ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ทางทะเล)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์ทางทะเล — **สาขา**

วิทยาศาสตร์ทางทะเล — **ภาควิชา**

เรื่อง การพัฒนาเทคนิคการขยายพันธุ์แบบมหมวลเพื่อการย้ายปลูกของหญ้าชะเงาฝอย (*Halodule pinifolia* (Miki) den Hartog)

Development of Mass Culture Technique for Transplantation of *Halodule pinifolia* (Miki) den Hartog

นามผู้วิจัย นางสาวกมลวรรณ สุนทรเกตุ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(รองศาสตราจารย์เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์ชัชรี แก้วสุรลิขิต, วท.ม.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธรณ์ ธำรงนาวาสวัสดิ์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาเทคนิคการขยายพันธุ์แบบมหมวลเพื่อการย้ายปลูก ของหญ้าชะเงาฝอย (*Halodule pinifolia* (Miki) den Hartog)

Development of Mass Culture Technique for Transplantation of *Halodule pinifolia* (Miki) den Hartog

โดย

นางสาวกมลวรรณ สุนทรเกตุ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ทางทะเล)
พ.ศ. 2556

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กมลวรรณ สุนทรเกตุ 2556: การพัฒนาเทคนิคการขยายพันธุ์แบบมหมวลเพื่อการย้ายปลูกของหญ้าชะเงาฝอย (*Halodule pinifolia* (Miki) den Hartog) ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ทางทะเล) สาขาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์, Ph.D. 200 หน้า

การศึกษานี้เป็นการพัฒนาวิธีการปลูกหญ้าทะเลที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มปริมาณหญ้าชะเงาฝอย (*Halodule pinifolia*) ในห้องปฏิบัติการสำหรับเป็นต้นพันธุ์ในการย้ายปลูก จากการศึกษาอิทธิพลของปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนต่อการเติบโตของหญ้าชะเงาฝอย โดยการปลูกหญ้าชะเงาฝอยในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวมแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง โดยทำการทดลองปลูกเป็นเวลา 9 เดือน พบว่าที่ระดับปริมาณสารอินทรีย์ 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง สามารถเพิ่มมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน ความหนาแน่นและความยาวใบเฉลี่ยของหญ้าชะเงาฝอยได้มากที่สุด นอกจากนี้จากการศึกษาอิทธิพลของปริมาณธาตุอาหารในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนต่อการเติบโตของหญ้าชะเงาฝอย จากการปลูกหญ้าทะเลในดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัดเม็ดสูตร 10-25-20 (N:P:K) ที่ระดับความเข้มข้น 2 ระดับ คือ 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน เป็นเวลา 5 เดือน เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมซึ่งไม่ได้ทำการใส่ปุ๋ย พบว่า ที่ระดับ 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน (มีปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ไนไตรท์และไนเตรท-ไนโตรเจนและออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส มีค่าเท่ากับ 454.13, 4.43 และ 765.68 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน ตามลำดับ) สามารถเพิ่มมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน ความหนาแน่นของจำนวนต้นและความยาวใบเฉลี่ยของหญ้าชะเงาฝอยได้มากที่สุด เท่ากับ 127.52±6.30 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร 5,594±439 ต้นต่อตารางเมตร และ 12.9±1.4 เซนติเมตร ภายใน 14, 5 และ 16 สัปดาห์ ตามลำดับ นอกจากนี้มวลชีวภาพส่วนเหนือดินของหญ้าชะเงาฝอยยังมีความสัมพันธ์กับปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในทิศทางเดียวกันและมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับปริมาณไนไตรท์และไนเตรต-ไนโตรเจนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.57

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Kamonwan Sunthornket 2013: Development of Mass Culture Technique for Transplantation of *Halodule pinifolia* (Miki) den Hartog. Master of Science (Marine Science), Major Field: Marine Science, Department of Marine Science. Thesis Advisor: Associate Professor Shettapong Meksumpun, Ph.D. 200 pages.

This study aims to develop the optimum culture technique for increasing the amount of seagrasses under laboratory conditions before transplantation. To determine the effect of total organic matter in sediment on *Halodule pinifolia* growth, *H. pinifolia* were planted in sediment containing 3 levels of total organic matter (10, 50 and 90 mg/g DW) for 9 months. The highest values for upper-shoot biomass, shoot density and average leaf length of *H. pinifolia* resulted from 50 mg/g DW total organic matter. For the study on the impact of pore water nutrients on *H. pinifolia* growth, pellet fertilizer (10-25-20; N:P:K) was added to the sediment in which the seagrass was planted, at rates of 0, 1.5 and 3.0 g/kg sediment for 5 months. Best results were obtained in the sediment with 1.5 g fertilizer/kg sediment (contained 454.13 mg NH_4^+-N, 4.43 mg NO_2^-+NO_3^--N and 765.68 mg PO_4^{3-}-P). Here, the seagrass showed the highest above ground biomass, shoot density and average leaf length, which were increased 127.52±6.30 g DW/m^2, 5,594±439 shoots/m^2 and 12.9±1.4 cm, within 14, 5 and 16 weeks, respectively. The above ground biomass showed a positive relation with ammonium-nitrogen concentrations ($P<0.01$, correlation coefficient = 0.57) but showed a negative relation with nitrite and nitrate-nitrogen concentrations ($P<0.01$, correlation coefficient = 0.57).

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้กรุณาอบรมสั่งสอนให้ความรู้ คำปรึกษาและความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาดำเนินการวิจัย เอาใจใส่ติดตามความก้าวหน้าของวิทยานิพนธ์อยู่เสมอ รวมถึงให้แนวความคิดในการทำงานและอยู่ร่วมกันกับผู้อื่นในสังคม ตลอดจนให้คำแนะนำตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ชัชรี แก้วสุรลิขิต อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ในการถ่ายทอดวิชาความรู้เกี่ยวกับหญ้าทะเลทั้งในและนอกห้องเรียน อีกทั้งยังให้คำปรึกษา คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และช่วยตรวจแก้ไขรูปเล่มวิทยานิพนธ์ รวมถึงให้กำลังใจในการศึกษาตลอดมา

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.สุวลักษณ์ สาธุมนัสพันธุ์ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกมหาวิทยาลัย และ ผศ.ดร.จรวย สุขแสงจันทร์ ประธานการสอบปากเปล่าขั้นสุดท้าย ที่ให้คำแนะนำในการเขียนและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ รวมทั้งให้ข้อคิดในการทำงานต่อไปในอนาคต

ขอขอบคุณ คุณชาคริต เรืองสอน ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำ ให้ความรู้เกี่ยวกับหญ้าทะเล และช่วยเหลือตลอดการทำวิจัยอย่างทุ่มเท ขอขอบคุณ คุณณิศรา ถาวรโสตร์ คุณพฤหัส จันทร์นวล คุณบุณฑริกา ทองดอนพุ่ม คุณภัททิรา เกษมศิริ คุณอรอิงค์ เวชสิทธ์ คุณอิสระ ชาญราชกิจ คุณชยารัตน์ ตันธนะสฤษดิ์ คุณวัชรรัฐ ลิ้นจี่ คุณชัยยุทธ แก้วชัยเจริญกิจ คุณรพีพรรณ เจียวก๊ก และ พี่ ๆ น้อง ๆ ทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนในการเก็บตัวอย่างและดำเนินการวิจัย รวมทั้งให้คำปรึกษาแนะนำในทุก ๆ เรื่อง และยังให้กำลังใจที่มีค่ายิ่งจนสามารถสำเร็จการศึกษาได้ในที่สุด

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อศิวะพร-คุณแม่ลัดดา สุนทรเกตุ ที่ให้การสนับสนุนการศึกษา ให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน ห่วงใย เอาใจใส่และคอยเป็นกำลังใจให้ลูกตลอดมา ขอขอบคุณญาติ พี่น้องและเพื่อน ๆ ทุกคน สำหรับกำลังใจและความห่วงใย สุดท้ายขอขอบพระคุณทุกท่านที่มิได้เอ่ยนามไว้ ณ ที่นี้ ที่มีส่วนช่วยเหลือสนับสนุนและให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้าจนสามารถสำเร็จการศึกษาและจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

กมลวรรณ สุนทรเกตุ

มีนาคม 2556

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	27
อุปกรณ์	27
วิธีการ	30
ผลและวิจารณ์	45
ผล	45
วิจารณ์	107
สรุปและข้อเสนอแนะ	120
สรุป	120
ข้อเสนอแนะ	123
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	125
ภาคผนวก	132
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	200

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางผนวกที่		หน้า
1	ความยาวใบ (เซนติเมตร) และน้ำหนักเปียก-แห้ง (กรัม) ของหญ้าชะเงาฝอยจากแหล่งธรรมชาติ	149
2	ความยาวใบ (เซนติเมตร) และน้ำหนักเปียก-แห้ง (กรัม) ของหญ้าชะเงาฝอยจากห้องปฏิบัติการ	159
3	ปริมาณน้ำ (ร้อยละ) และปริมาณสารอินทรีย์รวม (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) ในดินตะกอนตามระดับชั้นความลึกของดินตะกอนจากภาคสนาม	166
4	การทดลองที่ 1: ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำในดินตะกอน (ร้อยละ) ±SD จากทั้ง 3 กลุ่มทดลอง	167
5	การทดลองที่ 1: ค่าเฉลี่ยปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอน (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) ±SD จากทั้ง 3 กลุ่มทดลอง	168
6	การทดลองที่ 1: ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของจำนวนต้น (ต้นต่อตารางเมตร) ±SD และค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน (กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร) ±SD ของหญ้าชะเงาฝอยจากทั้ง 3 กลุ่มทดลอง	169
7	การทดลองที่ 1: ค่าเฉลี่ยความยาวใบต่ำสุดและค่าเฉลี่ยความยาวใบสูงสุด (เซนติเมตร) ±SD ของหญ้าชะเงาฝอยจากทั้ง 3 กลุ่มทดลอง	170
8	การทดลองที่ 1: ความยาวใบเฉลี่ย (เซนติเมตร) ±SD ของหญ้าชะเงาฝอยจากทั้ง 3 กลุ่มทดลอง	171
9	การทดลองที่ 1: ค่าเฉลี่ยความยาวใบรวมต่อต้น (เซนติเมตร) ±SD ของหญ้าชะเงาฝอย จากทั้ง 3 กลุ่มทดลอง	172
10	การทดลองที่ 1: จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้น (ใบ) ของหญ้าชะเงาฝอยจากทั้ง 3 กลุ่มทดลอง	173
11	การทดลองที่ 1: ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน ±SD ความหนาแน่นของจำนวนต้น±SD และความยาวใบเฉลี่ย±SD ระหว่างกลุ่มทดลอง จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA)	174

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
12	การทดลองที่ 1: การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพส่วนเหนือดินของหญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีสารอินทรีย์รวม 3 ระดับ คือ 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง โดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) และใช้ F-test ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95	175
13	การทดลองที่ 1: การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของจำนวนต้นหญ้าชะเงาฝอย ที่ปลูกในดินตะกอนที่มีสารอินทรีย์รวม 3 ระดับ คือ 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง โดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) และใช้ F-test ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95	176
14	การทดลองที่ 1: การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างความยาวใบเฉลี่ยของหญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีสารอินทรีย์รวม 3 ระดับ คือ 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง โดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) และใช้ F-test ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95	177
15	การทดลองที่ 2: ค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอน (ไมโครโมลาร์) ±SD จากทั้ง 3 กลุ่มทดลอง	178
16	การทดลองที่ 2: ค่าเฉลี่ยปริมาณไนไตรท์และไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอน (ไมโครโมลาร์) ±SD จากทั้ง 3 กลุ่มทดลอง	179
17	การทดลองที่ 2: ค่าเฉลี่ยปริมาณซิลิเกต-ซิลิคอนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอน (ไมโครโมลาร์) ±SD จากทั้ง 3 กลุ่มทดลอง	180
18	การทดลองที่ 2: ค่าเฉลี่ยปริมาณออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอน (ไมโครโมลาร์) ±SD จากทั้ง 3 กลุ่มทดลอง	181
19	การทดลองที่ 2: ปริมาณธาตุอาหารในน้ำ (ไมโครโมลาร์) จากทั้ง 3 กลุ่มทดลอง	182
20	การทดลองที่ 2: ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำในดินตะกอน (ร้อยละ) ±SD จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	183

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
21	การทดลองที่ 2: ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน (กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร) ±SD ระหว่างกลุ่มทดลองจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	184
22	การทดลองที่ 2: ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของจำนวนต้น (ต้นต่อตารางเมตร) ±SD ระหว่างกลุ่มทดลองจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	185
23	การทดลองที่ 2: ค่าเฉลี่ยความยาวใบต่ำสุด (เซนติเมตร) ±SD และความยาวใบสูงสุด (เซนติเมตร) ±SD ของหญ้าชะเงาฝอยจากทั้ง 3 กลุ่มทดลอง	186
24	การทดลองที่ 2: ความแตกต่างระหว่างความยาวใบเฉลี่ย (เซนติเมตร) ±SD ของหญ้าชะเงาฝอยระหว่างกลุ่มทดลองจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	187
25	การทดลองที่ 2: ค่าเฉลี่ยความยาวใบรวมต่อต้น (เซนติเมตร) ±SD ของหญ้าชะเงาฝอยจากทั้ง 3 กลุ่มทดลอง	188
26	การทดลองที่ 2: จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้น (ใบ) ของหญ้าชะเงาฝอยจากทั้ง 3 กลุ่มทดลอง	189
27	การทดลองที่ 2: ค่าเฉลี่ยจำนวนต้น (ร้อยละ) ที่มีจำนวนใบ 2-5 ใบ จากทั้ง 3 กลุ่มทดลอง	190
28	การทดลองที่ 2: การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน ความหนาแน่นของจำนวนต้น ความยาวใบเฉลี่ย และปริมาณน้ำในดินตะกอนของกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัม ต่อกิโลกรัมดินตะกอนและกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย โดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) และใช้ F-test ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95	191
29	ปัจจัยคุณภาพน้ำและดินตะกอนที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของหญ้าทะเลในประเทศไทย	199

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ชนิดของหญ้าทะเลที่มีการแพร่กระจายในประเทศไทย	5
2	ลักษณะทางสัณฐานของหญ้าทะเล	7
3	ลักษณะทางสัณฐานของอวัยวะสืบพันธุ์ของสืบพันธุ์ของหญ้าทะเล	11
4	แผนที่แสดงการแพร่กระจายของหญ้าทะเลบริเวณต่าง ๆ ของโลก	13
5	ผลของแสงต่อกำลังผลิตของหญ้าทะเล ปฏิกิริยาเคมีของดินตะกอน และอัตราส่วนรากต่อต้นหญ้าทะเล	17
6	การหมุนเวียนธาตุไนโตรเจนในระบบนิเวศหญ้าทะเล	20
7	การหมุนเวียนธาตุฟอสฟอรัสในระบบนิเวศหญ้าทะเล	21
8	แผนผังการทดลองที่ 1	33
9	แผนผังการทดลองที่ 2	35
10	แผนที่แสดงแหล่งหญ้าทะเลบริเวณอ่าวประแสร์ จังหวัดระยอง	44
11	จุดเก็บตัวอย่าง (SS) บริเวณแหล่งหญ้าทะเลบริเวณอ่าวประแสร์ จังหวัดระยอง	44
12	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวใบ (เซนติเมตร) ของหญ้าทะเลกับน้ำหนักเปียกและน้ำหนักแห้งของใบหญ้าทะเล (กรัม) จากตัวอย่างหญ้าทะเลภาคสนาม	47
13	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวใบ (เซนติเมตร) ของหญ้าทะเลกับน้ำหนักเปียกและน้ำหนักแห้งของใบหญ้าทะเล (กรัม) จากตัวอย่างหญ้าทะเลจากห้องปฏิบัติการ	49
14	กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความยาวใบ (เซนติเมตร) กับน้ำหนักแห้ง (กรัม) ที่วิเคราะห์ได้จริงกับน้ำหนักแห้งที่ได้จากการคำนวณ เมื่อใช้สมการเส้นตรงของตัวอย่างภาคสนามและเมื่อใช้สมการเส้นตรงของตัวอย่างจากห้องปฏิบัติการ	51
15	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดินตะกอน (ร้อยละ) ที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง เปรียบเทียบระหว่างดินตะกอนที่ไม่มีการปลูกหญ้าทะเลและดินตะกอนที่มีการปลูกหญ้าทะเล (ค่าเฉลี่ย±SD)	54
16	เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดินตะกอน (ร้อยละ) ที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวมแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งที่มีการปลูกหญ้าทะเล (ค่าเฉลี่ย±SD)	55

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
17	การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอน (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) ของดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวมเริ่มต้น 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง เปรียบเทียบระหว่างดินตะกอนที่ไม่มีการปลูกหญ้าทะเลและดินตะกอนที่มีการปลูกหญ้าทะเล (ค่าเฉลี่ย±SD)	57
18	เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอน (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) ที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวมเริ่มต้นแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ที่มีการปลูกหญ้าทะเล (ค่าเฉลี่ย±SD)	58
19	เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงมวลชีวภาพส่วนเหนือดินของหญ้าชะเงาฝอย (กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร) เมื่อใช้ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวมแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (ค่าเฉลี่ย±SD)	61
20	เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นหญ้าชะเงาฝอย (ต้นต่อตารางเมตร) เมื่อใช้ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวมแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัม (ค่าเฉลี่ย±SD)	64
21	เปรียบเทียบความยาวใบเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของหญ้าชะเงาฝอย เมื่อใช้ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวมแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (ค่าเฉลี่ย±SD)	67
22	เปรียบเทียบความยาวใบรวมต่อต้น (เซนติเมตร) ของหญ้าชะเงาฝอย เมื่อใช้ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวมแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (ค่าเฉลี่ย±SD)	69
23	ปริมาณธาตุอาหารที่พบในปุ๋ย 1 กรัมน้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัมต่อกรัม) จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ธาตุอาหารแบบอัตโนมัติ และInductively Couple Plasma-Optical Emission Spectrometer (ICP–OES)	72
24	เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน (ไมโครโมลาร์) ในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอน เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน	75

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
25	เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรท์และไนเตรต-ไนโตรเจน (ไมโครโมลาร์) ในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอน เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัม ต่อกิโลกรัมดินตะกอน	78
26	เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณซิลิเกต-ซิลิคอน (ไมโครโมลาร์) ในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอน เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัม ต่อกิโลกรัมดินตะกอน	80
27	เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (ไมโครโมลาร์) ในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอน เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัม ต่อกิโลกรัมดินตะกอน	83
28	ปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในน้ำ (ไมโครโมลาร์) เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัม ต่อกิโลกรัมดินตะกอน	86
29	ปริมาณไนไตรท์และไนเตรต-ไนโตรเจนในน้ำ (ไมโครโมลาร์) เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัม ต่อกิโลกรัมดินตะกอน	86
30	ปริมาณซิลิเกต-ซิลิคอนในน้ำ (ไมโครโมลาร์) เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัม ต่อกิโลกรัมดินตะกอน	87
31	ปริมาณออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในน้ำ (ไมโครโมลาร์) เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัม ต่อกิโลกรัมดินตะกอน	87
32	เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดินตะกอน (ร้อยละ) เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัม ต่อกิโลกรัมดินตะกอน	90
33	เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงมวลชีวภาพส่วนเหนือดินของหญ้าชะเงาฝอย (กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร) เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัม ต่อกิโลกรัมดินตะกอน	93
34	เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงมวลชีวภาพส่วนเหนือดินของหญ้าชะเงาฝอย (ร้อยละ) เมื่อเทียบกับมวลชีวภาพเริ่มต้น เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัม ต่อกิโลกรัมดินตะกอน	93

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
35	เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของจำนวนต้น (ต้นต่อตารางเมตร) ของหญ้าชะเงาฝอย เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัม ต่อกิโลกรัมดินตะกอน	96
36	เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของจำนวนต้นของหญ้าชะเงาฝอย (ร้อยละ) เมื่อเทียบกับจำนวนต้นเริ่มต้น เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัม ต่อกิโลกรัมดินตะกอน	96
37	เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความยาวใบเฉลี่ยของหญ้าชะเงาฝอย (เซนติเมตร) เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัม ต่อกิโลกรัมดินตะกอน	99
38	เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความยาวใบรวมต่อต้นของหญ้าชะเงาฝอย (เซนติเมตร) เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัม ต่อกิโลกรัมดินตะกอน	101
39	การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนจำนวนต้น (ร้อยละ) ที่มีจำนวนใบแตกต่างกัน เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัม ต่อกิโลกรัมดินตะกอน	105

ภาพผนวกที่

1	ผืนหญ้าทะเลที่มีหญ้าชะเงาฝอยขึ้นอย่างหนาแน่น	133
2	การสุ่มวางกรอบสี่เหลี่ยมในการเก็บตัวอย่างหญ้าชะเงาฝอย	133
3	การเก็บตัวอย่างหญ้าชะเงาฝอย โดยใช้ core ที่ทำจากท่อ pvc	134
4	ตัวอย่างหญ้าชะเงาฝอยที่ใช้ในการทดลองบรรจุใน core ที่ทำจากท่อ pvc	134
5	ลักษณะของดินตะกอนที่เก็บจากบริเวณแหล่งต้นพันธุ์ธรรมชาติ	135
6	การทดลองที่ 1: ลักษณะของโครงหลังคาคลุมด้วยพลาสติกใส	136
7	การทดลองที่ 1: รูปแบบการจัดเรียงกลุ่มการทดลอง	136
8	การทดลองที่ 1: การวัดขนาดต้นหญ้าชะเงาฝอย	137
9	การทดลองที่ 1: สีของน้ำทะเลในถังทดลองที่เริ่มมีการสะพรั่งของแพลงก์ตอนพืช	137
10	การทดลองที่ 1: การตกตะกอนของแพลงก์ตอนพืชหลังเกิดการสะพรั่ง	138

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
11	การทดลองที่ 1: ต้นอ่อนของหญ้าชะเงาฝอยที่งอกใหม่	138
12	การทดลองที่ 1: 5 วัน หลังจากเริ่มทำการทดลอง ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง	139
13	การทดลองที่ 1: 2 สัปดาห์ หลังจากเริ่มทำการทดลอง ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง	140
14	การทดลองที่ 1: 1 เดือน หลังจากเริ่มทำการทดลอง ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง	141
15	การทดลองที่ 1: 7 เดือน หลังจากเริ่มทำการทดลอง ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง	142
16	การทดลองที่ 1: 1 สัปดาห์ หลังจากเริ่มทำการทดลอง ความแตกต่างของลักษณะของดินตะกอนจากกลุ่มทดลองที่ใช้ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง	143
17	การทดลองที่ 1: 2 สัปดาห์ หลังจากเริ่มทำการทดลอง ความแตกต่างของลักษณะของดินตะกอนจากกลุ่มทดลองที่ใช้ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง	144
18	การทดลองที่ 1: 1 เดือน หลังจากเริ่มทำการทดลอง ความแตกต่างของลักษณะของดินตะกอนจากกลุ่มทดลองที่ใช้ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง	145
19	การทดลองที่ 2: การจัดวางถังทดลอง	146
20	การทดลองที่ 2: ปุ๋ยบัวอัดเม็ดที่ใช้ในการทดลอง	146
21	การทดลองที่ 2: การเก็บตัวอย่างน้ำทะเล	147
22	การทดลองที่ 2: การเก็บตัวอย่างดินตะกอน	147

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ **หน้า**

23 การทดลองที่ 2: 9 สัปดาห์ หลังจากเริ่มทำการทดลอง ความแตกต่างระหว่าง กลุ่มควบคุม, กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน 148

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การพัฒนาเทคนิคการขยายพันธุ์แบบมหมวลเพื่อการย้ายปลูก ของหญ้าชะเงาฝอย (*Halodule pinifolia* (Miki) den Hartog)

Development of Mass Culture Technique for Transplantation of *Halodule pinifolia* (Miki) den Hartog

คำนำ

หญ้าทะเลจัดเป็นพืชชั้นสูงที่มีดอกสมบูรณ์ สามารถพบได้ตามแนวชายฝั่งทะเลทั้งในเขตอบอุ่นและเขตร้อน โดยหญ้าทะเลทั่วโลกที่พบในปัจจุบันมีจำนวนทั้งสิ้น 60 ชนิด สามารถจัดกลุ่มได้เป็น 13 สกุล 5 วงศ์ (Short *et al.*, 2001) โดยในประเทศไทยพบหญ้าทะเลทั้งหมด 7 สกุล 12 ชนิด ตามแนวชายฝั่งทั้งอ่าวไทยและอันดามัน (Lewmanomont *et al.*, 1996) หญ้าทะเลมีบทบาทเป็นผู้ผลิตขั้นต้นของระบบนิเวศ เป็นแหล่งกำลังผลิตที่สำคัญของแนวชายฝั่งทะเลและระบบนิเวศน้ำกร่อย นอกจากนี้แหล่งหญ้าทะเลยังมีความเหมาะสมต่อการเป็นที่อยู่อาศัย หลบภัย และแหล่งอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน รวมถึงเป็นแหล่งอาหารของสัตว์น้ำนานาชนิดรวมทั้งเต่าทะเลและพะยูน ซึ่งเป็นสัตว์ที่ใกล้สูญพันธุ์ แนวหญ้าทะเลสามารถชะลอความรุนแรงของกระแสน้ำที่พัดเข้าสู่ฝั่งจึงช่วยลดอัตราการพังทลายและการกัดเซาะของชายฝั่งทะเลได้ อีกทั้งยังช่วยเพิ่มการตกตะกอนและป้องกันการฟุ้งกระจายของดินตะกอนนอกจากนี้ยังมีส่วนช่วยในการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดีขึ้นอีกด้วย

ในปัจจุบันแหล่งหญ้าทะเลในหลายพื้นที่เสื่อมโทรมและลดจำนวนลงไปมาก โดยสาเหตุส่วนใหญ่มาจากการกระทำของมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น การพัฒนาพื้นที่ชายฝั่ง การถมทะเล การทำเหมืองแร่บริเวณชายฝั่ง การสร้างท่าเทียบเรือ การทำประมงโดยใช้เครื่องมือที่ไม่เหมาะสม และการปล่อยน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมและชุมชนบริเวณชายฝั่งทะเล เป็นต้น อีกทั้งประชาชนทั่วไปยังขาดความรู้ความเข้าใจในคุณค่าของหญ้าทะเล ขาดการจัดการและแนวทางการอนุรักษ์ที่ดี นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติก็ยังเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้แหล่งหญ้าทะเลเสื่อมโทรมและลดปริมาณลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปัจจุบันมีหลายหน่วยงานให้ความสนใจในการอนุรักษ์แหล่งหญ้าทะเลมากขึ้น โดยวิธีหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการฟื้นฟูแหล่งหญ้าทะเลคือ วิธีการย้ายปลูกหญ้าทะเล อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ก็ยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียทรัพยากรหญ้าทะเลของแหล่งต้นพันธุ์โดยเปล่าประโยชน์จากกระบวนการย้ายปลูก เนื่องจากข้อมูลการศึกษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมในแหล่งหญ้าทะเลส่วนใหญ่ยังเป็นข้อมูลช่วงกว้าง (ชาคริต, 2550) ขาดแคลนข้อมูลที่จำเพาะเจาะจงเกี่ยวกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเติบโตของหญ้าทะเลแต่ละชนิดซึ่งจะมีความต้องการระดับของปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน ดังนั้นการศึกษาถึงระดับของปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเติบโตของหญ้าทะเลแต่ละชนิดจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการอนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งหญ้าทะเลเป็นอันดับต้น ๆ เพราะเป็นข้อมูลที่สามารถใช้ประกอบการเลือกพื้นที่ย้ายปลูกในธรรมชาติที่เหมาะสม ทำให้โอกาสประสบความสำเร็จมีมากขึ้น ในการศึกษาครั้งนี้เป็นความพยายามที่จะหาวิธีการที่เป็นไปได้มากที่สุดที่จะขยายพันธุ์หญ้าทะเลในห้องปฏิบัติการ ตลอดจนพัฒนาวิธีการในการขยายพันธุ์หญ้าทะเลแบบมหมวลเพื่อนำไปใช้ทดแทนหรือลดการใช้ทรัพยากรหญ้าทะเลจากแหล่งต้นพันธุ์ธรรมชาติในกระบวนการการย้ายปลูก นอกจากนี้ยังเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาข้อมูลด้านอื่น ๆ ของหญ้าทะเลในห้องปฏิบัติการต่อไปในอนาคต โดยการศึกษานี้เป็นการทดลองโดยใช้หญ้าชะเงาฝอย (*Halodule pinifolia*) ซึ่งเป็นหญ้าทะเลที่สามารถเติบโตได้ในแหล่งที่อยู่อาศัยที่มีการเปลี่ยนแปลงด้านสิ่งแวดล้อมในช่วงกว้าง มีการแพร่กระจายสูงสามารถพบได้โดยทั่วไปและจัดอยู่ในกลุ่มหญ้าทะเลชนิดเบิกนำ (pioneer species) ซึ่งน่าจะเป็นการสร้างโอกาสให้หญ้าทะเลชนิดอื่นสามารถอยู่อาศัยและแทนที่จนกลายเป็นแหล่งที่อยู่อาศัย (habitat) หรือแหล่งหญ้าทะเลที่แท้จริงแหล่งใหม่ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาอิทธิพลของปริมาณสารอินทรีย์รวม (Total Organic Matter, TOM) ในดินตะกอน และปริมาณธาตุอาหารในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอน (Pore water) ต่อการเติบโตของหญ้าชะเงาฝอย (*Halodule pinifolia*) ในห้องปฏิบัติการ

2. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการขยายพันธุ์หญ้าทะเลแบบมหมวลในห้องปฏิบัติการเพื่อลดการทำลายแหล่งต้นพันธุ์จากธรรมชาติในการย้ายปลูก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

หญ้าทะเลจัดเป็นพืชชั้นสูงที่มีดอก เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว มีระบบท่อลำเลียงอย่างแท้จริง ลักษณะภายนอกโดยทั่วไปแล้วมีโครงสร้างคล้ายคลึงกับหญ้าบกแต่มีการปรับตัวและพัฒนาให้เติบโตในสภาพแวดล้อมในทะเลได้เป็นอย่างดี พบขึ้นตามแนวชายฝั่งทะเล มีการแพร่กระจายทั้งในบริเวณเขตอบอุ่นและเขตร้อน

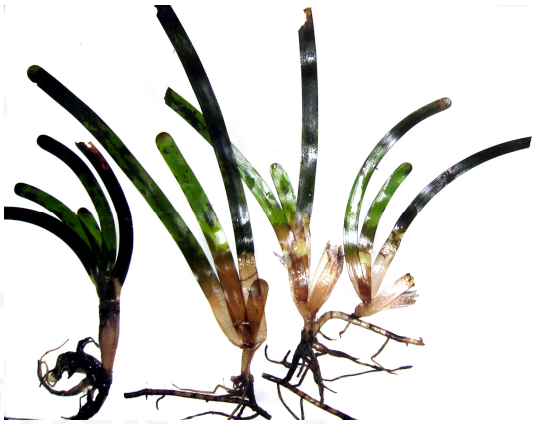
ในน่านน้ำไทยทั้งฝั่งอ่าวไทยและฝั่งทะเลอันดามัน พบหญ้าทะเลรวมทั้งสิ้น 2 ครอบครัว 7 สกุล 12 ชนิด (ภาพที่ 1) ได้แก่ *Cymodocea rotundata, Cymodocea serrulata, Enhalus acoroides, Halodule pinifolia, Halodule uninervis, Halophila beccarii, Halophila decipiens, Halophila minor, Halophila ovalis, Ruppia maritima, Syringodium isoetifolium* และ *Thalassis hemprichii* (กาญจนภาชน์และคณะ, 2534) โดยสามารถจัดลำดับทางอนุกรมวิธานได้ดังนี้ (Kuo and den Hartog, 2001)

Division Magnoliophyta
Class Liliopsida
Order Alismatales
Family Cymodoceaceae
Genus *Syringodium* ได้แก่ *Syringgodium isoetifolium*
Genus *Halodule* ได้แก่ *Halodule pinifolia* และ *H. uninervis*
Genus *Cymodocea* ได้แก่ *Cymodocea rotundata* และ *C. serrulata*
Family Hydrocharitaceae
Genus *Enhalus* ได้แก่ *Enhalus acoroides*
Genus *Thalassia* ได้แก่ *Thalassis hemprichii*
Genus *Halophila* ได้แก่ *Halophila ovalis*, *H. minor*, *H. decipiens* และ *Halophila beccarii*

Kuo and den Hartog (2001) ไม่จัด *Ruppia maritima* เป็นหญ้าทะเล แต่ Spalding *et al.* (2003) จัดเป็นหญ้าทะเลในกรณีที่มีการเติบโตได้ดีในธรรมชาติ ในประเทศไทยจึงจัด *R. maritima* เป็นหญ้าทะเล เนื่องจากพบแพร่กระจายในแหล่งน้ำธรรมชาติ เช่น อ่าวปัตตานี (กฤษณ, 2542)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Enhalus acoroides[1]



Thalassis hemprichii[1]

Cymodocea serrulata[1]

Cymodocea rotundata[1]

Halodule pinifolia[1]

Halodule uninervis[1]

