.3 แสดงน้ำหนักต้นดาวเรืองสุทธิที่นำไปเพาะในดินตัวอย่างที่ 17 สูตร

| ดินตัวอย่างสูตรที่ | น้ำหนักต้นดาวเรืองสุทธิ |
|--------------------|-------------------------|
| 1 | 43.02 |
| 2 | 38.59 |
| 3 | 42.98 |
| 4 | 51.63 |
| 5 | 45.81 |
| 6 | 42.42 |
| 7 | 49.14 |
| 8 | 41.93 |
| 9 | 45.98 |
| 10 | 42.78 |
| 11 | 40.7 |
| 12 | 54.89 |
| 13 | 50.05 |
| 14 | 43.5 |
| 15 | 49.84 |
| 16 | 43.54 |
| 17 | 43.61 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางการคำนวณน้ำหนักแห้ง สามารถนำมาสร้างกราฟได้ดังนี้

รูปที่ 4.12 แสดงน้ำหนักต้นดาวเรืองสุทธิในดินแต่ละสูตร



ต้นดาวเรืองที่ให้น้ำหนักแห้งมากที่สุดคือ ต้นดาวเรืองใน ดินตัวอย่างที่ 7 เป็นดินที่มีส่วนผสมของ ดินตะกอน, ดินสีดา และ ยิปซัม วัดน้ำหนักแห้งได้ 59 กรัม

ส่วนต้นดาวเรืองที่ให้น้ำหนักแห้งน้อยที่สุดคือ ต้นดาวเรืองในดินตัวอย่างที่ 2 เป็นดินสีดา วัดน้ำหนักแห้งได้ 39 กรัม

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสามารถแบ่งขั้นตอนการทดลองออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ

ตอนที่ 1 การทดลองในห้องปฏิบัติการโดยทำการวิเคราะห์ค่าพีเอช ค่าการนำไฟฟ้า ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ปริมาณอินทรีย์สาร ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม แมกนีเซียม และอัตราการดูดซับโซเดียม ในดินแต่ละสูตร

ตอนที่ 2 การทำการปลูกไม้ดอกซึ่งใช้ต้นดาวเรืองเป็นกรณีศึกษา โดยทำการศึกษาขนาดของดอก ดาวเรืองและน้ำหนักสุทธิต่อต้นดาวเรืองในดินแต่ละสูตรซึ่งแสดงผลในบทที่ 4 แล้วนั้น สามารถนำผลที่ได้มาสรุปผลการทดลองดังนี้

ตอนที่ 1 การทดลองในห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารและ องค์ประกอบทางกายภาพ สามารถสรุปได้ดังนี้

ปริมาณธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส)

- ทำการวิเคราะห์ไนโตรเจนด้วยวิธี Distillation method พบว่า ปริมาณธาตุไนโตรเจนในดินสูตรที่ 2 มีค่ามากที่สุดคือ 0.17 ppm ส่วนสูตรที่มีปริมาณธาตุไนโตรเจนน้อยที่สุดคือ สูตรที่ 10 มีค่า 0.04 ppm
- ทำการวิเคราะห์โพแทสเซียมด้วยวิธีการ Spectrophotometry พบว่า ปริมาณธาตุไนโตรเจนในดินสูตรที่ 2 มีค่ามากที่สุดคือ 134.33 ppm ส่วนสูตรที่มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสน้อยที่สุดคือ สูตรที่ 11 และ สูตร 12 มีค่า 16.15 ppm
- ทำการวิเคราะห์โพแทสเซียมด้วยวิธี Atomic Absorption Spectrophotometry พบว่า ปริมาณธาตุโพแทสเซียมในดินสูตรที่ 2 มีค่ามากที่สุดคือ 1333.76 ppm ส่วนสูตรที่มีปริมาณธาตุโพแทสเซียมน้อยที่สุดคือ สูตรที่ 11 มีค่า 4.407 ppm

จากการวิเคราะห์ สาเหตุที่ทำให้ดินสูตรที่ 2 คือ ดินสีดา มีปริมาณธาตุอาหารหลักมาก เนื่องจากว่า ดินสีดาเป็นดินที่มีการปรับปรุงคุณภาพเพื่อใช้ในการปลูกพืชโดยเฉพาะ ทำให้มีพวกรธาตุอาหารหลักเหล่านี้มาก ส่วน ในดินสูตรที่ 10 คือดินที่มีส่วนผสมระหว่าง ตะกอนเลน แกลบ และ ยิปซัม, ดินสูตรที่ 11 คือ ดินที่มีส่วนผสมระหว่าง ตะกอนเลน ทราย และยิปซัม และดินสูตรที่ 12 คือดินที่มีส่วนผสมระหว่าง ตะกอนเลน แกลบ และทราย มี

ปริมาณธาตุอาหารหลักน้อย เนื่องจาก แกลบและ ทราย เป็นวัสดุปลูกที่ใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพเท่านั้น ไม่มีส่วนช่วยในการปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมี ส่วนยิปซัมเติมลงไปเพื่อลดความเค็มจึงไม่มีผลต่อปริมาณธาตุอาหารหลักแต่อย่างใด

อัตราการดูดซึ่มโซเดียม(Sodium Absorption Rate, SAR)

ทำการวิเคราะห์ธาตุ แมกนีเซียม, โซเดียม และ แคลเซียม

- ทำการวิเคราะห์ แมกนีเซียม ด้วยวิธี Atomic Absorption Spectrophotometry พบว่า ปริมาณธาตุแมกนีเซียมในดินสูตรที่ 1 มีค่ามากที่สุดคือ 205.67 ppm ส่วนสูตรที่มีปริมาณธาตุแมกนีเซียมน้อยที่สุดคือดินสูตรที่ 17 มีปริมาณธาตุแมกนีเซียม 59.70 ppm
- ทำการวิเคราะห์ โซเดียม ด้วยวิธี Atomic Absorption Spectrophotometry พบว่า ปริมาณธาตุโซเดียมในดินสูตรที่ 1 มีค่ามากที่สุดคือ 2912.092 ppm ส่วนสูตรที่มีปริมาณธาตุโซเดียมน้อยที่สุดคือดินสูตรที่ 16 มีปริมาณธาตุโซเดียม 626.560 ppm
- ทำการวิเคราะห์ แคลเซียม ด้วยวิธี Atomic Absorption Spectrophotometry พบว่า ปริมาณธาตุแคลเซียมในดินสูตรที่ 4 มีค่ามากที่สุดคือ 7938.20 ppm ส่วนสูตรที่มีปริมาณธาตุแคลเซียมน้อยที่สุดคือดินสูตรที่ 12 มีปริมาณธาตุแคลเซียม 62.22 ppm

จากการวิเคราะห์ สาเหตุที่ทำให้ดินสูตรที่ 1 มีปริมาณธาตุแมกนีเซียมและโซเดียมมาก เนื่องจากดินสูตรที่ 1 เป็นตะกอนเลนล้วน ซึ่งตะกอนเลนเป็นดินที่มีความเค็มสูง จึงทำให้มีปริมาณเกลือมาก ส่วนดินสูตรที่ 4 มีปริมาณแคลเซียมมาก เนื่องจากดินสูตรที่ 4 เป็นดินที่มีส่วนผสมระหว่างตะกอนเลนกับยิปซัม ซึ่งยิปซัมคือสารแคลเซียมซัลเฟต จึงทำให้มีปริมาณแคลเซียมมากที่สุด สาเหตุที่ทำให้ดินสูตรที่ 17 และ 16 มีปริมาณแมกนีเซียมน้อย เนื่องจากดินสูตรที่ 16 เป็นดินที่มีส่วนผสมระหว่าง ตะกอนเลน ดินสีดา แกลบ และ ทราย และ ดินสูตรที่ 17 เป็นดินที่มีส่วนผสมระหว่าง ตะกอนเลน ดินสีดา แกลบ ทราย และยิปซัม ซึ่ง แกลบและ ทราย เป็นวัสดุปลูกที่ใช้ในการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพเท่านั้นจึงไม่มีผลต่อปริมาณธาตุแมกนีเซียม ซึ่งการเติมลงไปทำให้ปริมาณตะกอนต่อปริมาตรของภาชนะปลูกลดลงทำให้ปริมาณธาตุแมกนีเซียมลดลง

เมื่อทำการวิเคราะห์ธาตุทั้งสามธาตุนี้แล้ว นำปริมาณธาตุทั้งสามไปคำนวณ ค่าอัตราการดูดซึ่มโซเดียม ผลจากการคำนวณพบว่า สูตรที่ 1 คือตะกอนเลนล้วน มีค่าอัตราการดูดซึ่มโซเดียมสูงสุดคือ 50.122 ทำให้ทราบว่าดินสูตรที่ 1 มีความเค็มสูงสุด และ ดินสูตรที่ 17 คือดินที่มีส่วนผสมระหว่าง ตะกอนเลน ดินสีดา แกลบ ทราย และยิปซัม มีค่าอัตราการดูดซึ่มโซเดียมน้อยที่สุดคือ 13.465 การที่ดินสูตรที่ 17 มีค่าความเค็มต่ำสุดเนื่องจากการเติมยิปซัมลงไปดินเป็นการลดความเค็มของดิน และ วัสดุปลูกที่เติมลงไปมีผลทำให้ปริมาณดินต่อปริมาตรภาชนะปลูกลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ ความจุการแลกเปลี่ยนประจุบวก(Cation Exchange Capacity, CEC) และ ปริมาณอินทรีย์สาร (Organic Matter)

ทำการวิเคราะห์ความจุการแลกเปลี่ยนประจุบวก ด้วยวิธี Ammonium Saturation และการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์สาร ด้วยวิธีการ Wet Oxidation พบว่า ค่าความจุการแลกเปลี่ยนประจุบวกและ ปริมาณอินทรีย์สาร ในดินสูตรที่ 2 มีค่ามากที่สุด โดย ค่าความจุการแลกเปลี่ยนประจุบวกมีค่า และปริมาณอินทรีย์สาร มีค่า 6.71 %และ ดินสูตรที่ 11 มีค่าค่าความจุการแลกเปลี่ยนประจุบวกและ ปริมาณอินทรีย์สาร ต่ำสุด โดย ค่าความจุการแลกเปลี่ยนประจุบวกมีค่า และปริมาณอินทรีย์สาร มีค่า 0.84 %

จากการวิเคราะห์ สาเหตุที่ทำให้ดินสูตรที่ 2 คือดินสีดามีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกและปริมาณอินทรีย์สาร มากเนื่องจาก ดินสีดาเป็นดินที่มีการปรับปรุงคุณสมบัติเพื่อใช้ในการปลูกพืชโดยเฉพาะ จึงมีปริมาณธาตุอาหารมาก ซึ่งธาตุอาหารในดินเป็นประจุบวกทำให้มีการแลกเปลี่ยนได้ดี จึงมีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกมาก ส่วนดินสูตรที่ 11 มีค่าความจุการแลกเปลี่ยนประจุบวกมีค่า และปริมาณอินทรีย์สารต่ำสุดเนื่องจาก สูตรที่11 เป็นดินที่มีส่วนผสมระหว่าง ตะกอนเลน ทราย และ ยิปซัม ซึ่งทรายและ ยิปซัม ไม่มีธาตุอาหารแต่อย่างใด ดังนั้นทำให้ปริมาณดินต่อปริมาณของภาชนะปลูกลดลง ค่าความจุการแลกเปลี่ยนประจุบวกมีค่า และปริมาณอินทรีย์สารจึงมีค่าน้อย

พีเอช (pH)

ทำการวิเคราะห์ โดยใช้ pH meter พบว่า ค่าพีเอชของ ดินสูตรที่ 6 คือดินที่มีส่วนผสมของตะกอนเลนและทรายมีค่าสูงสุด คือ 7.58 และ ค่าพีเอชของดินสูตรที่ 2 คือดินสีดา มีค่าต่ำสุดคือ 5.70 ทำให้ทราบว่าดินสีดามีคุณสมบัติเป็นกรด

ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity)

ทำการวิเคราะห์โดยใช้ Conductivity meter พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของดินสูตรที่ 1 มีค่ามากที่สุด คือ 6.33 และ ดินสูตรที่ 12 มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำสุด คือ 3.31

จากการวิเคราะห์ สาเหตุที่ดินสูตรที่ 1 คือตะกอนเลนล้วนมีค่ามากที่สุดเนื่องจาก ตะกอนเลน มีความเค็มสูงจึงนำไฟฟ้าได้ดี ค่าการนำไฟฟ้าจึงมีค่ามาก และ ดินสูตรที่ 12 คือ ดินที่มีส่วนผสมระหว่าง ตะกอนเลน แกลบ และ ทรายมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำ เนื่องจากแกลบ และ ทรายไม่นำไฟฟ้า

การวิเคราะห์อนุภาคที่แพร่กระจายในดิน (Particulate size analysis)

ทำการวิเคราะห์โดยวิธี Hydrometer พบว่า ตะกอนเลน จักอยู่ในพวกดินเหนียว และ ดินสีดา จักอยู่ในพวกดินร่วน

ตอนที่ 2 การทดลองโดยนำดิน 17 สูตร มีปลูกต้นดาวเรือง

จากการทดลองนำดินทั้ง 17 สูตรมาใช้ในการปลูกดาวเรือง โดยใช้อัตราการออกดอกและขนาดของดอกเป็นตัววัด พบว่า ดินดาวเรืองสามารถเจริญเติบโตได้ในดินทั้ง 17 พบว่าสูตรที่ 7 คือ ดินที่มีส่วนผสมระหว่าง ตะกอนเลน ดินสีดา และ ยิปซัม ดินดาวเรืองมีการเจริญเติบโตดีเนื่องจาก ให้ปริมาณดอกที่มากและ ขนาดของดอกใหญ่

และ จากการนำดินดาวเรืองที่นำไปปลูกในดินทั้ง 17 สูตรมาชั่งน้ำหนักเปียกและแห้ง พบว่าดินสูตรที่ 7 คือ ดินที่มีส่วนผสมระหว่าง ตะกอนเลน ดินสีดา และ ยิปซัม ให้น้ำหนักดินไม่มากที่สุด แสดงว่ามีการเจริญเติบโตดีที่สุด

ดังนั้นจากการทดลองครั้งนี้พบว่าดินสูตรที่ 7 ซึ่งประกอบด้วย ตะกอนเลน ดินสีดา และ ยิปซัมมีความเหมาะสมในการนำมาปลูกต้นดาวเรืองมากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการพัฒนาสูตรดินโดยใช้วัสดุปรับปรุงคุณภาพชนิดอื่น ๆ เช่น ขี้เลื่อย หรือวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรชนิดต่าง ๆ เป็นต้น
2. นำตะกอนเลนที่ปรับปรุงคุณภาพแล้วมาทดลองในการปลูกพืชชนิดอื่นนอกเหนือจากไม้ดอกไม้ประดับ
3. ตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารตกค้างที่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมในตะกอนเลนเพิ่มเติมก่อนนำมาใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูก

บรรณานุกรม

- กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, รายงานการจัดการทรัพยากรดินเพื่อการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจหลักตามกลุ่มชุดดิน เล่มที่ 1, 2541
- กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, คู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินของกลุ่มเคมีดินที่ 2, 2535.
- คูสิต มานะจตุ, ปฐพีวิทยาทั่วไป (General soil), ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, พิมพ์ครั้งที่ 1, งานส่งเสริมการวิจัยและตำรา กองบริการการศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2535
- คูสิต ต้นวิไล และ พุทธ ส่องแสงจินดา, มลสารที่ปล่อยออกจากฟาร์มเลี้ยงกิ้งกูด้าแบบพัฒนา, 2535
- บริษัทแหลมทองอะควาเทค จำกัด, คู่มือการเลี้ยงกิ้งกูด้า ฉบับผู้ปฏิบัติ, 2535.
- บรรจง นวลพลับ, การเพาะเลี้ยงกิ้งกูด้า, กองบรรณาธิการเฉพาะกิจฐานเกษตรกรรม, 2530
- สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์, แร่ธาตุอาหารพืชสวน, ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, โรงพิมพ์ศิริภักดิ์ ออฟเซ็ท ถนนหลังเมือง มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2538
- เอกสารวิชาการฉบับที่ 15/2536, สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ กรมประมง, 2536
- Hue, N.V. and C.E. Evans. 1978. Soil Testing Laboratory . procedures Used by the Auburn University .USA
- Murthy, J.M. and J.P. Riley .1962 “A modified single solution method for the Determination of phosphate in natural water ” . Anable Chemica Ayta . 27 : 31 – 35
- Reid , P.H. and C. Copeland.1969. Analytical Methods used by the Soil Testing Division , N.C.D.A., Raleigh , N.C. Mimeo.
- Watanabe ,F.S. and S.R. Olsen. “Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and NaHCO_3 extracts from soil” . Soil Sci. Soc1965. Amer. Proc. 12 : 141 - 142

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก แสดงวิธีการทดลองในการหาค่าพารามิเตอร์

การหาอนุภาคที่แพร่กระจายในดิน

1. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิชาการหาปริมาณอนุภาคขนาดต่าง ๆ ในดิน
2. เพื่อหาปริมาณทราย ซิลต์และเคลย์ ด้วยวิธีไฮโดรมิเตอร์
3. สามารถบอกเนื้อสัมผัสของดินตัวอย่างได้

2. ทฤษฎี

การหาปริมาณอนุภาคขนาดต่าง ๆ ในดินเป็นการบอกถึงลักษณะของเนื้อดินได้ การวิเคราะห์ขนาดอนุภาคดิน จะต้องใช้ตัวอย่างดินที่ผึ่งแห้งและร่อนตะแกรงขนาด 10 เมช (ขนาดอนุภาคต่ำกว่า 2 มม.) การวิเคราะห์เนื้อดินอาจเรียกว่าการวิเคราะห์ขนาดอนุภาค (Particle size analysis) หรือ การวิเคราะห์เชิงกล (Mechanical analysis) จะอาศัยหลักการตกตะกอนในของไหลของสโตก (Stokes Law) ซึ่งกล่าวว่า ความเร็วที่ปั่นป่วนในการจมตัว (Settling velocity, U) ของอนุภาคในของเหลว จะขึ้นอยู่กับค่าคงที่ (K) และรัศมีของอนุภาค ดังสมการที่ 1 อนุภาคที่มีขนาดใหญ่จะตกตะกอนหรือจมตัวลงสู่เบื้องล่างได้เร็วกว่าอนุภาคขนาดเล็ก

$$U = Kr^2 \quad (7.1)$$

$$\text{และ } K = \frac{2g(d_1 - d_2)}{\mu} \quad (7.2)$$

เมื่อ U = ความเร็วที่ปั่นป่วนในการจม

K = ค่าคงที่

r = รัศมีของอนุภาค

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง

d_1, d_2 = ความหนาแน่นของอนุภาคและของเหลวตามลำดับ

μ = kinematic viscosity ของเหลว

การนำกฎของสโตกมาประยุกต์ใช้หาปริมาณขนาดของทราย ซิลต์และเคลย์มีข้อสันนิษฐาน 3 ข้อ หลักคือ

1. ให้ถือว่าอนุภาคดินเป็นวงกลม แต่ตามสภาพแท้จริงซิลิเกตเคลย์โดยทั่วไปจะมีลักษณะเป็นแผ่น (platy)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ความหนาแน่นของอนุภาคดินคิดที่ 2.60 หรือ 2.65 Mgm^{-3} ซึ่งความหนาแน่นของอนุภาคแปรเปลี่ยนอยู่ในช่วง 2.0-3.2 Mgm^{-3}
3. อุณหภูมิของน้ำที่ใช้เป็นตัวกลางคงที่ตลอดช่วงการตกตะกอนของอนุภาค
4. การตกของแต่ละอนุภาคไม่ได้รับอิทธิพลจากอนุภาคอื่นหรือจากผนังของภาชนะเนื่องมาจากแรงยึดต่าง ๆ

การวิเคราะห์ปริมาณอนุภาคดินด้วยวิธีไฮโดรมิเตอร์

ไฮโดรมิเตอร์ (Bouyoucos Hydrometer) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดความหนาแน่นของสารแขวนลอยดินในหน่วยกรัมต่อลิตร โดยทำการกระจายอนุภาคดินในน้ำ คัลคอนหรือโซเดียมเฮกซะเมตเตฟอสเฟตเป็นสารเคมีที่ช่วยในการกระจายตัว โดยโซเดียมไฮออกไซด์จะทำลายแรงยึดระหว่างเม็ดดินเมื่อกระจายอนุภาคดินแล้วจึงใช้ไฮโดรมิเตอร์วัดความหนาแน่นของสารแขวนลอยเมื่อเวลาผ่านไป 40 วินาที และ 2 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยควบคุมอุณหภูมิสารแขวนลอยไว้ที่ 20°C ตลอดช่วงทดสอบในกรณีที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลง 1°C ให้บวกค่าที่อ่านได้จากไฮโดรมิเตอร์เพิ่ม 0.4 กรัมต่อลิตร เมื่ออุณหภูมิต่ำลง 1°C เนื่องจากสากลของไฮโดรมิเตอร์ได้รับเทียบ (Calibration) ที่ 20°C

การอ่านค่าจากไฮโดรมิเตอร์เมื่อเวลาผ่านไป 40 วินาทีนั้นถือว่าอนุภาคทราย (ขนาด 0.05-2.0 มม.) ได้ตกตะกอนไปหมด ดังนั้นความหนาแน่นที่อ่านได้จึงเกิดจากอนุภาคซิลต์และเคลย์เท่านั้น เมื่อเริ่มต้นใช้ดินแห้งกระจายตัวในน้ำ 1 ลิตร และหาตำแหน่งอนุภาคดินที่ตกลงต่อปริมาตร 1 ลิตร จึงเป็นน้ำหนักของอนุภาคทราย รายงานผลในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ ส่วนการอ่านค่าจากไฮโดรมิเตอร์เมื่อเวลาผ่านไป 2 ชั่วโมงถือว่าอนุภาคทรายและซิลต์ (ขนาด 0.002-0.05 มม.) ตกตะกอนจนหมด ความหนาแน่นที่อ่านได้จึงเกิดจากอนุภาคเคลย์

ตัวอย่างการหาปริมาณอนุภาคต่าง ๆ

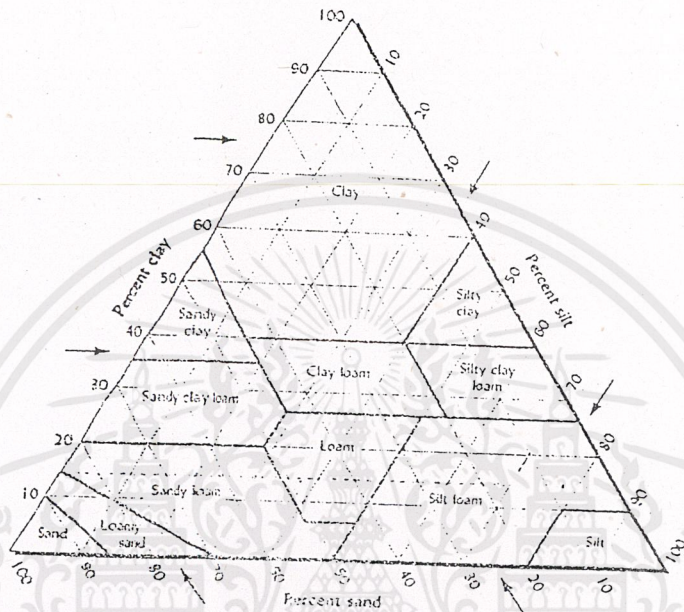
นำดินตัวอย่างที่ผึ่งแห้ง และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 10 เมช มาจำนวนหนึ่ง มีน้ำหนักแห้ง 50 กรัม (oven dried weight) ทำให้กระจายตัวได้สารแขวนลอย 1 อ่านค่าจากไฮโดรมิเตอร์เมื่อตั้งทิ้งไว้ 40 วินาทีและ 2 ชั่วโมง ได้ 33 และ 18 กรัมต่อลิตรตามลำดับ

$$\% \text{ sand} = \left(\frac{W - R_{40s}}{W} \right) \times 100 \quad (7.3)$$

$$\% \text{ sand} = \left(\frac{R_{2hr}}{W} \right) \times 100 \quad (7.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\% \text{ sand} = 100 - (\% \text{ sand} + \% \text{ clay}) \quad (7.5)$$



รูปแสดงสามเหลี่ยมจำแนกเนื้อสัมผัสดิน

จากรูปสามเหลี่ยมจำแนกเนื้อสัมผัสของดิน แสดงว่าดินตัวอย่างมี

% ทราย = 34 %

% เกลย์ = 36 %

% ซิลท์ = 3 %

ดังนั้น เนื้อสัมผัสจัดว่าเป็น Clay Loam (CL)

4. การทดลอง

4.1 การเปรียบเทียบไฮโดรมิเตอร์

1. เทสารละลายคลอกอน จำนวน 100 มล. ลงในกระบอกตวงปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีด 1 ลิตร ผสมให้ทั่วด้วยแท่งแก้วคนแบบ plungler ตั้งทิ้งไว้จนอุณหภูมิตั้งที่ (อยู่ในช่วง 20 °C-25 °C)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ค่อย ๆ หย่อนไฮโดรมิเตอร์ลงในสารละลายอย่างระมัดระวัง อ่านค่าจากสเกลที่รอยเว้าบนของของเหลวที่ล้อมรอบไฮโดรมิเตอร์

4.2 การอ่านค่าจากสารแขวนลอย

1. ชั่งดินที่ผึ่งแห้งและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 10 เมช แล้ว 40.0 กรัม (ถ้าเป็นดินทรายร่วน หรือดินทรายใช้ 100 กรัม) ลงในบีกเกอร์ขนาด 600 มล. เติมสารละลายคัลคอน 100 มล. และน้ำประมาณ 300 มล. ตั้งทิ้งไว้ 1 คืน

2. ชั่งดินตัวอย่างเดิมอีก 10 กรัม เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นและน้ำหนักแห้งแล้วนำไปอบที่ 105°C 1 คืน ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์และชั่งน้ำหนัก

3. นำสารแขวนลอยดินจากข้อ 1 มาควนด้วยเครื่องควนแม่เหล็กประมาณ 5 นาที แล้วเทลงกระบอกตวงขนาด 1 ลิตร

4. ปรับปริมาตร สารในข้อ 3 ด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีด 1 ลิตรทิ้งไว้จนอุณหภูมิกคงที่

5. จุ่มแท่งแก้วคนแบบ plunger แบบขึ้น-ลง เบา ๆ เพื่อให้เกิดการผสมกันอย่างทั่วถึงกระบอกตวง (ให้หมุนขึ้นลงแบบเกลียวส่วน 2-3 รอบ) บันทึกเวลาเมื่อคนเสร็จ เติม 1 หยดของเอมิลอัลกอฮอล์ ถ้าที่ผิวของสารแขวนลอยมีฟอง

6. ค่อย ๆ หย่อนไฮโดรมิเตอร์ลงอย่างระมัดระวังลงในสารแขวนลอยและอ่านสเกลเหมือนหัวข้อ 4.1 เมื่อเวลาผ่านไป 40 วินาที หลังจากการควนผสมค่าที่อ่านได้ต้องหักลบจากค่าที่อ่านได้จากการปรับเทียบไฮโดรมิเตอร์

7. ค่อย ๆ ดึงไฮโดรมิเตอร์ขึ้นอย่างระมัดระวังเมื่ออ่านเสร็จ ล้างและเช็ดให้แห้ง

8. เมื่อครบ 2 ชั่วโมงให้อ่านค่าไฮโดรมิเตอร์อีกครั้ง โดยทำเหมือนข้อ 6 และ 7

ข้อควรระวัง

การหาขนาดอนุภาคด้วยวิธีไฮโดรมิเตอร์นี้ไม่เหมาะสมในกรณีที่ดินตัวอย่างมีหินปูนมากหรือเป็นดินเค็ม หรือมีอินทรีย์คาร์บอนมากกว่า 2 %

การหาค่าpH

ในการหาค่าpHในดินเราจะใช้pH Meterเป็นเครื่องวัด โดยมีวิธีการดังนี้

- 1.ละลายดินด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1 : 5 เขย่าทิ้งไว้ประมาณ1/2ชม.
- 2.เสียบสายและadapterของเครื่องวัดpH
- 3.calibrateเครื่องโดยเข้าไปในmode standardizeแล้วจุ่มอิเล็กโทรดลงในบัฟเฟอร์pH4แล้วกดenter หลังจากที่ได้calibrateที่pH4เสร็จให้ทำเช่นเดียวกันอีกทีแต่เปลี่ยนเป็นสารละลายบัฟเฟอร์pH7
- 4.ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนสารละลายที่จะวัดต้องทำความสะอาดอิเล็กโทรดโดยการจุ่มน้ำกลั่นที่อิเล็กโทรดแล้วซับให้แห้งด้วยกระดาษ
- 5.วัดpHของดินโดยจุ่มอิเล็กโทรดลงในสารละลายดินที่เตรียมไว้ในตอนแรก รอจนตัวเลขคงที่แล้วบันทึกค่าเอาไว้
- 6.ทำความสะอาดอิเล็กโทรดด้วยวิธีเดิม แล้วเก็บลงในสารละลายKClที่อยู่ในปลอกของอิเล็กโทรด หากสารละลายมีไม่พอให้เติมลงไปเพิ่ม
- 7.ถอดสายเก็บอุปกรณ์ให้เรียบร้อย

การวิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์สาร (Organic Matter)

- 1) Dry combustion โดยการเผาดินแล้ววัดหาปริมาณของ C ในรูปของก๊าซ CO₂
- 2) Wet oxidation โดยการไทเทรตหาปริมาณของ C ที่ถูกออกซิไดส์ด้วย strong oxidizing agent เช่น chromic acid