ภาพที่ 1 ชนิดของหญ้าทะเลที่มีการแพร่กระจายในประเทศไทย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Halophila ovalis[1]

Halophila decipiens[1]

Halophila beccarii[1]

Halophila minor[2]

Syringgodium isoetifolium[2]

Ruppia maritima[1]

ภาพที่ 1 (ต่อ)

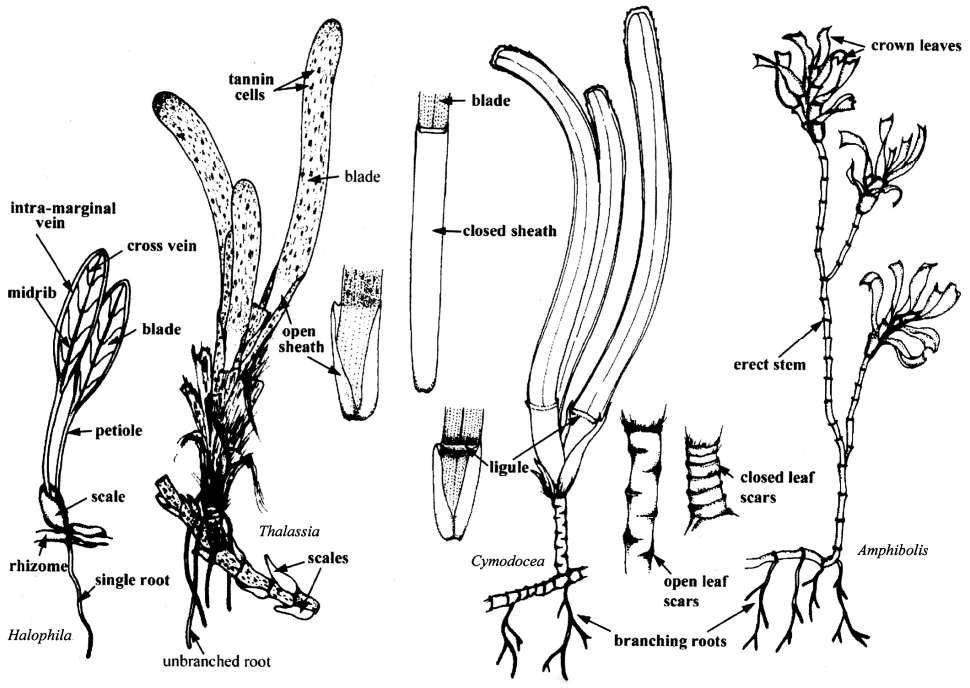
ที่มา: [1]ชาคริต (2550); [2]ชัชรี (2543)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. ชีววิทยาของหญ้าทะเล

1.1 ลักษณะโครงสร้างของหญ้าทะเล

หญ้าทะเลเป็นพืชชั้นสูงใบเลี้ยงเดี่ยวกลุ่มเดียวที่ขึ้นอยู่ในทะเล มีโครงสร้างที่คล้ายคลึงกับหญ้าบก แต่จะมีความแตกต่างกันในด้านลักษณะรูปร่างของใบ ลำต้น ราก ดอก และผล (den Hartog, 1970) เนื่องจากต้องมีการปรับตัวและพัฒนาเพื่อให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ในทะเลได้ หญ้าทะเลมีลำต้นใต้ดินทอดยาวตามแนวราบฝังอยู่ในดินตะกอน มีระบบรากที่แข็งแรงช่วยในการยึดเกาะ ส่วนของลำต้นและใบตั้งตรงขึ้นมา ใบมีสีเขียว สามารถสืบพันธุ์ได้ทั้งแบบไม่อาศัยเพศและแบบอาศัยเพศ สามารถสร้างดอก ผล และเมล็ดได้อย่างสมบูรณ์ (กรมป่าไม้, 2543) ลักษณะโครงสร้างของหญ้าทะเลจะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ลักษณะทางสัณฐานของหญ้าทะเล

ที่มา: Kuo and den Hartog (2001)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนประกอบของหญ้าทะเลสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ โครงสร้างส่วนประกอบต้นหญ้าทะเล (vegetative structure) และโครงสร้างการสืบพันธุ์ (reproductive structure)

1.1.1 โครงสร้างส่วนประกอบต้นหญ้าทะเล (vegetative structure)

1) ใบ (leaf)

ใบเป็นส่วนหนึ่งของลำต้นที่ตั้งตรง (erect shoot) จากส่วนด้านข้างของเหง้า ใบมีความผันแปรทั้งขนาดและรูปร่าง หญ้าทะเลส่วนใหญ่จะมีลักษณะของใบแบนยาวแต่จะมีความกว้างยาวแตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิด ในหญ้าทะเลสกุล *Halophila* จะมีการจัดเรียงเส้นใบตามขวาง (cross vein) ในหญ้าทะเลอื่น ๆ จะมีเส้นใบตามยาว (longitudinal veins) (กรมป่าไม้, 2543)

ใบของหญ้าทะเลแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนใบ (leaf blade) มีสีเขียวซึ่งมีรงควัตถุที่ใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง จะต่อกับส่วนก้านใบ (petiole) พบในหญ้าทะเลสกุล *Halophila* ส่วนใบของหญ้าทะเลชนิดอื่นจะต่อกับกาบใบ (leaf sheath) ซึ่งไม่มีสี ขาดประสิทธิภาพในการสังเคราะห์ด้วยแสง แต่ทำหน้าที่ช่วยหุ้มและปกป้องใบอ่อนไม่ให้ถูกทำลาย กาบใบมีเส้นใยที่มีส่วนประกอบของลิกนินทำให้ส่วนของกาบใบเหนียว (Dawes, 1998) เมื่อกาบใบหรือใบหลุดร่วงไป จะทิ้งรอยแผลไว้ เรียกว่า leaf scar ส่วนประกอบอื่นที่สำคัญของส่วนใบคือ ลิ้นใบ (ligule) เป็นโครงสร้างที่อยู่ระหว่างกาบใบกับแผ่นใบด้านใน เป็นเนื้อเยื่อชั้นผิว (epidermis) ความหนา 2 ชั้นเซลล์ โดยจะไม่พบในหญ้าทะเลวงศ์ Hydrocharitaceae นอกจากนี้ยังมี ใบเกล็ด (leaf scales) ลักษณะเป็นแผ่นเล็ก อยู่ที่โคนของก้านใบที่ติดกับเหง้า พบในหญ้าทะเลสกุล *Halophila* (กรมป่าไม้, 2543; Kaewsuralikhit, 2549 *Cited* Kuo and McComb, 1989)

หญ้าทะเลไม่มีปากใบ โดยใบมีคิวตินเคลือบอยู่บาง ๆ เซลล์ชั้นผิว (epidermis) มีคลอโรพลาสต์อยู่ภายในเป็นจำนวนมาก จึงเป็นบริเวณหลักในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง นอกจากนี้ยังมีเซลล์เส้นใย (fiber cell) ซึ่งช่วยสร้างความแข็งแรงแก่ใบ ทำให้ใบของหญ้าทะเลเหนียวและยืดหยุ่นได้ดี โดยจะมีขนาดและการกระจายตัวแตกต่างกันไปในหญ้าทะเลแต่ละชนิด ถัดไปเป็นชั้นมีโซฟิลล์ที่ประกอบด้วยเซลล์ขนาดใหญ่ซึ่งอยู่ล้อมรอบช่องอากาศ (air lacuna) ที่อยู่บริเวณกลางใบ เป็นที่สะสมและลำเลียงก๊าซของหญ้าทะเล (Kuo and den Hartog, 2006)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2) ลำต้นใต้ดิน (rhizome)

ลำต้นใต้ดินหรือเหง้า (rhizome) จะทอดยาวอยู่ใต้ดินและแตกแขนงได้ทำให้สามารถยึดเกาะกับพื้นได้ดี หากหญ้าทะเลมีการเติบโตอย่างหนาแน่น ลำต้นใต้ดินจะเติบโตสานกันไปมาคล้ายพรมช่วยยึดพื้นดินและป้องกันการพังทลายของชายฝั่งได้ดี หากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการเติบโตเช่น มีการผึ่งแห้งขณะน้ำลงเป็นเวลานานในฤดูร้อน คุณภาพน้ำหรืออุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลง ส่วนของใบที่อยู่เหนือดินจะตายแต่ต้นใต้ดินจะยังคงฝังอยู่ในดินและคอยจนสภาพแวดล้อมเหมาะสมก็จะงอกต้นและใบใหม่ขึ้นมา ภายในลำต้นจะประกอบไปด้วยช่องอากาศขนาดใหญ่จำนวนมากเพื่อใช้ในการเก็บและแลกเปลี่ยนก๊าซ หญ้าทะเลที่มีขนาดเล็กจะมีลำต้นใต้ดินที่ไม่แข็งมาก เช่น หญ้าทะเลสกุล *Halophila* ส่วนหญ้าทะเลที่มีขนาดใหญ่ จะมีลำต้นที่มีลิกนินจำนวนมากทำให้มีความแข็งและหยั่งลำต้นลึกลงไปในดินได้มาก เช่น *Enhalus acoroides* เป็นต้น ลำต้นใต้ดินจะแบ่งออกเป็นข้อ (node) ปล้อง (internode) มีลักษณะเป็นทรงกระบอกหรืออาจแบนด้านข้างเล็กน้อย บริเวณที่เป็นข้อจะเป็นจุดกำเนิดของใบ รอยแผลที่เกิดจากใบเก่าหลุดไปทำให้เห็นเป็นข้อ โดยที่ความยาวของช่วงระหว่างข้อจะไม่คงที่ (Lanyon, 1986) หญ้าทะเลบางชนิดจะมีลำต้นใต้ดิน 2 ลักษณะ คือ มีส่วนลำต้นที่ทอดยาวไปตามพื้น (horizontal rhizome) ซึ่งมีช่วงปล้องยาว มีส่วนของลำต้นซึ่งแยกออกจากลำต้นที่ทอดยาวไปกับพื้นตั้งตรง (vertical rhizome) ซึ่งมีช่วงปล้องสั้น ส่วนมากลำต้นที่ตั้งตรงสามารถเติบโตเป็นลำต้นซึ่งทอดยาวไปกับพื้นได้เมื่อมีการเติบโตขึ้นมาใกล้กับผิวดิน ลำต้นใต้ดินของหญ้าทะเลบางชนิด เช่น *Halodule* spp. และ *Syringodium* spp. สามารถเติบโตขึ้นมาอยู่บนผิวดินได้ โดยจะมีความยืดหยุ่นมากกว่าลำต้นที่เติบโตอยู่ใต้ดิน (Hemminga and Duarte, 2000)

3) ราก (root)

รากของหญ้าทะเลเป็นรากพิเศษ (adventitious root) เช่นเดียวกับพืชใบเลี้ยงเดี่ยวอื่น ๆ ซึ่งจะเติบโตออกทางด้านล่างของข้อลำต้นใต้ดิน ทำหน้าที่ในการยึดพื้นดินและดูดซึมสารอาหาร โดยขนาดและความยาวของรากจะมีความต่างกันไปในหญ้าทะเลแต่ละชนิด ตั้งแต่ 0.1 เซนติเมตร จนถึง 50 เซนติเมตร (Lanyon, 1986) รากมีทั้งที่เป็นเส้นเดี่ยว เส้นคู่ หรือรากที่แตกแขนง (branching roots) (กรมป่าไม้, 2543) ภายในรากประกอบไปด้วยช่องอากาศทำหน้าที่ลำเลียงออกซิเจนที่เกิดจากการสังเคราะห์ด้วยแสงส่งมายังรากที่อยู่ในสภาพที่มีออกซิเจนต่ำหรือไม่มีออกซิเจนในดิน ส่วนของรากและเหง้าที่แผ่ปกคลุมพื้นจะช่วยป้องกันการพังทลายของดินหรือการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กัดเซาะบริเวณชายฝั่งและยังช่วยลดความรุนแรงของกระแสน้ำ ทำให้เกิดการตกตะกอนแขวนลอยในน้ำตามรากของหญ้าทะเล (อัจฉรีย์, 2536)

1.1.2 โครงสร้างการสืบพันธุ์ (reproductive structure)

หญ้าทะเลเป็นพืชมีดอก (flowering plant) ดังนั้นโครงสร้างระบบสืบพันธุ์จะประกอบด้วยส่วนของดอกที่มีทั้งดอกเพศผู้และดอกเพศเมีย ผล และเมล็ด โครงสร้างที่ใช้ในการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ ได้แก่ (ภาพที่ 3)

1) ดอก (flower)

ดอกของหญ้าทะเลพัฒนามาจากส่วนบนของลำต้นใต้ดิน ดอกเพศผู้และเพศเมียอาจจะอยู่ร่วมต้นเดียวกันหรือต่างต้นกันขึ้นอยู่กับชนิดของหญ้าทะเล (Hemminga and Duarte, 2000) ดอกของหญ้าทะเลมีทั้งที่เป็นดอกเดี่ยว (solitary flower) และช่อดอก (inflorescence) (กรมป่าไม้, 2543)

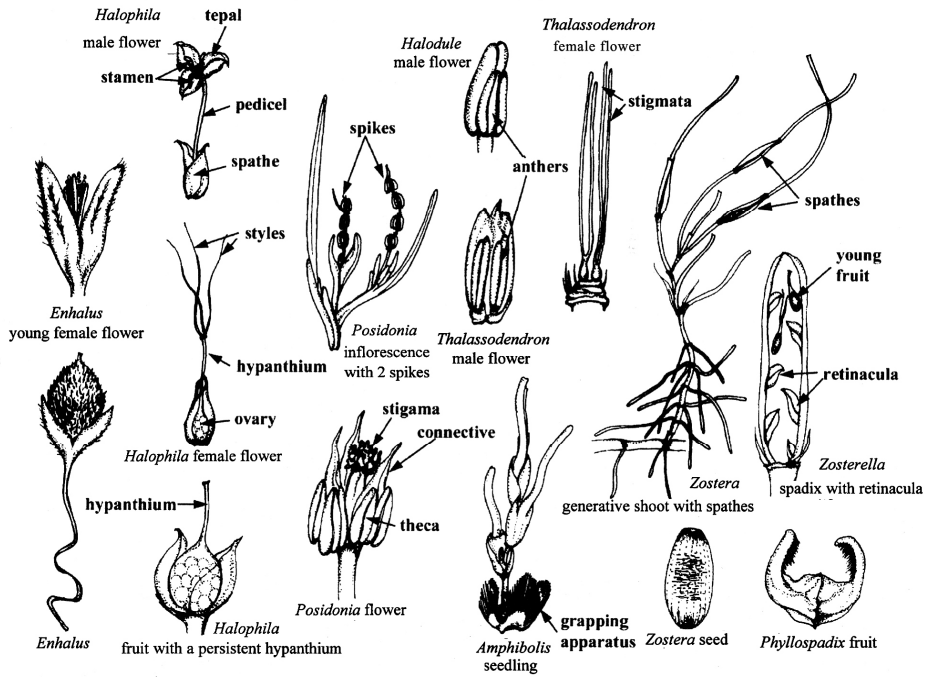
สำหรับในประเทศไทย Lewmanomont *et al.* (1996) รายงานว่า หญ้าทะเล *Enhalus acoroides* และ *Ruppia maritima* พบดอกและผลตลอดปี ส่วน *Thalassis hemprichii* มีผลตลอดปีแต่ไม่พบดอก ในขณะที่หญ้าทะเล *Syringodium isoetifolium* และ *Halophila ovalis* มีดอกและผลในเดือนมกราคมถึงเมษายน และในเดือนเมษายนและตุลาคมจะสามารถพบดอกและผลของหญ้าทะเลชนิด *Halophila decipiens* และ *Halophila beccarii* ส่วนหญ้าทะเลที่ไม่มีการพบดอกและผลมีหลายชนิด คือ *Halodule pinifolia*, *H. uninervis*, *Cymodocea rotundata*, *C. serrulata* และ *Halophila minor*

2) ผลและเมล็ด

ผลและเมล็ดของหญ้าทะเลจะมีรูปร่างลักษณะแตกต่างกันไปในแต่ละชนิด ซึ่งพอสรุปลักษณะของผลและเมล็ดสำหรับหญ้าทะเลที่พบในน่านน้ำไทยได้ 4 แบบ ดังนี้ แบบผลที่แก่เต็มที่แล้วไม่แตกเอง มีเยื่อหุ้มผล (pericarp) ที่แข็ง ได้แก่ ผลของหญ้าทะเลสกุล *Cymodocea, Halodule* และ *Syringodium* แบบแคปซูล มีเนื้ออ่อนนุ่ม แต่ผิวด้านนอกจะมีขนหนาม (spinous surface) เมื่อแก่แคปซูลจะแตกออกเพื่อปล่อยเมล็ดที่มีเหลี่ยมมุม (angular seeds) 2-3 เมล็ด ออกมา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนของเอมบริโอจะมีลำต้นใต้ใบเลี้ยง (hypocotyl) แต่ส่วนที่จะงอกเป็นราก (redicle) ไม่พัฒนา ได้แก่ ผลของหญ้าทะเลสกุล *Enhalus* แบบรูปร่างกลม ภายในบรรจุเมล็ดที่มีเหลี่ยมมุมจำนวนหลายเมล็ด ส่วนเอมบริโอจะมีลำต้นใต้ใบเลี้ยงขนาดใหญ่เชื่อมติดกับใบเลี้ยง ได้แก่ ผลของหญ้าทะเลสกุล *Thalassia* และแบบผลที่อยู่บริเวณฐานของใบ มีแคปซูลที่มีเนื้อนุ่ม ตั้งอยู่บนก้าน ภายในมีเมล็ดรูปทรงกลมสีขาว หุ้มด้วยเปลือกซึ่งเป็นเยื่อสีขาว ได้แก่ผลของหญ้าทะเลสกุล *Halophila* (กรมป่าไม้, 2543) เมล็ดของหญ้าทะเลส่วนใหญ่ไม่ลอยน้ำ เช่น *Cymodocea* spp. และ *Halodule* spp. แต่เมล็ดของหญ้าทะเลบางชนิดสามารถลอยน้ำได้และเดินทางไปได้ไกลจากต้นแม่ เช่น เมล็ดหญ้าทะเล *Enhalus acoroides* เมล็ดที่ถูกฝังอยู่ใต้ดินมีระยะพักตัวที่แตกต่างกันออกไปตามชนิด ซึ่งทำให้เกิดการสะสมของเมล็ดในดินตะกอน อย่างไรก็ตาม มีเมล็ดหญ้าทะเลเพียงร้อยละ 1-10 เท่านั้น ที่มีโอกาสงอก กาญจนภาชน์และคณะ (2534) ได้มีการนำเมล็ดของ *Enhalus acoroides* มาทดลองปลูกในห้องปฏิบัติการ พบว่า มีอัตราการงอกสูง เมล็ดที่งอกได้มีเกินร้อยละ 90 และมีอัตราการเติบโตเฉลี่ย 2.7 เซนติเมตรต่อสัปดาห์



ภาพที่ 3 ลักษณะทางสัณฐานของอวัยวะสืบพันธุ์ของสืบพันธุ์ของหญ้าทะเล

ที่มา: Kuo and den Hartog (2001)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 การสืบพันธุ์

หญ้าทะเลสามารถขยายพันธุ์แบบอาศัยเพศ (sexual reproduction) อย่างสมบูรณ์แบบในน้ำทะเล อีกทั้งยังสามารถสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (asexual reproduction) โดยการแตกยอดจากลำต้นใต้ดินได้อีกด้วย โดยหญ้าทะเลมีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศน้อยมาก มีหญ้าทะเลน้อยกว่าร้อยละ 10 ที่มีการสร้างดอกและผล การเพิ่มจำนวนและการเพิ่มพื้นที่แนวของหญ้าทะเลส่วนใหญ่เกิดจากการเพิ่มจำนวนต้นและความยาวของลำต้นใต้ดินแบบไม่อาศัยเพศ (Hemminga and Duarte, 2000; Ackerman, 2006)

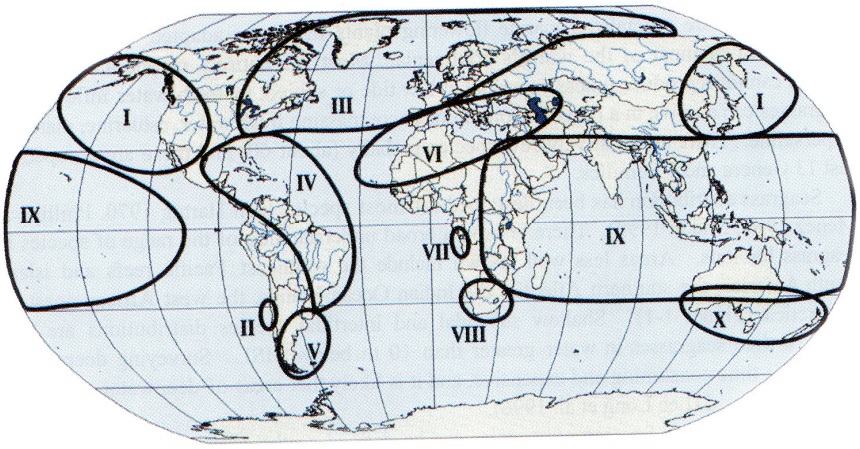
หญ้าทะเลชนิด *Enhalus acoroides* เป็นหญ้าทะเลเพียงชนิดเดียวที่มีการผสมเกสรที่ผิวน้ำ (hydrophobous pollination) และสามารถสร้างดอกได้ตลอดมีดอกเพศเมียซึ่งมีก้านดอกยาวและบิดเป็นเกลียวหลังจากได้รับการผสม ดอกเพศเมียจะถูกปิดล้อมด้วยใบประดับ ส่วนดอกเพศผู้จำนวนมากอยู่ในช่อดอกซึ่งมีก้านสั้นอยู่ใกล้โคนต้น การผสมเกสรจะเกิดเฉพาะในบริเวณที่มีระดับความลึกของน้ำต่ำกว่าความยาวก้านดอกเพศเมียในขณะน้ำลงต่ำสุด เนื่องจากก้านดอกเพศเมียจะต้องชูดอกเพื่อรับเกสรเพศผู้ที่ผิวน้ำ อย่างไรก็ตามหญ้าทะเลชนิดนี้สามารถแพร่กระจายบริเวณที่น้ำทะเลมีระดับลึกได้ แต่จะมีการขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศเท่านั้น (Kaewsuralikhit, 2549 *Cited* Kuo and McComb, 1989)

2. การแพร่กระจาย

หญ้าทะเลมักมีการกระจายตัวขึ้นอยู่บริเวณชายฝั่งทะเลน้ำตื้น และสภาวะแวดล้อมที่เป็นน้ำกร่อย มีการแพร่กระจายอยู่ทั่วโลกตามแนวชายฝั่งทะเลทั้งเขตร้อนและเขตอบอุ่น โดยส่วนมากจะพบในเขตร้อน (tropical zone)

จากรายงานจำนวนชนิดของหญ้าทะเลทั่วโลกโดย Short *et al.* (2001) พบหญ้าทะเล 5 ครอบครัว แบ่งออกเป็น 13 สกุล จำนวนทั้งสิ้น 60 ชนิด โดยสามารถเติบโตได้ในน้ำจืด น้ำกร่อย น้ำทะเล จนถึงบริเวณที่มีความเค็มสูง หญ้าทะเลมีการแพร่กระจายอยู่ทั่วโลกตั้งแต่ North Pacific, Chile, North Atlantic, Caribbean, Southwest Atlantic, Mediterranean, South Atlantic, South Africa, Indo-Pacific จนถึง Southern Australia (ภาพที่ 4)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 4 แผนที่แสดงการแพร่กระจายของหญ้าทะเลบริเวณต่าง ๆ ของโลก

ที่มา: Short *et al.* (2001)

สำหรับในประเทศไทยนั้น กาญจนภาชน์และคณะ (2534) รายงานไว้ว่า พบหญ้าทะเลในน่านน้ำไทยทั้งฝั่งอ่าวไทยและฝั่งทะเลอันดามัน รวมทั้งสิ้น 2 ครอบครัว 7 สกุล 12 ชนิด เรียงลำดับตามการแพร่กระจายสูงสุดไปต่ำสุด ได้แก่ *Halophila ovalis*,*Halodule uninervis*, *Enhalus acoroides*, *Halodule pinifolia, Halophila beccarii*, *Thalassis hemprichii*, *Cymodocea rotundata* และ *Halophila decipiens*, *Cymodocea serrulata*, *Syringodium isoetifolium*, *Ruppia maritima* และ *Halophila minor* ตามลำดับ สำหรับชนิดที่มีการแพร่กระจายสูงนั้น จะสามารถอยู่อาศัยได้ในพื้นที่หลายลักษณะ ตั้งแต่พื้นโคลน โคลนปนทราย ทรายหยาบ ทรายละเอียด และซากปะการัง ภายใต้ระดับความลึกของพื้นท้องน้ำต่าง ๆ กัน ชนิดที่แพร่กระจายบริเวณชายฝั่งจะสามารถทนต่อการผึ่งแห้งได้ดี โดยเฉพาะในช่วงน้ำลง นอกจากนั้นยังทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้ด้วย ส่วนชนิดที่มีการแพร่กระจายต่ำจะเป็นพวกที่จำเพาะกับสภาพแวดล้อมที่อาศัยอยู่ บางชนิดขึ้นเฉพาะในพื้นที่เป็นทรายละเอียดหรือพื้นโคลนหรือโคลนปนทราย และบางชนิดอาจจะต้องการแหล่งน้ำที่ลึกและใส Supanwanid and Lewmanomont (2003) ได้ทำการรวบรวมข้อมูลเอกสารการสำรวจหญ้าทะเลในประเทศไทย พบว่า ตลอดแนวชายฝั่งของไทย มีหญ้าทะเลแพร่กระจายครอบคลุมเนื้อที่ไม่ต่ำกว่า 68.5 ตารางกิโลเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ชีววิทยาของหญ้าชะเงาฝอย (*Halodule pinifolia*)

หญ้าทะเลชนิด *Halodule pinifolia* (Miki) den Hartog มีชื่อสามัญว่า Fiber-stand grass ชื่อภาษาไทยคือ หญ้าชะเงาฝอย หรือ หญ้าชะเงาใบแคบ หญ้ากุยช่ายเข็ม และหญ้าผมนาง ซึ่งเป็นชื่อเฉพาะที่เรียกกันตามแต่ละท้องถิ่น โดยลักษณะทั่วไปของหญ้าทะเลชนิดนี้คือ ลำต้นตั้งตรงเกิดจากเหง้าผอมยาวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4-1.0 มิลลิเมตร ช่วงของเหง้า (internode) ยาว 0.5-5.2 เซนติเมตร แต่ละต้นประกอบด้วยใบ 1-4 ใบ ซึ่งส่วนใหญ่มี 2-3 ใบ ที่มีลักษณะผอมยาว โดยโครงสร้างใบประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนล่างเป็นกาบใบยาว 1.0-5.2 เซนติเมตร ส่วนบนเป็นตัวใบยาว 3.6-23 เซนติเมตร ความกว้าง 0.2-2.4 มิลลิเมตร ปลายใบมนและมีรอยหยักเป็นฟันเลื่อย (serration) ขอบใบเรียบ เส้นกลางใบ (mid rib) เห็นได้ชัดเจนบริเวณปลายใบ โดยจะแผ่กว้างหรือแยกเป็น 2 แฉก ส่วนเส้นขอบใบ (intramarginal vein) เห็นไม่ชัดหรือไม่เห็นเลย บนใบมีแทนนินเซลล์ขนาดใหญ่ มีมากบริเวณปลายใบและขอบใบ (กาญจนภาชน์และคณะ, 2534) ดอกเพศผู้มีก้านชูอับสปอร์ยาวประมาณ 10 มิลลิเมตร และมีอับเรณูยาว 2.5-3 มิลลิเมตร ความสูงของอับเรณู 2 อันแตกต่างกัน 0.5 มิลลิเมตร ดอกเพศเมียมีก้านชูเกสรตัวเมียอันเดียว ความยาว 13 มิลลิเมตร รังไข่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2-2.5 มิลลิเมตร (Kuo and den Hartog, 2001)

หญ้าทะเลชนิดนี้มีการแพร่กระจายบริเวณชายฝั่งที่มีลักษณะเป็นพื้นทรายและโคลนปนทราย ตั้งแต่ระดับน้ำท่วมถึงจนถึงระดับความลึกประมาณ 3 เมตรขณะน้ำลงต่ำสุด (กาญจนภาชน์และคณะ, 2534) โดย den Hartog (1970) รายงานไว้ว่า หญ้าทะเลชนิดนี้มักพบขึ้นเป็นชนิดเบิกนำ (pioneer species) ในระยะแรก หลังจากนั้นจะเหนี่ยวนำให้ชนิดอื่นขึ้นตามจนเกิดการแทนที่โดยชนิดใหม่ในที่สุด ซึ่งบริเวณที่พบ ได้แก่ India, Insular Southeast Asia, Philippines, Southern Japan, Northeast Australia, Northwest Australia (Short *et al*., 2007) ส่วนในประเทศไทย พบได้บริเวณ จังหวัดระยอง จันทบุรี ตราด ประจวบคีรีขันธ์ ระนอง พังงา กระบี่ ภูเก็ต ตรัง สงขลา และปัตตานี (กาญจนภาชน์และคณะ, 2534)

4. ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการแพร่กระจายของหญ้าทะเล

หญ้าทะเลมีการแพร่กระจายอยู่ทั่วโลกบริเวณชายฝั่งทะเลในเขตน้ำขึ้นน้ำลง การแพร่กระจายของหญ้าทะเล จะได้รับอิทธิพลจากปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมหลายประการ ทั้งปัจจัยทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ซึ่งจะส่งผลต่อการเติบโต โดยหญ้าทะเลแต่ละชนิดมีการปรับตัวให้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สามารถดำรงชีวิตในสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน ดังนั้นองค์ประกอบทางสิ่งแวดล้อมจึงมีความสำคัญต่อการเติบโตและการแพร่กระจายของหญ้าทะเลจึงมีอยู่หลายประการด้วยกัน ดังนี้

4.1 อุณหภูมิของน้ำ

อุณหภูมิที่ความเหมาะสมต่อการเติบโตและการแพร่กระจายของหญ้าทะเลแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับความทนทานต่ออุณหภูมิ หรืออุณหภูมิที่เหมาะสมซึ่งจะสนับสนุนกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง การหายใจ และกระบวนการทางสรีรวิทยาอื่น ๆ ตัวอย่างเช่น ใน *Zostera marina* ที่อุณหภูมิสูง จะมีอัตราการหายใจของใบสูงกว่าอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ทำให้ค่าการสังเคราะห์ด้วยแสงต่อการหายใจ (P:R) ลดลง ในทะเล Mediterranean หญ้าทะเลชนิด *Cymodocea nodosa* จะมีการผลิตออกซิเจนและการหายใจจะสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น (Short and Neckles, 1999) นอกจากนี้อุณหภูมิยังส่งผลต่อการแพร่กระจาย โดยมีผลต่อการออกดอกและการงอกของเมล็ด สืบเนื่องถึงวงจรฤดูกาลของการสืบพันธุ์และการเติบโตของหญ้าทะเล โดยเฉพาะในเขตอบอุ่น ผลโดยรวมของอุณหภูมิจะทำให้มีการแพร่กระจายแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ทั้งนี้อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเติบโตของหญ้าทะเลในเขตอบอุ่นอยู่ในช่วง 11.5-26.0 องศาเซลเซียส ส่วนหญ้าทะเลเขตร้อน การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตามฤดูกาลจะส่งผลต่อหญ้าทะเลไม่เด่นชัดเท่าในเขตอบอุ่น โดยปกติหญ้าทะเลในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน สามารถเติบโตได้ดีที่ 23-32 องศาเซลเซียส (Lee *et al*., 2007)

4.2 ความลึก ความดัน และความเข้มแสงในมวลน้ำ

ความดันของน้ำมีผลมาจากความลึกของน้ำซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงของหญ้าทะเล เมื่อความดันเพิ่มขึ้นจะทำให้ช่องอากาศภายในต้นหญ้าทะเลลดลง เป็นการจำกัดช่องอากาศของหญ้าทะเลซึ่งมีไว้ใช้สะสมอากาศเพื่อการสังเคราะห์ด้วยแสง การศึกษาของ Beer and Waisel (1982) พบว่า เมื่อความดันเพิ่มขึ้น (1-4 บรรยากาศ) หญ้าทะเลชนิด *Halodule uninervis* มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง นอกจากนั้น *H. uninervis* ที่เติบโตในระดับความลึก 5 เมตร มีช่องอากาศที่เล็กกว่าหญ้าทะเลชนิดเดียวกันนี้ที่เติบโตในระดับน้ำตื้นกว่า

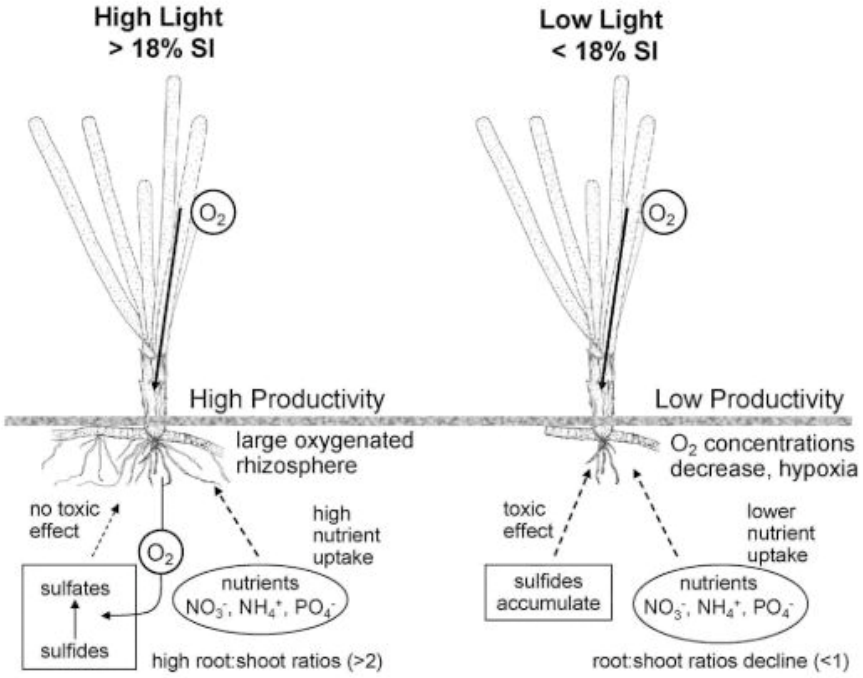
ระดับความลึกที่มากที่สุดที่หญ้าทะเลจะสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ จะสัมพันธ์กับปริมาณความเข้มแสงที่ส่องถึงบริเวณพื้นทะเล ความเข้มแสงจะต้องมีปริมาณเพียงพอสำหรับการเติบโต โดยหญ้าทะเลแต่ละชนิดจะมีความต้องการแสงแตกต่างกัน จึงทำให้มีการแพร่กระจายตาม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระดับความลึกที่แตกต่างกันด้วย เช่น หญ้าทะเลสกุล *Halophila* จะพบบริเวณนอกแนว Great Barrier Reef ในบริเวณที่น้ำใสมาก ที่ระดับความลึก 58 เมตร (Short *et al.*, 2001) ซึ่งเป็นบริเวณที่ลึกที่สุดที่พบหญ้าทะเลเท่าที่เคยรายงานไว้ นอกจากนี้ความเข้มแสงที่ทำให้การสร้างออกซิเจนในกระบวนการสังคราะห์ด้วยแสงมีค่าเท่ากับการใช้ออกซิเจนในกระบวนการหายใจ หรือที่เรียกว่า I_c (compensation irradiance) หญ้าทะเลในเขตอบอุ่นมีค่า I_c เฉลี่ยอยู่ที่ 28.5±3.3 μE/m^{2}s ส่วนในเขตร้อนมีค่า 38.5±7.6 μE/m^{2}s การสังเคราะห์ด้วยแสงและผลผลิตของหญ้าทะเลอาจถูกยับยั้งโดยสภาวะที่มีแสงมาก โดยทั่วไปจะเกิดขึ้นเมื่อมีความเข้มแสงเกินกว่า 1,000 μE/m^{2}s (Touchette and Burkholder, 2000) ในทางตรงข้ามมวลชีวภาพของหญ้าทะเลจะลดลงในบริเวณน้ำลึกมีแสงน้อย และใบของหญ้าทะเลจะมีขนาดใหญ่ขึ้น (สุวลักษณ์, 2546) ระดับความลึกที่เพิ่มขึ้นไม่เพียงแต่ส่งผลต่อการลดลงของปริมาณแสงเท่านั้น ยังส่งผลต่อการเพิ่มแรงดันของน้ำ (hydrostatic pressure) ในหญ้าทะเล (Short *et al.*, 2001) และเมื่อปริมาณแสงน้อย นอกจากจะทำให้กำลังผลิตของหญ้าทะเลลดลง ยังส่งผลต่อปฏิกิริยาเคมีภายในดินตะกอน ทำให้การดูดซึมธาตุอาหารของหญ้าทะเลลดลงและจากการผลิตออกซิเจนได้น้อยลงทำให้สามารถส่งออกซิเจนไปบริเวณส่วนใต้ดินได้น้อย เป็นผลให้เกิดสภาวะพิษจากการสะสมซัลไฟด์ (Mateo *et al*,. 2006) (ภาพที่ 5) นอกจากนั้นเมื่อปริมาณแสงน้อย อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง ปริมาณออกซิเจนเกิดขึ้นน้อยลง ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนที่ส่งไปยังลำต้นใต้ดินและรากไม่เพียงพอต่อความต้องการของต้น ส่งผลให้หญ้าทะเลมีอัตราการเติบโตลดลง (Hemminga and Duarte, 2000)

การศึกษาของ Longstaff and Dennison (1999) ที่ศึกษาผลของปริมาณแสงที่ลดลงต่อหญ้าทะเลชนิด *Halodule pinifolia* และ *Halophila ovalis* โดยใช้แผ่นพลาสติกดำขึงบังแสงเหนือผืนหญ้าทะเลในธรรมชาติ พบว่า มวลชีวภาพ ความหนาแน่นของจำนวนต้น ความสูงของเรือนยอด และ กรดอะมิโนของหญ้าทะเลลดลง ขณะที่ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ เพิ่มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาการทดลองและยังพบว่า *Halodule pinifolia* ต้องการปริมาณแสงรอบวันเฉลี่ยอย่างน้อย 9 E/m^{2}d โดยมวลชีวภาพของ *H. pinifolia* ในบริเวณที่ได้รับแสงเฉลี่ย 0.106 E/m^{2}d ไม่มีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติใน 38 วัน หลังจากนั้นจะมีลดลงอย่างรวดเร็ว และตายทั้งหมดใน 100 วัน ในขณะที่ *Halophila ovalis* มีความอดทนต่อการลดลงของปริมาณแสงน้อยกว่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 5 ผลของแสงต่อกำลังผลิตของหญ้าทะเล ปฏิกิริยาเคมีของดินตะกอน และอัตราส่วนรากต่อต้นหญ้าทะเล

ที่มา: Mateo *et al.* (2006)

4.3 คลื่นลมและกระแสน้ำ

หญ้าทะเลส่วนใหญ่สามารถเติบโตได้ดีในบริเวณที่ไม่ได้รับผลกระทบจากคลื่นลมที่รุนแรงนัก เนื่องจากบริเวณที่มีคลื่นลมรุนแรง มักจะมีความขุ่นสูง ทำให้ไม่เหมาะกับการสังเคราะห์ด้วยแสง ส่วนลำต้นและใบฉีกขาดได้ง่าย พื้นทะเลไม่แน่น มีการฟุ้งกระจายของดินตะกอนอยู่ตลอดเวลาทำให้ส่วนของรากและลำต้นใต้ดินไม่มามารถยึดเกาะพื้นได้ดี (ชัชรี, 2549) แม้ว่าระบบรากของหญ้าทะเลจะสามารถชอนไชยึดเกาะพื้นที่ได้ดีเพียงใดก็ตาม แต่กระแสความแรงของคลื่นก็สามารถที่จะพัดให้หญ้าทะเลหลุดออกมาได้ ดังนั้นบริเวณที่พบหญ้าทะเลแพร่กระจายอยู่เป็นบริเวณกว้าง มักเป็นบริเวณที่คลื่นลมไม่รุนแรง มีแนวกำบังคลื่นลม เช่นบริเวณอ่าวกึ่งปิดในอ่าวไทย เช่น อ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี และอ่าวปัตตานี จังหวัดปัตตานี เป็นต้น ส่วนกระแสน้ำที่ไม่มีความรุนแรงมากเกินไปนักยังช่วยพัดพาสารอาหารไปยังแหล่งหญ้าทะเล ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ความเค็ม และความเข้มแสง อีกทั้งยังช่วยในการแพร่พันธุ์หญ้าทะเล ทั้งด้าน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การผสมเกสรและการแพร่พันธุ์ของต้นอ่อนหรือเมล็ดของหญ้าทะเลได้อีกด้วย (Short *et al.*, 2001; สุวลักษณ์, 2546)

4.4 การเกิดน้ำขึ้นน้ำลง

การขึ้นและลงของน้ำทะเลมีความสำคัญต่อระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอย่างมาก เนื่องจากเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงปัจจัยทางกายภาพและเคมีบริเวณชายฝั่งหลายประการ เช่น ระดับความลึกของน้ำทะเล ทิศทางและความรุนแรงของกระแสน้ำ ความโปร่งแสง ปริมาณแสง ความเค็ม และปริมาณธาตุอาหาร เป็นต้น การเกิดน้ำขึ้นน้ำลงในประเทศไทยเกิดขึ้น 2 ลักษณะ กล่าวคือ บริเวณชายฝั่งทะเลด้านอ่าวไทยส่วนใหญ่เกิดน้ำขึ้นน้ำลงวันละ 1 รอบ ในขณะที่ฝั่งทะเลอันดามันเกิดน้ำขึ้นน้ำลงวันละ 2 รอบ ดังนั้นหญ้าทะเลที่ขึ้นอยู่ในบริเวณชายฝั่งทะเลทั้ง 2 ด้านของประเทศไทยจะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงปัจจัยสภาพแวดล้อมอันมีสาเหตุมาจากน้ำขึ้นน้ำลงแตกต่างกัน การโผล่พ้นน้ำของหญ้าทะเลขณะน้ำลงทำให้หญ้าทะเลต้องปรับตัวให้ทนทานต่อการผึ่งแห้ง ซึ่งมีผลทำให้อุณหภูมิและความเข้มแสงสูงขึ้น เนื่องจากแสงส่องลงมากระทบกับใบหญ้าทะเลโดยไม่ผ่านชั้นของน้ำ (ชัชรี, 2549) ระดับการขึ้นลงของน้ำทะเลยังเป็นตัวกำหนดระดับความลึกที่หญ้าทะเลจะสามารถขึ้นได้ เนื่องจากเกี่ยวข้องกับปริมาณแสง โดยหญ้าทะเลที่อยู่ในบริเวณน้ำลึกจะได้รับแสงน้อยเมื่อน้ำขึ้นสูงสุด ในทางตรงข้ามหญ้าทะเลที่อยู่บริเวณที่ตื้นจะได้รับผลจาก การยับยั้งด้วยแสง การผึ่งแห้ง และอันตรายจากรังสี UV-B ขณะน้ำลง (Short *et al.*, 2001)

4.5 ความเค็มของน้ำทะเล

เนื่องจากหญ้าทะเลมีการแพร่กระจายบริเวณชายฝั่งทะเลและบริเวณใกล้กับปากแม่น้ำ จึงได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงความเค็มอยู่ตลอดเวลา โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ในฤดูน้ำหลากจะมีน้ำจืดไหลลงมาจากแม่น้ำทำให้ความเค็มของน้ำลดลง การเปลี่ยนแปลงความเค็มจะมีผลต่อหญ้าทะเลแต่ละชนิดแตกต่างกัน เนื่องจากความเค็มที่มีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของหญ้าทะเลแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันไป

หญ้าทะเลสามารถทนอยู่ได้ในความเค็มช่วงกว้างตั้งแต่ 6-60 psu และสามารถอยู่ได้ในน้ำที่มีความเค็มต่ำเฉพาะช่วงเวลาสั้น ๆ โดยหญ้าทะเลชนิด *Halodule* sp. สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงของความเค็มได้ในช่วงกว้าง ในขณะที่ *Thalassia testudinum* จะเป็นกลุ่มที่ทนได้ในระดับปานกลาง ส่วน *Syringodium* sp. และ *Halophila* sp. จะทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

น้อย สำหรับประเทศไทยระดับความเค็มที่เหมาะสมต่อการเติบโตของหญ้าทะเล คือ 28-32 psu ทั้งนี้มีการศึกษาพบว่าระดับความเค็มที่เหมาะต่อการงอกของเมล็ดหญ้าทะเล *Enhalus acoroides* คือ 20-25 psu (สุวลักษณ์, 2546) หญ้าทะเลสกุล *Ruppia* สามารถขึ้นได้ตั้งแต่สภาพน้ำจืดจนถึงสภาพน้ำทะเล นอกจากนี้ความเค็มยังมีผลต่อการสืบพันธุ์ทั้งแบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศของหญ้าทะเล โดยพบว่าความเค็มส่งผลต่อการสร้างดอก และการงอกของเมล็ดในหญ้าทะเลบางชนิด ความเค็มที่ลดลงยังสามารถทำให้เกิดการแทนที่โดยหญ้าทะเลชนิดอื่นที่ทนต่อความเค็มน้อยกว่า หรือโดยพวกสาหร่ายขนาดใหญ่อื่น ๆ และด้วยอิทธิพลของความเค็มมีส่วนทำให้แรงดันออสโมติกภายในเซลล์เปลี่ยนแปลง เนื้อเยื่อและเซลล์ของหญ้าทะเลอ่อนแอลงจนทำให้ความสามารถในการต้านทานโรคลดต่ำลง (Short *et al.*, 2001)

4.6 ธาตุอาหาร

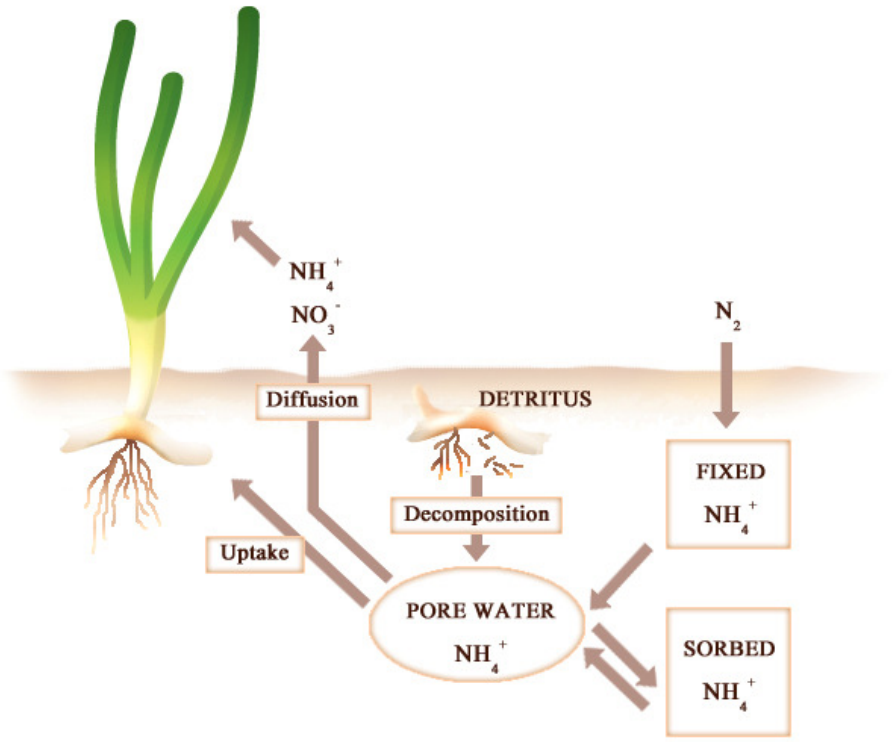
หญ้าทะเลมีความต้องการธาตุอาหารหลักได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม และธาตุอาหารรองเช่นเดียวกับพืชทั่วไป ธาตุอาหารมีความสำคัญต่อการเติบโตและเป็นปัจจัยทางเคมีที่สำคัญต่อการแพร่กระจายของหญ้าทะเล โดยธรรมชาติแล้วความเข้มข้นของธาตุอาหารในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนจะมีค่าสูงกว่าความเข้มข้นของธาตุอาหารในมวลน้ำ หญ้าทะเลมีความสามารถในการใช้ธาตุอาหารที่อยู่ในมวลน้ำและในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนโดยการดูดซับเข้าทางใบและราก จากการศึกษาการดูดซึมธาตุอาหารในห้องปฏิบัติการ พบว่า ใบสามารถดูดซึมแอมโมเนียม ไนเตรท และฟอสเฟต ได้อย่างรวดเร็ว เมื่อแช่ใบลงในสารละลายที่เป็นสารประกอบของธาตุเหล่านี้ ในขณะที่รากสามารถดูดซึมแอมโมเนียมและฟอสเฟตได้ (สุวลักษณ์, 2546; Hemminga and Duarte, 2000)

4.6.1 ไนโตรเจน

ไนโตรเจนมีความสำคัญต่อพืชในลักษณะที่เป็นสารประกอบภายในเนื้อเยื่อ โดยจะถูกนำไปใช้สร้างเป็นกรดอะมิโนและสร้างโปรตีนต่อไป อีกทั้งยังเป็นสารประกอบสำคัญต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมและเป็นองค์ประกอบสำคัญของแวคิวโอลในเซลล์พืช ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่มีบทบาทอย่างมาก หญ้าทะเลใช้สารประกอบแอมโมเนียมและไนเตรท เป็นแหล่งธาตุไนโตรเจน โดยหญ้าทะเลจะใช้แอมโมเนียมที่ถูกดูดซึมผ่านรากของหญ้าทะเลเป็นหลัก ซึ่งแหล่งไนโตรเจนของหญ้าทะเลจะมาจากดินตะกอน มวลน้ำ และกระบวนการตรึงไนโตรเจนที่เกิดจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่เป็นอิพิไฟต์อยู่บนใบหญ้าทะเลและบริเวณราก (Hemminga and

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Duarte, 2000; Short and McRoy, 1984) (ภาพที่ 6) มีการประมาณว่าไนโตรเจนจากกระบวนการนี้ที่เกิดขึ้นในดินตะกอนของแนวหญ้าทะเลเขตร้อนมีค่ามากกว่าร้อยละ 50 ของไนโตรเจนที่หญ้าทะเลต้องการ (Marba *et al*., 2006)



ภาพที่ 6 การหมุนเวียนธาตุไนโตรเจนในระบบนิเวศหญ้าทะเล

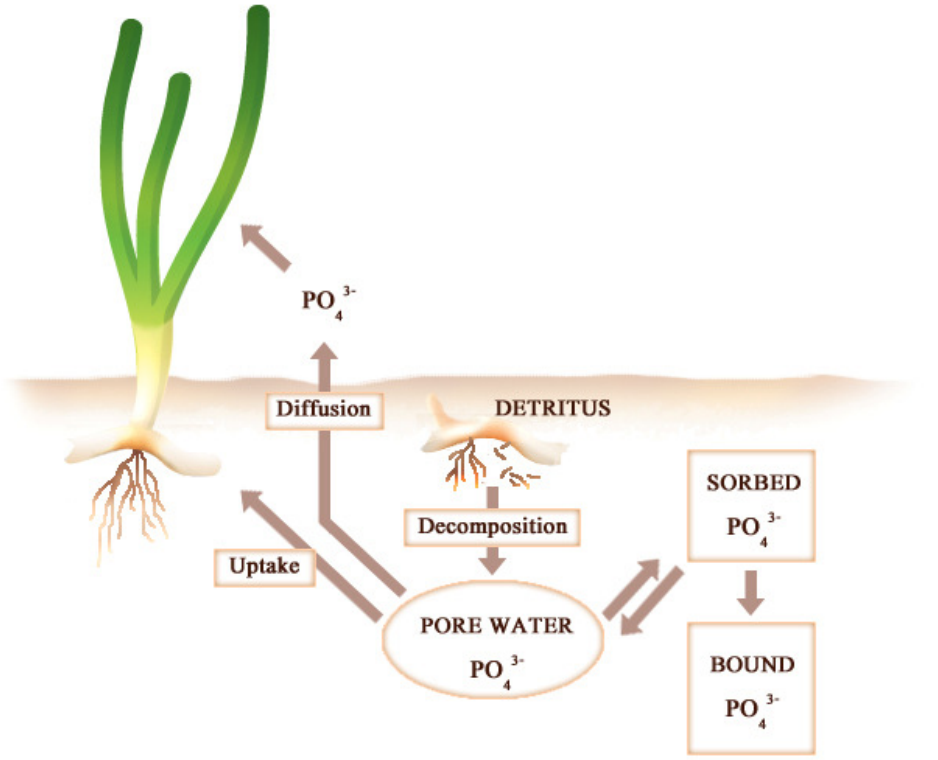
ที่มา: ปรับปรุงจาก Short (1987)

4.6.2 ฟอสฟอรัส

หญ้าทะเลใช้สารประกอบฟอสเฟตเป็นแหล่งธาตุฟอสฟอรัส ซึ่งมีความสำคัญมากต่อการเติบโตของหญ้าทะเล เนื่องจากต้องใช้ฟอสฟอรัสในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงโดยตรงเพื่อสร้างพลังงานให้กับเซลล์ ฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปออร์โธฟอสเฟตเป็นรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง (เชษฐพงษ์, 2545) หญ้าทะเลที่เติบโตบนดินตะกอนที่มีสารประกอบคาร์บอเนตสามารถดูดซับฟอสเฟตได้ดีกว่าหญ้าทะเลที่เติบโตบนพื้นที่มีซิลิกาเป็นองค์ประกอบ (Hemminga and Duarte, 2000) หญ้าทะเลสามารถดูดซึมฟอสเฟตได้ทั้งทางรากและใบ และเมื่อเกิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กระบวนการย่อยสลายชิ้นส่วนของหญ้าทะเลภายในดินตะกอน ก็จะทำให้เกิดฟอสเฟตละลายอยู่ในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอน เป็นการหมุนเวียนฟอสฟอรัสในระบบ (ภาพที่ 7)



ภาพที่ 7 การหมุนเวียนธาตุฟอสฟอรัสในระบบนิเวศหญ้าทะเล

ที่มา: ปรับปรุงจาก Short (1987)

4.6.3 โพแทสเซียม

โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่สำคัญต่อพืชชั้นสูงทั่วไป สามารถพบได้ภายในเซลล์ในส่วนของไซโตพลาสซึม โดยมีบทบาทในการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ในหลายกระบวนการ เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ระบบรักษาสภาพสมดุลของน้ำและเกลือแร่ (osmoregulation) การลำเลียงสารผ่านทางท่อลำเลียงอาหาร (phloem) และเกี่ยวข้องกับสมดุลของไอออนบวก-ลบ (cation-anion balance) (Marschner, 1995)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.6.4 ซิลิคอน

ซิลิคอนในแหล่งน้ำธรรมชาติอยู่ในรูปของสารละลายและสารแขวนลอย โดยละลายอยู่ในรูปของกรดออร์โธซิลิซิก ($Si(OH)_4$) ส่วนซิลิกาอีกรูปแบบหนึ่งได้จากซากของพวกไดอะตอม คือ Biogenic silica (SiO_2) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการละลายให้กรดออร์โธซิลิซิก ในประเทศไทยความเข้มข้นของกรดออร์โธซิลิซิกในทะเลหรือปากแม่น้ำจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนที่ชะล้างพื้นดิน นำเอาซิลิเกตลงสู่ทะเล (เชษฐพงษ์, 2545)

ซิลิคอนเป็นองค์ประกอบภายในเซลล์ของพืชชั้นสูง โดยการสะสมซิลิคอนในเนื้อเยื่อจะแตกต่างกันไปในพืชแต่ละชนิด ซิลิคอนช่วยต้านทานโรคพืชด้วยการกระตุ้นกลไกการป้องกันอีกด้วย (Ma and Yamaji, 2006) ในหญ้าทะเลนั้นมีการรายงานเกี่ยวกับซิลิคอนน้อยมาก โดย Herman *et al*. (1996) มีการรายงานไว้ว่าในใบของหญ้าทะเลชนิด *Zostera marina* ที่เก็บจากทะเลสาบ Grevelingen, ปากแม่น้ำ Oosterschelde และทะเลสาบ Veere มีซิลิคอนเป็นองค์ประกอบร้อยละ 0.02-0.46 ซึ่งปริมาณซิลิคอนในใบและพื้นที่ปกคลุมของหญ้าทะเลชนิด *Z. marina* มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณซิลิคอนในน้ำ แต่หลังจากนั้น Kamermans *et al*. (1999) ได้ทำการศึกษาผลของซิลิคอนและความเค็มต่อการพัฒนาของ *Z. marina* โดยรายงานไว้ว่าระดับของซิลิคอนที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน ความยาวใบและจำนวนต้นของหญ้าทะเลชนิด *Z. marina*

4.6.5 โลหะ

นอกจากธาตุอาหารหลักที่ได้กล่าวมา ยังมีพวกโลหะ (trace metals) ซึ่งแม้จะมีปริมาณน้อยแต่ก็มีความสำคัญต่อการเติบโตของพืช เช่น เหล็ก มีบทบาทสำคัญในการสร้างคลอโรฟิลล์ แมงกานีส มีบทบาทในการทำงานร่วมกับเอนไซม์ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง นอกจากนี้ทองแดง เป็นองค์ประกอบของโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการลำเลียงอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เป็นต้น (เชษฐพงษ์, 2545)

ปริมาณไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นมีความสำคัญต่อการเติบโตของรากและใบ ของ *Enhalus acoroides* มากกว่าฟอสฟอรัส ขณะที่ทั้งปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมีความสำคัญต่อการเติบโตของ *Cymodocea rotundata* และ *Thalassia hemprichii* (Hemminga and Duarte, 2000) Duarte (1990) ได้รายงานไว้ว่าในใบของหญ้าทะเลมีปริมาณคาร์บอน ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 33.6±0.31 1.92±0.05 และ 0.23±0.011 ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วน C : N : P อยู่ที่ 474 : 24 : 1 การศึกษาถึงการใช้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มการเติบโตในการย้ายปลูกหญ้าทะเลชนิด *Zostera marina* และ *Halodule wrightii* ของ Kenworthy and Fonseca (1992) พบว่าการเติมไนโตรเจนสามารถเพิ่มร้อยละของอัตราการงอกของต้นและพื้นที่ปกคลุม การเติบโตของใบหญ้าทะเล *Z. marina* ที่ย้ายปลูกในฤดูใบไม้ร่วง และจะมีผลปานกลางต่อการเติบโตในฤดูใบไม้ผลิ แต่ไนโตรเจนจากปุ๋ยไม่มีผลต่อการเติบโตและอยู่รอดของ *Z. marina* และ *H. wrightii* ในการย้ายปลูก

เมื่อหญ้าทะเลมีผลผลิตสูงขึ้น ความต้องการปริมาณธาตุอาหารของหญ้าทะเลก็มีมากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นธาตุอาหารที่มีอยู่ในดินตะกอนจะพบในปริมาณน้อยเนื่องจากถูกหญ้าทะเลดูดซึมไปใช้ (Kaewsuralikhit, 2549 *Cited* Hilman *et al*., 1989) ธาตุอาหารที่มีจำกัดอาจมีผลต่อแนวหญ้าทะเลทั้งหมด เมื่อธาตุอาหารไม่เพียงพอ จะส่งผลต่อลักษณะของต้นทั้งส่วนเหนือดินและใต้ดิน ความหนาแน่นของจำนวนต้น รวมถึงมวลชีวภาพของหญ้าทะเล การที่ธาตุอาหารมีความเข้มข้นต่ำจะส่งให้ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์ด้วยแสงต่ำไปด้วย กรณีที่มีหญ้าทะเลหลายชนิดขึ้นอยู่ปะปนกัน อาจทำให้ลักษณะ องค์ประกอบของชนิด และสัดส่วนของมวลชีวภาพหญ้าทะเลแต่ละชนิดมีการเปลี่ยนแปลง (Udy and Dennison, 1997) ในขณะเดียวกัน อัจฉรีย์ (2536) ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพกับปัจจัยแวดล้อมบางประการ พบว่ามวลชีวภาพส่วนเหนือดินในฤดูแล้งของ *Halodule pinifolia* มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำ อีกทั้งมวลชีวภาพรวมของ *Enhalus acoroides* ในฤดูฝนยังมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในน้ำ

4.7 คุณภาพดินตะกอน

4.7.1 ขนาดอนุภาคดินตะกอน (grain size)

หญ้าทะเลสามารถเติบโตได้ในลักษณะของพื้นที่ซึ่งแตกต่างกัน ตั้งแต่โคลนละเอียดจนถึงทรายหยาบ เช่น หญ้าทะเลชนิด *Enhalus acoroides* ที่บริเวณเกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี สามารถพบในบริเวณพื้นที่มีลักษณะเป็นทรายหยาบ ทรายปานกลางปนกับเศษซากปะการังหัก และ *Halodule uninervis* ชนิดใบกว้างจะพบอยู่ในบริเวณพื้นทรายละเอียดปนทรายหยาบและเศษซากปะการังหัก (สุวลักษณ์, 2546)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.7.2 ปริมาณน้ำในดินตะกอน (water content)

ปริมาณน้ำในดินตะกอนเป็นค่าที่แสดงสัดส่วนของน้ำหนักน้ำต่อน้ำหนักดินตะกอนซึ่งแสดงในรูปร้อยละของน้ำหนักดิน ทั้งนี้ปริมาณน้ำในดินตะกอนนั้นเป็นปัจจัยทางกายภาพเบื้องต้น สามารถสะท้อนขนาดอนุภาคของดินตะกอน และสภาพความอุดมสมบูรณ์ของสารอินทรีย์ในดิน โดยระดับของปริมาณน้ำในดินต่ำ เช่น ประมาณร้อยละ 20-40 มักมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นทรายเนื้อหยาบและมีปริมาณสารอินทรีย์ต่ำด้วย (จารุมาศ, 2548)

4.7.3 ปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอน

สารอินทรีย์ในดินตะกอน จะประกอบด้วยธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และไนโตรเจนอยู่ร้อยละ 58, 10, 20 และ 5 ตามลำดับ ส่วนฟอสฟอรัสและกำมะถันจะมีอยู่อย่างละร้อยละ 1 (Jackson, 1958) สารอินทรีย์ในดินตะกอนเมื่อผ่านกระบวนการย่อยสลายโดยแบคทีเรียแล้ว จะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของสารอนินทรีย์ เช่น แอมโมเนียม ไนไตรท์และไนเตรท ซึ่งจะละลายอยู่ในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ (Hemminga and Duarte, 2000; Romero *et al.*, 2006) ดังนั้นสารอินทรีย์ในดินตะกอนจึงเป็นแหล่งธาตุอาหารสำคัญสำหรับกลุ่มผู้ผลิตขั้นต้น

5. การปลูกหญ้าทะเลในห้องปฏิบัติการ

ในอดีตและปัจจุบัน ห้องปฏิบัติการในต่างประเทศหลายแห่งประสบความสำเร็จในการปลูกหญ้าทะเล เช่น สถาบันสมิธโซเนียน (Smithsonian Institution's National Museum of Natural History) ในวอชิงตัน ดีซี มีการปลูกหญ้าทะเลชนิด *Thalassia testudinum* เพื่อจัดแสดงในพิพิธภัณฑ์ยาวนานกว่า 10 ปี ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการศึกษาทดลองในด้านต่าง ๆ เกี่ยวกับหญ้าทะเล (Calumpong and Fonseca, 2001)

Kirkman (1978) ประสบความสำเร็จในการทดลองปลูกหญ้าทะเล *Zostera capricorni* เป็นระยะเวลา 3 เดือน 15 วัน ทำการปลูกโดยใช้วิธีขุดหญ้าทะเลให้มีลักษณะเป็นแผ่นลึกลงไปถึงราก ที่ระดับความลึก 10 เซนติเมตร (Turfs) แซะแผ่นหญ้าทะเลพร้อมดินเดิมวางลงบนภาชนะ นำมาปลูกในถังทดลองที่บรรจุน้ำทะเลที่ผ่านการกรองปริมาตร 408 ลิตร มีระบบไหลเวียนน้ำ วางไว้กลางแจ้งไม่มีวัสดุใด ๆ บัง ตลอดการทดลองอุณหภูมิอยู่ในช่วง 18-29 องศาเซลเซียส การทดลองต้องสิ้นสุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลงเนื่องจากมีการเติบโตของสาหร่ายอิพิไฟต์ ซึ่งบดบังแสงอาทิตย์ที่ส่องมาสู่หญ้าทะเล นอกจากนี้ยังพบว่าใบของหญ้าทะเลถูกกัดกินโดยแอมฟิพอดสกุล *Cymadusa*

Short (1985) ประสบความสำเร็จในในการทดลองปลูกหญ้าทะเลเขตร้อน 3 ชนิดได้แก่ *Syringodium filiforme, Halodule wrightii* และ *Thalassia testudinum* ในสภาพแวดล้อมเดิมเป็นระยะเวลา 2 ปี โดยทำการปลูกในถังขนาด 0.5 x 0.7 x 2.2 เมตร ใส่ดินตะกอนและน้ำทะเลจากแม่น้ำอินเดียโดยใส่ดินตะกอนความสูงประมาณ 15 เซนติเมตรและใส่น้ำทะเลให้ท่วมผิวหน้าดินตะกอนประมาณ 20 เซนติเมตร โดยน้ำทะเลนั้นผ่านการกรองเอาแพลงก์ตอนพืชออก และลดปริมาณ NH_4^+, NO_3^-, PO_4^{3-} ให้ต่ำกว่า 2 ไมโครโมลาร์ โดยมีระบบหมุนเวียนน้ำ โดยใช้แผ่นบังเงาและเพิ่มอัตราการไหลเวียนน้ำ ในช่วงที่มีอุณหภูมิสูงเพื่อลดอุณหภูมิลง ปลูก *Syringodium filiforme* ลงในทราย โดยเริ่มแรกมีพื้นที่ปกคลุมน้อยกว่าร้อยละ 1 และสามารถเติบโตและปกคลุมพื้นที่มากกว่าร้อยละ 90 ใน 18 เดือน *Halodule wrightii* สามารถเติบโตจนปกคลุมถังเพาะเลี้ยงภายใน 5 เดือน ส่วนหญ้าทะเลชนิด *Thalassia testudinum* จะปลูกโดยใช้วิธีการขุดหญ้าทะเลและดินตะกอนย้ายลงไปในวัสดุปลูก แล้วนำไปปลูกโดยไม่มีการนำวัสดุปลูกออก (Plugs) ด้วยเมล็ดซึ่งทดลองปลูกทั้งในทรายละโคลน แต่พบว่ามีการเติบโตช้ากว่า 2 ชนิดหลังจากนั้น Short (1987) ทำการทดลองปลูก *Zostera marina* เพื่อพิสูจน์ถึงปัจจัยจำกัดของไนโตรเจน โดยใช้ถังไฟเบอร์กลาสที่มีพื้นที่ 1 ตารางเมตร ใช้ดินตะกอนที่มีระดับของไนโตรเจนแตกต่างกัน และนำน้ำทะเลจาก Great Bay Estuary มาใช้ในการทดลองโดยจัดการทดลองด้วยความหนาแน่นเริ่มต้นที่ 200 ต้นต่อตารางเมตร จากนั้นจึงติดตามการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานของต้น ประกอบด้วยความยาวใบ ความกว้าง จำนวนใบต่อต้น และความหนาแน่น โดยสุ่มเก็บจากหญ้าทะเลพื้นที่ 1/16 ตารางเมตร 4 ครั้ง นำมานับโดยวิธีนับตรง ซึ่งจากการทดลองพบว่าเมื่อไนโตรเจนในดินตะกอนมีปริมาณต่ำจะส่งผลต่อการเติบโต ความสมบูรณ์ และสัณฐานของใบ