วิธีทั้งสองนี้เป็นการหาปริมาณของ oxidizable Organic carbon รวมทั้ง oxidizable substances อื่นๆ เช่น Cl, Fe²⁺ และ Mn²⁺ ซึ่งมีอยู่ในดิน แต่เนื่องจากวิธีทั้งสองนี้ไม่สามารถที่จะออกซิไดส์ธาตุ C ที่มีอยู่ในดินได้อย่างสมบูรณ์ และยังมีข้อผิดพลาดที่เกิดจากการที่มี oxidizable substances ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาค่าแก้ไขข้อผิดพลาดที่เรียกว่า "Correlation factor" มาใช้ประกอบการคำนวณปริมาณของ C เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องที่สุด

อย่างไรก็ตามข้อดีของทั้งสองวิธีนี้คือ จะไม่มี interferences ซึ่งเกิดเนื่องจากการที่ CaCO₃ อยู่ในดินถึงแม้จะพบว่ามีอยู่ถึง 50% ของน้ำหนักดินและในห้องปฏิบัติการใช้วิธี wet oxidation ซึ่งเป็นวิธีที่พัฒนาขึ้นโดย Walkley-Black Method

หลักการ

organic carbon ถูกออกซิไดส์โดย Cr₂O₇²⁻ และปฏิกิริยาจะเกิดเร็วขึ้น โดยอาศัยความร้อนที่เกิดขึ้นเมื่อผสมกรด H₂SO₄ ที่เข้มข้น 2 ส่วนกับ 1N K₂Cr₂O₇ 1 ส่วน โดยปริมาตร

ปริมาณของ Cr₂O₇²⁻ ส่วนที่เหลือจากการออกซิไดส์ C หาได้จากการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานของ ferrous ammonium sulphate

Fe (NH₄)₂(SO₄)₂ และปริมาณของ organic carbon คำนวณได้จาก

ปริมาณของ CrO₇²⁻ ที่ลดลงดังสมการ

$$\text{Organic-C, \%} = \frac{m_{\text{eg}} \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 - m_{\text{eg}} \text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \times 0.003 \times 100 \times f}{\text{น.น.ของดินตัวอย่าง (g)}}$$

$$= \text{correlation factor} = 1.33$$

$$\text{meq K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 = N \times \text{milliliter K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$$

$$\text{meq Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 = N \times \text{milliliter Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$$

$$\% \text{ Organic matter} = \% \text{ Organic carbon} \times 1.72$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารเคมี 1. สารละลาย potassium dichromate $K_2Cr_2O_7$ 1N :

ละลาย 49.04 g $K_2Cr_2O_7$ (อบให้แห้งที่ $105^\circ C$) ในน้ำกลั่น (distilled water) แล้วเจือจางจนมีปริมาตร 1 ลิตรโดยใช้ขวดวัดปริมาตร

2. สารละลาย ferrous ammonium sulfate 0.5 N :

ละลาย 296.07 g $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ ในน้ำกลั่น 100 cm^3 เติม 40 cm^3 ของกรดเข้มข้น H_2SO_4 แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 1 liter ใน volumetric flask

3. Sulfuric acid (H_2SO_4) , concentrated (ไม่ต่ำกว่า 96%) ถ้ามี Cl^- ปนอยู่ในดินให้เติม Ag_2SO_4 ลงในกรดในอัตรา 15 กรัมต่อลิตร

4. Orthophosphoric acid (H_3PO_4) 85%

5. o-Phenanthroline-ferrous complex (Ferroun), 0.025 M :ละลาย 14.85 g. o-phenanthroline monohydrate 6.95 g. ของ $Fe SO_4 \cdot 7H_2O$ ด้วยน้ำกลั่นแล้วเจือจางจนมีปริมาตร 1 L
วิธีทดลอง

1. บดดินตัวอย่าง แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 โดยหลีกเลี่ยงการใช้ครกบดที่เป็นแม่เหล็ก (iron or steel mortar) นำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 150° แล้วทิ้งไว้ให้เย็นใน dessicator
2. ชั่งดินตัวอย่างหนักประมาณ 1.0 g. ลงใน erlenmeyer flask ขนาด 250 cm^3
3. เติม 1 N. $K_2Cr_2O_7$ จำนวน 5 cm^3 ลงใน flask แล้วเขย่าเบาๆ จะได้เป็น suspension
4. เติม 10 cm^3 H_2SO_4 ที่เข้มข้นลงไปตรงจุดศูนย์กลางของ suspension อย่างรวดเร็ว เขย่า flask เบาๆ ให้ดินและ reagent เข้าทำปฏิกิริยากันสมบูรณ์ แล้วเขย่าแรงๆ อีกครั้ง ให้เวลาทั้งหมด 1 นาที ตั้ง flask ทิ้งไว้บนแผ่น asbestos ประมาณ 30 นาที
5. เติมน้ำกลั่น 100 cm^3 ลงใน flask แล้วเติม 10 cm^3 ของ 85 % H_3PO_4 แล้วนำไปกรองเก็บ flask ในน้ำกลั่นล้างขณะกรองได้เล็กน้อย (ควรลองไทเทรตโดยไม่กรองก่อน ถ้าสังเกตเห็นจุดยุติได้ชัดเจน ก็ไม่จำเป็นต้องกรอง)
6. เติม 0.025 M. o-phenanthroline ferrous sulfate solution ลงไปใน filtrate ซึ่งจะทำหน้าที่เป็น indicator บอกจุดยุติ (end point) ของการติเตจรัน
7. นำ filtrate จากข้อ 6. ไปติเตจรกับสารละลายมาตรฐานของ 0.5 N $Fe (NH_4)_2(SO_4)_2$ สังเกตที่จุดใกล้ end point สารละลายใน flask จะเปลี่ยนจากสีเขียว เป็นสีเขียวคล้ำที่จุดนี้ให้หยด ferrous ammonium sulfate ลงไปที่หยด จนถึงจุด end point สารละลายจะเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง บันทึกปริมาตรจาก buret ไว้เพื่อคำนวณ " m_{cu} " ของ $Fe (NH_4)_2(SO_4)_2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ทำ blank เพื่อ standardize สารละลาย 1N $K_2Cr_2O_7$ โดยวิธีเดียวกับ ข้อ 1-6 แต่ไม่ใส่ดินบันทึกปริมาตรที่อ่านได้จาก buret นำไปคำนวณหา “ m_{cu} ” ของ $K_2Cr_2O_7$ ทำการทดลองซ้ำจากข้อ 1-8 อีกครั้ง
9. คำนวณหา % organic carbon โดยใช้ค่า correlation factor = 1.33 เพื่อนำไปหาค่า % organic matter แล้วรายงานค่าเฉลี่ยอย่างน้อย 2 ครั้ง



การหาความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchange Capacity)

1. ทฤษฎี

ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกหรือ ซีอีซี (CEC) นิยมแสดงในหน่วยของมิลลิสมมูลต่อดินแห้ง 100 กรัม โดยเป็นปริมาณของประจุบวกซึ่งเกาะกับประจุลบที่ผิวเคลย์และสามารถแลกเปลี่ยนกับประจุบวกอื่นๆ ในสารละลายได้

ประจุลบที่อยู่บนผิวดินเกิดจากการแทนที่อิออนในโครงสร้างของแร่ซิลิเกตหรือพันธะที่แตกหักที่ขอบของแร่ธาตุและที่ผิวนอกของเคลย์ ทำให้เกิดประจุลบซึ่งถูกสะเทินด้วยประจุบวก มีการหาค่าซีอีซีได้โดยอาศัยการเตรียมดิน ทำให้อิ่มตัว การชะล้างและการสกัด ซึ่งอาจใช้วิธีการทำให้อิ่มตัวต่างกัน หรือประจุที่เข้าแทนที่ต่างกันตัวชะล้างต่างกัน และการควบคุมค่าพีเอช อาจจำแนกได้เป็น 4 ประเภท คือ

1. Summation method

ประจุบวกที่แลกเปลี่ยนได้ถูกแทนที่ด้วยสารละลายเกลือที่อิ่มตัว ค่าซีอีซีจะได้จากผลรวมของประจุบวกที่มีทั้งหมดในสารละลายที่ใช้ชะล้าง (leachate)

2. Direct displacement method

ใช้ประจุบวกชนิดหนึ่งเป็นดัชนี (Index ion) และทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนจนอิ่มตัวในดิน หลังจากปั่นเหวี่ยงแล้วทำการแทนที่โดยตรงด้วยสารละลายเกลือชนิดอื่นในดิน เมื่อทำการสกัดจะได้ประจุบวกและประจุลบที่อิ่มตัวผลต่างของประจุที่ได้จะเท่ากับค่าซีอีซีในดิน

3. Displacement after washing method

เมื่อทำให้ตำแหน่งที่แลกเปลี่ยนประจุบวกได้ อิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นดัชนี ทำการล้างดินให้ปราศจากเกลือที่อิ่มตัว และปริมาณประจุดัชนีที่ถูกดูดซับอยู่ที่ผิวดินจะถูกแทนที่และทำการวิเคราะห์หาปริมาณ

ในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการหาค่าซีอีซีขึ้นอยู่กับขั้นตอนการทำให้อิ่มตัว การล้าง และการสกัดสารละลาย และองค์ประกอบของดินค่าซีอีซีของดินเป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับการละลายของแคลเซียมคาร์บอเนต และยิปซัมหรือปริมาณเกลือที่อยู่ในดินด้วย ซึ่งมีผลต่อการหาค่าซีอีซีในดินที่แห้งแล้ง โดยเฉพาะประจุลบที่เกิดขึ้นมีความซับซ้อน และความยากในการแลกเปลี่ยนประจุอะลูมิเนียม-ไฮดรอกซี ดังนั้นในการหาค่าซีอีซีของดินเปรี้ยวและดินที่แห้งแล้งจะมีวิธีแตกต่างกันไป ในที่นี้ขอกว่าเฉพาะวิธีการหาค่าซีอีซีดินที่แห้งแล้ง โดยทั่วไป นิยมใช้แอมโมเนียมแอกซีเทต (ค่าพีเอช7) และโซเดียมแอกซีเทต (พีเอช 8.2) ในการหาแต่ถ้าดินมีแคลเซียมคาร์บอเนตยิปซัม ซีไอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไลต์ แร่เฟลด์สปาร์ หรือเวอร์มิคิวไลต์จะอยู่ทำให้เกิดความผิดพลาดในการวิเคราะห์ได้ นอกจากนี้ยังมีเหตุที่ก่อให้เกิดข้อผิดพลาดได้อีกเช่น

1. ในขั้นตอนการทำให้อิ่มตัว บริเวณที่เกิดการแลกเปลี่ยน (exchange site) อาจยังไม่มีการแลกเปลี่ยนอย่างอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่ใช้ เนื่องจากมีประจุบวกอื่นสามารถดูดซับได้ที่บริเวณนั้นดีกว่าหรือมีอำนาจในการไล่ประจุเดิมไม่เพียงพอ เช่น ถ้าประจุเดิมเป็นอะลูมิเนียมและไฮดรอกซีของอะลูมิเนียม จะใช้โซเดียมหรือแอมโมเนียมไอออนไล่ที่ออกได้ยากเพราะเป็นประจุบวกหนึ่งมีอำนาจไล่ที่ได้ต่ำกว่า จะทำให้ค่าซีอีซีที่หาได้ต่ำกว่าปกติ

2. ในขั้นตอนการล้าง การล้างอาจทำให้ประจุบวกที่ถูกดูดซับไว้เกิดการไฮโดรไลซิสหลุดออกมาและถูกแทนที่ได้ด้วยไฮโดรเจนไอออนหรือแทนที่ได้ด้วยประจุบวกอื่น (โดยเฉพาะ Ca^{2+} จากการละลายของ CaCO_3) นอกจากนี้ในขั้นตอนการล้างอาจทำให้สูญเสียวัสดุที่แลกเปลี่ยนไปเนื่องจากการล้างไม่สมบูรณ์หรือมีการละลายของเกลือออกมามากขึ้น

3. ในขั้นตอนการแทนที่ กรณีที่ประจุบวกที่ถูกดูดซับไว้อยู่ระหว่างชั้นของซิลิเกต (Interlayer) ซึ่งขยายตัวได้เนื่องมาจากมีน้ำหรือความชื้น เช่น พวกเวอร์มิคิวไลต์และไมก้าที่กร่อนทลาย ถ้าประจุที่นำมาใช้ในการไล่ที่มีแอมโมเนียมไอออนหรือโพแทสเซียมไอออน จะถูกจับและยึดไว้ไม่สามารถแลกเปลี่ยนได้ในระหว่างการสกัด ปัญหานี้พบได้เมื่อหาค่าซีอีซีของดินที่แห้งแล้ง ซึ่งจะได้ค่าซีอีซีต่ำกว่าค่าแท้จริง นอกจากนี้ประจุบวกที่มีได้มาจากการแลกเปลี่ยนอาจถูกสกัดจากซีโอไลต์ เฟลด์สปาร์ แร่มาฟิก (mafic minerals) โดยการแทนที่จากสารละลาย ข้อผิดพลาดนี้จึงพบมากในดินที่แห้งแล้งเช่นกัน โดยเข้าถ้า Ca^{2+} และ Mg^{2+} เป็นประจุบวกที่ทำให้อิ่มตัว ใช้ NH_4Oac เป็นสารละลายที่นำมาแทนที่และถ้าดินน้ำมีหินปูนยิปซัมและยังไม่กร่อนทลายมาก จะทำให้ค่าซีอีซีสูงเกินจริง

ในที่นี้จะวิเคราะห์ปริมาณความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) โดยวิธี (Ammonium saturation)

4. สารเคมีและวิธีเตรียม

4.1 สารละลายแอมโมเนียมแอซิเตต (NH_4Oac) 1 N ตวงกรดแอซิดิก 99.5% 114 ml ใส่น้ำลงในปริมาตรประมาณ 1 ลิตร เติมแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น (conc. NH_4OH) ลงไป 136 ml เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตรประมาณ 1980 ml วัด pH ของสารละลาย แล้วปรับ pH ให้ได้ pH7 ด้วยกรดแอซิดิกหรือแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 2 ลิตร

4.2 สารละลายแอมโมเนียมออกซาลेट $[(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}]$ 10% ละลายแอมโมเนียมออกซาลेट 10 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วทำให้มีปริมาตร 100 ml

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (NH_4OH) 50% ตวงแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้นมา 50 ml เติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 100 ml

4.4 สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) 1 N ละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) 53.5020 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วทำให้มีปริมาตร 1 ลิตร ปรับ pH ของสารละลายให้ได้ pH7 ด้วยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์

4.5 สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) 0.25 N ละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) 13.3755 กรัม ในน้ำกลั่นทำให้มีปริมาตร 1 ลิตร ปรับ pH ให้ได้ pH7 ด้วยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์