การทดลองของ Peralta *et al.* (2002) ทำการศึกษาผลของการลดลงของแสงต่อหญ้าทะเล *Zostera noltii* ทำการปลูกหญ้าทะเลโดยใช้ท่อในการเก็บตัวอย่างหญ้าทะเล ทำการทดลองกับระดับแสง 4 ระดับ ระดับละ 2 ซ้ำ มีการให้อากาศ และมีการเปลี่ยนน้ำทะเลทุก ๆ 2 วัน เพื่อป้องกันการเพิ่มขึ้นของสาหร่ายขนาดเล็กและการลดลงของธาตุอาหาร โดยรักษาอุณหภูมิไว้ที่ 18.5 องศาเซลเซียส ทำการทดลองด้วยระยะเวลา 14 วัน นอกจากนี้ในปีต่อมา Peralta *et al.* (2003) ทำการศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยในดินตะกอน (sediment fertilization) ปริมาณแสง (light availability) และสภาวะรีดอกซ์ของดินตะกอน (sediment redox conditions) ต่อการเติบโตของ *Zostera marina* ภายในระยะเวลา 2 เดือน วางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล โดยมี 2 ระดับความเข้มแสง ความ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เข้มข้นของธาตุอาหาร 3 ระดับ และสภาวะรีดอกซ์ 2 ระดับ ทำการทดลอง 6 ซ้ำ ปลูกหญ้าทะเลแยกเป็นต้น โดยใช้กระถางทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 85 มิลลิเมตร และ ความสูง 250 มิลลิเมตร ปลูกลงในตู้กระจก ขนาด 60 × 200 × 60 เซนติเมตร บรรจุน้ำทะเลที่กรองแล้วจาก Oosterschelde estuary ความเค็มอยู่ที่ 28-29 psu มีระบบหมุนเวียนน้ำอัตรา 100 ลิตรต่อชั่วโมง ครึ่งหนึ่งของ pot ทั้งหมดให้ได้รับแสงความเข้มสูง (high irradiance, HI: 200 μmol/m^2s) และอีกครึ่งหนึ่งให้ได้รับแสงความเข้มต่ำ (low irradiance, LI: 55- 200 μmol/m^2s) รักษาอุณหภูมิให้อยู่ในระดับ 18 องศาเซลเซียส ให้อยู่ในที่ที่มีแสง 18 ชั่วโมง และมืด 6 ชั่วโมง ปุ๋ยที่ใส่ในดินตะกอนมีไนโตรเจน 3 ระดับ ได้แก่ระดับ 0 (0F, 0 mg N/gDW) ระดับต่ำ (LF, 30 mg N/gDW) และระดับสูง (HF, 500 mg N/gDW) โดยอ้างอิงจากปริมาณไนโตรเจนที่มีในอนุภาคดินตะกอนในระบบ eutrophic นอกจากนี้ยังมีการทดลองของ Halun *et al.* (2002) ซึ่งทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของ ดินตะกอนที่เป็นทรายแป้ง (silted sediment) ต่อการเติบโตของ *Cymodocea rotundata* โดยใช้หญ้าทะเล 5-10 ต้น ปลูกลงในตะกร้าพลาสติกวางลงในถังกลางแจ้งโดยใช้ดินตะกอนแตกต่างกัน ได้แก่ ทราย ดินตะกอนทรายแป้งสูง (highly-silted) ดินตะกอนทรายแป้งปานกลาง (medium silted) โดยมีความสูงของดินตะกอนประมาณ 15 เซนติเมตร นับจำนวนต้นเมื่อผ่านไป 7 วัน 14 วัน หลังจากนั้นและนับทุก ๆ 14 วันจนสิ้นสุดการทดลองที่ 72 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างภาคสนาม

1.1 กรอบท่อ pvc รูปสี่เหลี่ยมจตุรัส (quadrat) ขนาด 50x50 เซนติเมตร

1.2 ถุงซิปเก็บตัวอย่างหญ้าทะเล

1.3 อุปกรณ์พิกัดตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (Global Positioning System: GPS)

1.4 ท่อ pvc เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 เซนติเมตร ความสูง 20 เซนติเมตร

1.5 พลั่วมือ

1.6 พลั่วตักดิน

1.7 ค้อนปอนด์

1.8 แท่งเหล็กปลายงอ

1.9 กล้องถ่ายรูป

1.10 กล่องพลาสติก

1.11 กล่องโฟม

1.12 ถุงพลาสติกใส

1.13 หนังยาง

1.14 ท่อใสเก็บตัวอย่างดินตะกอน (core) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.7 เซนติเมตร พร้อมจุกยาง

1.15 แผ่นตัดดินตะกอน (Cut plate)

1.16 ไม้บรรทัด

1.17 ถุงซิปเก็บตัวอย่างดินตะกอน

1.18 ถุงกระสอบ

1.19 ถังพลาสติกคล้องเชือกสำหรับลาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. อุปกรณ์สำหรับการทดลองปลูกหญ้าทะเล

2.1 ถังไฟเบอร์กลาส ความจุ 1,000 ลิตร

2.2 ถังไฟเบอร์กลาส ความจุ 100 ลิตร

2.3 ตะกร้าพลาสติกขนาดความกว้าง 22.8 เซนติเมตร ความยาว 29.5 เซนติเมตร ความสูง 11.5 เซนติเมตร

2.4 โครงหลังคาไม้

2.5 โครงเหล็ก

2.6 พลาสติกใสแบบหนา

2.7 ผ้าใบ

2.8 ผ้าตาข่าย ขนาดตา 1.5 x 1.5 มิลลิเมตร

2.9 ผ้าขาวบาง

2.10 เชือกเอ็น

2.11 ใยแก้ว (ใยกรอง)

2.12 กล่องและถังพลาสติดขนาดเล็กสำหรับใส่ชุดกรองน้ำ

2.13 เครื่องให้อากาศ (Air Pump) พร้อมสายยางและหัวทราย

2.14 พลั่วมือ

2.15 ปุ๋ยบัวอัดเม็ด ตราไบเทค สูตร 10-25-20

2.16 น้ำทะเล

2.17 กรอบวงกลม ตัดจากท่อ pvc ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 เซนติเมตร ความหนาประมาณ 4 มิลลิเมตร

3. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ

3.1 ถาดอะลูมิเนียม

3.2 ปากคีบ (Forceps)

3.3 ถุงมือยางแบบไม่มีแป้ง

3.4 ถุงซิบเก็บตัวอย่างดิน

3.5 ไม้บรรทัด

3.6 ใบมีด

3.7 กระดาษหนังสือพิมพ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.8 โกร่งบดดิน

3.9 ช้อนตักสาร

3.10 Porcerlaine crucible

3.11 โถดูดความชื้น (desicator)

3.12 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ของ Sartorius รุ่น BL210S

3.13 เตาอบ (oven) ของ Memmert รุ่น 500

3.14 ตู้เผาอุณหภูมิสูง (furnace) ของ Thermolyne รุ่น 47900

3.15 ถุงมือผ้ากันความร้อน

3.16 เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) ของ CWS รุ่น 4236

3.17 ไมโครปิเปต (Micropipette) ของ Pipetman รุ่น P200, P1000

3.18 หลอดเก็บตัวอย่างน้ำ

3.19 ชุดกรอง (Filter Set)

3.20 กระดาษกรอง GF/F ของ Whatman เส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร

3.21 กระบอกฉีดยา

3.22 เครื่องวิเคราะห์ธาตุอาหารแบบอัตโนมัติ ของ Skalar รุ่น The SAN^{plus} Segmented flow analysers

3.23 น้ำกลั่น (Double distilled water)

3.24 อลูมิเนียมฟอยด์ (Aluminum foil)

3.25 เครื่องกลั่นน้ำของ Hamilton รุ่น WSC/4D

3.26 เครื่องวัดความเค็ม (Salinity Refractometer)

3.27 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการ

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการเก็บตัวอย่างหญ้าทะเลและดินตะกอนจากภาคสนาม แล้วนำมาทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ เพื่อศึกษาอิทธิพลของคุณภาพดินตะกอนต่อการเติบโตของหญ้าชะเงาฝอย (*Halodule pinifolia*) ซึ่งประกอบด้วย 2 การทดลอง ได้แก่ การทดลองที่ 1 เป็นการศึกษาอิทธิพลของปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอน การทดลองที่ 2 เป็นการศึกษาอิทธิพลของปริมาณธาตุอาหารในน้ำระหว่างอนุภาคของดินตะกอน โดยการให้ปุ๋ยเคมีกับหญ้าชะเงาฝอย

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล และตัวอย่าง

1.1 รวบรวมข้อมูลและเอกสารที่เกี่ยวข้องทั้งที่เป็น วิทยานิพนธ์ รายงาน เอกสารวิชาการ หนังสือและวารสารทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยเฉพาะข้อมูลด้านคุณภาพดินตะกอนและคุณภาพน้ำที่เหมาะสมต่อการเติบโตของหญ้าทะเล การย้ายปลูก และการศึกษามวลชีวภาพของหญ้าทะเล เพื่อใช้เป็นความรู้พื้นฐานและใช้ประกอบการวางแผนการศึกษา

1.2 วางแผนกำหนดระยะเวลาและพื้นที่ศึกษา โดยเก็บตัวอย่างหญ้าทะเล และดินตะกอนจากบริเวณอ่าวประแสร์ จังหวัดระยอง และนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ เพื่อเตรียมทำการปลูกหญ้าทะเล และทำการปลูกในห้องปฏิบัติการต่อไป

1.3 เลือกผืนหญ้าทะเลที่มีหญ้าทะเลขึ้นอย่างหนาแน่น สุ่มวางกรอบสี่เหลี่ยม ขนาด 50 x 50 เซนติเมตร จำนวน 1 กรอบ โดยใช้พลั่วมือเก็บตัวอย่างหญ้าทะเลภายในกรอบทั้งหมด โดยขุดลึกลงไปประมาณ 10 เซนติเมตร เพื่อให้ได้ทั้งส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดิน ล้างทรายและสิ่งแปลกปลอมออก แล้วนำใส่ถุงที่มีน้ำในถุงพอประมาณ เพื่อป้องกันการบอบช้ำและการสูญเสียน้ำระหว่างเดินทาง ตัวอย่างหญ้าทะเลที่เก็บมา จะนำไปสุ่ม นับจำนวนใบในแต่ละต้น วัดความยาวใบและชั่งน้ำหนักแต่ละใบในห้องปฏิบัติการ เพื่อนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักเปียก น้ำหนักแห้งกับความยาวใบของหญ้าทะเล

1.4 เก็บตัวอย่างดินตะกอนเพื่อใช้ในการทดลองปลูกหญ้าทะเล

1.4.1 ทำการเก็บตัวอย่างดินตะกอนจากบ่อเลี้ยงกุ้งที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงแหล่งหญ้าทะเลบริเวณ อ่าวประแสร์ จังหวัดระยอง โดยเก็บที่บริเวณกลางบ่อและเก็บตัวอย่างทรายจากจังหวัด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระนอง เพื่อให้ได้ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์แตกต่างกัน โดยใช้พลั่วตักดินความลึกประมาณ 10 เซนติเมตร ใส่ในถุงกระสอบให้ได้ปริมาณมากพอสำหรับการทดลองปลูกหญ้าทะเล

1.4.2 สำหรับการทดลองที่ 2 เก็บตัวอย่างดินตะกอนห่างจากแนวหญ้าทะเลประมาณ 5 เมตร ใช้พลั่วตักดินความลึกประมาณ 10 เซนติเมตร ปริมาณดินตะกอนที่ใช้ ประมาณ 15 กิโลกรัม

1.5 เก็บตัวอย่างหญ้าทะเลเพื่อนำไปใช้ในการทดลองปลูกหญ้าทะเลในห้องปฏิบัติการ สำหรับ 1 การทดลอง โดยสุ่มวางกรอบสี่เหลี่ยม ขนาด 50 x 50 เซนติเมตร จำนวนกรอบ ขึ้นกับปริมาณตัวอย่างหญ้าทะเลที่ต้องการใช้ในการทดลอง สุ่มเก็บตัวอย่างหญ้าทะเลภายในกรอบ โดยใช้ท่อเก็บตัวอย่างหญ้าทะเลที่ทำจากท่อ PVC กรอบละ 4 ท่อ โดยเก็บหญ้าทะเลลึกจากผิวดินตะกอนประมาณ 10 เซนติเมตร หุ้มด้วยพลาสติกใสยึดด้วยหนังยางที่ด้านล่าง เพื่อกันดินตะกอนไหลออกมา ตัวอย่างหญ้าทะเลรวมถึงดินตะกอนจะถูกบรรจุภายในท่อที่มีการหล่อน้ำเพื่อลดการสูญเสียความชื้นและความบอบช้ำตลอดการขนส่งไปยังห้องปฏิบัติการเพื่อเตรียมการปลูกต่อไป

1.6 เก็บตัวอย่างดินตะกอนบริเวณจุดเก็บตัวอย่างหญ้าทะเล สำหรับวิเคราะห์หาปริมาณน้ำในดินตะกอน ปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอน โดยใช้ท่อเก็บตัวอย่างดินตะกอน เก็บดินที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร ใช้แผ่นตัดดินตะกอน ตัดดินออกเป็นชั้น ๆ ทุก ๆ 1 เซนติเมตร ตัวอย่างดินตะกอนที่เก็บมา จะนำใส่ถุงซิบและนำไปแช่เย็น เพื่อรักษาคุณภาพของดินตะกอน และนำตัวอย่างดินตะกอนกลับมาวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการ เมื่อกลับถึงห้องปฏิบัติการหากไม่ได้ทำการวิเคราะห์ทันทีจะเก็บรักษาดินตะกอนโดยการเก็บไว้ในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส และควรรีบวิเคราะห์ตัวอย่าง เพื่อให้ได้ผลใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การทดลอง

การศึกษาครั้งนี้จะเน้นไปที่ปัจจัยด้านคุณภาพดินตะกอน โดยจะควบคุมปัจจัยคุณภาพน้ำให้เหมือนกันภายในแต่ละการทดลอง เนื่องจากข้อมูลจากการตรวจเอกสารแสดงให้เห็นว่าหญ้าทะเลมีการดูดซึมธาตุอาหารจากในดินมากกว่าในน้ำ

2.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาอิทธิพลของปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนต่อการเติบโตของหญ้าชะเงาฝอย (*Halodule pinifolia*)

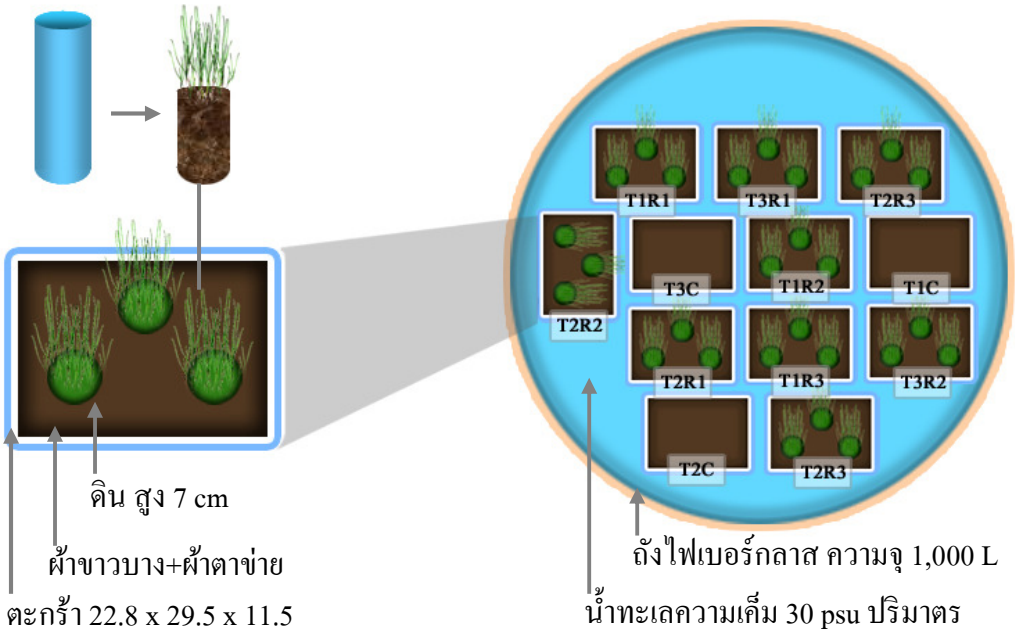
2.1.1 นำตัวอย่างดินตะกอนที่เก็บมาจากแต่ละแหล่งซึ่งมีปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนแตกต่างกันมาตากให้แห้งบนผ้าใบ ทำให้ดินตะกอนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ใช้พลั่วมือกลับดินตะกอนเป็นระยะจนแห้งสนิท เก็บตัวอย่างดินตะกอนแต่ละแหล่งไปวิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอน

2.1.2 นำค่าปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนจากแต่ละแหล่ง มาคำนวณอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผสมดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และเมื่อผสมเรียบร้อยแล้วต้องมีการเก็บตัวอย่างดินไปทำการหาปริมาณสารอินทรีย์รวมก่อนนำไปทำการทดลอง

2.1.3 นำตัวอย่างหญ้าทะเลพร้อมดินตะกอนที่เก็บมาออกจากท่อ PVC สุ่มวางในตะกร้าพลาสติกที่บุด้วยผ้าตาข่ายและผ้าขาวบาง ขนาดความกว้าง 22.8 เซนติเมตร ความยาว 29.5 เซนติเมตร ความสูง 11.5 เซนติเมตร จำนวน 9 ตะกร้า ตะกร้าละ 3 จุด โดยวางแยกห่างจากกัน (ภาพที่ 8)

2.1.4 นำดินที่ผ่านการผสมให้มีระดับของปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนตามที่ต้องการ มาใส่ในตะกร้าที่มีหญ้าทะเล ปรับความสูงของดินให้ได้ความสูงประมาณ 7 เซนติเมตร ระดับละ 3 ซ้ำ และให้มีตะกร้าที่ไม่มีหญ้าทะเล ระดับละ 1 ตะกร้า น้ำหนักดินที่ใช้ประมาณ 5 กิโลกรัม ต่อ 1 ตะกร้า (ภาพที่ 8)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 8 แผนผังการทดลองที่ 1

2.1.5 วางตะกร้าลงในถังไฟเบอร์กลาส ความจุ 1,000 ลิตร ที่บรรจุน้ำทะเลปริมาตร 400 ลิตร น้ำทะเลที่ใช้ในการทดลองมีการควบคุมความเค็มที่ 30 psu และให้อากาศภายในถังตลอดการทดลอง รวมถึงติดตั้งระบบกรองน้ำโดยใช้ใยแก้วและผ้าขาวบางซ้อนเป็นชั้นสลับกัน จัดวางถังทดลองบริเวณกลางแจ้ง โดยมีโครงหลังคาติดพลาสติกใสบังไว้ด้านบนเพื่อกันฝน (ภาพที่ 8)

2.1.6 นับจำนวนต้นหญ้าทะเลเริ่มต้นในแต่ละตะกร้าเพื่อนำไปคำนวณหาความหนาแน่นของจำนวนต้นหญ้าทะเล และวัดความยาวใบของต้นหญ้าทะเลทุกต้น เพื่อนำไปคำนวณหามวลชีวภาพส่วนเหนือดินของหญ้าทะเลเริ่มต้นจากสมการความสัมพันธ์ ทำการจดบันทึกไว้ และติดตามการเปลี่ยนแปลงของจำนวนต้นหญ้าทะเลทุกวันรวม 8 ครั้ง ทุก ๆ สองวันรวม 4 ครั้ง ทุก ๆ 3 วันรวม 6 ครั้ง ทุก ๆ สัปดาห์รวม 2 ครั้ง จากนั้นติดตามการเปลี่ยนแปลงจำนวนต้นหญ้าทะเลอีกครั้งหลังจากเริ่มการทดลองเป็นเวลา 7 เดือน แล้วติดตามการเปลี่ยนแปลงเดือนละครั้ง ส่วนขนาดของส่วนเหนือดิน มีการติดตามการเปลี่ยนแปลงทุกวันเป็นเวลา 4 วัน เมื่อผ่านไปเป็นเวลา 7 เดือน ติดตามการเปลี่ยนแปลงเดือนละครั้ง เป็นเวลา 3 เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1.7 เก็บตัวอย่างดินตะกอนจากทุกหน่วยทดลองบริเวณกึ่งกลางตะกร้า โดยใช้กระบอกฉีดยาขนาด 10 มิลลิลิตร เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.5 เซนติเมตร ดัดแปลงเป็นหลอดเก็บตัวอย่างดิน เก็บดินตามแนวดิ่งลึกจนสุดตะกร้า เพื่อนำไปหาค่าปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนเริ่มต้น และระหว่างการทดลองสัปดาห์ละครั้ง และเก็บตัวอย่างดินตะกอนอีกครั้งหลังจากเริ่มการทดลองเป็นเวลา 8 เดือน เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอน

2.1.8 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way ANOVA) เพื่อหาระดับของปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอน (Total Organic Matter: TOM) ที่ทำให้หญ้าชะเงาฝอยมีการเติบโตสูงที่สุด

2.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาอิทธิพลของปริมาณธาตุอาหารในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนต่อการเติบโตของหญ้าชะเงาฝอย (*Halodule pinifolia*)

2.2.1 นำตัวอย่างหญ้าทะเลออกจากท่อ PVC สุ่มวางลงในตะกร้าพลาสติกที่บุด้วยผ้าตาข่ายและผ้าขาวบาง ขนาดความกว้าง 22.8 เซนติเมตร ยาว 29.5 เซนติเมตร สูง 11.5 เซนติเมตร จำนวน 3 ใบ ใบละ 3 ซ้ำ โดยวางแยกห่างจากกัน

2.2.2 ผสมดินตะกอนที่เก็บมาให้เป็นเนื้อเดียวกัน คัดสิ่งแปลกปลอมออก ใส่ดินลงในตะกร้าและปรับความสูงของดินให้ได้ความสูงประมาณ 7 เซนติเมตร น้ำหนักดินที่ใช้ประมาณ 5 กิโลกรัม ต่อ 1 ตะกร้า

2.2.3 กำหนดพื้นที่ติดตามการเปลี่ยนแปลงของหญ้าทะเล โดยวางกรอบวงกลมตัดจากท่อ pvc ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.4 เซนติเมตร ล้อมรอบหญ้าทะเลในแต่ละซ้ำไว้

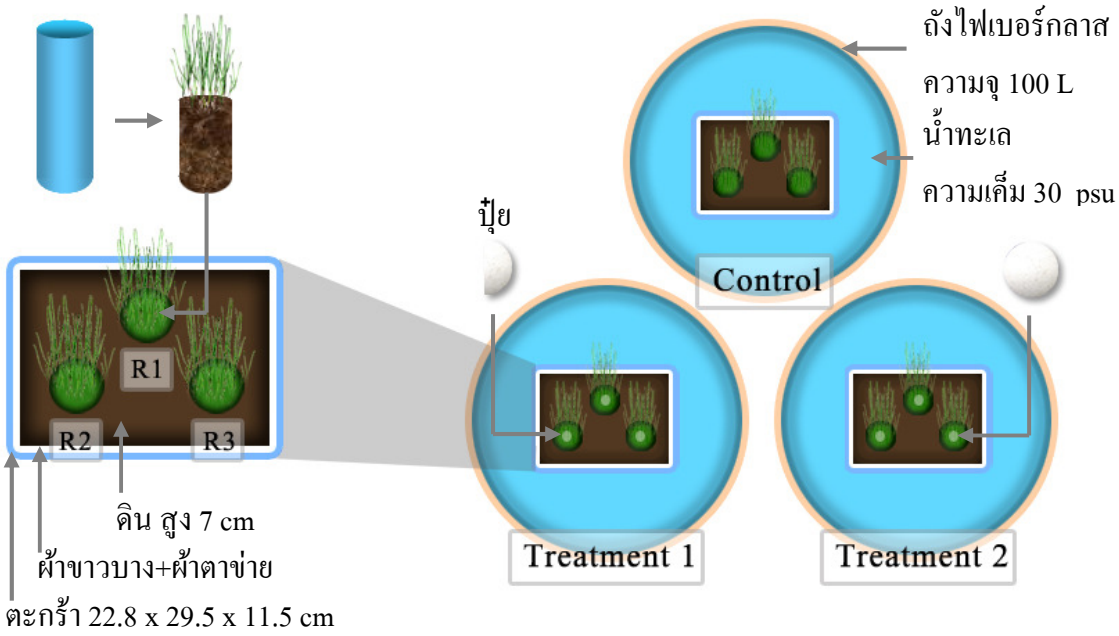
2.2.4 จัดการทดลองเป็นดังนี้ (ภาพที่ 9)

ถังทดลองที่ 1 (Control) เป็นกลุ่มควบคุม ไม่มีการใส่ปุ๋ย

ถังทดลองที่ 2 (Treatment 1) ใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน

ถังทดลองที่ 3 (Treatment 2) ใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 9 แผนผังการทดลองที่ 2

ปุ๋ยที่ใช้ในการทดลอง เป็นปุ๋ยบัวอัดเม็ด สูตร 10-25-20 (N:P:K) ที่มีขายทั่วไปตามท้องตลาด การใส่ปุ๋ย จะฝังลงไปในดินบริเวณกึ่งกลางกรอบวงกลม ทั้ง 3 ซ้ำ ลึกจากผิวหน้าดินตะกอนประมาณ 5 เซนติเมตร โดยเป็นการใส่ปุ๋ยรวม 2 ครั้ง ตลอดการทดลอง คือมีการใส่ปุ๋ยเมื่อเริ่มต้นทำการทดลอง และใส่ปุ๋ยซ้ำในปริมาณเท่าเดิม ในสัปดาห์ที่ 14

2.2.6 วางตะกร้าลงในถังไฟเบอร์กลาสบรรจุน้ำทะเล 100 ลิตร จำนวน 1 ตะกร้าต่อ 1 ถัง น้ำทะเลที่ใช้ในการทดลองมีการควบคุมความเค็มที่ 30 psu ตลอดการทดลอง

2.2.7 ให้อากาศภายในถังตลอดการทดลอง จัดวางถังทดลองบริเวณกลางแจ้ง โดยมีพลาสติกใสบังไว้ด้านบนเพื่อกันฝน ติดตั้งระบบกรองน้ำโดยใช้ใยแก้วและผ้าขาวบางซ้อนเป็นชั้นสลับกัน

2.2.8 เก็บตัวอย่างดินตะกอนก่อนทำการใส่ปุ๋ย โดยใช้กระบอกฉีดยาปริมาตร 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร ดัดแปลงเป็นหลอดเก็บตัวอย่างดินตะกอน เก็บดินตามแนวดิ่งห่างจากกรอบวงกลม 1 เซนติเมตร ลึกจนถึงพื้นตะกร้า และในแต่ละครั้งของการเก็บตัวอย่างดินตะกอน จะมีการเก็บวนตามเข็มนาฬิกาเพื่อไม่ให้ซ้ำกับจุดที่เคยทำการเก็บไปแล้ว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำในดินตะกอน และปริมาณธาตุอาหารในน้ำระหว่างอนุภาคของดินตะกอนต่อไป

2.2.9 นับจำนวนต้นหญ้าทะเลและวัดความยาวใบของหญ้าทะเลเริ่มต้น จากทั้ง 3 ซ้ำของทุกกลุ่มทดลอง นับจำนวนต้นหญ้าทะเลทั้งหมดภายในกรอบ และสุ่มวัดความยาวใบ รวมทั้งนับจำนวนใบของแต่ละต้น จากต้นหญ้าทะเล 1 ใน 3 ส่วนของจำนวนต้นหญ้าทะเลแต่ละกรอบ เพื่อนำไปคำนวณหาความหนาแน่นของจำนวนต้น และมวลชีวภาพของหญ้าทะเลโดยใช้สมการความสัมพันธ์

2.2.10 ติดตามการเปลี่ยนแปลงของหญ้าทะเลและดินตะกอน โดยทำการเก็บตัวอย่างสัปดาห์ละครั้ง เป็นระยะเวลา 2 เดือน และ สัปดาห์เว้นสัปดาห์เป็นระยะเวลา 3 เดือน รวม 20 ครั้ง

เมื่อครบระยะเวลาทำการทดลองของการทดลองที่ 1 และ 2 ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างหญ้าทะเลจากทั้งสองการทดลอง รวมจำนวน 100 ต้น นำไปวิเคราะห์ตามวิธีวิเคราะห์ตัวอย่างหญ้าทะเล นำข้อมูลไปจัดทำกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งของหญ้าทะเล กับขนาดของต้นหญ้าเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งของหญ้าทะเลจากภาคสนาม

3. การวิเคราะห์ตัวอย่าง

3.1 การวิเคราะห์ตัวอย่างหญ้าทะเล

3.1.1 การวัดขนาด นับจำนวนใบ

นำตัวอย่างหญ้าทะเลที่เก็บมา ใส่ลงในถาดอลูมิเนียม ใช้น้ำสะอาดล้างดินตะกอน ทราย วัสดุแปลกปลอม และสิ่งมีชีวิตจำพวกอิพิไฟต์ออก สุ่มทำการวัดขนาดส่วนเหนือดินของหญ้าทะเล นับจำนวนใบของหญ้าทะเลแต่ละต้น และใช้ไม้บรรทัดวัดความยาวใบของหญ้าทะเลแต่ละใบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.1.2 การหามวลของหญ้าทะเล

ผึ่งหญ้าทะเลจนพอหมาด บนกระดาษหนังสือพิมพ์ ทำการชั่งน้ำหนักเปียก (Wet weight = WW) ของแต่ละใบ ด้วยเครื่องชั่งทศนิยมสี่ตำแหน่ง จดบันทึกน้ำหนักเปียก ก่อนนำไปอบที่ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ทำการชั่งน้ำหนักแห้ง (Dry weight = DW) ทันทีที่นำออกจากเตาอบ

3.1.3 การทำกราฟสัมพันธ์

นำข้อมูลที่ได้มาจัดทำกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักเปียกและน้ำหนักแห้งของหญ้าทะเลกับความยาวใบของหญ้าทะเล เพื่อใช้เป็นกราฟอ้างอิงในการเทียบหามวลชีวภาพของหญ้าทะเลระหว่างการทดลอง เนื่องจากระหว่างการทดลองจะไม่มีการเก็บตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักโดยตรง แต่จะเป็นการคำนวณจากสมการที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์ เพื่อสะดวกกับการเก็บตัวอย่างและไม่เป็นการรบกวนหญ้าทะเลระหว่างการทดลอง

3.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างดินตะกอน

เนื่องจากตัวอย่างดินตะกอนถูกเก็บรักษาไว้ในตู้แช่แข็ง จะต้องปรับอุณหภูมิของตัวอย่างดินตะกอนให้ใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้องก่อนนำตัวอย่างดินตะกอนไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำในดินตะกอน โดยนำมาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง รอจนตัวอย่างดินละลาย ส่วนการวิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอน จะทำการวิเคราะห์จากตัวอย่างดินแห้ง ซึ่งก็คือตัวอย่างดินที่ผ่านการวิเคราะห์หาปริมาณน้ำในดินมาแล้ว

ตัวอย่างดินตะกอนจากภาคสนามจะทำการหาปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนและปริมาณน้ำในดินตะกอนของแต่ละชั้นดินที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร ส่วนตัวอย่างดินตะกอนจากการทดลองจะใช้การผสมดินจากทั้งหลอดที่เก็บมา ไม่มีการแยกวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนและปริมาณน้ำในดินตะกอนแยกตามชั้นดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2.1 การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำในดินตะกอน (Water content: WC)

1) ชั่งน้ำหนัก Aluminum foil ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ที่พับเป็นกระทง จดบันทึกน้ำหนักไว้

2) นำตัวอย่างดินตะกอนเปียกมาทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน ตักตัวอย่างดินตะกอนเปียกลงบนแผ่น Aluminum foil ให้ได้น้ำหนักประมาณ 1-2 กรัม จดบันทึกน้ำหนักดินเปียกไว้

3) ดินตะกอนแต่ละตัวอย่างจะทำซ้ำ 3 ครั้ง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำ

4) นำตัวอย่างดินตะกอนทั้งหมดไปอบในตู้อบความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน เพื่อให้น้ำที่มีอยู่ในดินระเหยออกไปให้หมด