4.6 สารละลายซิลเวอร์ไนเตรด (AgNO_3) 0.1N ละลายซิลเวอร์ไนเตรด 16.9910 กรัม ในน้ำกลั่น ทำให้มีปริมาตร 1 ลิตร

4.7 ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์

4.8 สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (Acidified NaCl 10%) ละลายโซเดียมคลอไรด์ 2,000 กรัม ในน้ำกลั่น เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 8.7 ml เพื่อให้สารละลายเป็นกรด แล้วทำให้มีปริมาตร 20 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น

4.9 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 40% ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 400 กรัม ในน้ำกลั่น ทำให้มีปริมาตร 1 ลิตร

4.10 สารละลายกรดบอริก (H_3BO_3) ละลายกรดบอริก 30 กรัม ในน้ำกลั่น ทำให้มีปริมาตร 1 ลิตร

4.11 สารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) 0.1 N ตวงกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 9 ml เติมน้ำกลั่นทำให้มีปริมาตร 1 ลิตร นำไปเทียบมาตรฐาน (Standardize) กับ โซเดียมเตตระโบเรต ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) โดยชั่งโซเดียมเตตระโบเรตมา 0.2 กรัม เติมน้ำกลั่น 10 ml นำไปไทเทรตกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก โดยมีเมทิลเรด เป็นอินดิเคเตอร์ ก็จะทราบความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน (นอร์มอล)

$$= \frac{\text{น้ำหนักเป็นกรัมของโซเดียมเตตระโบเรต}}{\text{ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐานที่ใช้} \times 0.1907}$$

4.12 อินดิเคเตอร์ผสม (mixed indicator) ละลายโบรโมครีซอลกรีน 0.22 กรัม และเมทิลเรด 0.75 กรัมในเอทิลแอลกอฮอล์ 95% 96 ml เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N ลงไป 35 ml

5. ขั้นตอนการวิเคราะห์

- 5.1 ชั่งตัวอย่างดิน 5.10 กรัมใส่ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 ml. เติมสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 1 N ลงไป 60 ml. ปิดจุกเขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ค้างคืน
- 5.2 เขย่าสารละลายดิน 30 นาที โดยใช้เครื่องเขย่าๆ จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงนาน 5 นาที แยกเอาส่วนใสทิ้ง
- 5.3 ล้างดินด้วยสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 1 N ครั้งละ 30 ml นำไปปั่นเหวี่ยงแยกส่วนใสออกจนไม่มีแคลเซียมเหลืออยู่ (ทดสอบได้โดยนำส่วนใสที่ได้จากการนำส่วนใสที่ได้จากการล้างแต่ละครั้ง ≈ 10 ml. ใส่ในหลอดทดลอง หยดแอมโมเนียมคลอไรด์ 1 N แอมโมเนียมออกซาลเลต 10% และแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 50% อย่างละ 2-3 หยด นำไปต้มให้เดือด ถ้าเกิดตะกอนหรือสารละลายขุ่น แสดงว่ามีแคลเซียมตกค้างอยู่)
- 5.4 ล้างตัวอย่างดินต่อด้วย สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ 1 N 4 ครั้ง และล้างด้วยสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ 0.25 N อีก 1 ครั้ง จากนั้นล้างด้วยไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ 7 ครั้งๆ ละ 30 ml โดยในการล้างแต่ละครั้งให้นำไปปั่นเหวี่ยงนานประมาณ 3-5 นาที เพื่อแยกส่วนใสออก จนไม่มีคลอไรด์เหลืออยู่ (ทดสอบได้โดยใช้สารละลายซิลเวอร์ไนเทรต 0.1 N 2-3 หยด ถ้ามีตะกอนขาวของ $AgCl$ แสดงว่ายังมีคลอไรด์เหลืออยู่)
- 5.5 นำตัวอย่างดินที่ได้มาล้างต่อด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 10% เพื่อไล่ NH_4 ในดิน โดยล้างครั้งละ 30 ml ซ้ำ 3 ครั้ง นำไปปั่นเหวี่ยงเก็บส่วนใสไว้
- 5.6 นำส่วนใสที่ได้จากสารละลายดินมาใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 ml ปรับปริมาตรรวมจนถึงขีดบอกปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
- 5.7 นำสารละลายดินที่ได้ไปกลั่นเพื่อไล่แอมโมเนียมออกมา โดยเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40% จำนวน 25 ml ใส่ในขวดเจลาตาคาล์ห์ที่ต่อกับปลายคอนเดนเซอร์ซึ่งจุ่มอยู่ในสารละลายกรดบอริก 3% 50 ml ซึ่งใส่อินดิเคเตอร์ผสมไว้ 2-3 หยด กลั่นจนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนจากสีม่วงเป็นสีเขียว
- 5.8 นำสารละลายที่ได้จากการกลั่นไปไทเทรตด้วย สารละลายกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน 0.1 N จนสีของสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วง
- 5.9 กลั่นแบลนด์และไทเทรตเช่นเดียวกับตัวอย่างดิน

6. การคำนวณ

$$\text{ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก} = \frac{(A - B) N \times 100}{X} \text{ มิลลิกรัมสมมูลต่อดิน 100 g}$$

A = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐานที่ใช้ไทเทรตกับตัวอย่างดิน (ml)

B = ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐานที่ใช้ไทเทรตกับแบลงค์

N = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน (นอร์มอล)

X = น้ำหนักเป็นกรัมของตัวอย่างดิน



ความต้องการยิปซัม (Gypsum Requirement)

อุปกรณ์

1. ขวดแก้ว ขนาด 125 , 250 ml
2. กรวย
3. เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

สารเคมี

สารละลายยิปซัมที่อิ่มตัว (Saturated gypsum Solution) ละลายยิปซัม ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ประมาณ 5 กรัม ด้วยน้ำกลั่น 1 ลิตร ในขวดแก้ว ปิดจุกให้แน่นเขย่าด้วยมือหลายๆ ครั้ง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หรือเขย่าด้วยเครื่องเขย่า 10 นาที กรอง สารละลายยิปซัมที่อิ่มตัวที่ได้จะต้องมีปริมาณแคลเซียมไม่น้อยกว่า 28 มิลลิกรัมสมมูลต่อลิตร

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งดินหนัก 5 กรัม ใส่ในขวดแก้วขนาด 25 ml
2. เปิดสารละลายยิปซัมที่อิ่มตัวใส่ลงไป 100 ml
3. ปิดจุกให้แน่นเขย่าด้วยมือหลาย ๆ ครั้ง เป็นเวลา 30 นาที หรือเขย่าด้วยเครื่องเป็นเวลา 5 นาที
4. กรอง
5. นำสารละลายยิปซัมที่อิ่มตัวที่ใส่ลงไป และสารละลายดินที่ได้ไปวัดหาปริมาณแคลเซียมที่ใส่ลงไป และปริมาณแคลเซียมที่เหลือจากการทำปฏิกิริยากับดินโดยใช้เครื่อง AAS
6. คำนวณหาปริมาณความต้องการยิปซัมของดิน

คำนวณ

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาณความต้องการยิปซัม} &= 2 (A - B) && \text{มิลลิกรัมสมมูลต่อ 100 กรัมดิน} \\
 &= 2 (A - B) \times \frac{\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}}{2} && \text{มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมดิน} \\
 &= 2 (A - B) \times 86 \times \frac{1}{10^6} \times \frac{384,000}{0.1} && \text{กิโลกรัมต่อไร่} \\
 &= 2 (A - B) \times 330.24 && \text{กิโลกรัมต่อไร่}
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A = ปริมาณแคลเซียมที่อ่านได้จากสารละลายยิปซัมที่อิมตัว (มิลลิกรัมสมมูลต่อลิตร)

B = ปริมาณแคลเซียมที่อ่านได้จากสารละลายดิน (มิลลิกรัมสมมูลต่อลิตร)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไนโตรเจน (Nitrogen)

อุปกรณ์

1. หลอดแก้วทนไฟ (micro – Kjeldahl tube) ขนาด 250 ml
2. เครื่องกลั่น (kjeltec system)
3. เตาย่อย (digestion system)
4. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 ml
5. บิวเรตต์ ขนาด 10 ml
6. ปิเปตต์

สารเคมี

1. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4)
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 40% (NaOH)
3. ตัวเร่งชนิดเม็ด (kjeltabs) เบอร์ s/3.5 ประกอบด้วย 3.5 g ของ K_2SO_4 และ 3.5mg ของ Se
4. กรดบอริก 4% (boric acid solution)
5. อินดิเคเตอร์ผสม (mixed indicator)
ละลาย 0.3 g ของโบรโมครีซอลกรีน (bromocresol green) และ 0.2 g ของเมทิลเรด (methyl red) ใน 400 ml ของเอทิลแอลกอฮอล์ 90 % สีของอินดิเคเตอร์จะเปลี่ยนเป็นสีแดงในสภาพของสารละลายกรด และจะเป็นสีน้ำเงินในสภาพสารละลายด่าง
6. กรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน (0.1 N HCL)
ชั่งโซเดียมเตตระโบเรต ($Na_4B_4O_7 \cdot 10H_2O$ solution) 0.2000 g เติมน้ำกลั่นประมาณ 25 ml นำสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) A ml มาเทียบมาตรฐานด้วยการไทเทรต และนำมาคำนวณเพื่อหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน

ความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน (N)

$$= \frac{\text{น.น. เป็น g ของโซเดียมเททระโบเรต}}{A \text{ ml สารละลายกรดไฮโดรคลอริก} \times 0.1907}$$

$$= \frac{0.2}{A \times 0.1907}$$

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งดิน 0.5 – 1 g ใส่ลงในหลอดแก้วทนไฟ (micro kjeldahl tube) ขนาด 250 ml เติมตัวเร่งชนิดเม็ด (kjeltabs จำนวน 2 เม็ด และเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4) 10 ml นำไปย่อยในเตาย่อย (digestion system) ที่ปรับอุณหภูมิให้ขึ้นมาอยู่ที่ 450°C แล้วประมาณ 20 – 30 นาที จะได้สารละลายมีสีขาวขุ่น
2. นำตัวอย่างข้อ 1. มาเข้าเครื่องกลั่น kjeltec system เติมน้ำกลั่น 75 ml และ NaOH 40 % 50 ml กลั่นประมาณ 4 นาที
3. เติมกรดบอริก 4% 25 ml ลงในขวดแก้วก้นแบนขนาด 250 ml โดยหยดสารละลายอินดิเคเตอร์ผสมประมาณ 6 – 7 หยด สารละลายจะมีสีม่วงแดงนำไปรองรับการกลั่นจากข้อ 2. สารละลายจะเปลี่ยนจากสีม่วงแดงเป็นสีเขียว และรองรับจนได้สารละลายในขวดประมาณ 150 ml
4. นำสารละลายที่ได้จากการกลั่นในข้อ 3 ไปไทเทรตกับกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน จนสีของสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงแดง
5. กลั่นแบลงค์ และไทเทรตเช่นเดียวกับตัวอย่างดินอย่างน้อย 2 ตัวอย่าง

คำนวณ

| | | |
|-------------------------------------|--|-----|
| ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน | = X | N |
| ปริมาตรกรดมาตรฐานไฮโดรคลอริกที่ใช้ | = Y | ml |
| ดิน A g มีปริมาณไนโตรเจน | = XY | meq |
| ดิน 100 g มีปริมาณไนโตรเจน | = $XY \times \frac{100}{A} \times 0.014$ | g |
| | = $1.4 \frac{XY}{A}$ | % |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟอสฟอรัส (Phosphorus)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
2. ขวดแก้วกันแบน ขนาด 50 ml
3. หลอดแก้ว
4. กระดาษกรอง whatman เบอร์ 5 ขนาด 11 ซม.
5. ปิเปตต์ ขนาด 1, 10 ml
6. ขวดวัดปริมาตร ขนาด 50 ml
7. เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

สารเคมี

1. น้ำยาสกัด Bray II (0.03 N NH_4F , 0.1 N HCl)
(Bray and Kurtz , 1945)
ละลายแอมโมเนียมฟลูออไรด์ (ammonium Fluoride , NH_4F) 2.20 g ในน้ำกลั่น 1L เดิมกรด
ไฮโดรคลอริกเข้มข้น (conc. HCl) ลงไป 16.16 ml แล้วปรับให้มีปริมาตร 20 ลิตร
2. sulfuric - molybdate – tartrate solution (reagent A)
(Reid and Copeland , 1969 , Hue and Evan , 1978)
ละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต (ammonium molybdate , $[(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}]$ 50 g ในน้ำ กลั่น 250 ml ในขวดวัดปริมาตรขนาด 1 L ละลายแอนติโมนีโพแทสเซียมทาร์เทต ($\text{KsbO}\cdot\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$) 1.213 g ลงไป ค่อยๆเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4) 700 ml ทิ้งไว้ให้เย็นทำให้มีปริมาตรครบ 1 L ด้วยน้ำกลั่น เก็บไว้ในขวด polyethylene หรือ ขวด pyrex เก็บไว้ในที่เย็นและมีด
3. working solution (reagent B)
(The Auburn University modified murphy and Riley (1962) , Watanabe and Olsen , 1965 and Mehlich , 1978)
ละลาย กรดแอสคอร์บิก 1.76 g ในน้ำกลั่นประมาณ 1600 ml เติมสารละลายข้อ 2.2 ลงไป 40 ml ทำให้มีปริมาตร 2 L ด้วยน้ำกลั่น ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นประมาณ 2 ชั่วโมงจึงนำมาใช้ สารละลายนี้เก็บได้ไม่เกิน 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 50 ppm P

ละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) ที่อบให้แห้งแล้วที่ 40°C 0.1295 g ในน้ำกลั่นพอสมควร ปรับสภาพให้เป็นกรดด้วยกรดซัลฟิวริก 1–2 หยด แล้วทำให้มีปริมาตร 1 L นำสารละลายมาตรฐานนี้มาทำ standard set ให้มีความเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8, 10 และ 15 ppm P ด้วยน้ำยาสกัด

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างดิน 1 g ใส่ลงในขวดแก้วกันแบน ขนาด 50 ml
2. เติมน้ำยาสกัด Bray II 10 ml เขย่า 1 นาที กรองด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 5
3. ตูดสารละลายที่สกัดได้ในข้อ 2. ด้วยอัตราส่วน 1 ส่วนต่อ working solution 20 ส่วน ถ้าใช้ auto diluter จะเท่ากับ 0.5 ml : 10 ml ลงในหลอดแก้ว ทิ้งไว้ครึ่งชั่วโมง นำไปอ่านค่าความเข้มข้นด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ช่วงความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร
4. ทำแบลนด์และชุดของ standard set เช่นเดียวกับข้อ 3.

วิธีคำนวณ

| | | |
|--|-----------------------------------|------|
| น้ำหนักของตัวอย่างดิน | A | กรัม |
| น้ำยาสกัด | B | กรัม |
| เมื่อวัดค่าเทียบกับ standard set อ่านได้ | X | ppm |
| อัตราส่วนการเจือจาง | C | |
| ปริมาณฟอสฟอรัสในดิน | $= \frac{B \times C \times X}{A}$ | ppm |

การวัดค่าการนำไฟฟ้า ของสารละลายดินที่อ้อมตัวด้วยน้ำ
(Electrical Conductivity)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

- 1 บีกเกอร์ขนาด 100 มล.
- 2 แท่งแก้ว
- 3 เทอร์โมมิเตอร์
- 4 เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity meter)

วิธีวิเคราะห์

- 1 ชั่งดิน 10 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มล. เติมน้ำกลั่นลงไป 50 มล.
- 2 คนเป็นระยะๆ เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง 2.5°C
- 3 อุ้มเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าเป็นเวลา 15 นาที
- 4 วัดอุณหภูมิของสารละลายดินที่สกัดจากดินที่อ้อมตัวด้วยน้ำ
- 5 ตั้งอุณหภูมิที่เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับอุณหภูมิของสารละลายที่วัดได้
- 6 นำสารละลายดินมาวัดค่าการนำไฟฟ้าด้วยเครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า

การวิเคราะห์หาค่าอัตราการดูดซับโซเดียม (Sodium Absorption Rate : SAR)

1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

- 1.1 ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 50 มล.
- 1.2 กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42
- 1.3 ปิเปต (pipette)
- 1.4 บิวเรต (buret) ขนาด 50 มล.
- 1.5 เครื่องชั่ง
- 1.6 เครื่องเขย่า (Shaker)
- 1.7 เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

2 สารเคมี

- 2.1 สารละลายแอมโมเนียมแอซิเตต (Ammonium acetate solution) 1 N pH 7
ผสม 57 มล.ของกรดแอซิติคและ 68 มล.ของแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ในน้ำกลั่น
ให้มีปริมาตรเกือบ 1 ลิตร แล้วปรับ pH ให้สารละลายมี pH 7 แล้วปรับให้เป็น 1
ลิตร
- 2.2 สารละลายสตรอนเชียมคลอไรด์ (Strontium chloride solution) 1500 ppm
ละลายสตรอนเชียมคลอไรด์ 4.6 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร
- 2.3 สารละลายแคลเซียมมาตรฐาน 400 ppm
ละลาย 0.4995 กรัม แคลเซียมคาร์บอเนต ที่อบแห้งที่อุณหภูมิ $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ในกรด
ไฮโดรคลอริกเข้มข้นจนหมด ทำสารละลายให้มีปริมาตร 500 มล. ด้วยน้ำกลั่น และ
ทำสารละลายแคลเซียมให้มีความเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 ppm Ca ตามลำดับ
ด้วยสารละลายข้อ 2.2 ตรวจสอบความเข้มข้นมาตรฐานทุกครั้งที่ทำการวิเคราะห์ด้วย
อย่างดิน
- 2.4 สารละลายแมกนีเซียมมาตรฐาน 1,000 ppm
ละลาย 0.9289 กรัมของแมกนีเซียมออกไซด์ (Magnesium oxide) ที่อบแห้งอุณหภูมิ
 $100 + 5^{\circ}\text{C}$ ในกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นจนหมด ทำสารละลายให้มีปริมาตร 500
มล. ด้วยน้ำกลั่นและทำสารละลายแมกนีเซียมให้มีความเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8 และ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น. ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น. อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ppm Mg ตามลำดับด้วยสารละลายข้อ 2.2 ตรวจสอบความเข้มข้นมาตรฐานทุกครั้งที่ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

2.5 สารละลายโซเดียมมาตรฐาน 1,00 ppm

ละลาย 2.542 กรัมของสารละลายโซเดียม 100 ppm ทำ Standard set ให้มีความเข้มข้น 0, 5, 10, 15 และ 20 ppm Na ตามลำดับ เพื่อใช้ทำกราฟมาตรฐาน

3 วิธีวิเคราะห์

3.1 ชั่งดิน 2.5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 50 มล. เติมสารข้อ 2.1 25 มล. นำมาเขย่าด้วยเครื่องเขย่า 30 นาที แล้วกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 5 เก็บสารละลายที่กรองได้เพื่อ

ไปวิเคราะห์หาปริมาณแคลเซียม (Ca^{2+}) แมกนีเซียม (Mg^{2+}) และ โซเดียม (Na^+)

3.2 นำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์ปริมาณ Ca^{2+} Mg^{2+} และ Na^+ ด้วยเครื่อง

Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) ที่ความยาวคลื่น 422, 285 และ 295 nm ตามลำดับวิเคราะห์ปริมาณ โดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน

3.5 นำสารละลายมาตรฐานของ 3.6 แคลเซียม แมกนีเซียม และ โซเดียมที่เตรียมไว้ในข้อ

2.3 2.4 และ 2.5 ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) เช่นเดียวกับสารละลายตัวอย่างดิน

4 การคำนวณ

4.1 ปริมาณแคลเซียม

น้ำหนักตัวอย่างดิน

A กรัม

สารละลายแอมโมเนียมแอสซิเตต

B มล.

อัตราส่วนการเจือจาง

C

ความเข้มข้นของแคลเซียมเมื่อเทียบกับ

กับความเข้มข้นมาตรฐาน

D ppm

ปริมาณแคลเซียมในดิน

=

$\frac{D \times C \times B}{A}$ ppm

A

4.2 ปริมาณแมกนีเซียม

น้ำหนักตัวอย่างดิน

A กรัม

สารละลายแอมโมเนียมแอสซิเตต

B มล.

อัตราส่วนการเจือจาง

C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมเมื่อเทียบ
 กับความเข้มข้นมาตรฐาน D ppm
 ปริมาณแมกนีเซียมในดิน = $\frac{D \times C \times B}{A}$ ppm

- 4.3 ปริมาณโซเดียม
 น้ำหนักตัวอย่างดิน A กรัม
 สารละลายแอมโมเนียมแอสซิเตต B มล.
 อัตราส่วนการเจือจาง C

ความเข้มข้นของโซเดียมเมื่อเทียบ
 กับความเข้มข้นมาตรฐาน D ppm
 ปริมาณโซเดียมในดิน = $\frac{D \times C \times B}{A}$ ppm

การเตรียมตัวอย่างดิน

เครื่องมือและอุปกรณ์

- 1 เครื่องบดดินหรือครกกระเบื้องเคลือบ
- 2 ลูกกลิ้งหรือขวด
- 3 แผ่นพลาสติกขนาด 1 ตารางเมตร
- 4 ตะแกรงร่อนขนาด 2 มม.
- 5 ถุงพลาสติก หรือขวดพลาสติก

วิธีการ

- 1 เมื่อนำตัวอย่างดินมาถึงห้องปฏิบัติการแล้วให้เลขที่ตัวอย่างดินเรียงตามลำดับ
- 2 นำดินออกผึ่ง โดยเกลี่ยดินให้กระจายให้ทั่วในภาชนะที่รองกระดาษไว้ การผึ่งดินต้องผึ่งไว้ในที่ร่มหรือในห้องตากดิน แต่ถ้าต้องการให้ดินแห้งเร็วอาจใช้พัดลมเป่าหรือเครื่องเป่าลมก็ได้
- 3 เมื่อดินแห้งแล้ว นำตัวอย่างดินมาชั่งน้ำหนักโดยการทำซึ่งตัวอย่างดินทุกๆ 2-3 วัน จนน้ำหนักคงที่
- 4 เมื่อน้ำหนักดินคงที่แล้วบดดินด้วยเครื่องบดดิน ครกกระเบื้องเคลือบ หรือลูกกลิ้งแล้วร่อนดินที่บดด้วยตะแกรงร่อนขนาด 2 มม. ส่วนของดินที่ค้างบนตะแกรงก็นำไปบดอีกจนหมดแล้วเก็บไว้ในถุง หรือขวดพลาสติก เขียนเลขที่ตัวอย่างดิน แล้วเก็บไว้วิเคราะห์

การใช้เครื่อง Atomic Absorption

อะตอมมิคแอบซอร์ปชัน สเปกโทรสโกปีใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพและปริมาณ โลหะที่มีน้อยในตัวอย่างของแข็งและของเหลว อะตอมมิคแอบซอร์ปชันสเปกโทรสโกปีใช้หลักการวัดคลื่นแสงที่ถูกดูดกลืนโดยอะตอมอิสระในสถานะแก๊ส

เทคนิคการดูดกลืน(absorption)โดยเปลวไฟใช้หลักการที่เปลี่ยนสารละลายให้เป็นละอองเล็กๆเข้าสู่เปลวไฟ ขั้นตอนในละอองเล็กๆมีโดยขั้นแรกจะเป็นการระเหยตัวทำละลายออกจากเกลือบชั้นที่ 2 เกลือบแตกตัวเป็นอะตอมอิสระในสถานะแก๊สเปลวไฟ acetylene ($T \approx 2300\text{C}$) เปลี่ยนเกลือสารตัวอย่างให้เป็นอะตอมอิสระในสถานะพื้น เมื่อมีคลื่นแสงชนิดเดียวกับอะตอมธาตุที่สนใจผ่านเข้าสู่เปลวไฟ อะตอมอิสระในสถานะพื้นที่เป็นแก๊สจะดูดกลืนคลื่นแสงจากแหล่งกำเนิดแล้วขึ้นไปสู่สถานะที่มีพลังงานสูงกว่า ปริมาณคลื่นแสงที่ถูกดูดกลืนจะแปรผันตรงกับความเข้มข้นธาตุในเปลวไฟ

สารตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์โดยวิธีอะตอมมิคแอบซอร์ปชันถูกทำให้ร้อนด้วยแหล่งพลังงานจากเปลวไฟ สารละลายตัวอย่างเมื่อได้รับความร้อนตัวทำละลายจะระเหย ฟันระเคมิของสารแตกเกิดอิสระของธาตุที่อยู่ในสถานะแก๊สที่สถานะพื้น อะตอมนี้ดูดกลืนคลื่นแสงจากแหล่งกำเนิดคลื่นแสงของธาตุชนิดเดียวกัน แถบความยาวคลื่นที่อะตอมดูดกลืนคลื่นแสงแคบ อะตอมที่ดูดกลืนคลื่นแสงจะเปลี่ยนไปอยู่สถานะเร้า ปริมาณคลื่นแสงจากแหล่งกำเนิดคลื่นแสงที่ลดลงแปร โดยตรงตามจำนวนอะตอมอิสระที่สถานะพื้น อะตอมที่อยู่ในเปลวไฟเป็นอะตอมในสถานะพื้นส่วนใหญ่ เช่น Ca ที่สถานะพื้น 1.2×10^7 อะตอมสถานะเร้ามีเพียง 1 อะตอมวิธีอะตอมมิคแอบซอร์ปชันใช้วิเคราะห์ธาตุได้ 65 ธาตุ

ภาคผนวก ข แสดงตารางการคำนวณค่าเฉลี่ยของแต่ละพารามิเตอร์

ตารางที่ 1 ข แสดงค่าพีเอช (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) สูตรดินต่าง ๆ

| พารามิเตอร์ | pH | | | | Conductivity (meq / mol) | | | |
|-------------|------------|------------|------------|-----------|----------------------------|------------|------------|-----------|
| | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ค่าเฉลี่ย | ครั้งที่ 1 | ครั้งที่ 2 | ครั้งที่ 3 | ค่าเฉลี่ย |
| 1 | 7.21 | 7.26 | 7.22 | 7.23 | 6.57 | 6.45 | 5.97 | 6.33 |
| 2 | 5.69 | 5.71 | 5.70 | 5.70 | 3.35 | 3.24 | 3.24 | 3.28 |
| 3 | 6.90 | 6.94 | 6.95 | 6.93 | 5.00 | 4.65 | 4.82 | 4.82 |
| 4 | 7.36 | 7.38 | 7.38 | 7.37 | 6.15 | 6.18 | 6.05 | 6.13 |
| 5 | 7.32 | 7.27 | 7.31 | 7.30 | 5.68 | 5.77 | 5.76 | 5.74 |
| 6 | 7.58 | 7.57 | 7.59 | 7.58 | 4.14 | 4.19 | 4.17 | 4.17 |
| 7 | 6.94 | 6.91 | 6.91 | 6.92 | 4.91 | 4.86 | 4.87 | 4.88 |
| 8 | 6.91 | 6.92 | 6.92 | 6.92 | 5.10 | 5.18 | 5.16 | 5.15 |
| 9 | 7.06 | 7.04 | 7.05 | 7.05 | 3.81 | 3.75 | 3.78 | 3.78 |
| 10 | 7.28 | 7.23 | 7.22 | 7.24 | 5.54 | 5.58 | 5.38 | 5.50 |
| 11 | 7.42 | 7.43 | 7.41 | 7.42 | 5.29 | 5.11 | 5.17 | 5.19 |
| 12 | 7.36 | 7.55 | 7.56 | 7.49 | 3.31 | 3.43 | 3.18 | 3.31 |
| 13 | 6.99 | 7.00 | 6.99 | 6.99 | 4.55 | 4.57 | 4.50 | 4.54 |
| 14 | 7.13 | 7.09 | 7.10 | 7.11 | 3.78 | 3.80 | 3.87 | 3.82 |
| 15 | 7.41 | 7.45 | 7.44 | 7.43 | 4.91 | 4.91 | 4.94 | 4.92 |
| 16 | 7.19 | 7.13 | 7.14 | 7.15 | 2.78 | 2.99 | 2.83 | 2.87 |
| 17 | 7.07 | 7.07 | 7.06 | 7.07 | 3.80 | 3.68 | 3.65 | 3.71 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ข แสดงปริมาณสารอินทรีย์ (Organic Matter หน่วยเป็น %) ในสูตรดินต่าง ๆ