5) นำตัวอย่างดินตะกอนที่ผ่านการอบเรียบร้อยแล้ว มาชั่งน้ำหนักเพื่อหาน้ำหนักดินแห้ง โดยแบ่งตัวอย่างดินที่ผ่านการอบแล้วมาชั่งทีละน้อย เพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากความชื้นในอากาศ จดบันทึกค่าที่ชั่งได้ เพื่อนำมาคำนวณหาน้ำในดินตะกอนที่หายไป โดยใช้สูตร

$$\text{Water content (ร้อยละ)} = \frac{(w1 + w2 - w3) \times 100}{w2}$$

โดย w1 = น้ำหนัก Aluminum foil

w2 = น้ำหนักดินตะกอนก่อนอบ

w3 = น้ำหนักดินตะกอน รวมแผ่น Aluminum foil หลังอบ

3.2.2 การวิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์รวม (Total Organic Matter: TOM)

1) วิเคราะห์โดยนำตัวอย่างดินตะกอนมาอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นานประมาณ 3 วัน ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำมาบดด้วยโกร่งบดดินตะกอนให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน แยกส่วนของหญ้าทะเล ก้อนหินและเปลือกหอยออก (ยกเว้นกรณีที่เนื้อดินมีองค์ประกอบของก้อนหินหรือเปลือกหอยมากกว่าร้อยละ 80

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2) ชั่งน้ำหนัก Crucible ที่อบไล่ความชื้น โดยนำ Crucible ไปเผาที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ทิ้งให้อุณหภูมิลดลงภายในเตาเผาเป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง แล้วจึงนำมาใส่และปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น จดบันทึกน้ำหนักไว้

3) นำตะกอนดินมาชั่งลงใน Crucible ที่ทราบน้ำหนัก ให้ได้น้ำหนักดินประมาณ 0.2 กรัม ทำซ้ำ 3 ครั้งในแต่ละตัวอย่าง แล้วนำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ทิ้งให้อุณหภูมิลดลงภายในเตาเผาเป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง แล้วจึงนำมาใส่ปล่อยให้เย็น ในโถดูดความชื้น

4) ทำการชั่งน้ำหนักตัวอย่างหลังเผา และนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอน(มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (mg/g-dry weight) จากน้ำหนักที่หายไปใช้สูตร

$$\text{TOM (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)} = \frac{(\text{น้ำหนักดินก่อนเผา-น้ำหนักดินหลังเผา})}{\text{น้ำหนักดินก่อนเผา}} \times 1000$$

3.2.3 การวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารในน้ำระหว่างอนุภาคดิน (Pore water)

1) นำดินตะกอนที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร ที่ทราบปริมาณน้ำในดินตะกอน มาผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันที่อุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักให้ได้ประมาณ 2-3 กรัม ใส่ลงในหลอดเก็บตัวอย่าง ขนาด 10 มิลลิลิตร จดบันทึกน้ำหนักดินตะกอนไว้

2) เติมน้ำกลั่นลงไปในหลอดเก็บตัวอย่างดินตะกอน 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันและบันทึกปริมาตรน้ำที่เติมลงไป

3) นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 4,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ดูดเอาเฉพาะสารละลายที่อยู่บริเวณผิวหน้าดินตะกอนด้วยไมโครปิเปต (Micropipette) โดยระวังอย่าให้ดินตะกอนที่ผิวหน้าฟุ้งขึ้นมา เก็บตัวอย่างสารละลายใส่ในหลอดเก็บตัวอย่างน้ำ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4) ก่อนทำการวิเคราะห์ นำตัวอย่างน้ำมาละลายที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นทำการเจือจางน้ำตัวอย่างด้วยน้ำกลั่น (Deionize Water) 9 มิลลิลิตร ต่อน้ำตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร (10 เท่า) แล้ววิเคราะห์โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ธาตุอาหารแบบอัตโนมัติของ Skalar เพื่อวัดปริมาณของแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ไนไตรท์และไนเตรท-ไนโตรเจน ซิลิเกต-ซิลิคอน และออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส

3.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

เนื่องจากตัวอย่างน้ำถูกเก็บรักษาไว้ในตู้แช่แข็ง จะต้องปรับอุณหภูมิของตัวอย่างน้ำโดยนำมาตั้งทิ้งไว้ให้มีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง รอจนตัวอย่างน้ำละลาย แล้วจึงนำตัวอย่างน้ำไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารในน้ำ ด้วยเครื่องวิเคราะห์ธาตุอาหารแบบอัตโนมัติ เพื่อวัดปริมาณของ แอมโมเนียม-ไนโตรเจน ไนไตรท์และไนเตรท-ไนโตรเจน ซิลิเกต-ซิลิคอน และออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส เช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอน

3.4 การวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ย

ปุ๋ยที่ใช้ในการทดลองที่ 2 และ 3 เป็นปุ๋ยบัวอัดเม็ดสูตร 10-25-20 ทำการสุ่มตัวอย่างปุ๋ย นำตัวอย่างปุ๋ยมาอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นานประมาณ 3 วัน ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำมาบดด้วยโกร่งบดดินตะกอนให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน

3.4.1 ใช้เครื่องวิเคราะห์ธาตุอาหารแบบอัตโนมัติ

ชั่งน้ำหนักปุ๋ยแห้งให้ได้น้ำหนักประมาณ 0.01 กรัม จดบันทึกน้ำหนักไว้ ใส่ลงในหลอดเก็บตัวอย่าง เติมน้ำกลั่นลงไปในหลอดเก็บตัวอย่างดินตะกอน 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันและบันทึกปริมาตรน้ำที่เติมลงไป จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยง และดูดสารละลายที่อยู่บริเวณผิวหน้าดินตะกอน และเจือจางด้วยน้ำกลั่นเช่นเดียวกับการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารในน้ำระหว่างอนุภาคดิน ก่อนนำไปวิเคราะห์โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ธาตุอาหารแบบอัตโนมัติ เพื่อวัดปริมาณของแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ไนไตรท์และไนเตรท-ไนโตรเจน ซิลิเกต-ซิลิคอน และออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.4.2 ใช้เครื่อง Inductively Couple Plasma-Optical Emission Spectrometer (ICP-OES)

ชั่งน้ำหนักปุ๋ยแห้งให้ได้น้ำหนักประมาณ 0.01 กรัม จดบันทึกน้ำหนักไว้ ใส่ลงในหลอดเก็บตัวอย่าง ทำทั้งหมด 3 ซ้ำ เติมน้ำกลั่นลงไปในหลอดเก็บตัวอย่างดินตะกอน 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันและบันทึกปริมาตรน้ำที่เติมลงไป จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยง และดูดสารละลายที่อยู่บริเวณผิวหน้าดินตะกอนเช่นเดียวกับการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารในน้ำระหว่างอนุภาคดิน ใช้ไมโครปิเปตดูดน้ำตัวอย่างมา 9 มิลลิลิตร เจือจางตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 25 มิลลิลิตร นำเข้าสู่กระบวนการกำจัดสารอินทรีย์ ก่อนวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Inductively Couple Plasma-Optical Emission Spectrometer (ICP–OES) เพื่อวัดปริมาณของซิลเวอร์ อะลูมิเนียม โบรอน แบเรียม บิสมัท แคลเซียม แคดเมียม โคบอลต์ โครเมียม ทองแดง เฟอร์ริก แกลเลียม อินเดียม โพแทสเซียม ลิเทียม แมกนิเซียม แมงกานีส โซเดียม นิกเกิล ตะกั่ว สทรอนเซียม แทลเลียม ซิงค์

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS Statistics Version 17.0 โดยใช้สถิติทดสอบดังต่อไปนี้

4.1 ทดสอบการกระจายตัวของข้อมูล (Test of Normality) ว่าข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติหรือไม่ โดยใช้สถิติทดสอบ Kolmogorov-Smirnov สำหรับข้อมูลที่มีจำนวนมากกว่าหรือเท่ากับ 50 และใช้สถิติทดสอบ Shapiro-Wilk สำหรับข้อมูลที่มีจำนวนน้อยกว่า 50

4.2 วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) เพื่อทดสอบความแปรปรวนของข้อมูลระหว่างกลุ่มการทดลองว่ามีความแปรปรวนเท่ากันหรือไม่ (Homogeneity of variance)

4.3 ทดสอบความแตกต่างของมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน ความหนาแน่นของจำนวนต้น ความยาวใบเฉลี่ยของหญ้าชะเงาฝอย ปริมาณน้ำในดินตะกอนและปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนระหว่างกลุ่มการทดลอง กรณีที่ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way ANOVA) เมื่อพบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลอง วิเคราะห์ Post Hoc Multiple Comparison เพื่อหาความแตกต่างรายคู่ โดยใช้สถิติทดสอบ Least significant

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

difference (LSD) เมื่อข้อมูลมีความแปรปรวนเท่ากัน และใช้สถิติทดสอบ Tamhane's T2 เมื่อข้อมูลมีความแปรปรวนไม่เท่ากัน ในกรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ ใช้การทดสอบ Non-Parametric Test โดยใช้สถิติทดสอบ Kruskal-Wallis H Test เมื่อพบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลอง วิเคราะห์ความแตกต่างรายคู่ด้วยสถิติทดสอบ Mann-Whitney U test

4.4 หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ในกรณีที่ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ ใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient) เนื่องจากข้อมูลเป็น Ratio Scale ใช้การทดสอบสมมุติฐานแบบ 2 ด้าน เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของจำนวนต้น มวลชีวภาพส่วนเหนือดิน ความยาวใบเฉลี่ยของหญ้าทะเล ปริมาณน้ำและปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอน ปริมาณธาตุอาหารในน้ำและในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอน ในกรณีที่ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบไม่ปกติใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสเปียร์แมน (Spearman's correlation coefficient)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถานที่และระยะเวลาทำการศึกษา

1. สถานที่

1.1 สถานที่เก็บตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างหญ้าทะเลและดินตะกอน จากแหล่งหญ้าทะเลบริเวณอ่าวประแสร์ จังหวัดระยอง (ภาพที่ 10) ตำแหน่งพิกัดทางภูมิศาสตร์จุดเก็บตัวอย่าง (Sampling Station: SS) 790746E 1403787N และบริเวณโดยรอบ (ภาพที่ 11)

1.2 สถานที่ทำการศึกษาทดลอง และวิเคราะห์ตัวอย่าง

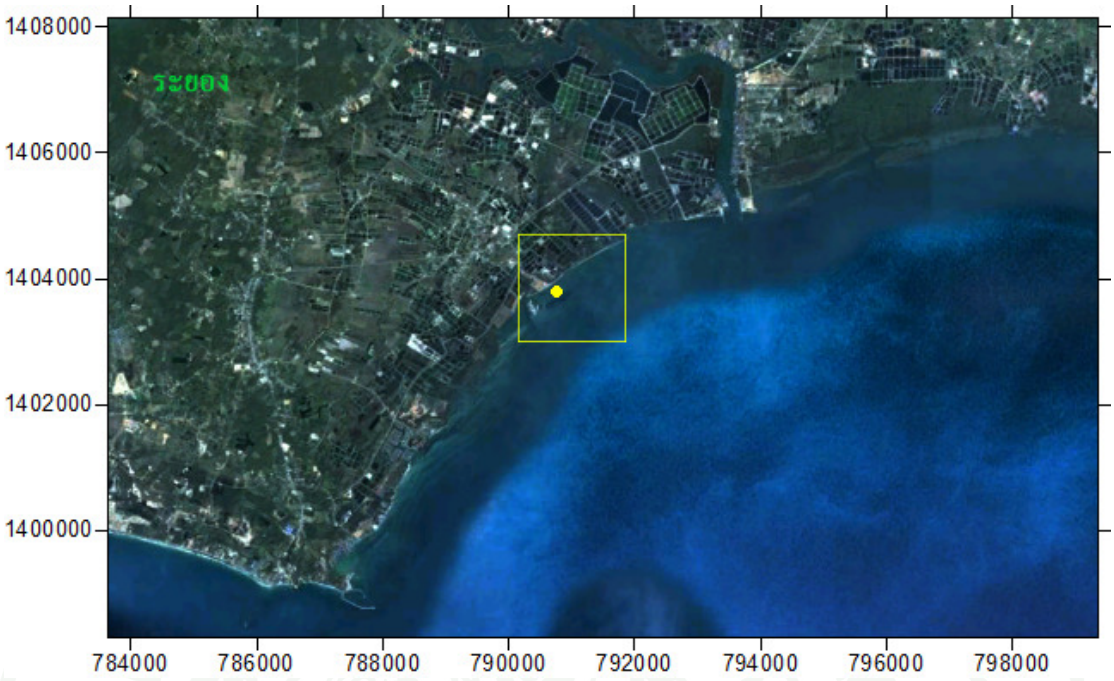
ห้องปฏิบัติการภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ระยะเวลาทำการวิจัย

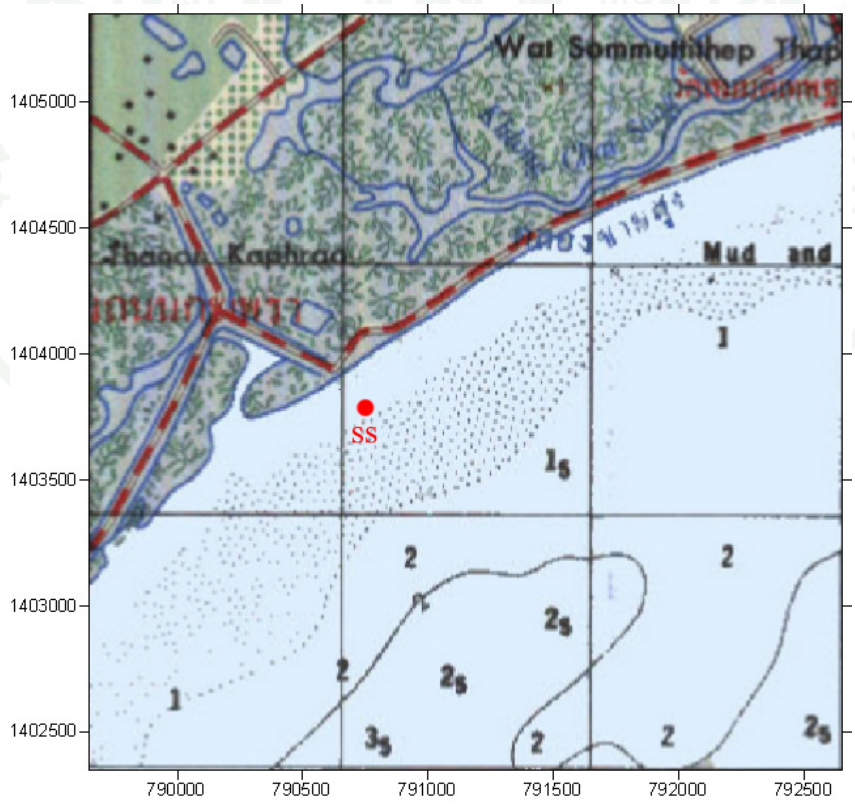
เดือนมีนาคม พ.ศ. 2553 ถึง สิงหาคม พ.ศ. 2555 โดยเป็นการเก็บตัวอย่างหญ้าทะเลและดินตะกอนภาคสนามแล้วนำมาวิเคราะห์และทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1 ระยะเวลาทำการทดลอง 16 กรกฎาคม 2553 ถึง 13 เมษายน 2554
การทดลองที่ 2 ระยะเวลาทำการทดลอง 22 พฤศจิกายน 2553 ถึง 20 เมษายน 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 10 แผนที่แสดงแหล่งหญ้าทะเลบริเวณอ่าวประแสร์ จังหวัดระยอง



ภาพที่ 11 จุดเก็บตัวอย่าง (SS) บริเวณแหล่งหญ้าทะเลบริเวณอ่าวประแสร์ จังหวัดระยอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

ผล

จากการศึกษาการพัฒนาเทคนิคการขยายพันธุ์แบบมหมวลของหญ้าชะเงาฝอย (*Halodule pinifolia*) เพื่อการย้ายปลูก โดยทำการทดลองเพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอน และปริมาณธาตุอาหารในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนต่อการเปลี่ยนแปลงมวลชีวภาพของหญ้าชะเงาฝอย โดยมีการเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอน รวมถึงติดตามการเปลี่ยนแปลงของหญ้าชะเงาฝอยตลอดการทดลอง เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมในการขยายพันธุ์หญ้าชะเงาฝอยในห้องปฏิบัติการ ได้ผลการศึกษาดังนี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวใบกับน้ำหนักใบของหญ้าทะเล

การติดตามการเปลี่ยนแปลงมวลชีวภาพส่วนเหนือดินของหญ้าทะเลในการทดลองการทดลองจะไม่มีการเก็บตัวอย่างหญ้าทะเลมาชั่งน้ำหนักเพื่อหามวลชีวภาพส่วนเหนือดินโดยตรง แต่จะใช้การคำนวณมวลชีวภาพส่วนเหนือดินจากสมการความสัมพันธ์ระหว่างความยาวใบกับน้ำหนักใบของหญ้าทะเล เพื่อไม่ให้มีการรบกวนและเกิดการสูญเสียตัวอย่างตัวอย่างหญ้าทะเลในระหว่างดำเนินการทดลอง โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากตัวอย่างหญ้าทะเลภาคสนาม และห้องปฏิบัติการมาเปรียบเทียบกัน และต้องมีการทดสอบความแม่นยำของสมการ เพื่อหาสมการที่เหมาะสมกับการใช้คำนวณหามวลชีวภาพส่วนเหนือดินในการทดลอง

1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวใบกับน้ำหนักใบของหญ้าทะเลภาคสนาม

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างหญ้าทะเลที่สุ่มเก็บมาจากแหล่งหญ้าทะเล ในบริเวณอ่าวประแสร์ จังหวัดระยอง จำนวน 200 ต้น จำนวนใบรวมทั้งหมด 494 ใบ พบว่า ความยาวใบของหญ้าทะเลมีค่าอยู่ระหว่าง 0.6-12.4 เซนติเมตร ซึ่งมีน้ำหนักเปียกอยู่ในช่วง 0.0001-0.0159 กรัม และมีน้ำหนักแห้งอยู่ในช่วง 0-0.0043 กรัม โดยพบว่าเมื่อหญ้าทะเลมีความยาวน้อยกว่า 1 เซนติเมตร มีน้ำหนักแห้งเป็น 0 คือไม่สามารถตรวจวัดได้ด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความยาวใบของหญ้าทะเลมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับน้ำหนักเปียกของใบหญ้าทะเลในทิศทางเดียวกัน (ภาพที่ 12a) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.8414 และมีสมการเชิงเส้นคือ

$$Y = 0.0011X - 0.0013$$

โดย Y = น้ำหนักเปียกของใบหญ้าทะเล (กรัม)
X = ความยาวใบของหญ้าทะเล (เซนติเมตร)

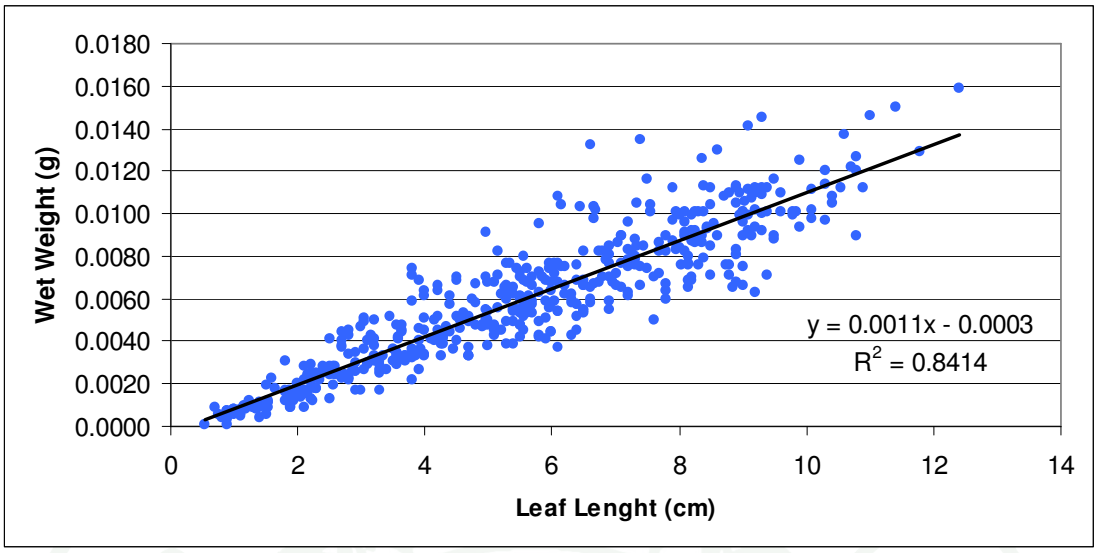
ความยาวใบของหญ้าทะเลมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับน้ำหนักแห้งของใบหญ้าทะเลในทิศทางเดียวกัน (ภาพที่ 12b) เช่นเดียวกับน้ำหนักเปียก โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.9289 และมีสมการเชิงเส้นคือ

$$Y = 0.0003X - 0.0002$$

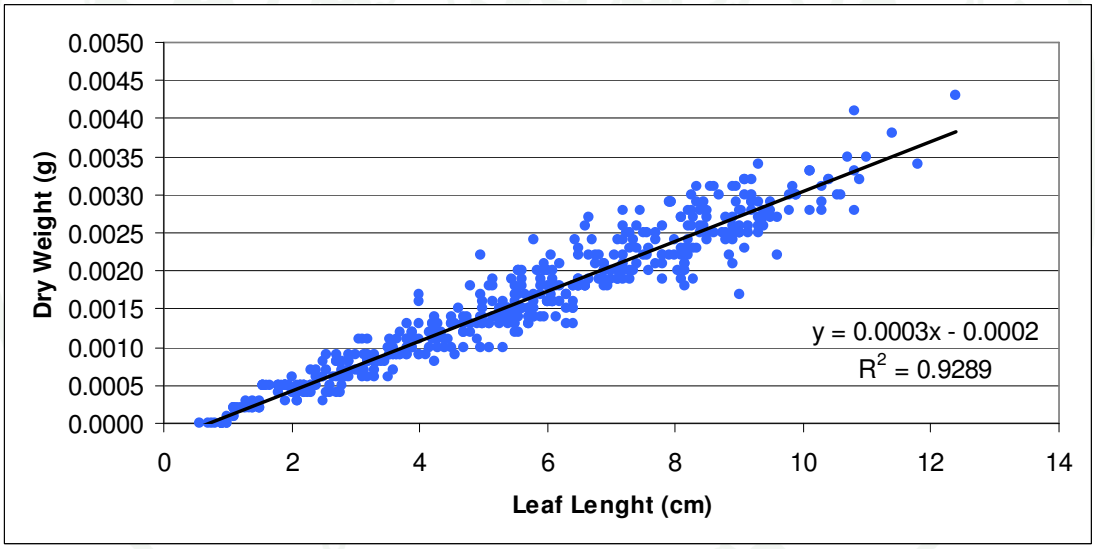
โดย Y = น้ำหนักแห้งของใบหญ้าทะเล (กรัม)
X = ความยาวใบของหญ้าทะเล (เซนติเมตร)

เมื่อความยาวใบของหญ้าทะเลมีค่าน้อย การกระจายของข้อมูลจะไม่มากนัก มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกับเส้นแนวโน้ม ส่วนข้อมูลของใบหญ้าทะเลที่มีความยาวใบสูงขึ้น จะมีการกระจายตัวของข้อมูลค่อนข้างมาก แสดงให้เห็นว่าการกระจายตัวของข้อมูลจะมีค่ามากขึ้นเมื่อความยาวของใบมากขึ้น ซึ่งพบลักษณะนี้ทั้งจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวใบของหญ้าทะเลกับน้ำหนักเปียกและน้ำหนักแห้งของใบหญ้าทะเล เนื่องจากการคิดจากน้ำหนักเปียกจะมีความผิดพลาดของข้อมูลได้มากกว่า เพราะมีปัจจัยเรื่องของปริมาณน้ำซึ่งสามารถมีการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลาและจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ แสดงให้เห็นถึงความยาวใบของหญ้าทะเลมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักแห้งมากกว่าน้ำหนักเปียกของใบหญ้าทะเล ดังนั้นในการคำนวณหามวลชีวภาพของหญ้าทะเลในการทดลองควรคิดเป็นน้ำหนักแห้ง โดยเลือกใช้สมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวใบกับน้ำหนักแห้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



(a)



(b)

ภาพที่ 12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวใบ (เซนติเมตร) ของหญ้าทะเลกับ (a) น้ำหนักเปียก (b) น้ำหนักแห้งของใบหญ้าทะเล (กรัม) จากตัวอย่างหญ้าทะเลภาคสนาม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวใบกับน้ำหนักใบของหญ้าทะเลจากห้องปฏิบัติการ

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างหญ้าชะเงาฝอยที่สุ่มเก็บหลังสิ้นสุดการทดลองที่ 1 และ 2 จำนวนรวม 100 ต้น จำนวนใบรวมทั้งหมด 332 ใบ พบว่า ความยาวใบของหญ้าชะเงาฝอยมีค่าอยู่ระหว่าง 3.0-33.5 เซนติเมตร ซึ่งมีน้ำหนักเปียกอยู่ในช่วง 0.0020-0.0623 กรัม และมีน้ำหนักแห้งอยู่ในช่วง 0.0005-0.0169 กรัม

ความยาวใบของหญ้าชะเงาฝอยมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับน้ำหนักเปียกของใบหญ้าชะเงาฝอยในทิศทางเดียวกัน (ภาพที่ 13a) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.8445 และมีสมการเชิงเส้นคือ

$$Y = 0.0021X - 0.0058$$

โดย Y = น้ำหนักเปียกของใบหญ้าทะเล (กรัม)

X = ความยาวใบของหญ้าทะเล (เซนติเมตร)

ความยาวใบของหญ้าชะเงาฝอยมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักแห้งของใบหญ้าชะเงาฝอยในทิศทางเดียวกัน (ภาพที่ 13b) เช่นเดียวกับน้ำหนักเปียก โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.9137 และมีสมการเชิงเส้นคือ

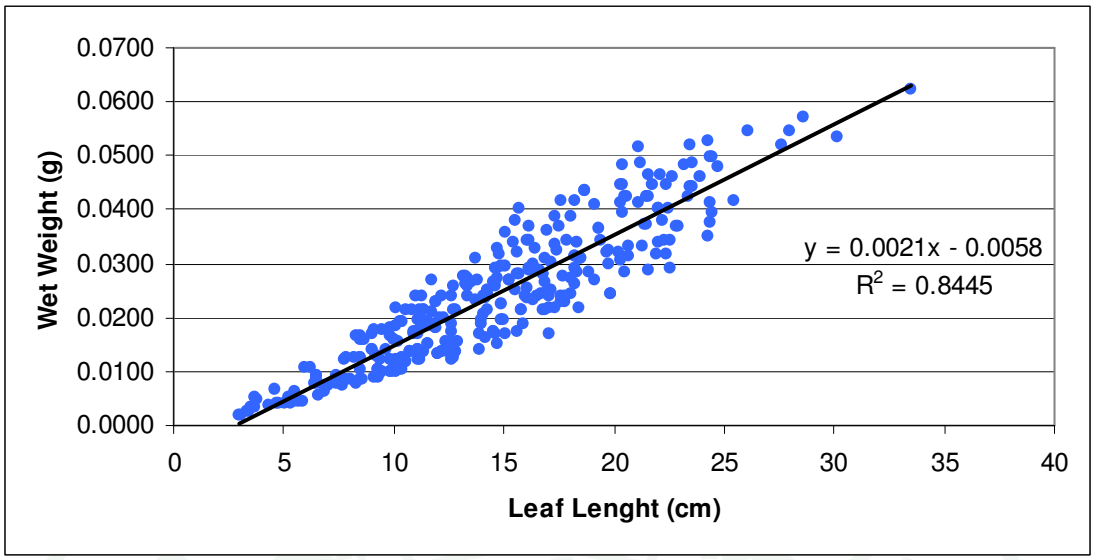
$$Y = 0.0004X - 0.0016$$

โดย Y = น้ำหนักแห้งของใบหญ้าทะเล (กรัม)

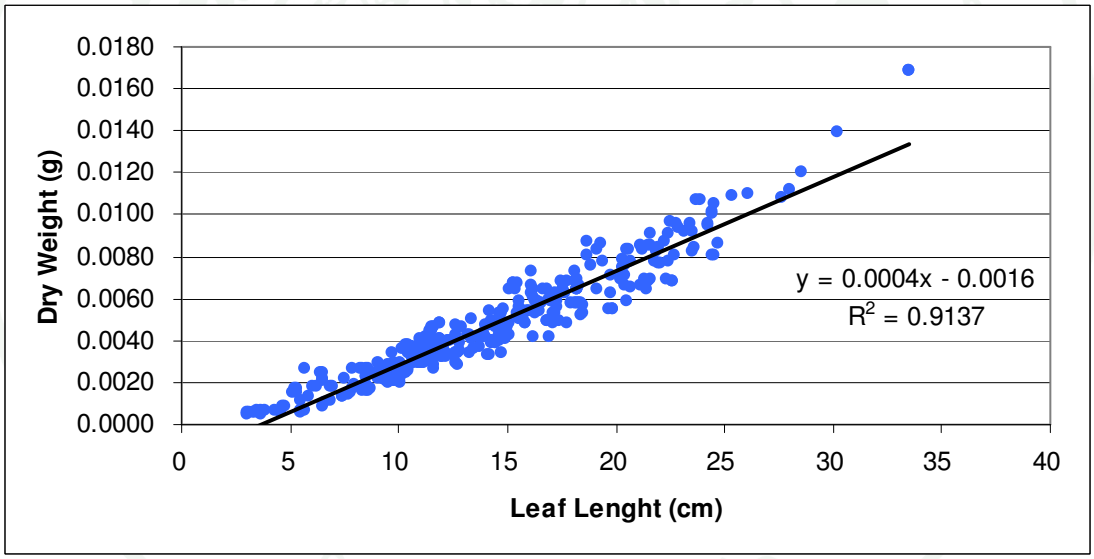
X = ความยาวใบของหญ้าทะเล (เซนติเมตร)

การกระจายตัวของข้อมูลจะมีค่ามากขึ้นเมื่อความยาวของใบมากขึ้น ซึ่งพบลักษณะนี้ทั้งจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวใบของหญ้าทะเลกับน้ำหนักเปียกและน้ำหนักแห้งของใบหญ้าทะเล เช่นเดียวกับที่พบในการวิเคราะห์ตัวอย่างหญ้าทะเลจากภาคสนาม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



(a)



(b)

ภาพที่ 13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวใบ (เซนติเมตร) ของหญ้าทะเลกับ (a) น้ำหนักเปียก (b) น้ำหนักแห้งของใบหญ้าทะเล (กรัม) จากตัวอย่างหญ้าทะเลจากห้องปฏิบัติการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3 การทดสอบความแม่นยำของสมการเส้นตรง

เนื่องจากการหามวลชีวภาพส่วนเหนือดินของหญ้าทะเลระหว่างการทดลอง จะไม่มีการเก็บตัวอย่างหญ้าทะเลขึ้นมาชั่งน้ำหนักโดยตรง แต่จะเป็นการคำนวณมวลชีวภาพส่วนเหนือดินของหญ้าทะเลจากสมการเส้นตรงของที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวใบกับน้ำหนักแห้งของหญ้าทะเล จึงต้องเลือกสมการเส้นตรงที่เหมาะสมในการนำมาใช้คำนวณหาน้ำหนักแห้งของหญ้าทะเล เพื่อให้ได้ค่าของมวลชีวภาพที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

จากการคำนวณหาน้ำหนักแห้งของตัวอย่างหญ้าทะเลที่สุ่มเก็บจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ จำนวนรวม 100 ต้น โดยคำนวณจากสมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวใบกับน้ำหนักแห้งของหญ้าทะเลภาคสนามและหญ้าทะเลในห้องปฏิบัติการ ดังนี้

$$Y = 0.0003X - 0.0002 \quad \text{(ตัวอย่างจากภาคสนาม)}$$

$$Y = 0.0004X - 0.0016 \quad \text{(ตัวอย่างจากห้องปฏิบัติการ)}$$

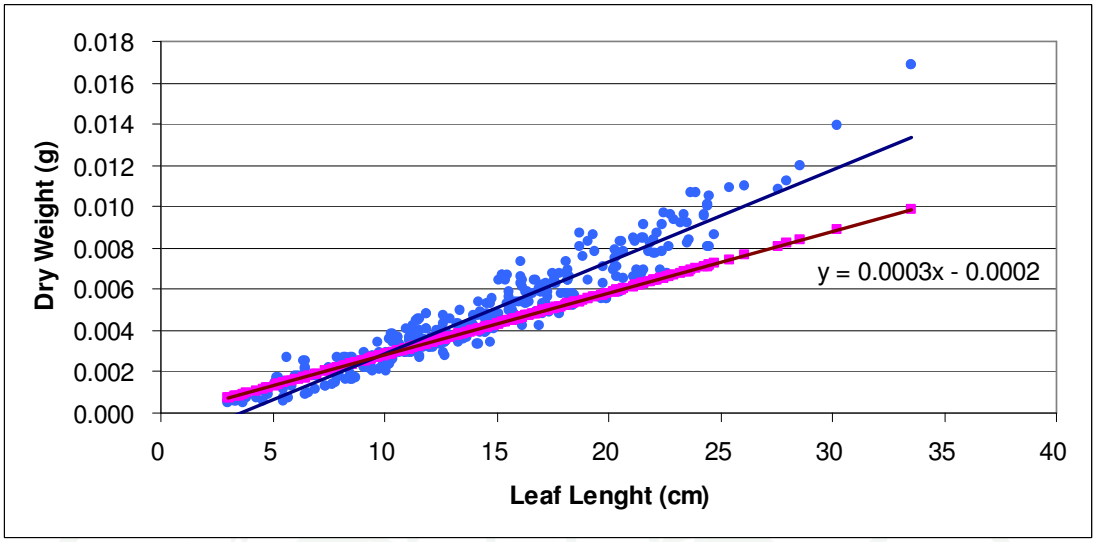
โดย Y = น้ำหนักแห้งของใบหญ้าทะเล (กรัม)