| สูตรดิน | น้ำหนักดิน | ผลการวิเคราะห์ | ผลการคำนวณ | ค่าเฉลี่ย |
|---------|------------|----------------|------------|-----------|
| 1.1 | 1.0034 | 15.20 | 1.61 | 1.56 |
| 1.2 | 1.0038 | 15.50 | 1.51 | |
| 2.1 | 1.0002 | 0.00 | 6.71 | 6.71 |
| 2.2 | 1.0016 | 0.00 | 6.71 | |
| 3.1 | 1.0064 | 5.15 | 4.95 | 4.84 |
| 3.2 | 1.0044 | 5.80 | 4.74 | |
| 4.1 | 1.0026 | 15.50 | 1.51 | 1.49 |
| 4.2 | 1.0014 | 15.60 | 1.47 | |
| 5.1 | 1.0024 | 10.50 | 3.18 | 3.00 |
| 5.2 | 1.0017 | 11.60 | 2.81 | |
| 6.1 | 1.0009 | 17.60 | 0.80 | 0.75 |
| 6.2 | 1.0041 | 1709.00 | 0.70 | |
| 7.1 | 1.0009 | 3.90 | 5.40 | 5.40 |
| 7.2 | 1.0009 | 3.90 | 5.40 | |
| 8.1 | 1.0048 | 5.30 | 4.90 | 4.73 |
| 8.2 | 1.0015 | 6.40 | 4.56 | |
| 9.1 | 1.0011 | 13.50 | 2.18 | 2.45 |
| 9.2 | 1.0032 | 11.90 | 2.71 | |
| 10.1 | 1.0011 | 11.20 | 2.95 | 2.95 |
| 10.2 | 1.0017 | 10.20 | 2.95 | |
| 11.1 | 1.0021 | 17.40 | 0.87 | 0.84 |
| 11.2 | 1.0004 | 17.60 | 0.80 | |
| 12.1 | 1.0048 | 14.00 | 2.00 | 2.16 |
| 12.2 | 1.0074 | 13.00 | 2.33 | |
| 13.1 | 1.0081 | 2.10 | 6.00 | 6.07 |
| 13.2 | 1.0053 | 1.60 | 6.14 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| สูตรดิน | น้ำหนักดิน | ผลการวิเคราะห์ | ผลการคำนวณ | ค่าเฉลี่ย |
|---------|------------|----------------|------------|-----------|
| 14.1 | 1.0053 | 9.7 | 3.44 | 3.16 |
| 14.2 | 1.0063 | 11.4 | 2.87 | |
| 15.1 | 1.0011 | 16.50 | 1.17 | 0.98 |
| 15.2 | 1.0037 | 17.60 | 0.80 | |
| 16.1 | 1.0014 | 11.00 | 3.02 | 2.74 |
| 16.2 | 1.0011 | 12.00 | 2.47 | |
| 17.1 | 1.0006 | 9.10 | 3.65 | 3.58 |
| 17.2 | 1.0000 | 9.50 | 3.52 | |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ข แสดงปริมาณไนโตรเจน (N หน่วยเป็น ppm) ในสูตรดินต่าง ๆ

| ลำดับที่ | น้ำหนักดิน | ผลการวิเคราะห์ | ผลการคำนวณ | ค่าเฉลี่ย |
|----------|------------|----------------|------------|-----------|
| 1.1 | 1.0050 | 0.50 | 0.070 | 0.070 |
| 1.2 | 1.0003 | 0.50 | 0.070 | |
| 2.1 | 1.0090 | 1.20 | 0.170 | 0.170 |
| 2.2 | 1.0010 | 1.20 | 0.170 | |
| 3.1 | 1.0010 | 0.90 | 0.126 | 0.119 |
| 3.2 | 1.0090 | 0.80 | 0.111 | |
| 4.1 | 1.0025 | 0.90 | 0.126 | 0.126 |
| 4.2 | 1.0006 | 0.90 | 0.126 | |
| 5.1 | 1.0017 | 0.50 | 0.070 | 0.070 |
| 5.2 | 1.0017 | 0.50 | 0.070 | |
| 6.1 | 1.0005 | 0.50 | 0.070 | 0.070 |
| 6.2 | 1.0016 | 0.50 | 0.070 | |
| 7.1 | 1.0007 | 0.40 | 0.060 | 0.065 |
| 7.2 | 1.0015 | 0.50 | 0.070 | |
| 8.1 | 1.0010 | 0.50 | 0.070 | 0.070 |
| 8.2 | 1.0007 | 0.50 | 0.070 | |
| 9.1 | 1.0000 | 0.60 | 0.080 | 0.080 |
| 9.2 | 1.0026 | 0.60 | 0.080 | |
| 10.1 | 1.0036 | 0.40 | 0.050 | 0.050 |
| 10.2 | 1.0028 | 0.40 | 0.050 | |
| 11.1 | 1.0040 | 0.40 | 0.050 | 0.040 |
| 11.2 | 1.0015 | 0.20 | 0.030 | |
| 12.1 | 1.0010 | 0.40 | 0.060 | 0.050 |
| 12.2 | 1.0017 | 0.30 | 0.040 | |
| 13.1 | 1.0053 | 0.60 | 0.830 | 0.070 |
| 13.2 | 1.0043 | 0.40 | 0.056 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ลำดับที่ | น้ำหนักดิน | ผลการวิเคราะห์ | ผลการคำนวณ | ค่าเฉลี่ย |
|----------|------------|----------------|------------|-----------|
| 14.1 | 1.0011 | 0.40 | 0.060 | 0.065 |
| 14.2 | 1.0021 | 0.50 | 0.070 | |
| 15.1 | 1.0034 | 0.40 | 0.050 | 0.050 |
| 15.2 | 1.0048 | 0.40 | 0.050 | |
| 16.1 | 1.0018 | 0.50 | 0.070 | 0.070 |
| 16.2 | 1.0020 | 0.50 | 0.070 | |
| 17.1 | 1.0003 | 0.50 | 0.070 | 0.060 |
| 17.2 | 0.0018 | 0.40 | 0.050 | |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ข แสดงปริมาณฟอสฟอรัส (P หน่วยเป็น ppm) ในสูตรดินต่าง ๆ

| สูตรดิน | ค่าการดูดกลืนแสง | ผลการวิเคราะห์ | ผลการคำนวณ | ค่าเฉลี่ย |
|---------|------------------|----------------|------------|-----------|
| 1.1 | 0.262 | 2.534 | 25.338 | 25.34 |
| 1.2 | 0.262 | 2.534 | 25.338 | |
| 2.1 | 1.389 | 13.433 | 134.333 | 134.33 |
| 2.2 | 1.389 | 13.433 | 134.333 | |
| 3.1 | 0.749 | 7.244 | 72.437 | 73.07 |
| 3.2 | 0.762 | 7.369 | 73.694 | |
| 4.1 | 0.323 | 3.124 | 31.238 | 31.62 |
| 4.2 | 0.331 | 3.201 | 32.012 | |
| 5.1 | 0.161 | 1.557 | 15.571 | 16.83 |
| 5.2 | 0.187 | 1.809 | 18.085 | |
| 6.1 | 0.164 | 1.586 | 15.861 | 17.36 |
| 6.2 | 0.195 | 1.886 | 18.859 | |
| 7.1 | 0.692 | 6.692 | 66.925 | 66.05 |
| 7.2 | 0.674 | 6.518 | 65.184 | |
| 8.1 | 0.707 | 6.838 | 68.375 | 59.86 |
| 8.2 | 0.531 | 5.135 | 51.354 | |
| 9.1 | 0.541 | 5.232 | 52.321 | 51.21 |
| 9.2 | 0.518 | 5.010 | 50.097 | |
| 10.1 | 0.153 | 1.480 | 14.797 | 17.89 |
| 10.2 | 0.217 | 2.099 | 20.986 | |
| 11.1 | 0.17 | 1.644 | 16.441 | 16.15 |
| 11.2 | 0.164 | 1.586 | 15.861 | |
| 12.1 | 0.174 | 1.683 | 16.828 | 16.15 |
| 12.2 | 0.16 | 1.547 | 15.474 | |
| 13.1 | 0.643 | 6.219 | 62.186 | 56.24 |
| 13.2 | 0.52 | 5.029 | 50.290 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ลงวันผลิตเพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| สูตรดิน | ค่าการดูดกลืนแสง | ผลการวิเคราะห์ | ผลการคำนวณ | ค่าเฉลี่ย |
|---------|------------------|----------------|------------|-----------|
| 14.1 | 0.524 | 5.068 | 50.677 | 51.84 |
| 14.2 | 0.548 | 5.3 | 52.998 | |
| 15.1 | 0.183 | 1.770 | 17.698 | 28.82 |
| 15.2 | 0.413 | 3.994 | 39.942 | |
| 16.1 | 0.417 | 4.033 | 40.329 | 40.33 |
| 16.2 | 0.417 | 4.033 | 40.329 | |
| 17.1 | 0.707 | 6.838 | 68.375 | 56.29 |
| 17.2 | 0.457 | 4.420 | 44.197 | |



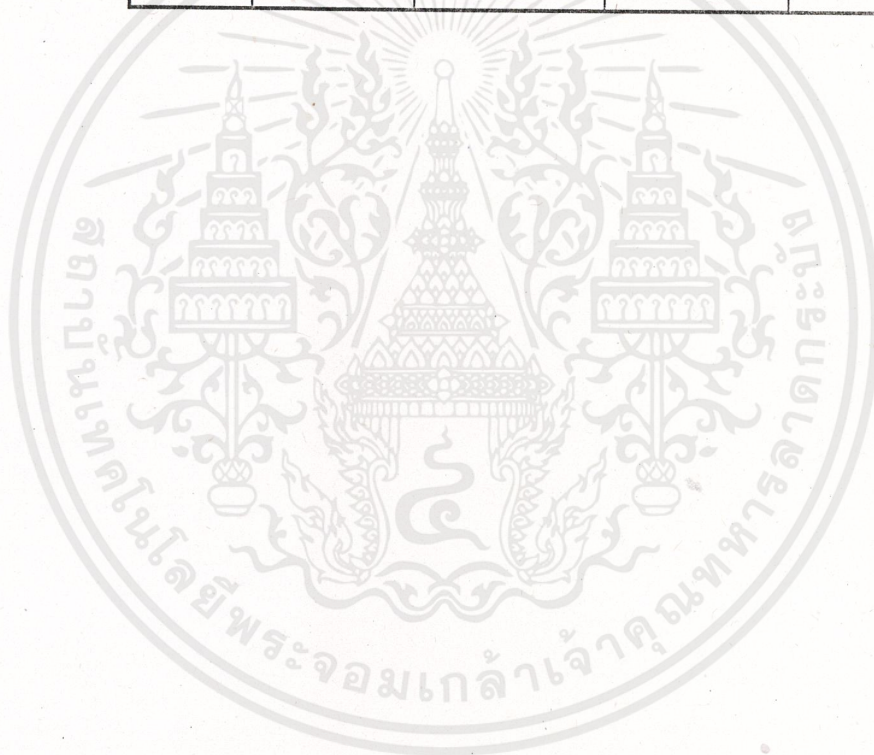
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 ข แสดงปริมาณโพแทสเซียม (K หน่วยเป็น ppm) ในสูตรดินต่าง ๆ

| ตัวอย่าง | น้ำหนักดิน | ผลการวิเคราะห์ | ผลการคำนวณ | ค่าเฉลี่ย |
|----------|------------|----------------|------------|-----------|
| 1.1 | 2.5004 | 0.653 | 652.896 | 670.9064 |
| 1.2 | 2.5003 | 0.689 | 688.917 | |
| 2.1 | 2.5006 | 1.350 | 1349.676 | 1333.756 |
| 2.2 | 2.5079 | 1.322 | 1317.836 | |
| 3.1 | 2.5004 | 1.149 | 1148.816 | 1143.226 |
| 3.2 | 2.5008 | 1.138 | 1137.636 | |
| 4.1 | 2.5043 | 0.634 | 632.911 | 635.3409 |
| 4.2 | 2.5009 | 0.638 | 637.770 | |
| 5.1 | 2.5004 | 0.771 | 770.877 | 844.2915 |
| 5.2 | 2.5008 | 0.918 | 917.706 | |
| 6.1 | 2.5009 | 0.366 | 365.868 | 351.8868 |
| 6.2 | 2.5007 | 0.338 | 337.905 | |
| 7.1 | 2.5023 | 1.026 | 1025.057 | 1034.902 |
| 7.2 | 2.5030 | 1.046 | 1044.746 | |
| 8.1 | 2.5012 | 0.839 | 838.597 | 962.0816 |
| 8.2 | 2.5010 | 1.086 | 1085.566 | |
| 9.1 | 2.5005 | 0.512 | 511.898 | 532.4267 |
| 9.2 | 2.5002 | 0.553 | 552.956 | |
| 10.1 | 2.5010 | 0.869 | 868.653 | 869.2522 |
| 10.2 | 2.5033 | 0.871 | 869.852 | |
| 11.1 | 2.5040 | 0.375 | 374.401 | 404.0704 |
| 11.2 | 2.5015 | 0.434 | 433.740 | |
| 12.1 | 2.5014 | 0.542 | 541.697 | 530.682 |
| 12.2 | 2.5016 | 0.520 | 519.667 | |
| 13.1 | 2.5030 | 1.408 | 1406.312 | 1352.98 |
| 13.2 | 2.5026 | 1.301 | 1299.648 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ตัวอย่าง | น้ำหนักดิน | ผลการวิเคราะห์ | ผลการคำนวณ | ค่าเฉลี่ย |
|----------|------------|----------------|------------|-----------|
| 14.1 | 2.5013 | 0.59 | 589.693 | |
| 14.2 | 2.5045 | 0.624 | 622.879 | 606.2861 |
| 15.1 | 2.5031 | 0.522 | 521.354 | |
| 15.2 | 2.5016 | 0.411 | 410.737 | 466.0453 |
| 16.1 | 2.5016 | 0.681 | 680.564 | |
| 16.2 | 2.5019 | 0.705 | 704.465 | 692.5145 |
| 17.1 | 2.5014 | 0.802 | 801.551 | |
| 17.2 | 2.5025 | 0.683 | 682.318 | 741.9344 |



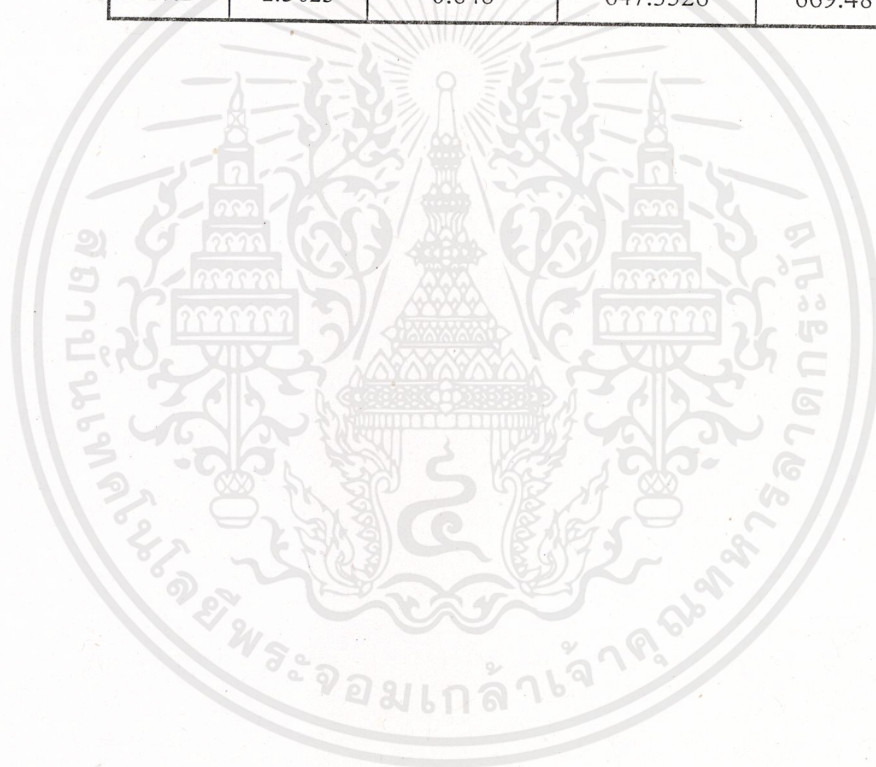
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 ข แสดงปริมาณโซเดียม (Na หน่วยเป็น ppm) ในสูตรดินต่าง ๆ

| สูตรดิน | น้ำหนักดิน | ผลการวิเคราะห์ | ผลการคำนวณ | ค่าเฉลี่ย |
|---------|------------|----------------|------------|-----------|
| 1.1 | 2.5004 | 2.950 | 2949.5281 | 2912.09 |
| 1.2 | 2.5003 | 2.875 | 2874.6550 | |
| 2.1 | 2.5006 | 0.712 | 711.8292 | 1778.92 |
| 2.2 | 2.5079 | 2.855 | 2846.0066 | |
| 3.1 | 2.5004 | 2.759 | 2758.5586 | 3304.66 |
| 3.2 | 2.5008 | 3.852 | 3850.7678 | |
| 4.1 | 2.5043 | 2.041 | 2037.4955 | 1963.91 |
| 4.2 | 2.5009 | 1.891 | 1890.3195 | |
| 5.1 | 2.5004 | 1.898 | 1897.6964 | 1888.05 |
| 5.2 | 2.5008 | 1.879 | 1878.3989 | |
| 6.1 | 2.5009 | 0.907 | 906.6736 | 1001.68 |
| 6.2 | 2.5007 | 1.097 | 1096.6929 | |
| 7.1 | 2.5023 | 1.467 | 1465.6516 | 1535.86 |
| 7.2 | 2.5030 | 1.608 | 1606.0727 | |
| 8.1 | 2.5012 | 1.293 | 1292.3797 | 1485.85 |
| 8.2 | 2.5010 | 1.680 | 1679.3283 | |
| 9.1 | 2.5005 | 0.761 | 760.8478 | 773.39 |
| 9.2 | 2.5002 | 0.786 | 785.9371 | |
| 10.1 | 2.5010 | 1.665 | 1664.3343 | 1696.53 |
| 10.2 | 2.5033 | 1.731 | 1728.7181 | |
| 11.1 | 2.5040 | 0.957 | 955.4712 | 959.45 |
| 11.2 | 2.5015 | 0.964 | 963.4219 | |
| 12.1 | 2.5014 | 0.676 | 675.6217 | 728.06 |
| 12.2 | 2.5016 | 0.781 | 780.5005 | |
| 13.1 | 2.5030 | 1.513 | 1511.1866 | 1446.87 |
| 13.2 | 2.5026 | 1.384 | 1382.5621 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| สูตรดิน | น้ำหนักดิน | ผลการวิเคราะห์ | ผลการคำนวณ | ค่าเฉลี่ย |
|---------|------------|----------------|------------|-----------|
| 14.1 | 2.5013 | 0.653 | 652.6606 | |
| 14.2 | 2.5045 | 0.758 | 756.6381 | 704.65 |
| 15.1 | 2.5031 | 0.841 | 839.9585 | |
| 15.2 | 2.5016 | 0.678 | 677.5664 | 758.76 |
| 16.1 | 2.5016 | 0.592 | 591.6214 | |
| 16.2 | 2.5019 | 0.662 | 661.4973 | 626.56 |
| 17.1 | 2.5014 | 0.692 | 691.6127 | |
| 17.2 | 2.5025 | 0.648 | 647.3526 | 669.48 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 ข แสดงปริมาณแคลเซียม (Ca หน่วยเป็น ppm) ในสูตรดินต่าง ๆ

| ตัวอย่าง | น้ำหนักดิน | ผลการวิเคราะห์ | ผลการคำนวณ | ค่าเฉลี่ย |
|----------|------------|----------------|------------|-----------|
| 1.1 | 2.5004 | 6.824 | 6822.908 | 6545.578 |
| 1.2 | 2.5003 | 6.269 | 6268.248 | |
| 2.1 | 2.5006 | 5.822 | 5820.603 | 5878.422 |
| 2.2 | 2.5079 | 5.955 | 5936.241 | |
| 3.1 | 2.5004 | 6.511 | 6509.958 | 6365.484 |
| 3.2 | 2.5008 | 6.223 | 6221.009 | |
| 4.1 | 2.5043 | 8.314 | 8299.724 | 8429.821 |
| 4.2 | 2.5009 | 8.563 | 8559.918 | |
| 5.1 | 2.5004 | 9.276 | 9274.516 | 7938.202 |
| 5.2 | 2.5008 | 6.604 | 6601.887 | |
| 6.1 | 2.5009 | 3.479 | 3477.748 | 3535.871 |
| 6.2 | 2.5007 | 3.595 | 3593.994 | |
| 7.1 | 2.5023 | 7.155 | 7148.423 | 7267.779 |
| 7.2 | 2.5030 | 7.396 | 7387.135 | |
| 8.1 | 2.5012 | 4.716 | 4713.737 | 5078.780 |
| 8.2 | 2.5010 | 5.446 | 5443.822 | |
| 9.1 | 2.5005 | 3.374 | 3373.325 | 3544.514 |
| 9.2 | 2.5002 | 3.716 | 3715.703 | |
| 10.1 | 2.5010 | 7.072 | 7069.172 | 7228.211 |
| 10.2 | 2.5033 | 7.397 | 7387.249 | |
| 11.1 | 2.5040 | 3.974 | 3967.652 | 3939.652 |
| 11.2 | 2.5015 | 3.914 | 3911.653 | |
| 12.1 | 2.5014 | 2.212 | 2210.762 | 2243.652 |
| 12.2 | 2.5016 | 2.278 | 2276.543 | |
| 13.1 | 2.5030 | 6.769 | 6760.887 | 6547.650 |
| 13.2 | 2.5026 | 6.341 | 6334.412 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| สูตรดิน | น้ำหนักดิน | ผลการวิเคราะห์ | ผลการคำนวณ | ค่าเฉลี่ย |
|---------|------------|----------------|------------|-----------|
| 14.1 | 2.5013 | 3.510 | 3508.176 | |
| 14.2 | 2.5045 | 3.618 | 3611.499 | 3559.838 |
| 15.1 | 2.5031 | 3.046 | 3042.228 | |
| 15.2 | 2.5016 | 3.074 | 3072.034 | 3057.131 |
| 16.1 | 2.5016 | 2.835 | 2833.187 | |
| 16.2 | 2.5019 | 2.544 | 2542.068 | 2687.627 |
| 17.1 | 2.5014 | 4.779 | 4776.325 | |
| 17.2 | 2.5025 | 4.998 | 4993.007 | 4884.666 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 ข แสดงปริมาณแมกนีเซียม (Mg หน่วยเป็น ppm) ในสูตรดินต่าง ๆ

| สูตรดิน | น้ำหนักดิน | ผลการวิเคราะห์ | ผลการคำนวณ | ค่าเฉลี่ย |
|---------|------------|----------------|------------|-----------|
| 1.1 | 2.5004 | 0.653 | 652.896 | 670.9064 |
| 1.2 | 2.5003 | 0.689 | 688.917 | |
| 2.1 | 2.5006 | 1.350 | 1349.676 | 1333.756 |
| 2.2 | 2.5079 | 1.322 | 1317.836 | |
| 3.1 | 2.5004 | 1.149 | 1148.816 | 1143.226 |
| 3.2 | 2.5008 | 1.138 | 1137.636 | |
| 4.1 | 2.5043 | 0.634 | 632.911 | 635.3409 |
| 4.2 | 2.5009 | 0.638 | 637.770 | |
| 5.1 | 2.5004 | 0.771 | 770.877 | 844.2915 |
| 5.2 | 2.5008 | 0.918 | 917.706 | |
| 6.1 | 2.5009 | 0.366 | 365.868 | 351.8868 |
| 6.2 | 2.5007 | 0.338 | 337.905 | |
| 7.1 | 2.5023 | 1.026 | 1025.057 | 1034.902 |
| 7.2 | 2.5030 | 1.046 | 1044.746 | |
| 8.1 | 2.5012 | 0.839 | 838.597 | 962.0816 |
| 8.2 | 2.5010 | 1.086 | 1085.566 | |
| 9.1 | 2.5005 | 0.512 | 511.898 | 532.4267 |
| 9.2 | 2.5002 | 0.553 | 552.956 | |
| 10.1 | 2.5010 | 0.869 | 868.653 | 869.2522 |
| 10.2 | 2.5033 | 0.871 | 869.852 | |
| 11.1 | 2.5040 | 0.375 | 374.401 | 404.0704 |
| 11.2 | 2.5015 | 0.434 | 433.740 | |
| 12.1 | 2.5014 | 0.542 | 541.697 | 530.682 |
| 12.2 | 2.5016 | 0.520 | 519.667 | |
| 13.1 | 2.5030 | 1.408 | 1406.312 | 1352.98 |
| 13.2 | 2.5026 | 1.301 | 1299.648 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| สูตรดิน | น้ำหนักดิน | ผลการวิเคราะห์ | ผลการคำนวณ | ค่าเฉลี่ย |
|---------|------------|----------------|------------|-----------|
| 14.1 | 2.5013 | 0.590 | 589.693 | |
| 14.2 | 2.5045 | 0.624 | 622.879 | 606.2861 |
| 15.1 | 2.5031 | 0.522 | 521.354 | |
| 15.2 | 2.5016 | 0.411 | 410.737 | 466.0453 |
| 16.1 | 2.5016 | 0.681 | 680.564 | |
| 16.2 | 2.5019 | 0.705 | 704.465 | 692.5145 |
| 17.1 | 2.5014 | 0.802 | 801.551 | |
| 17.2 | 2.5025 | 0.683 | 682.318 | 741.9344 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 ข แสดงค่าอัตราการดูดซับโซเดียม (SAR) ในสูตรดินต่างๆ

| สูตรดิน | Na (ppm) | Mg (ppm) | Ca (ppm) | Na (mmol) | Mg (mmol) | Ca (mmol) | SAR |
|---------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-------|
| 1 | 2912.09 | 205.67 | 6545.58 | 126.67 | 8.46 | 163.31 | 13.67 |
| 2 | 764.62 | 145.02 | 5878.42 | 33.26 | 5.97 | 146.67 | 3.81 |
| 3 | 2806.33 | 196.60 | 6365.48 | 122.07 | 8.09 | 158.82 | 13.36 |
| 4 | 1963.91 | 200.95 | 8429.82 | 85.43 | 8.27 | 210.32 | 8.17 |
| 5 | 1888.05 | 193.85 | 7938.20 | 82.13 | 7.98 | 198.06 | 8.09 |
| 6 | 1001.68 | 89.13 | 3535.87 | 43.57 | 3.67 | 88.22 | 6.43 |
| 7 | 1535.86 | 172.27 | 7267.78 | 66.81 | 7.09 | 181.33 | 6.88 |
| 8 | 1485.85 | 157.88 | 5078.78 | 64.63 | 6.50 | 126.72 | 7.92 |
| 9 | 773.39 | 85.92 | 3544.51 | 33.64 | 3.53 | 88.44 | 4.96 |
| 10 | 1696.53 | 186.49 | 7228.21 | 73.79 | 7.67 | 180.34 | 7.61 |
| 11 | 959.45 | 85.26 | 3939.65 | 41.73 | 3.51 | 98.29 | 5.85 |
| 12 | 728.06 | 62.22 | 2243.65 | 31.67 | 2.56 | 55.98 | 5.85 |
| 13 | 1446.87 | 172.11 | 6547.65 | 62.94 | 7.08 | 163.36 | 6.82 |
| 14 | 704.65 | 65.47 | 3559.84 | 30.65 | 2.69 | 88.82 | 4.53 |
| 15 | 758.76 | 60.03 | 3057.13 | 33.00 | 2.47 | 76.28 | 5.26 |
| 16 | 626.56 | 60.79 | 2687.63 | 27.25 | 2.50 | 67.06 | 4.62 |
| 17 | 669.48 | 59.70 | 4884.67 | 29.12 | 2.46 | 121.87 | 3.69 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 ข แสดงการเจริญเติบโตของดอกควาวเรียงในสูตรดินต่าง ๆ ที่ทำการวัดขนาดของดอกในแต่ละวัน
วันที่ 15 มีนาคม 2545

| Date | sample | ดอกที่1 | ดอกที่2 | ดอกที่3 | ดอกที่4 |
|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 15-Mar | 1.1 | 0.6 | 0.3 | 0.4 | 0.3 |
| | 1.3 | 0.7 | 0.3 | 0.7 | 0.5 |
| | 2.1 | 0.3 | 0 | 0.4 | 0.3 |
| | 2.2 | 0.4 | 0 | 0.3 | 0.5 |
| | 2.3 | 0.3 | 0.4 | 0.2 | 0.4 |
| | 3.1 | 0.4 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| | 3.2 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| | 3.3 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| | 4.1 | 0.3 | 0.5 | 0.3 | 0.5 |
| | 4.2 | 0.3 | 0.5 | 0.4 | 0.5 |
| | 4.3 | 0.4 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| | 5.1 | 0.3 | 0.7 | 0.4 | 0.5 |
| | 5.2 | 0.3 | 0.5 | 0.3 | 0.5 |
| | 6.1 | 0.86 | 0.3 | 0.3 | 0.66 |
| | 6.2 | 0.4 | 0.71 | 1.01 | 0.4 |
| | 6.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.2 |
| | 7.1 | 0.3 | 0.3 | 0.6 | 0.3 |
| | 7.2 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.4 |
| | 7.3 | 0.3 | 0.5 | 0.4 | 0.4 |
| | 8.1 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| 8.2 | 0.4 | 0.4 | 0.3 | 0.5 | |
| 8.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 9.1 | 0.2 | 0.6 | 0.4 | 0.4 | |
| 9.2 | 0.7 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | |
| 9.3 | 0.6 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | |

| Date | sample | ดอกที่1 | ดอกที่2 | ดอกที่3 | ดอกที่4 |
|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 15-Mar | 10.2 | 0.5 | 0.4 | 0 | 0.3 |
| | 10.3 | 0.29 | 0.4 | 0.2 | 0 |
| | 11.1 | 0.5 | 0.6 | 0.3 | 0.7 |
| | 11.2 | 0.5 | 0.2 | 0.5 | 0.5 |
| | 11.3 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0 |
| | 12.1 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| | 12.2 | 0.4 | 0.4 | 0.6 | 0.5 |
| | 12.3 | 0.4 | 0.4 | 0.6 | 0.6 |
| | 13.2 | 0.4 | 0.2 | 0.4 | 0.4 |
| | 13.3 | 0.6 | 0.5 | 0.6 | 0.6 |
| | 14.1 | 0.4 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| | 14.2 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| | 15.1 | 0.5 | 0.6 | 0.3 | 0.5 |
| | 15.2 | 0.3 | 0.4 | 0.3 | 0.2 |
| | 15.3 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0 |
| | 16.1 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.2 |
| | 16.2 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.6 |
| | 16.3 | 0.5 | 0.4 | 0.6 | 0.5 |
| | 17.1 | 0.6 | 0.7 | 0.6 | 0.35 |
| | 17.2 | 0.13 | 0.4 | 0.32 | 0.3 |
| 17.3 | 0.3 | 0.4 | 0.48 | 0.42 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารทงสวนวสทหบการใชงานเพือการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญวตใหน้ท้ไปใ้ประโยชน์ด้าการค้
ไม่ว่การณใ้ดๆ ท้ส้ลน อื่กท้ห้ท้มใ้ให้ค้ดเปลงเนื้อหาและต้ออ้งอิงถึงเจ้าของเอกสารท้คร้้งท้มีการน้ไปใ้