X = ความยาวใบของหญ้าทะเล (เซนติเมตร)

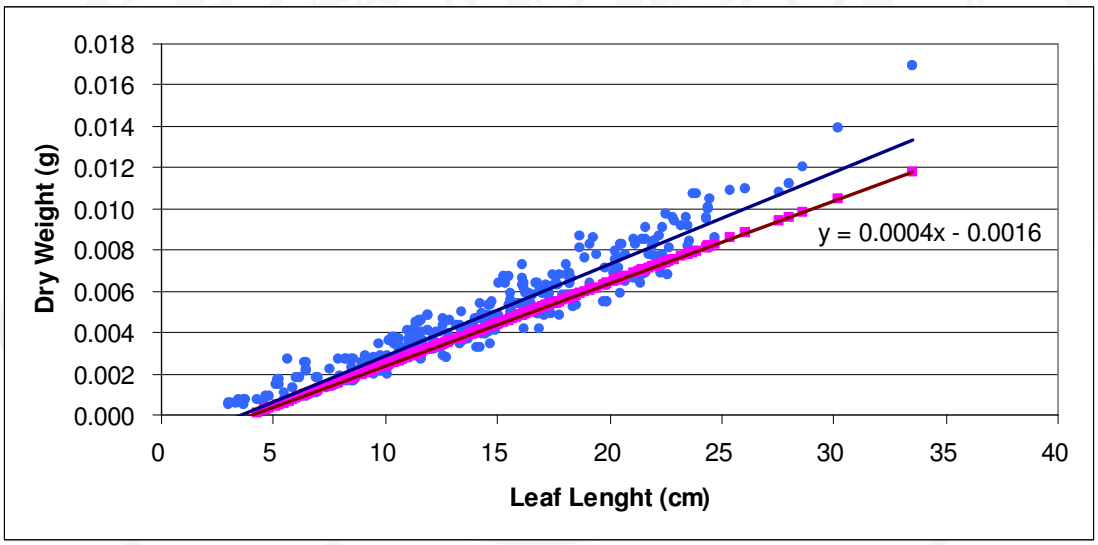
เมื่อคำนวณน้ำหนักแห้งด้วยตัวอย่างหญ้าทะเลที่นำมาทดสอบสมการ โดยใช้สมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวใบกับน้ำหนักแห้งของหญ้าทะเลภาคสนาม พบว่า เมื่อความยาวใบต่ำกว่า 10 เซนติเมตร ค่าที่คำนวณได้มีแนวโน้มสูงกว่าน้ำหนักจริง และเมื่อความยาวของหญ้าทะเลสูงกว่า 10 เซนติเมตร ค่าที่คำนวณได้มีแนวโน้มต่ำกว่าน้ำหนักจริง (ภาพที่ 14a) แต่เมื่อใช้สมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวใบกับน้ำหนักแห้งของหญ้าทะเลจากการทดลอง พบว่า ค่าที่คำนวณได้มีแนวโน้มต่ำกว่าน้ำหนักจริงในทุกช่วงความยาวใบ (ภาพที่ 14b) อย่างไรก็ตาม สมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวใบกับน้ำหนักแห้งของหญ้าทะเลจากการทดลองในห้องปฏิบัติการสามารถใช้ในการคำนวณหาน้ำหนักแห้งได้ใกล้เคียงกับน้ำหนักแห้งจริงมากกว่า ดังนั้นในการคำนวณหามวลชีวภาพของหญ้าทะเลระหว่างการทดลอง จะเลือกใช้สมการ

$$\text{น้ำหนักแห้ง (g)} = (0.0004 \times \text{ความยาวใบ(cm)}) - 0.0016$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



(a)



(b)

ภาพที่ 14 กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างความยาวใบ (เซนติเมตร) กับน้ำหนักแห้ง (กรัม) ที่วิเคราะห์ได้จริงกับน้ำหนักแห้งที่ได้จากการคำนวณ (a) เมื่อใช้สมการเส้นตรงของตัวอย่างภาคสนาม (b) เมื่อใช้สมการเส้นตรงของตัวอย่างจากห้องปฏิบัติการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การศึกษาอิทธิพลของปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนต่อการเติบโตของหญ้าชะเงาฝอย (*Halodule pinifolia*)

จากการทดลองปลูกหญ้าทะเลโดยใช้ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวมในระดับที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ได้ผลการทดลองดังนี้

2.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดินตะกอน (Water Content)

จากการเก็บตัวอย่างดินตะกอนทั้งสิ้น 8 ครั้ง ภายในระยะเวลา 9 เดือน จากกลุ่มทดลองที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวมแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และจากหน่วยทดลองแต่ละระดับที่ไม่มีหญ้าทะเล ได้ข้อมูลดังนี้

ปริมาณน้ำในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 19.41±0.66 ถึง 21.16±0.60 โดยมีค่าสูงสุดในเดือนที่ 8 หลังจากเริ่มทำการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบกับหน่วยทดลองที่ไม่มีหญ้าทะเล พบว่า มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยรวมแล้วหน่วยทดลองที่ไม่มีหญ้าทะเลมีค่าน้อยกว่า มีความแตกต่างกันอยู่ในช่วงร้อยละ 0.01-1.02 (ภาพที่ 15a)

ปริมาณน้ำในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 26.07±0.27 ถึง 27.95±0.74 โดยมีค่าสูงสุดในเดือนที่ 8 หลังจากเริ่มทำการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบกับหน่วยทดลองที่ไม่มีหญ้าทะเล พบว่า โดยรวมแล้วหน่วยทดลองที่ไม่มีหญ้าทะเลมีค่าต่ำกว่า โดยมีความแตกต่างกันอยู่ในช่วงร้อยละ 0.08-1.41 (ภาพที่ 15b)

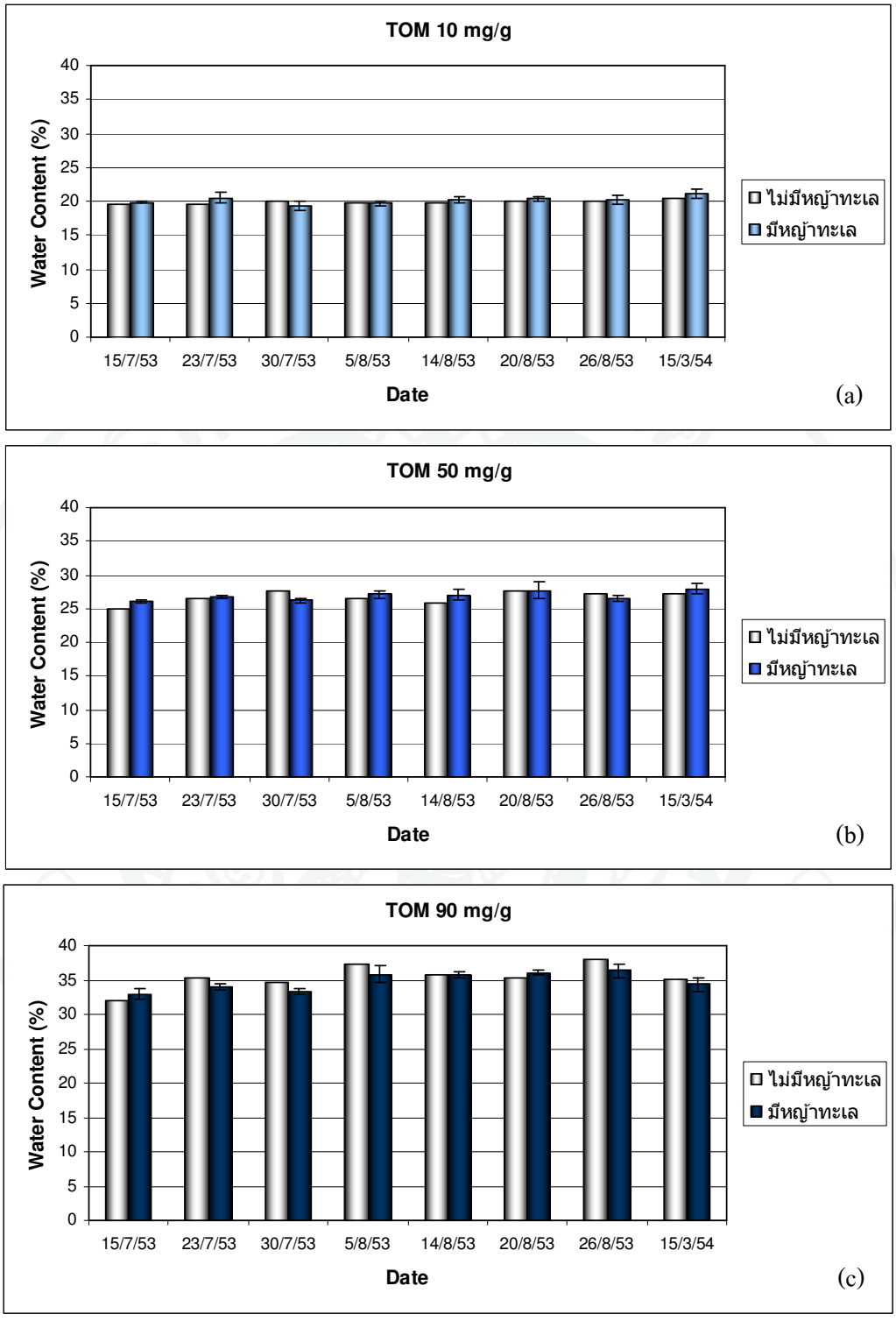
ปริมาณน้ำในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 32.9±0.77 ถึง 36.37±0.95 โดยมีค่าสูงสุดหลังจากเริ่มทำการทดลองเป็นระยะเวลาประมาณ 1 เดือน 2 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่มีหญ้าทะเล พบว่า โดยรวมแล้วหน่วยทดลองที่ไม่มีหญ้าทะเลมีค่าสูงกว่า โดยมีความแตกต่างกันอยู่ในช่วงร้อยละ 0.03-1.69 (ภาพที่ 15c)

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวมแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง พบว่า ปริมาณ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

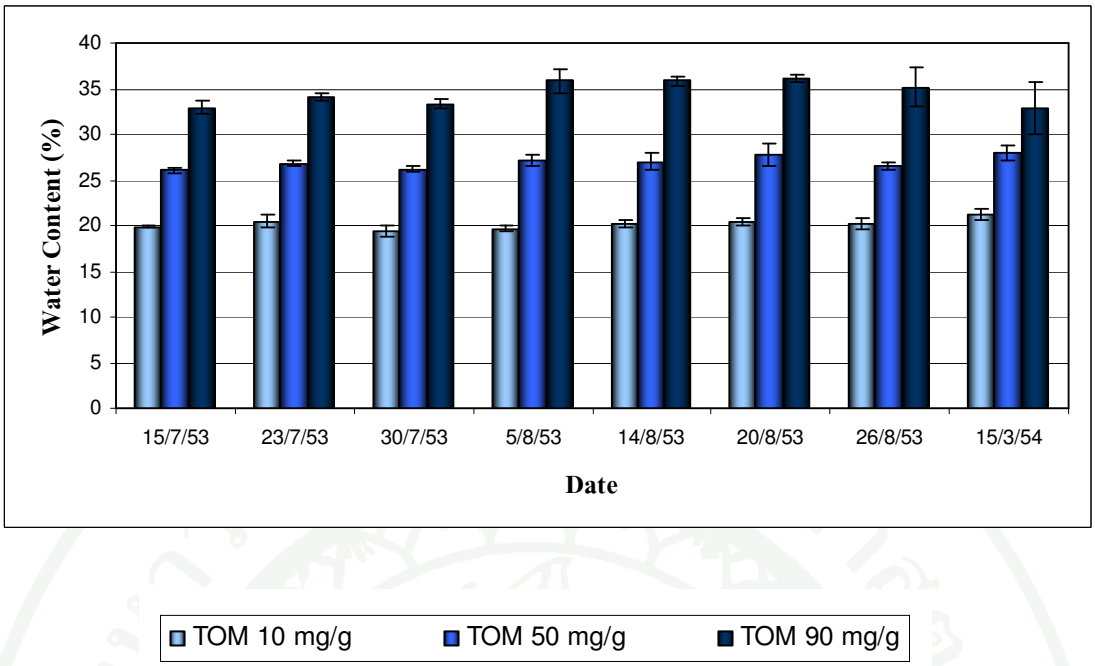
น้ำในดินตะกอนมีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยปริมาณน้ำในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือระดับ 50 และ 10 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปในลักษณะนี้ตลอดการทดลอง (ภาพที่ 16) และเมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ปริมาณน้ำในดินตะกอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลองที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) ตลอดการทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 15 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดินตะกอน (ร้อยละ) ที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม (a) 10 (b) 50 และ (c) 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง เปรียบเทียบระหว่างดินตะกอนที่ไม่มีการปลูกหญ้าทะเลและดินตะกอนที่มีการปลูกหญ้าทะเล (ค่าเฉลี่ย±SD)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 16 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดินตะกอน (ร้อยละ) ที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวมแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ที่มีการปลูกหญ้าทะเล (ค่าเฉลี่ย±SD)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอน (Total Organic Matter)

จากการเก็บตัวอย่างดินตะกอนทั้งสิ้น 8 ครั้ง ภายในระยะเวลา 9 เดือน จากกลุ่มทดลองที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวมแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และจากหน่วยทดลองของแต่ละระดับที่ไม่มีหญ้าทะเล ได้ข้อมูลดังนี้

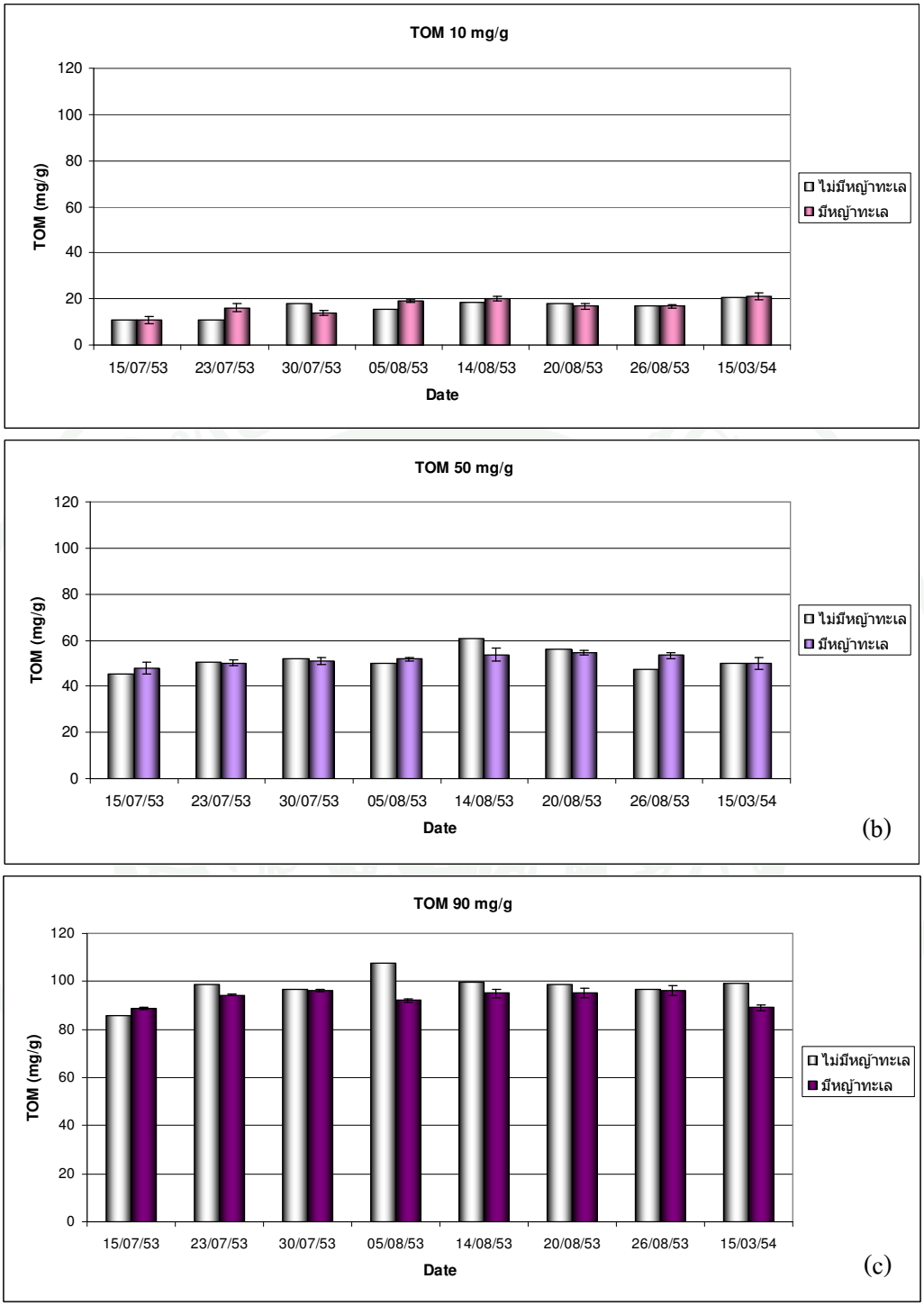
ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวมเริ่มต้น 10 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง มีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 10.91±1.57 ถึง 21.34±1.52 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง โดยมีค่าสูงสุดในเดือนที่ 8 หลังจากเริ่มทำการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบกับหน่วยทดลองที่ไม่มีหญ้าทะเล พบว่าโดยรวมแล้วหน่วยทดลองที่ไม่มีหญ้าทะเลมีค่าต่ำกว่า โดยมีความแตกต่างกันอยู่ในช่วง 0.09-5.41 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 17a)

ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวมเริ่มต้น 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง มีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 48.01±2.71 ถึง 54.59±1.17 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง โดยมีค่าสูงสุดหลังจากเริ่มทำการทดลองเป็นระยะเวลาประมาณ 1 เดือน 1 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกับหน่วยทดลองที่ไม่มีหญ้าทะเล พบว่า โดยรวมแล้วหน่วยทดลองที่ไม่มีหญ้าทะเลมีค่าต่ำกว่า โดยมีความแตกต่างกันอยู่ในช่วง 0-6.76 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 17b)

ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวมเริ่มต้น 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง มีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 88.62±0.49 ถึง 96.32±1.90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง โดยมีค่าสูงสุดหลังจากเริ่มทำการทดลองเป็นระยะเวลาประมาณ 1 เดือน 2 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกับหน่วยทดลองที่ไม่มีหญ้าทะเล พบว่า โดยรวมแล้วหน่วยทดลองที่ไม่มีหญ้าทะเลมีค่าสูงกว่า โดยมีความแตกต่างกันอยู่ในช่วง 0.28-15.66 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 17c)

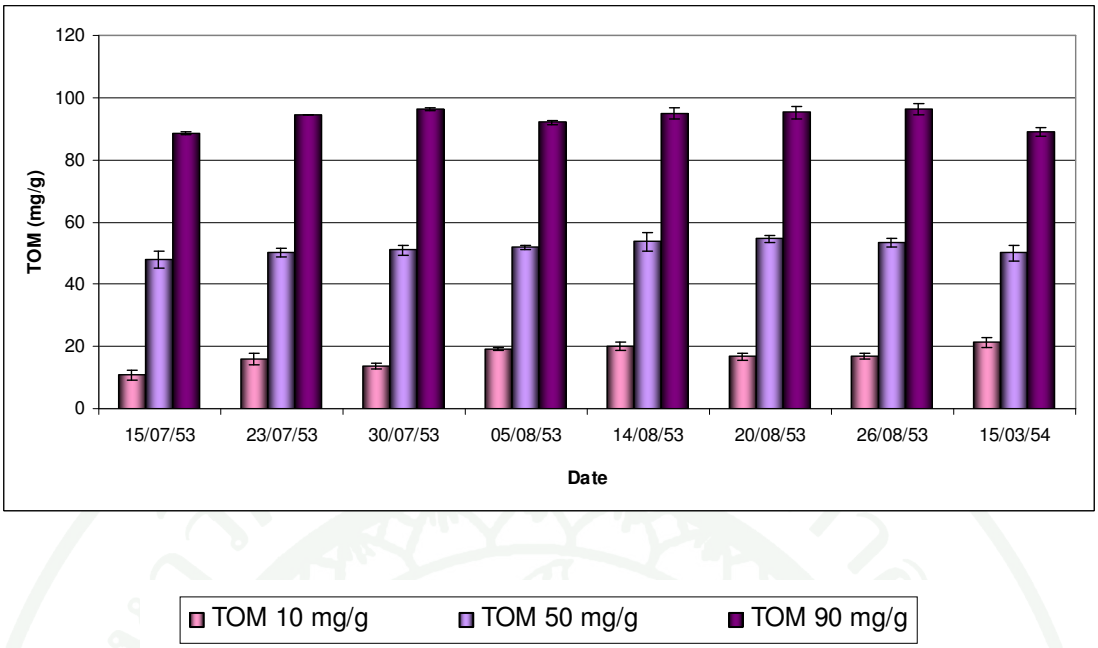
เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวมเริ่มต้นแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง พบว่า แต่ละระดับจะค่อนข้างมีค่าใกล้เคียงกับค่าเริ่มต้น โดยที่ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวมเริ่มต้น 10 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง จะมีความผันแปรมากกว่าระดับอื่น (ภาพที่ 18) เมื่อทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนมีความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 17 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอน (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) ของดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวมเริ่มต้น (a) 10 (b) 50 และ (c) 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง เปรียบเทียบระหว่างดินตะกอนที่ไม่มีการปลูกหญ้าทะเลและดินตะกอนที่มีการปลูกหญ้าทะเล (ค่าเฉลี่ย±SD)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 18 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอน (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) ที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวมเริ่มต้นแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ที่มีการปลูกหญ้าทะเล (ค่าเฉลี่ย±SD)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3 การเปลี่ยนแปลงมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน

จากการเก็บตัวอย่างหญ้าชะเงาฝอยทั้งสิ้น 8 ครั้ง ภายในระยะเวลา 9 เดือน โดยทำการวัดขนาดส่วนเหนือดินและนำข้อมูลมาคำนวณหามวลชีวภาพส่วนเหนือดินของหญ้าชะเงาฝอย พบว่า

มวลชีวภาพส่วนเหนือดินของหญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ใน 4 วันแรกหลังจากเริ่มทำการทดลอง มีค่ามวลชีวภาพส่วนเหนือดินอยู่ในช่วง 2.16±0.31 ถึง 2.36±0.36 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร และเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุด 52.33±2.40 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร ในเดือนที่ 7 คิดเป็นค่าที่เพิ่มขึ้น 50.17 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร จากมวลชีวภาพส่วนเหนือดินเริ่มต้น (ภาพที่ 19)

มวลชีวภาพส่วนเหนือดินของหญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ใน 4 วันแรกหลังจากเริ่มทำการทดลอง มีค่ามวลชีวภาพส่วนเหนือดินอยู่ในช่วง 1.19±0.39 ถึง 1.35±0.18 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร และเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุด 66.00±10.77 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร ในเดือนที่ 7 คิดเป็นค่าที่เพิ่มขึ้น 64.64 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร จากมวลชีวภาพส่วนเหนือดินเริ่มต้น (ภาพที่ 19)

มวลชีวภาพส่วนเหนือดินของหญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ใน 4 วันแรกหลังจากเริ่มทำการทดลอง มีค่ามวลชีวภาพส่วนเหนือดินอยู่ในช่วง 2.66±0.09 ถึง 2.89±0.20 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร และเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุด 66.00±10.77 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร ในเดือนที่ 7 คิดเป็นค่าที่เพิ่มขึ้น 14.38 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร จากมวลชีวภาพส่วนเหนือดินเริ่มต้น (ภาพที่ 19)

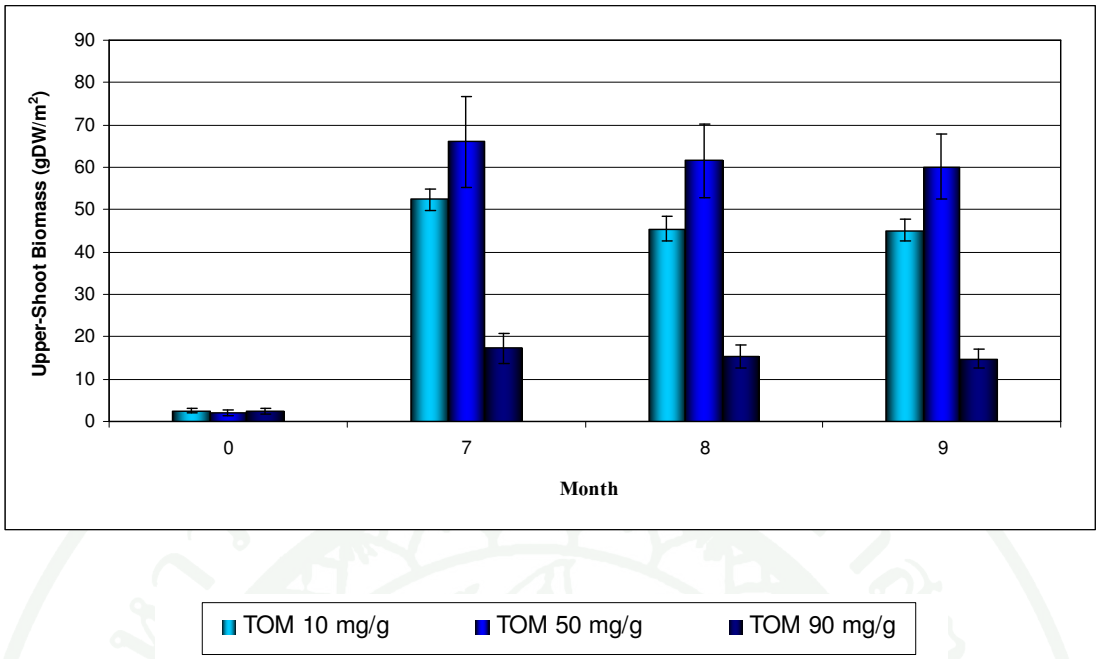
เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบมวลชีวภาพส่วนเหนือดินของหญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวมแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง พบว่า ในช่วง 4 วันแรกหลังจากเริ่มทำการทดลอง พบว่า หญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง มีค่าลดลงเล็กน้อย ในวันที่ 4 หญ้าทะเล มีมวลชีวภาพของส่วนเหนือดินลดลง 0.16 และ 0.23 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร ตามลำดับ ส่วนมวลชีวภาพส่วนเหนือดินของหญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง มีค่าเพิ่มขึ้น 0.12 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อเปรียบเทียบกับมวลชีวภาพส่วนเหนือดินเมื่อเริ่มทำการทดลอง และเพิ่มขึ้นอย่างมากในเดือนที่ 7 ซึ่งมีค่าสูงที่สุด จากนั้นมีค่าลดลงในเดือนที่ 8 และ 9 ในทุกกลุ่มทดลอง

ในเดือนที่ 7, 8 และ 9 มวลชีวภาพส่วนเหนือดินของหญ้าชะเงาฝอย ในทุกกลุ่มทดลองแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยหญ้าทะเลที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง มีมวลชีวภาพส่วนเหนือดินสูงที่สุด และเพิ่มขึ้นจากมวลชีวภาพส่วนเหนือดินเริ่มต้นสูงที่สุด รองลงมาคือหญ้าทะเลที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (ภาพที่ 19) เมื่อทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ พบว่า มวลชีวภาพส่วนเหนือดินของหญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง สูงกว่ากลุ่มที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) และมวลชีวภาพส่วนเหนือดินของหญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ก็มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 90 มิลลิกรัมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) เช่นเดียวกัน ในขณะที่มวลชีวภาพส่วนเหนือดินเมื่อเริ่มต้นทำการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลอง ($p<0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 19 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงมวลชีวภาพส่วนเหนือดินของหญ้าชะเงาฝอย (กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร) เมื่อใช้ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวมแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (ค่าเฉลี่ย±SD)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.4 การเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของจำนวนต้น

จำนวนต้นของหญ้าชะเงาฝอยที่ปรากฏ จะเกี่ยวข้องกับจำนวนต้นหญ้าชะเงาฝอยที่มีการงอกใหม่และจำนวนต้นหญ้าชะเงาฝอยที่ตายไป จากการนับจำนวนต้นของหญ้าชะเงาฝอยทั้งสิ้น 23 ครั้ง ภายในระยะเวลา 9 เดือน ได้ข้อมูลดังนี้

ความหนาแน่นของจำนวนต้นหญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง แบ่งได้เป็นสองช่วงคือ ช่วง 1 เดือน 2 สัปดาห์หลังการทดลอง มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 795±32 ถึง 926±87 ต้นต่อตารางเมตร และช่วงสามเดือนสุดท้ายของการทดลอง มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 2,288±252 ถึง 2,325±242 ต้นต่อตารางเมตร โดยมีค่าสูงสุดในเดือนที่ 7 คิดเป็นค่าที่เพิ่มขึ้นจากเมื่อเริ่มทำการทดลอง 1,422 ต้นต่อตารางเมตร (ภาพที่ 20)

ความหนาแน่นของจำนวนต้นหญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ช่วง 1 เดือน 2 สัปดาห์ หลังการทดลอง มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 461±84 ถึง 914±158 ต้นต่อตารางเมตร ช่วงสามเดือนสุดท้ายของการทดลองมีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 2,823±441 ถึง 2,890±494 ต้นต่อตารางเมตร โดยมีค่าสูงสุดในเดือนที่ 7 คิดเป็นค่าที่เพิ่มขึ้นจากเมื่อเริ่มทำการทดลอง 2,008 ต้นต่อตารางเมตร (ภาพที่ 20)

ความหนาแน่นของจำนวนต้นหญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ช่วง 1 เดือน 2 สัปดาห์ หลังการทดลอง มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 632±158 ถึง 1,062±53 ต้นต่อตารางเมตร ช่วงสามเดือนสุดท้ายของการทดลอง มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 765±116 ถึง 802±126 ต้นต่อตารางเมตร โดยมีค่าสูงสุดเมื่อเริ่มต้นทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง มีความหนาแน่นของจำนวนต้นลดลง 130 ต้นต่อตารางเมตร (ภาพที่ 20)

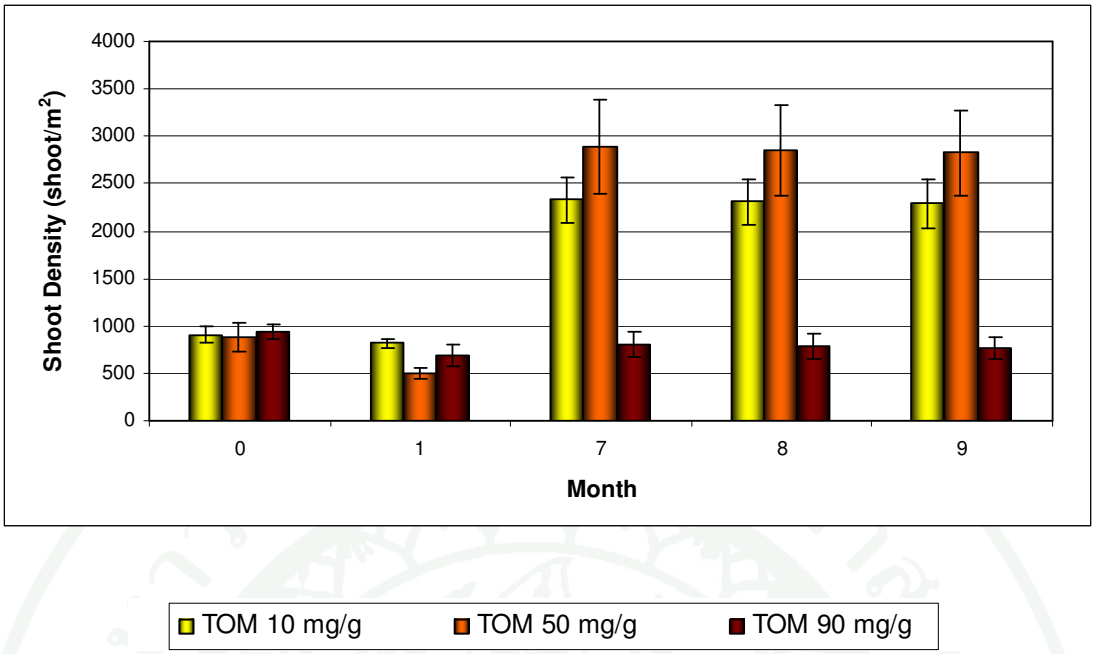
เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบความหนาแน่นของจำนวนต้นของหญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวมแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง พบว่า ในช่วง 1 เดือน 2 สัปดาห์ หลังจากเริ่มทำการทดลอง หญ้าชะเงาฝอยในทุกกลุ่มทดลองมีจำนวนต้นลดลง โดยหญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง มีการลดลงของจำนวนต้นมากที่สุด รองลงมาคือกลุ่มทดลองที่ปลูก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และกลุ่มทดลองที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง หญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10 และ 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง มีความหนาแน่นของจำนวนต้นเพิ่มขึ้นอย่างมากในเดือนที่ 7 ซึ่งมีค่าสูงที่สุด ในขณะที่กลุ่มที่ใช้ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง มีค่าต่ำกว่าเมื่อเริ่มต้นทำการทดลอง จากนั้นความหนาแน่นของจำนวนต้นลดลงในเดือนที่ 8 และ 9 ในทุกกลุ่มทดลอง (ภาพที่ 20)