วันที่ 18 มีนาคม 2545

| Date | sample | ดอกที่1 | ดอกที่2 | ดอกที่3 | ดอกที่4 |
|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 18-Mar | 1.1 | 1 | 0.6 | 0.7 | 0.6 |
| | 1.3 | 1.5 | 0.8 | 1.2 | 1 |
| | 2.1 | 0.5 | 0 | 0.8 | 0.5 |
| | 2.2 | 0.9 | 0.5 | 0.5 | 1.1 |
| | 2.3 | 0.8 | 0.8 | 0.4 | 0.9 |
| | 3.1 | 1 | 1.1 | 0.8 | 1 |
| | 3.2 | 0.7 | 0.7 | 0.8 | 0.7 |
| | 3.3 | 0.5 | 0.5 | 0.8 | 0.6 |
| | 4.1 | 0.8 | 1.3 | 0.5 | 1.3 |
| | 4.2 | 1 | 1.2 | 0.9 | 1.3 |
| | 4.3 | 0.8 | 0.8 | 0.7 | 0.7 |
| | 5.1 | 0.6 | 4 | 0.8 | 1.5 |
| | 5.2 | 0.6 | 1.2 | 0.6 | 1.2 |
| | 6.1 | 1.18 | 0 | 0 | 1 |
| | 6.2 | 1.5 | 1.69 | 1.32 | 0.8 |
| | 6.3 | 0.86 | 1.51 | 1.66 | 1.47 |
| | 7.1 | 0.9 | 0.7 | 3.8 | 0.7 |
| | 7.2 | 1 | 1.3 | 1.5 | 1 |
| | 7.3 | 0.7 | 1 | 0 | 0.8 |
| | 8.1 | 0.9 | 1 | 0.9 | 0.6 |
| 8.2 | 0.9 | 1 | 0.7 | 1 | |
| 8.3 | 0.6 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | |
| 9.1 | 2 | 2 | 0.9 | 0.8 | |
| 9.2 | 0.9 | 0.8 | 0.5 | 0.5 | |
| 9.3 | 1.6 | 0.8 | 0.8 | 1.3 | |
| 10.2 | 1 | 0.7 | 0 | 0.6 | |
| 10.3 | 0.73 | 0.3 | 0.8 | 0.4 | |

| Date | sample | ดอกที่1 | ดอกที่2 | ดอกที่3 | ดอกที่4 |
|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 18-Mar | 11.1 | 0.7 | 1.2 | 0.6 | 1 |
| | 11.2 | 1.2 | 0.6 | 1.2 | 1.3 |
| | 11.3 | 0.6 | 0.5 | 0.8 | 0 |
| | 12.1 | 0.9 | 0.6 | 0.7 | 0.9 |
| | 12.2 | 0.6 | 0.8 | 2.7 | 1 |
| | 12.3 | 0.7 | 0.8 | 1.3 | 1.3 |
| | 13.2 | 0.9 | 0.4 | 0.8 | 0.8 |
| | 13.3 | 0.8 | 0.77 | 1.33 | 1.2 |
| | 14.1 | 0.7 | 0.8 | 0.6 | 0.8 |
| | 14.2 | 0.7 | 1.2 | 1 | 1.3 |
| | 15.1 | 0.8 | 2.3 | 0.7 | 1 |
| | 15.2 | 0.6 | 0.7 | 0.6 | 0.5 |
| | 15.3 | 0.6 | 0.7 | 0.6 | 0 |
| | 16.1 | 0.5 | 0 | 1.6 | 0 |
| | 16.2 | 1.5 | 1 | 1 | 1.5 |
| | 16.3 | 0.8 | 1.6 | 1.4 | 0.885 |
| | 17.1 | 1.2 | 1.5 | 0.8 | 1.49 |
| | 17.2 | 0.6 | 1.41 | 1.65 | 1.56 |
| | 17.3 | 1.3 | 0 | 1.53 | 1.4 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 20 มีนาคม 2545

| Date | sample | ดอกที่1 | ดอกที่2 | ดอกที่3 | ดอกที่4 |
|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 20-Mar | 1.1 | 2.2 | 1 | 1.2 | 0.5 |
| | 1.3 | 4 | 3 | 2 | 3 |
| | 2.1 | 1 | 0 | 1.2 | 1.2 |
| | 2.2 | 1.6 | 0 | 0.8 | 3 |
| | 2.3 | 1.1 | 1.5 | 0.6 | 1.8 |
| | 3.1 | 2 | 2.5 | 1.5 | 2.2 |
| | 3.2 | 1 | 3.5 | 1 | 3 |
| | 3.3 | 1.6 | 1.4 | 1.8 | 1 |
| | 4.1 | 1.2 | 3 | 1 | 3 |
| | 4.2 | 1.5 | 3 | 2 | 2.8 |
| | 4.3 | 1 | 1.3 | 1 | 1.2 |
| | 5.1 | 0.8 | 5.5 | 1.5 | 3 |
| | 5.2 | 0.6 | 3 | 0.8 | 3 |
| | 6.1 | 3.57 | 0 | 0 | 3.45 |
| | 6.2 | 3 | 2.4 | 2.63 | 2 |
| | 6.3 | 1.69 | 2.84 | 2.02 | 1.9 |
| | 7.1 | 1.5 | 1.5 | 4 | 1.5 |
| | 7.2 | 2.5 | 2.5 | 2.8 | 2.2 |
| | 7.3 | 1 | 1.8 | 0 | 1.2 |
| | 8.1 | 1.5 | 2.2 | 2.2 | 0 |
| 8.2 | 2.1 | 2.3 | 0.8 | 1.2 | |
| 8.3 | 0.8 | 1.3 | 1.5 | 1 | |
| 9.1 | 3 | 3 | 1.1 | 1 | |
| 9.2 | 1.5 | 1 | 0.8 | 0.9 | |
| 9.3 | 4 | 1.5 | 2.5 | 3 | |
| 10.2 | 2.5 | 2 | 0 | 1 | |
| 10.3 | 1.6 | 0 | 1.25 | 1.8 | |

| Date | sample | ดอกที่1 | ดอกที่2 | ดอกที่3 | ดอกที่4 |
|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 20-Mar | 11.1 | 2.2 | 2.8 | 1.2 | 2.5 |
| | 11.2 | 3 | 0.8 | 2.5 | 3 |
| | 11.3 | 0.8 | 1 | 0.5 | 0 |
| | 12.1 | 1.2 | 1 | 1 | 1.2 |
| | 12.2 | 1.2 | 2.4 | 3.2 | 2.8 |
| | 12.3 | 1.2 | 1 | 2.5 | 2.7 |
| | 13.2 | 2.4 | 0.6 | 1 | 1.2 |
| | 13.3 | 2.5 | 2 | 2.28 | 2.24 |
| | 14.1 | 0.8 | 1 | 0.8 | 1.2 |
| | 14.2 | 2 | 2.4 | 1.3 | 2 |
| | 15.1 | 1.8 | 3 | 0.8 | 2.5 |
| | 15.2 | 0.9 | 1 | 0.8 | 0.8 |
| | 15.3 | 0.9 | 1 | 1 | 0 |
| | 16.1 | 1.34 | 0 | 3.04 | 0 |
| | 16.2 | 2.07 | 1.92 | 2.69 | 2.2 |
| | 16.3 | 1.3 | 2.14 | 3 | 1.98 |
| | 17.1 | 2.29 | 2.5 | 1.8 | 2.51 |
| | 17.2 | 1 | 2.07 | 2.66 | 2.35 |
| 17.3 | 2.27 | 0 | 2.4 | 1.88 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 22 มีนาคม 2545

| Date | sample | ดอกที่1 | ดอกที่2 | ดอกที่3 | ดอกที่4 |
|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 22-Mar | 1.1 | 3.5 | 3 | 4 | 2.5 |
| | 1.3 | 5 | 3 | 2.5 | 3 |
| | 2.1 | 2.6 | 0 | 2 | 1.5 |
| | 2.2 | 4 | 3 | 1.5 | 3.51 |
| | 2.3 | 1.5 | 3 | 0 | 3 |
| | 3.1 | 4 | 3 | 1.8 | 3 |
| | 3.2 | 2 | 4 | 4 | 4 |
| | 3.3 | 2.5 | 2.5 | 4 | 2.5 |
| | 4.1 | 3 | 4 | 1 | 4.5 |
| | 4.2 | 4 | 4.5 | 4.5 | 5 |
| | 4.3 | 2.5 | 4 | 3 | 3 |
| | 5.1 | 1.5 | 5.5 | 3.52 | 4.5 |
| | 5.2 | 1 | 4.5 | 1.5 | 4.5 |
| | 6.1 | 3.68 | 0 | 0 | 3.5 |
| | 6.2 | 4 | 3.82 | 3.29 | 3 |
| | 6.3 | 2.57 | 3.5 | 2.74 | 2.82 |
| | 7.1 | 3 | 6.5 | 5 | 4 |
| | 7.2 | 3 | 4 | 4 | 3.5 |
| | 7.3 | 1.5 | 4 | 0 | 3.5 |
| | 8.1 | 3.5 | 4 | 3.5 | 1 |
| 8.2 | 4 | 4 | 1 | 2.5 | |
| 8.3 | 1.5 | 4 | 4 | 1.8 | |
| 9.1 | 4.5 | 4 | 1.32 | 3 | |
| 9.2 | 3.5 | 2 | 1 | 1 | |
| 9.3 | 4.5 | 3 | 3.23 | 4 | |
| 10.2 | 4 | 3 | 0 | 3 | |
| 10.3 | 2.22 | 0 | 2.4 | 0 | |

| Date | sample | ดอกที่1 | ดอกที่2 | ดอกที่3 | ดอกที่4 |
|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 22-Mar | 11.1 | 3.5 | 4 | 1.6 | 4 |
| | 11.2 | 4.5 | 2 | 3.5 | 4 |
| | 11.3 | 1 | 2 | 0 | 0 |
| | 12.1 | 3 | 2.5 | 3 | 4 |
| | 12.2 | 3 | 4 | 5 | 4.5 |
| | 12.3 | 3 | 1 | 4 | 4 |
| | 13.2 | 3.5 | 1.5 | 3 | 3.5 |
| | 13.3 | 3 | 2.87 | 3.2 | 3.52 |
| | 14.1 | 2 | 3 | 3 | 3.5 |
| | 14.2 | 3 | 3.5 | 2.8 | 4 |
| | 15.1 | 3.5 | 4.5 | 2 | 3.8 |
| | 15.2 | 1.5 | 3 | 1.5 | 0 |
| | 15.3 | 3 | 2.5 | 1.6 | 0 |
| | 16.1 | 1.5 | 0 | 4 | 1 |
| | 16.2 | 3 | 3 | 3.6 | 4 |
| | 16.3 | 3 | 3 | 4.5 | 2.66 |
| | 17.1 | 3.76 | 4 | 2.42 | 3.11 |
| | 17.2 | 1.62 | 3 | 3.96 | 2.98 |
| | 17.3 | 3.09 | 0 | 3.04 | 2.9 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 24 มีนาคม 2545

| Date | sample | ดอกที่1 | ดอกที่2 | ดอกที่3 | ดอกที่4 |
|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 24-Mar | 1.1 | 4 | 3 | 4 | 3 |
| | 1.3 | 5.6 | 4 | 4 | 5 |
| | 2.1 | 4 | 0 | 3.5 | 5 |
| | 2.2 | 4 | 0 | 3.5 | 4.49 |
| | 2.3 | 2.5 | 3 | 0 | 3.5 |
| | 3.1 | 5 | 4 | 2 | 4 |
| | 3.2 | 3 | 4.5 | 4.5 | 4.5 |
| | 3.3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 3 |
| | 4.1 | 4 | 4.49 | 3.5 | 5 |
| | 4.2 | 4.5 | 5 | 4.5 | 5 |
| | 4.3 | 3 | 4.5 | 3 | 3.5 |
| | 5.1 | 3.5 | 6 | 4 | 5 |
| | 5.2 | 1 | 5 | 3.5 | 5 |
| | 6.1 | 3.5 | 6.5 | 5.8 | 4 |
| | 6.2 | 3.5 | 4 | 4.5 | 4 |
| | 6.3 | 4 | 4.5 | 0 | 4 |
| | 7.1 | 5.43 | 0 | 0 | 4.68 |
| | 7.2 | 4.5 | 4.6 | 4.6 | 3 |
| | 7.3 | 3 | 4 | 3.5 | 3 |
| | 8.1 | 3.5 | 4.5 | 4 | 0 |
| | 8.2 | 5 | 5 | 3 | 4.5 |
| | 8.3 | 1.5 | 4 | 4 | 2 |
| | 9.1 | 5 | 4.8 | 4 | 3 |
| | 9.2 | 4.5 | 4 | 1 | 1.5 |
| 9.3 | 5 | 3.5 | 3.75 | 4.5 | |
| 10.2 | 5 | 4.5 | 0 | 3.5 | |
| 10.3 | 3 | 0 | 2.77 | 1 | |

| Date | sample | ดอกที่1 | ดอกที่2 | ดอกที่3 | ดอกที่4 |
|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 24-Mar | 11.1 | 4 | 4.5 | 3.5 | 4.5 |
| | 11.2 | 5 | 3.5 | 4 | 4.5 |
| | 11.3 | 3.5 | 4 | 0 | 0 |
| | 12.1 | 4 | 3 | 3.5 | 4 |
| | 12.2 | 3.5 | 4.5 | 5.5 | 5 |
| | 12.3 | 4 | 1 | 4.5 | 5 |
| | 13.2 | 3.5 | 3 | 3.32 | 4 |
| | 13.3 | 3 | 3.5 | 4.5 | 4.5 |
| | 14.1 | 2.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 |
| | 14.2 | 4 | 4 | 3 | 4.5 |
| | 15.1 | 4 | 5 | 3.5 | 4 |
| | 15.2 | 3.5 | 3.5 | 1.5 | 1 |
| | 15.3 | 3 | 3.5 | 2 | 0 |
| | 16.1 | 2.24 | 0 | 5 | 1.5 |
| | 16.2 | 4 | 3.5 | 4.09 | 4.5 |
| | 16.3 | 3.8 | 4 | 5 | 3.4 |
| | 17.1 | 4 | 4.5 | 3 | 4.5 |
| | 17.2 | 2 | 4 | 4.5 | 3.94 |
| | 17.3 | 4 | 0 | 4.32 | 3.5 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้