ในเดือนที่ 7, 8 และ 9 ความหนาแน่นของจำนวนต้นของหญ้าชะเงาฝอย ในทุกกลุ่มทดลองแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยหญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง มีจำนวนต้นสูงที่สุด รองลงมาคือหญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (ภาพที่ 20) โดยเมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ความหนาแน่นของจำนวนต้นหญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) และกลุ่มที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 20 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นหญ้าชะเงาฝอย (ต้นต่อตารางเมตร) เมื่อใช้ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวมแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัม (ค่าเฉลี่ย±SD)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.5 การเปลี่ยนแปลงความยาวใบ

จากการวัดความยาวใบของหญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวมแตกต่างกัน 3 ระดับ โดยการเก็บตัวอย่างทั้งสิ้น 8 ครั้ง ภายในระยะเวลา 9 เดือน นำมาหาความยาวใบเฉลี่ยและความยาวใบรวมต่อต้น ซึ่งความยาวเฉลี่ยคิดจากความยาวใบรวมทั้งหมดที่วัดได้หารด้วยจำนวนใบ ส่วนความยาวใบรวมต่อต้น คิดจากความยาวใบรวมทั้งหมดหารด้วยจำนวนต้น ได้ข้อมูลดังนี้

2.5.1 ความยาวใบเฉลี่ย

ความยาวใบเฉลี่ยของหญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง แบ่งออกเป็นสองช่วง คือ ช่วง 4 วันหลังจากเริ่มทำการทดลอง มีค่าอยู่ในช่วง 6.1±0.2 ถึง 6.3±0.4 เซนติเมตร ช่วง 3 เดือนสุดท้าย มีค่าอยู่ในช่วง 17.8±0.3 ถึง 19.4±0.5 เซนติเมตร โดยมีค่าสูงสุดในเดือนที่ 7 คิดเป็นความยาวใบเฉลี่ยที่สูงขึ้น 13.2 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับความยาวใบเฉลี่ยเริ่มต้น (ภาพที่ 21)

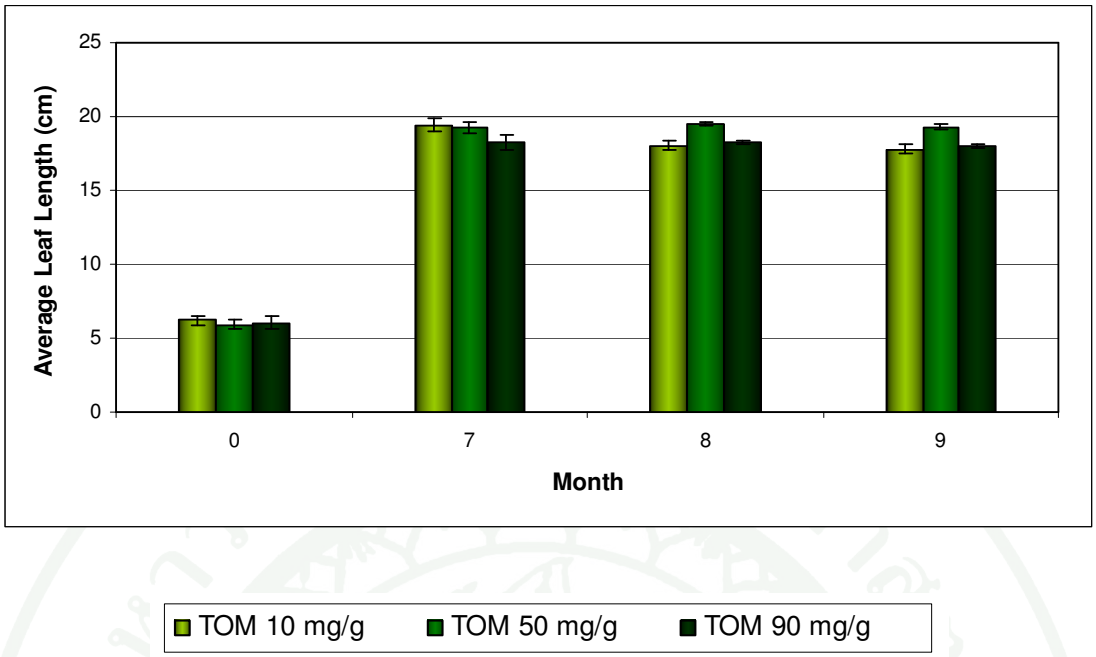
ความยาวใบเฉลี่ยของหญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ในช่วง 4 วันหลังจากเริ่มทำการทดลอง มีค่าอยู่ในช่วง 5.8±0.3 ถึง 6.0±0.4 เซนติเมตร ช่วง 3 เดือนสุดท้าย มีค่าอยู่ในช่วง 19.2±0.4 ถึง 19.5±0.1 เซนติเมตร โดยมีค่าสูงสุดในเดือนที่ 8 คิดเป็นความยาวใบเฉลี่ยที่สูงขึ้น 13.6 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับความยาวใบเฉลี่ยเริ่มต้น (ภาพที่ 21)

ความยาวใบเฉลี่ยของหญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ในช่วง 4 วันหลังจากเริ่มทำการทดลอง มีค่าอยู่ในช่วง 5.9±0.5 ถึง 6.2±0.6 เซนติเมตร ช่วง 3 เดือนสุดท้าย มีค่าอยู่ในช่วง 18.0±0.1 ถึง 18.3±0.1 เซนติเมตร โดยมีค่าสูงสุดในเดือนที่ 8 คิดเป็นความยาวใบเฉลี่ยที่สูงขึ้น 12.4 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับความยาวใบเฉลี่ยเริ่มต้น (ภาพที่ 21)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบความยาวใบเฉลี่ยของหญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวมแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง พบว่า ความยาวใบเฉลี่ยของทุกกลุ่มทดลองในช่วง 4 วันแรกหลังจากเริ่มทำการทดลอง จะมีค่าต่ำกว่าในช่วง 3 เดือนสุดท้าย โดยเมื่อเริ่มทำการทดลองความยาวใบเฉลี่ยของหญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง มีค่าสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นเล็กน้อย แต่ในช่วง 3 เดือนสุดท้าย หญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง สามารถเติบโตได้ดีกว่ากลุ่มอื่น หรือแม้แต่กลุ่มการทดลองที่ใช้ดินตะกอนมีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ก็ตาม โดยในช่วง 3 เดือนสุดท้ายของการทดลอง ความยาวใบเฉลี่ยของหญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง มีค่าเพิ่มขึ้นจากเมื่อเริ่มต้นทดลองสูงที่สุด รองลงมาคือหญ้าชะเงาฝอยชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (ภาพที่ 21) เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ในเดือนที่ 7 ความยาวใบเฉลี่ยของหญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10 และ 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ขณะที่ในเดือนที่ 8 และ 9 ความยาวใบเฉลี่ยของหญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง มีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 21 เปรียบเทียบความยาวใบเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของหญ้าชะเงาฝอย เมื่อใช้ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวมแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (ค่าเฉลี่ย±SD)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.5.2 ความยาวใบรวมต่อต้น

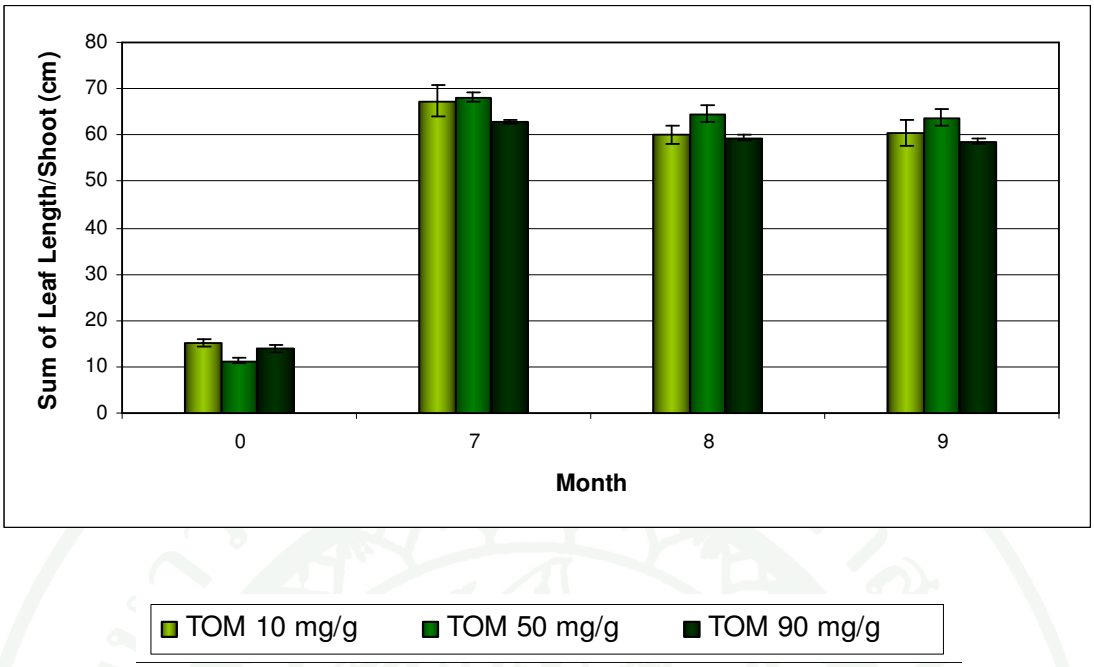
ความยาวใบรวมต่อต้นของหญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง แบ่งออกเป็นสองช่วง คือ ช่วง 4 วันหลังจากเริ่มทำการทดลอง มีค่าอยู่ในช่วง 14.7±1.2 ถึง 15.4±0.8 เซนติเมตร ช่วง 3 เดือนสุดท้าย มีค่าอยู่ในช่วง 60.1±2.0 ถึง 67.4±3.5 เซนติเมตร โดยมีค่าสูงสุดในเดือนที่ 7 คิดเป็นความยาวใบรวมที่เพิ่มขึ้น 52.3 เซนติเมตร จากความยาวใบรวมต่อต้นเมื่อเริ่มต้นการทดลอง (ภาพที่ 22)

ความยาวใบรวมต่อต้นของหญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ในช่วง 4 วันหลังจากเริ่มทำการทดลอง มีค่าอยู่ในช่วง 10.4±0.8 ถึง 11.8±0.5 เซนติเมตร ช่วง 3 เดือนสุดท้าย มีค่าอยู่ในช่วง 63.8±1.8 ถึง 68.3±0.9 เซนติเมตร โดยมีค่าสูงสุดในเดือนที่ 7 คิดเป็นความยาวใบรวมที่เพิ่มขึ้น 57.0 เซนติเมตร จากความยาวใบรวมต่อต้นเมื่อเริ่มต้นการทดลอง (ภาพที่ 22)

ความยาวใบรวมต่อต้นของหญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ในช่วง 4 วันหลังจากเริ่มทำการทดลอง มีค่าอยู่ในช่วง 12.5±2.4 ถึง 13.4±1.0 เซนติเมตร ช่วง 3 เดือนสุดท้าย มีค่าอยู่ในช่วง 58.7±0.5 ถึง 64.4±2.8 เซนติเมตร โดยมีค่าสูงสุดในเดือนที่ 7 คิดเป็นความยาวใบรวมที่เพิ่มขึ้น 57.0 เซนติเมตร จากความยาวใบรวมต่อต้นเมื่อเริ่มต้นการทดลอง (ภาพที่ 22)

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบความยาวใบรวมต่อต้นของหญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวมแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง พบว่า ความยาวใบรวมต่อต้นของทุกกลุ่มทดลองในช่วง 4 วันแรกหลังจากเริ่มทำการทดลอง จะมีค่าต่ำกว่าในช่วง 3 เดือนสุดท้าย โดยเมื่อเริ่มทำการทดลองความยาวใบรวมต่อต้นของหญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง มีค่าสูงกว่ากลุ่มการทดลองอื่นเล็กน้อย แต่ในช่วง 3 เดือนสุดท้าย หญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง มีความยาวใบรวมต่อต้นสูงกว่ากลุ่มอื่น หรือแม้แต่กลุ่มการทดลองที่ใช้ดินตะกอนมีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ก็ตาม แต่ทุกกลุ่มจะมีความยาวใบรวมต่อต้นลดลง ในเดือนที่ 8 และ 9 (ภาพที่ 22)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 22 เปรียบเทียบความยาวใบรวมต่อต้น (เซนติเมตร) ของหญ้าชะเงาฝอย เมื่อใช้ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวมแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (ค่าเฉลี่ย±SD)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.6 จำนวนใบต่อต้น

จากการนับจำนวนใบของต้นหญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวมแตกต่างกัน 3 ระดับ โดยการเก็บตัวอย่าง 8 ครั้ง ภายในระยะเวลา 9 เดือน ได้ผลดังนี้

จำนวนใบต่อต้นของหญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง มีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกัน คือ ในช่วง 4 วันแรก มีจำนวนใบเฉลี่ย 2 ใบ ต่อต้น และมีค่าสูงขึ้นใน 3 เดือนสุดท้าย โดยในเดือน 7 มีจำนวนใบเฉลี่ย 4 ใบ ต่อต้น จากนั้นมีค่าลดลงเป็น 3 ใบต่อต้น ในเดือนที่ 8 และ 9

2.7 ความสัมพันธ์ของข้อมูลจากการวิเคราะห์ทางสถิติ

ทดสอบความสัมพันธ์ของข้อมูลมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน ความหนาแน่นของจำนวนต้น และความยาวใบเฉลี่ยของหญ้าชะเงาฝอย ด้วยสถิติทดสอบ Spearman's rank correlation แบบสองด้าน ได้ข้อมูลดังนี้

มวลชีวภาพส่วนเหนือดินของหญ้าชะเงาฝอย มีความสัมพันธ์กับความยาวใบเฉลี่ยในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ($p<0.01$) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.91 แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของจำนวนต้น ในขณะที่ความหนาแน่นของจำนวนต้นหญ้าชะเงาฝอย ก็ไม่มีมีความสัมพันธ์กับความยาวใบเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p>0.01$)

เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำในดินตะกอนและปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอน ด้วยสถิติทดสอบ Pearson's correlation coefficient แบบสองด้าน พบว่ามีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ($p<0.01$) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.99

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การศึกษาอิทธิพลของปริมาณธาตุอาหารในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนต่อการเติบโตของหญ้า หญ้าชะเงาฝอย (*Halodule pinifolia*)

จากการทดลองปลูกหญ้าทะเลในดินตะกอนที่มีการใส่ปุ๋ย 2 ระดับ คือ 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย ได้ผลการทดลองดังนี้

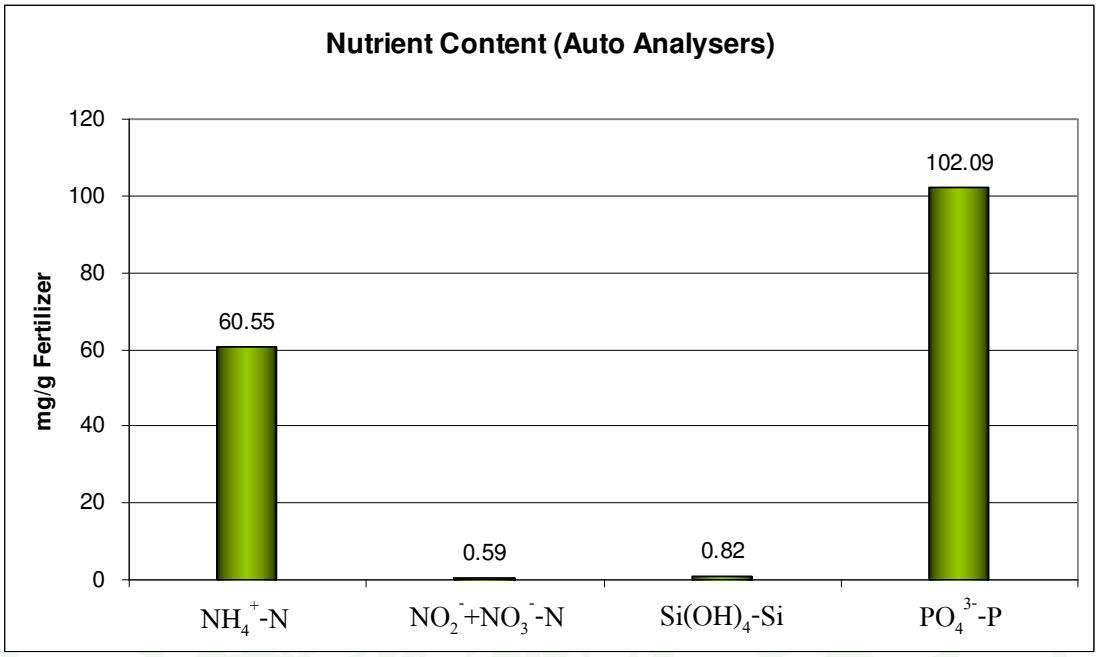
3.1 ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยที่ใช้ในการทดลอง

จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นองค์ประกอบของปุ๋ย ด้วยเครื่องวิเคราะห์ธาตุอาหารอัตโนมัติ พบว่า ในปุ๋ยบัวอัดเม็ด 1 กรัมน้ำหนักแห้ง มีปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ไนไตรท์และไนเตรท-ไนโตรเจน ซิลิเกต-ซิลิคอนและออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส เท่ากับ 60.55, 0.59, 0.82 และ 102.09 มิลลิกรัม ตามลำดับ (ภาพที่ 23a)

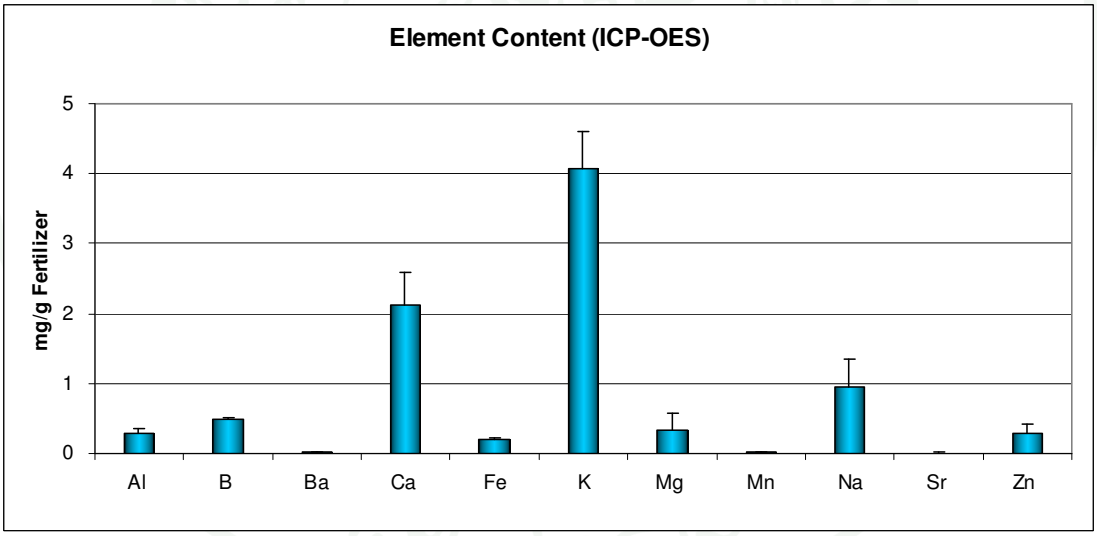
เมื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นองค์ประกอบของปุ๋ย ด้วยเครื่อง Inductively Couple Plasma-Optical Emission Spectrometer (ICP–OES) พบว่า ในปุ๋ยบัวอัดเม็ด 1 กรัมน้ำหนักแห้งมีปริมาณอลูมิเนียม โบรอน แบเรียม แคลเซียม เหล็ก โพแทสเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส โซเดียม, สทรอนเซียมและซิงค์ เท่ากับ 0.29, 0.50, 0.01, 2.88, 0.20, 4.53, 0.34, 0.02, 0.96, 0.01 และ 0.29 มิลลิกรัม ตามลำดับ แต่ไม่พบว่ามีบิสมัท แคดเมียม โคบอลต์ โครเมียม ทองแดง แกลเลียม อินเดียม ลิเทียม และ นิกเกิล เป็นองค์ประกอบ (ภาพที่ 23b)

ในปุ๋ยบัวอัดเม็ดที่นำมาใช้ในการทดลอง 1 กรัมน้ำหนักแห้ง จะมีธาตุอาหารหลักซึ่งได้แก่ แอมโมเนียม-ไนโตรเจน ไนไตรท์และไนเตรท-ไนโตรเจน ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เท่ากับ 60.55, 0.59, 102.09 และ 4.53 มิลลิกรัม ตามลำดับ ดังนั้นกลุ่มทดลองที่มีใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน จะมีปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ไนไตรท์และไนเตรท-ไนโตรเจน ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เท่ากับ 454.13, 4.43, 765.68 และ 33.98 มิลลิกรัม ตามลำดับ ส่วนกลุ่มทดลองที่มีใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีปริมาณเท่ากับ 908.25, 8.85, 1,531.35 และ 67.95 มิลลิกรัม ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



(a)



(b)

ภาพที่ 23 ปริมาณธาตุอาหารที่พบในปุ๋ย 1 กรัมน้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัมต่อกรัม) จากการวิเคราะห์ด้วย (a) เครื่องวิเคราะห์ธาตุอาหารแบบอัตโนมัติ (b) Inductively Couple Plasma-Optical Emission Spectrometer (ICP–OES) (ค่าเฉลี่ย±SD)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอน

จากการเก็บตัวอย่างดินตะกอนทั้งสิ้น 16 ครั้ง ภายในระยะเวลา 20 สัปดาห์ จากกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน และกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนด้วยเครื่องวิเคราะห์ธาตุอาหารแบบอัตโนมัติ ได้ข้อมูลดังนี้

3.2.1 แอมโมเนียม-ไนโตรเจน

ปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนของกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย ตลอดการทดลองมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 1,644.45±51.35 ถึง 4,408.15±72.95 ไมโครโมลาร์ ตลอดการทดลองมีความแปรผันของค่าค่อนข้างมาก โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและมีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 9 คิดเป็นความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น 2,715.80 ไมโครโมลาร์ จากความเข้มข้นเมื่อเริ่มต้นการทดลอง ก่อนจะลดลงอย่างมากจนมีค่าต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 14 หลังจากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นจนสิ้นสุดการทดลองที่ 20 สัปดาห์ (ภาพที่ 24)

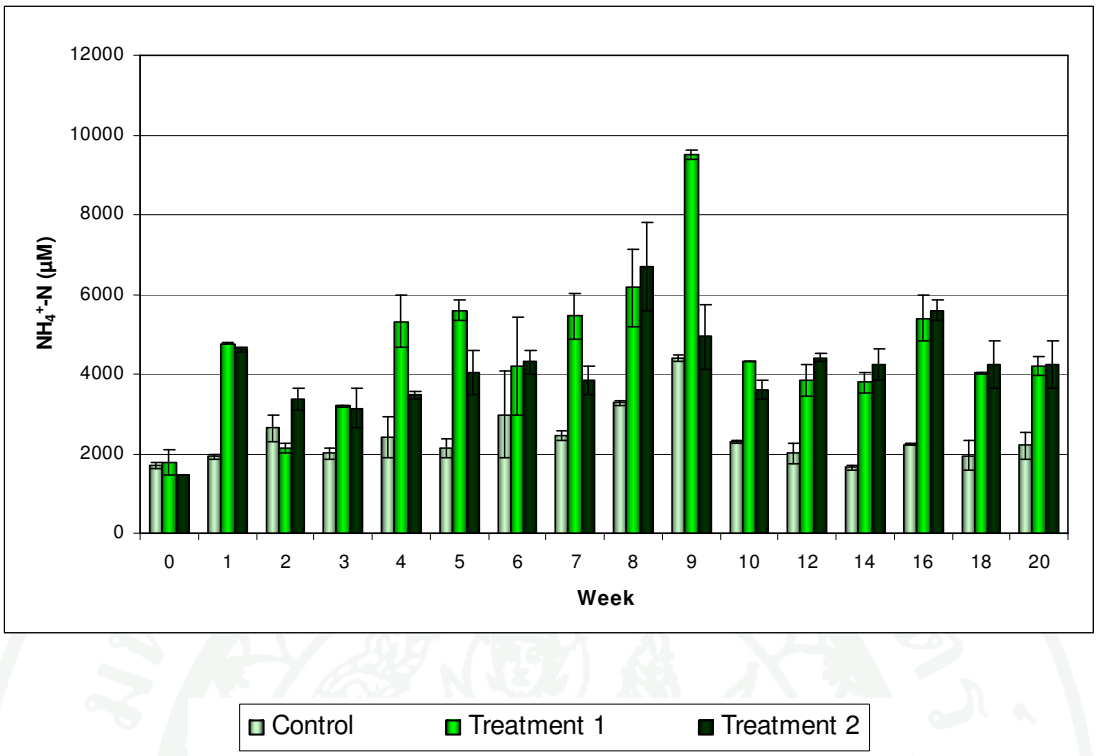
ปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนของกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน ตลอดการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 1,789.41±310 ถึง 9,495.89±116.93 ไมโครโมลาร์ มีค่าต่ำสุดเมื่อเริ่มต้นทดลอง และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 9 ก่อนจะลดลงและเพิ่มขึ้นอีกครั้งในสัปดาห์ที่ 16 ก่อนจะลดลงจนสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 24)

ปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนของกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน ตลอดการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 1,479.39-6,688.63±1,108.57 ไมโครโมลาร์ มีค่าต่ำสุดเมื่อเริ่มต้นทดลอง และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 8 ก่อนจะลดลงจนถึงสัปดาห์ที่ 14 แล้วจึงเพิ่มขึ้นอีกครั้งในสัปดาห์ที่ 16 ก่อนจะลดลงจนสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 24)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนของกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน และกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย พบว่า ทุกกลุ่มทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงแรก และสูงสุดในสัปดาห์ที่ 8-9 หลังจากนั้นจะลดลง โดยกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน จะมีค่าเพิ่มขึ้นอีกครั้งในสัปดาห์ที่ 16 ซึ่งเป็นช่วงหลังจากการใส่ปุ๋ยซ้ำในสัปดาห์ที่ 14 โดยรวมแล้วพบว่า ปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนของกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน และกลุ่มควบคุมตามลำดับ (ภาพที่ 24)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 24 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน (ไมโครโมลาร์) ในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอน เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย (Control) ใส่ปุ๋ย 1.5 กรัม (Treatment 1) และ 3.0 กรัม (Treatment 2) ต่อกิโลกรัมดินตะกอน (ค่าเฉลี่ย±SD)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2.2 ไนไตรท์และไนเตรต-ไนโตรเจน

ปริมาณไนไตรท์และไนเตรต-ไนโตรเจนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนของกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย มีค่าอยู่ในช่วง 21.98±3.68 ถึง 993.14±30.96 ไมโครโมลาร์ มีปริมาณเมื่อเริ่มต้นการทดลองอยู่ที่ 72.07±8.39 ไมโครโมลาร์ จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมากในสัปดาห์ที่ 1 และมีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 2 คิดเป็นความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น 921.07 ไมโครโมลาร์ จากความเข้มข้นเมื่อเริ่มทำการทดลอง โดยในช่วง 3 สัปดาห์แรก มีค่าสูงกว่าในสัปดาห์อื่น แล้วจึงลดลงอย่างมากในสัปดาห์ที่ 4 และมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจนสิ้นสุดการทดลอง โดยมีค่าต่ำสุดอยู่ที่สัปดาห์ที่ 12 (ภาพที่ 25)

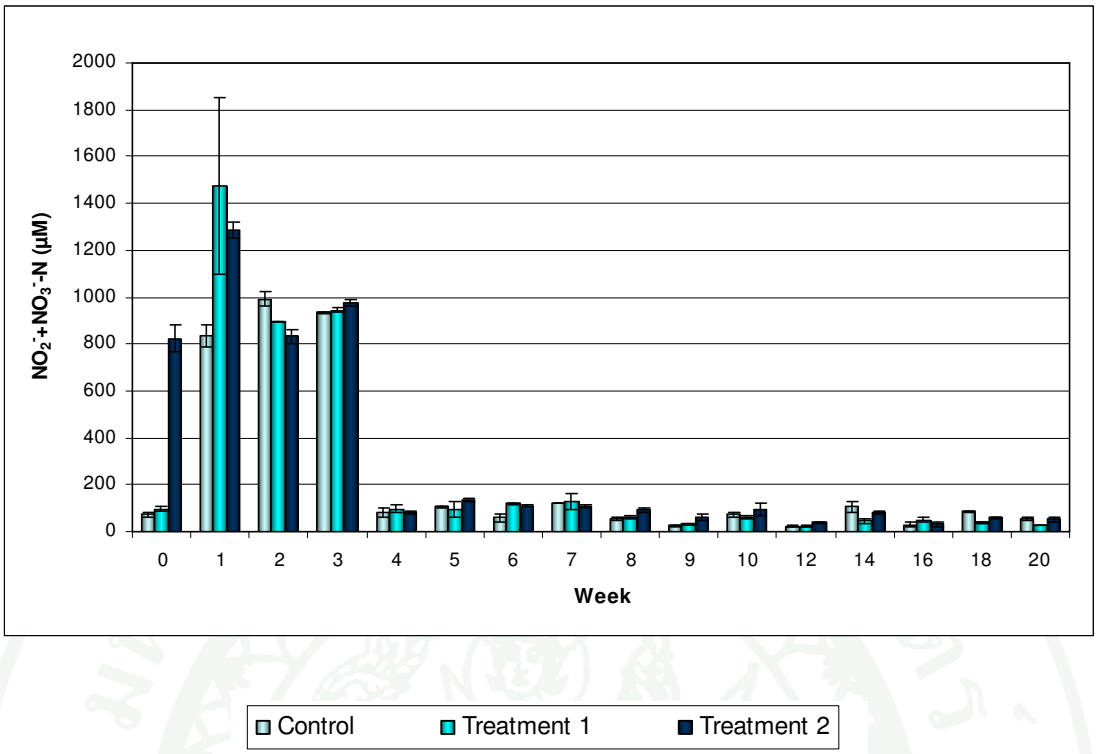
ปริมาณไนไตรท์และไนเตรต-ไนโตรเจนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนของกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีค่าอยู่ในช่วง 22.19±4.16 ถึง 1,474.28±376.52 ไมโครโมลาร์ มีปริมาณเมื่อเริ่มต้นการทดลองอยู่ที่ 97.63±10.60 ไมโครโมลาร์ จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมากในสัปดาห์ที่ 1 ซึ่งเป็นค่าสูงสุด คิดเป็นความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น 1,376.65 ไมโครโมลาร์ จากความเข้มข้นเมื่อเริ่มทำการทดลอง โดยในช่วง 3 สัปดาห์แรก มีค่าสูงกว่าในสัปดาห์อื่น แล้วจึงลดลงอย่างมากในสัปดาห์ที่ 4 และมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจนสิ้นสุดการทดลอง เช่นเดียวกับในกลุ่มควบคุม โดยมีค่าต่ำสุดอยู่ที่สัปดาห์ที่ 12 (ภาพที่ 25)

ปริมาณไนไตรท์และไนเตรต-ไนโตรเจนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนของกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีค่าอยู่ในช่วง 31.36±9.34 ถึง 1,286.89±36.22 ไมโครโมลาร์ มีปริมาณเมื่อเริ่มต้นการทดลอง 824.23 ไมโครโมลาร์ จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 1 ซึ่งเป็นค่าสูงสุด คิดเป็นความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น 462.66 ไมโครโมลาร์ จากความเข้มข้นเมื่อเริ่มทำการทดลอง โดยในช่วง 3 สัปดาห์แรก มีค่าสูงกว่าในสัปดาห์อื่น แล้วจึงลดลงอย่างมากในสัปดาห์ที่ 4 และมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจนสิ้นสุดการทดลอง เช่นเดียวกับในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน โดยมีค่าต่ำสุดอยู่ที่สัปดาห์ที่ 16 (ภาพที่ 25)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรท์และไนเตรต-ไนโตรเจนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนของกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน และกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย พบว่า ทุกกลุ่มทดลองมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกัน คือ มีค่าสูงใน 3 สัปดาห์แรก โดยในสัปดาห์ที่ 1 กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม หลังจากนั้นจะมีค่าลดลงอย่างมากในสัปดาห์ที่ 4 และมีค่าเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจนสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 25)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 25 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนไตรท์และไนเตรต-ไนโตรเจน (ไมโครโมลาร์) ในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอน เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย (Control) ใส่ปุ๋ย 1.5 กรัม (Treatment 1) และ 3.0 กรัม (Treatment 2) ต่อกิโลกรัมดินตะกอน (ค่าเฉลี่ย±SD)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2.3 ซิลิเกต-ซิลิคอน

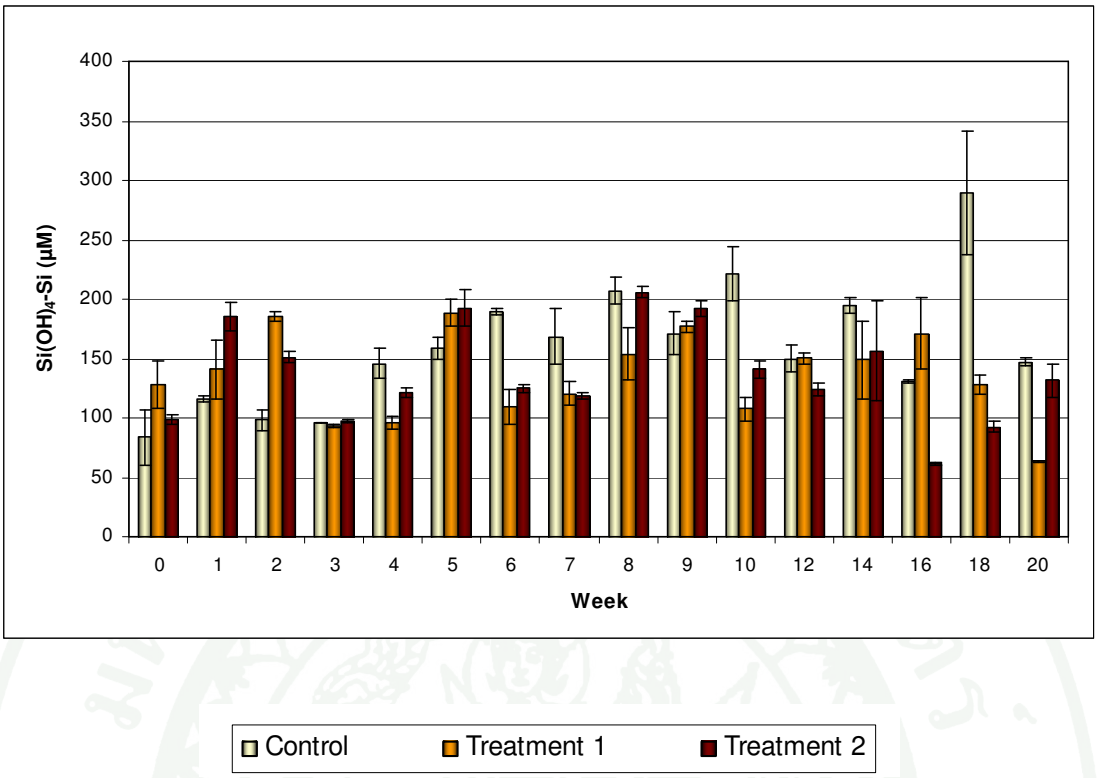
ปริมาณซิลิเกต-ซิลิคอนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนของกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 83.35±20.52 ถึง 289.17±51.50 ไมโครโมลาร์ มีค่าต่ำสุดเมื่อเริ่มต้นการทดลอง จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงเป็นระยะ โดยมีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 18 คิดเป็นความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น 205.82 ไมโครโมลาร์ จากความเข้มข้นเมื่อเริ่มต้นทำการทดลอง (ภาพที่ 26)

ปริมาณซิลิเกต-ซิลิคอนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนของกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 63.59±0.85 ถึง 188.19±11.49 ไมโครโมลาร์ มีปริมาณเมื่อเริ่มต้นการทดลองอยู่ที่ 127.90 ไมโครโมลาร์ จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงอีกครั้งในสัปดาห์ที่ 3 เช่นเดียวกับในกลุ่มควบคุม จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงเป็นระยะ โดยมีค่าสูงสุดอยู่ในสัปดาห์ที่ 8 คิดเป็นความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น 60.29 ไมโครโมลาร์ จากความเข้มข้นเมื่อเริ่มต้นทำการทดลอง (ภาพที่ 26)

ปริมาณซิลิเกต-ซิลิคอนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนของกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 61.21±0.96 ถึง 205.84±4.34 ไมโครโมลาร์ มีปริมาณเมื่อเริ่มต้นการทดลองอยู่ที่ 98.41 ไมโครโมลาร์ จากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นและลดลงอีกครั้งในสัปดาห์ที่ 3 เช่นเดียวกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน ซึ่งมีค่าสูงในสัปดาห์ที่ 8 คิดเป็นความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น 107.43 ไมโครโมลาร์ จากความเข้มข้นเมื่อเริ่มต้นทำการทดลอง (ภาพที่ 26)

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณซิลิเกต-ซิลิคอนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนของกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน และกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย พบว่า ทุกกลุ่มทดลองมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงตลอดการทดลอง โดยมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจน โดยรวมแล้วปริมาณซิลิเกต-ซิลิคอนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนของกลุ่มควบคุม มีค่ามากกว่ากลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย ซึ่งพบลักษณะนี้ได้ในหลายสัปดาห์ แต่ในช่วง 2 สัปดาห์แรก กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยมีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุม (ภาพที่ 26)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 26 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณซิลิเกต-ซิลิคอน (ไมโครโมลาร์) ในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอน เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย (Control) ใส่ปุ๋ย 1.5 กรัม (Treatment 1) และ 3.0 กรัม (Treatment 2) ต่อกิโลกรัมดินตะกอน (ค่าเฉลี่ย±SD)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2.4 ออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส

ปริมาณออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนของกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย มีค่าอยู่ในช่วง nd-63.86±0.13 ไมโครโมลาร์ เริ่มต้นการทดลองมีค่าเท่ากับ 19.97±3.19 ไมโครโมลาร์ มีค่าต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 12 โดยที่ในช่วงสัปดาห์แรกจะมีค่าต่ำ จากนั้นสูงขึ้นในสัปดาห์ที่ 2 ซึ่งเป็นค่าสูงสุด คิดเป็นความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น 43.89 ไมโครโมลาร์ จากความเข้มข้นเมื่อเริ่มทำการทดลอง แล้วจึงลดต่ำลงก่อนจะสูงขึ้นอีกครั้งในสัปดาห์ที่ 7 จากนั้นมีการลดลงอย่างต่อเนื่อง ใน 4 สัปดาห์สุดท้ายจึงมีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (ภาพที่ 27)

ปริมาณออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนของกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีค่าอยู่ในช่วง 15.41±5.20 ถึง 197.70±46.36 ไมโครโมลาร์ ซึ่งมีค่าต่ำสุดเมื่อเริ่มต้นการทดลอง จากนั้นมีค่าเพิ่มสูงขึ้นและมีค่าสูงสุดในสัปดาห์แรก คิดเป็นความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น 182.29 ไมโครโมลาร์ จากความเข้มข้นเมื่อเริ่มทำการทดลอง จากนั้นลดลงอย่างมากอย่างต่อเนื่อง โดยมีค่าเพิ่มขึ้นอีกครั้งในสัปดาห์ที่ 8-9 จากนั้นลดลงและมีค่าสูงขึ้นอย่างมากในสัปดาห์ที่ 16 แล้วจึงลดลง (ภาพที่ 27)

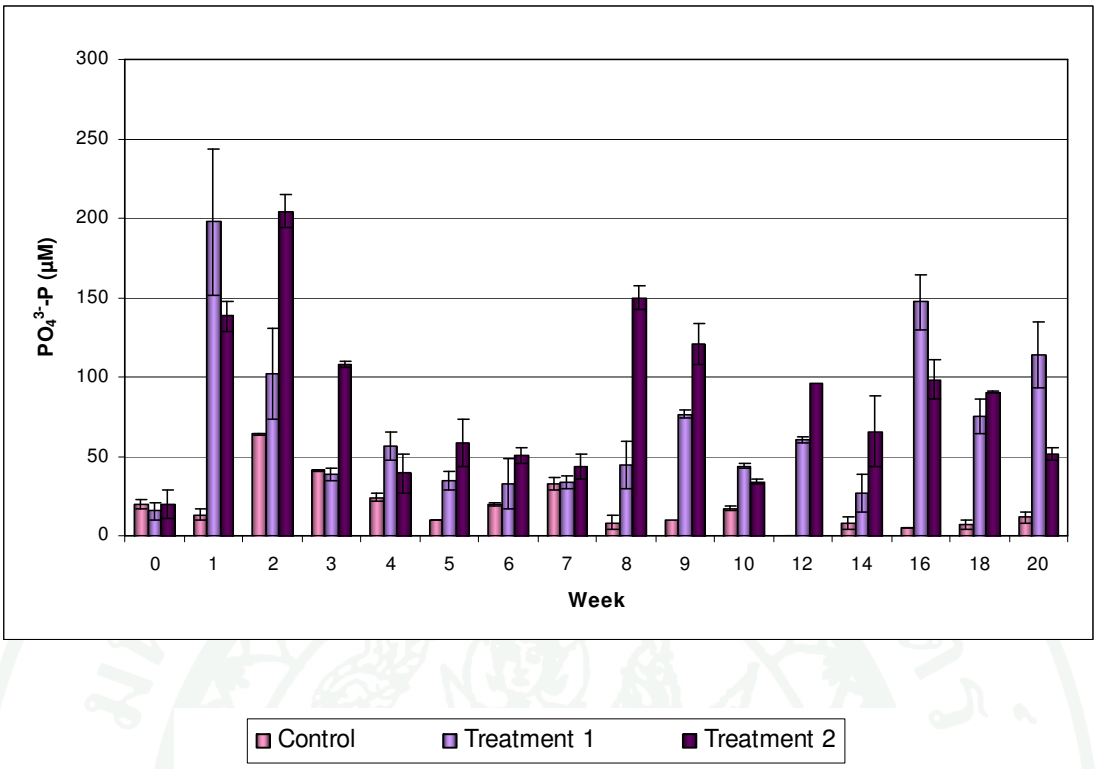
ปริมาณออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนของกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีค่าอยู่ในช่วง 19.67±8.66 ถึง 204.21±10.61 ไมโครโมลาร์ ซึ่งมีค่าต่ำสุดเมื่อเริ่มต้นการทดลอง ในช่วงสองสัปดาห์แรกจะมีสูงมาก โดยมีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 2 คิดเป็นความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น 184.54 ไมโครโมลาร์ จากความเข้มข้นเมื่อเริ่มทำการทดลอง จากนั้นมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง และมีค่าสูงอีกครั้งในสัปดาห์ที่ 8-9 จากนั้นลดลงและมีค่าสูงอีกครั้งในสัปดาห์ที่ 16 และลดลงจนสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 27)

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนของกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน และกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย พบว่า โดยรวมแล้วปริมาณออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนของกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน และกลุ่มควบคุม ตามลำดับ โดยมีปริมาณค่อนข้างสูงใน 2 สัปดาห์แรก จากนั้นจะลดลงและมีการเพิ่มขึ้นอีกครั้งในช่วงท้ายการทดลอง โดยสัปดาห์ที่ 1 กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีค่าสูงกว่ากลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน อย่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เด่นชัด ในขณะที่ สัปดาห์ที่ 2 กลุ่มที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน กลับมีค่ามากกว่า และในสัปดาห์ที่ 16 ซึ่งเป็นช่วงหลังจากมีการใส่ปุ๋ยซ้ำในสัปดาห์ที่ 14 กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยทั้งสองกลุ่ม มีความเข้มข้นสูงขึ้น ในขณะที่กลุ่มควบคุมมีความเข้มข้นต่ำมาก (ภาพที่ 27)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 27 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (ไมโครโมลาร์) ในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอน เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย (Control) ใส่ปุ๋ย 1.5 กรัม (Treatment 1) และ 3.0 กรัม (Treatment 2) ต่อกิโลกรัมดินตะกอน (ค่าเฉลี่ย±SD)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในน้ำ

จากการเก็บตัวอย่างน้ำทั้งสิ้น 4 ครั้ง ภายในระยะเวลา 20 สัปดาห์ จากกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน และกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารในน้ำด้วยเครื่องวิเคราะห์ธาตุอาหารแบบอัตโนมัติ ได้ข้อมูลดังนี้

3.3.1 ปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน

ปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในน้ำของทุกกลุ่มทดลองมีปริมาณเริ่มต้น 41.42 ไมโครโมลาร์ โดยกลุ่มควบคุมมีค่าอยู่ในช่วง 23.16-49.16 ไมโครโมลาร์ ซึ่งมีค่าต่ำสุดและสูงสุด ในสัปดาห์ที่ 16 และ 20 ตามลำดับ กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีค่าอยู่ในช่วง 25.05-68.07 ไมโครโมลาร์ ซึ่งมีค่าต่ำสุดและสูงสุด ในสัปดาห์ที่ 20 และ 16 ตามลำดับ และกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในน้ำอยู่ในช่วง 41.42-55.30 ไมโครโมลาร์ ซึ่งมีค่าต่ำสุดและสูงสุด เมื่อเริ่มต้นการทดลอง และ สัปดาห์ที่ 16 ตามลำดับ โดยในสัปดาห์ที่ 9 และ 16 ปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในน้ำของกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน แต่ในสัปดาห์สุดท้ายกลุ่มควบคุมมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน (ภาพที่ 28)

3.3.2 ปริมาณไนไตรท์และไนเตรต-ไนโตรเจน

ปริมาณไนไตรท์และไนเตรต-ไนโตรเจนในน้ำของทุกกลุ่มทดลองมีค่าสูงสุดเมื่อเริ่มต้นการทดลอง ซึ่งมีค่า 25.19 ไมโครโมลาร์ และมีค่าลดลงอย่างมากในสัปดาห์ที่ 9 จนถึงสิ้นสุดการทดลอง โดยค่าต่ำสุดของกลุ่มควบคุมอยู่ในสัปดาห์ที่ 20 มีค่าเท่ากับ 2.44 ไมโครโมลาร์ ส่วนกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีค่าต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 9 มีค่าเท่ากับ 2.18 ไมโครโมลาร์ และกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีค่าต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 16 มีค่าเท่ากับ 0.67 ไมโครโมลาร์ (ภาพที่ 29)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

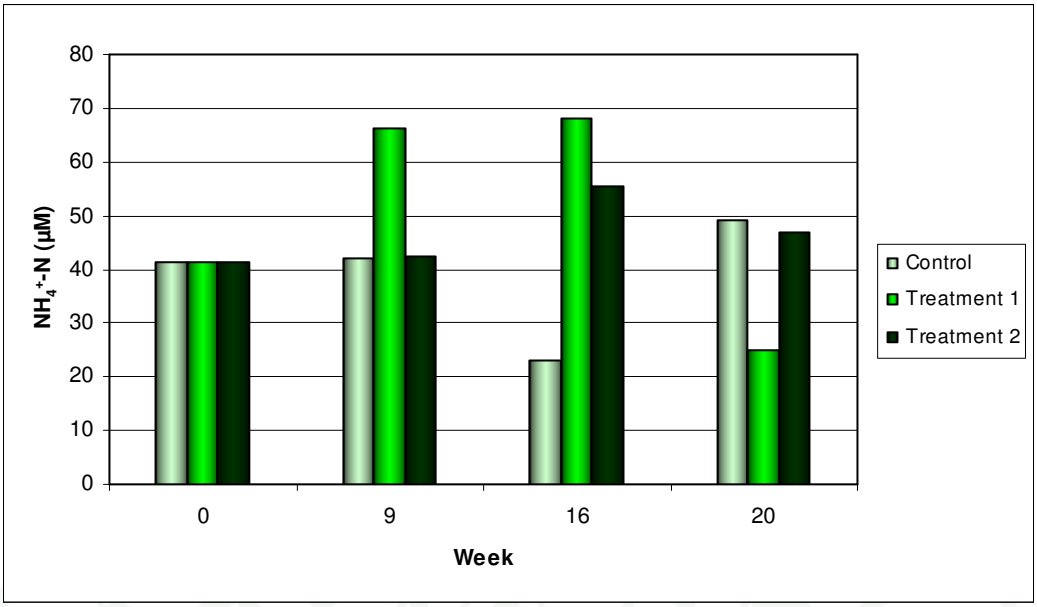
3.3.3 ปริมาณซิลิเกต-ซิลิคอน

ปริมาณซิลิเกต-ซิลิคอนในน้ำของทุกกลุ่มทดลอง มีปริมาณเริ่มต้นเท่ากับ 47.82 ไมโครโมลาร์ โดยกลุ่มควบคุมมีค่าอยู่ในช่วง 15.16-71.99 ไมโครโมลาร์ ซึ่งมีค่าต่ำสุดและสูงสุดในสัปดาห์ที่ 16 และ 9 ตามลำดับ กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีค่าอยู่ในช่วง 9.91-73.74 ไมโครโมลาร์ ซึ่งมีค่าต่ำสุดและสูงสุด ในสัปดาห์ที่ 20 และ 9 ตามลำดับ เช่นเดียวกับกลุ่มควบคุม ส่วนกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีปริมาณซิลิเกต-ซิลิคอนในน้ำอยู่ในช่วง 11.95-71.40 ไมโครโมลาร์ ซึ่งมีค่าต่ำสุดและสูงสุด ในสัปดาห์ที่ 16 และสัปดาห์ที่ 9 ตามลำดับ โดยในสัปดาห์ที่ 9 และ 16 กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีค่ามากที่สุด โดยเฉพาะในสัปดาห์ที่ 16 ซึ่งมีค่าสูงกว่าอีก 2 กลุ่มมาก แต่ในสัปดาห์สุดท้าย พบว่า กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีค่ามากที่สุด รองลงมาคือกลุ่มควบคุม (ภาพที่ 30)

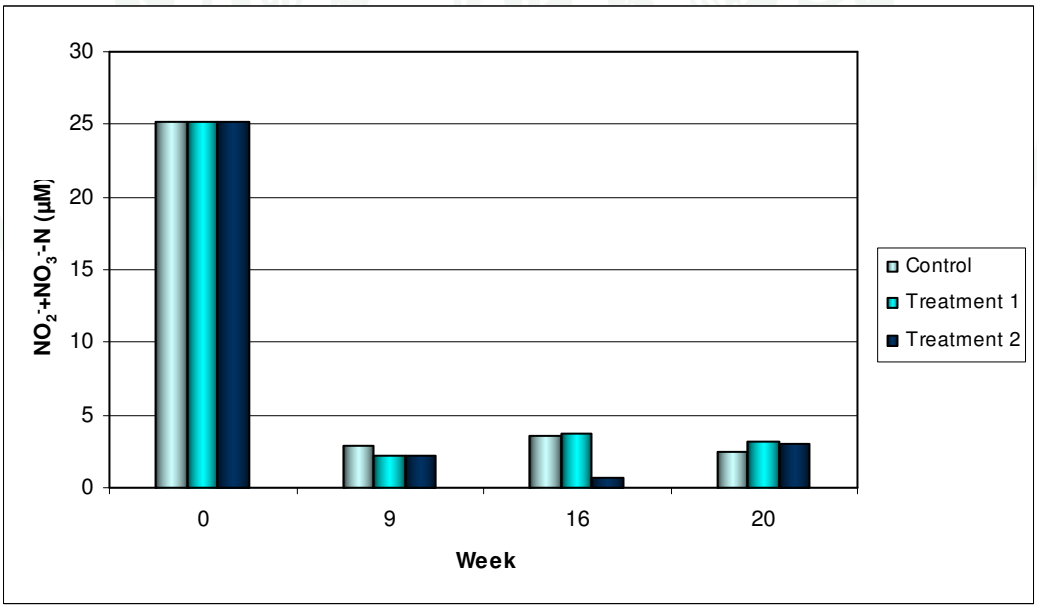
3.3.4 ปริมาณออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส

ปริมาณออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในน้ำของทุกกลุ่มทดลองมีค่าสูงสุดเมื่อเริ่มต้นการทดลอง ซึ่งมีค่า 1.50 ไมโครโมลาร์ โดยกลุ่มควบคุมมีค่าอยู่ในช่วง 0.73-5.52 ไมโครโมลาร์ ซึ่งมีค่าต่ำสุดและสูงสุด ในสัปดาห์ที่ 9 และ 20 ตามลำดับ กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีค่าอยู่ในช่วง 1.50-62.49 ไมโครโมลาร์ ซึ่งมีค่าต่ำสุดและสูงสุด เมื่อเริ่มต้นการทดลอง และสัปดาห์ที่ 16 ตามลำดับ ส่วนกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีปริมาณออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในน้ำอยู่ในช่วง 1.50-30.96 ไมโครโมลาร์ ซึ่งมีค่าต่ำสุดและสูงสุด ในสัปดาห์ที่ 9 และ 20 ตามลำดับ โดยในสัปดาห์ที่ 16 และ 20 กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีค่ามากที่สุดอย่างเห็นได้ชัด รองลงมาคือ กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน (ภาพที่ 31)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

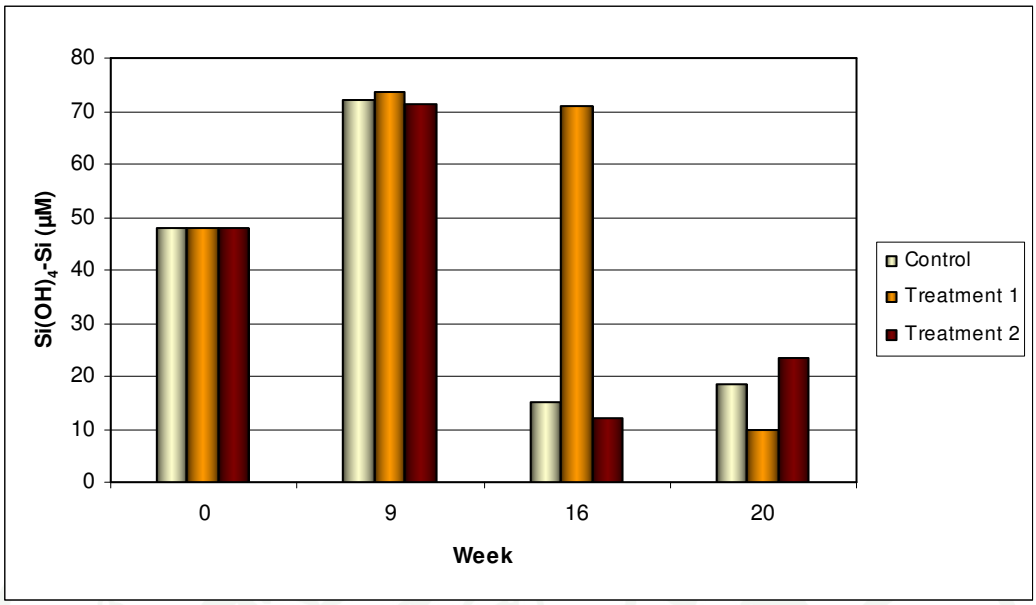


ภาพที่ 28 ปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในน้ำ (ไมโครโมลาร์) เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย (Control) ใส่ปุ๋ย 1.5 กรัม (Treatment 1) และ 3.0 กรัม (Treatment 2) ต่อกิโลกรัมดินตะกอน

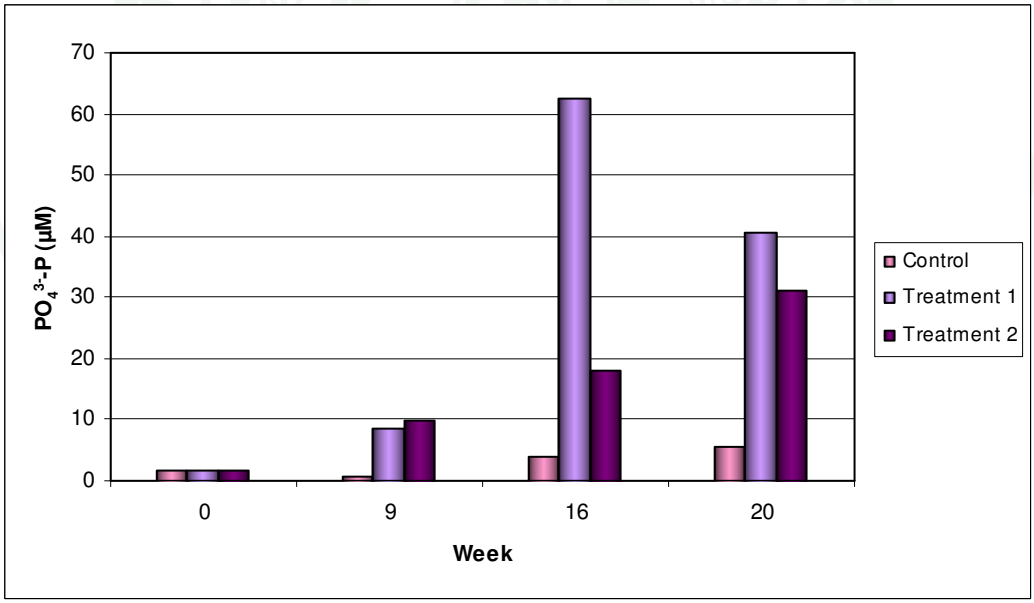


ภาพที่ 29 ปริมาณไนไตรท์และไนเตรต-ไนโตรเจนในน้ำ (ไมโครโมลาร์) เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย (Control) ใส่ปุ๋ย 1.5 กรัม (Treatment 1) และ 3.0 กรัม (Treatment 2) ต่อกิโลกรัมดินตะกอน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 30 ปริมาณซิลิเกต-ซิลิคอนในน้ำ (ไมโครโมลาร์) เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย (Control) ใส่ปุ๋ย 1.5 กรัม (Treatment 1) และ 3.0 กรัม (Treatment 2) ต่อกิโลกรัมดินตะกอน



ภาพที่ 31 ปริมาณออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในน้ำ (ไมโครโมลาร์) เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย (Control) ใส่ปุ๋ย 1.5 กรัม (Treatment 1) และ 3.0 กรัม (Treatment 2) ต่อกิโลกรัมดินตะกอน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดินตะกอน (Water Content)

จากการเก็บตัวอย่างดินตะกอนทั้งสิ้น 16 ครั้ง ภายในระยะเวลา 20 สัปดาห์ จากกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน และกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย ได้ข้อมูลดังนี้

ปริมาณน้ำในดินตะกอนในกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยให้กับหญ้าชะเงาฝอย มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 23.93±0.38 ถึง 30.03±1.16 โดยมีค่าเฉลี่ยโดยรวมตลอดการทดลองอยู่ที่ร้อยละ 25.83±1.73 มีค่าต่ำสุดเมื่อเริ่มต้นการทดลอง และมีค่าสูงสุดเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ปริมาณน้ำในดินตะกอนมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงในช่วง 10 สัปดาห์แรก ส่วนในช่วง 10 สัปดาห์สุดท้ายจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยสัปดาห์ที่มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย ได้แก่ สัปดาห์ที่ 7, 9 และสัปดาห์ที่ 12 ถึงสัปดาห์ที่ 20 (ภาพที่ 32)

ปริมาณน้ำในดินตะกอนในกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอนให้กับหญ้าชะเงาฝอย มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 23.33±0.26 ถึง 28.88±1.27 ค่าเฉลี่ยโดยรวมตลอดการทดลองอยู่ที่ร้อยละ 25.99±1.37 โดยมีค่าต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 8 และมีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 12 ปริมาณน้ำในดินตะกอนมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงในช่วง 10 สัปดาห์แรก ส่วนในช่วง 10 สัปดาห์สุดท้ายจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยสัปดาห์ที่มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย ได้แก่ สัปดาห์ที่ 2, 9, 12 และสัปดาห์ที่ 16 ถึงสัปดาห์ที่ 20 (ภาพที่ 32)

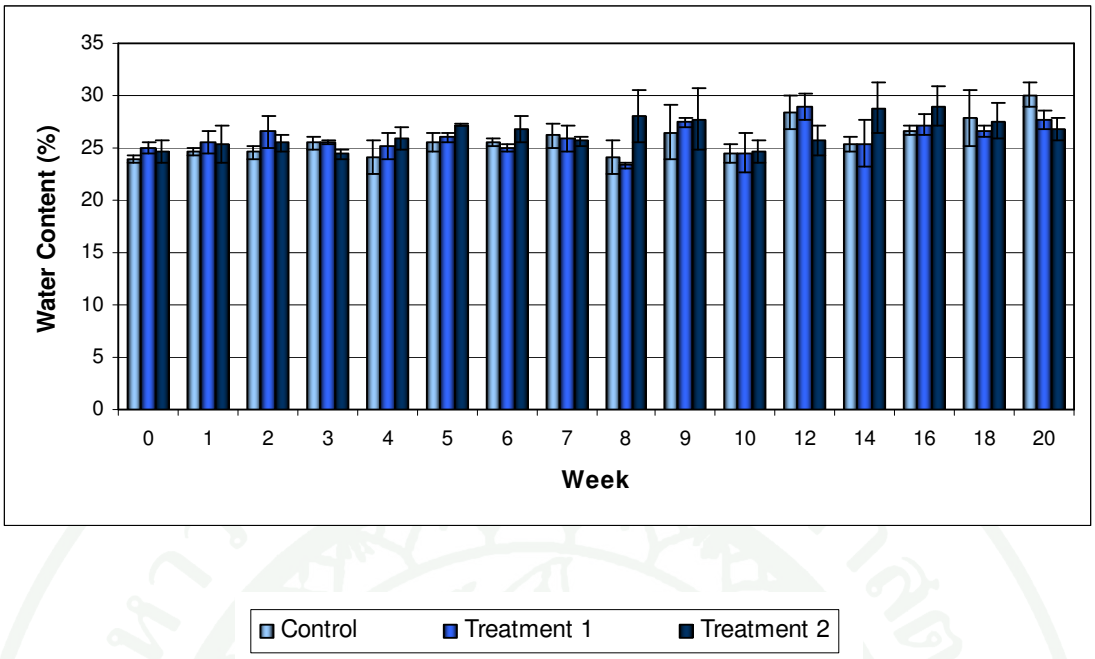
ปริมาณน้ำในดินตะกอนในกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอนให้กับหญ้าชะเงาฝอย มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 24.40±0.51 ถึง 28.97±1.84 ค่าเฉลี่ยโดยรวมตลอดการทดลองอยู่ที่ร้อยละ 26.49±1.47 โดยมีค่าต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 3 และมีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 16 ปริมาณน้ำในดินตะกอนมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นและลงเป็นช่วง ๆ ตลอดการทดลอง สัปดาห์ที่มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย ได้แก่ สัปดาห์ที่ 5, 6, 8, 9 และสัปดาห์ที่ 12 ถึงสัปดาห์ที่ 18 (ภาพที่ 32)

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดินตะกอนของกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน และกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย พบว่า โดยรวมแล้วปริมาณน้ำในดินตะกอนของกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีค่ามากที่สุดในเกือบทุกสัปดาห์ รองลงมาคือ กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน และกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย ตามลำดับ และพบว่าปริมาณน้ำในดินตะกอนของทุกกลุ่มทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มีแนวโน้มสูงขึ้นตามระยะเวลาการทดลอง และเห็นได้ชัดในช่วงท้ายของการทดลอง (ภาพที่ 32) เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลอง พบว่า ในสัปดาห์ที่ 3 ปริมาณน้ำในดินตะกอนของกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีค่าสูงกว่ากลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) แต่ปริมาณน้ำในดินตะกอนของกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ในสัปดาห์ที่ 8 ปริมาณน้ำในดินตะกอนของกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีค่าสูงกว่าอีกสองกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ขณะที่ในสัปดาห์ที่ 20 ปริมาณน้ำในดินตะกอนของกลุ่มควบคุมกลับมีค่าสูงกว่ากลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนในสัปดาห์อื่นไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลองทางสถิติ ($p>0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 32 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในดินตะกอน (ร้อยละ) เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย (Control) ใส่ปุ๋ย 1.5 กรัม (Treatment 1) และ 3.0 กรัม (Treatment 2) ต่อกิโลกรัมดินตะกอน (ค่าเฉลี่ย±SD)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.5 การเปลี่ยนแปลงมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน

จากการเก็บตัวอย่างหญ้าชะเงาฝอยทั้งสิ้น 16 ครั้ง ภายในระยะเวลา 20 สัปดาห์ โดยทำการวัดขนาดส่วนเหนือดินและนำข้อมูลมาคำนวณหามวลชีวภาพส่วนเหนือดินของหญ้าชะเงาฝอย โดยใช้สมการความสัมพันธ์ พบว่า

มวลชีวภาพส่วนเหนือดินของหญ้าชะเงาฝอยในกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับปุ๋ย มีค่าอยู่ในช่วง 15.48±3.43 ถึง 55.28±19.03 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ มีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 14 ซึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นจากมวลชีวภาพเริ่มต้นเท่ากับ 38.94 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร จากนั้นมีค่าลดลงในสัปดาห์ที่ 16 และค่อนข้างคงที่จนสิ้นสุดการทดลองที่ 20 สัปดาห์ (ภาพที่ 33)

มวลชีวภาพส่วนเหนือดินของหญ้าชะเงาฝอยในกลุ่มทดลองที่ได้รับปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีค่าอยู่ในช่วง 14.06±2.0 ถึง 148.77±1.87 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร โดยมีค่าลดลงในสัปดาห์ที่ 1 หลังจากนั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนมีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 14 ซึ่งมีค่ามวลชีวภาพเพิ่มขึ้นจากมวลชีวภาพเริ่มต้นเท่ากับ 127.51 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร จากนั้นมีค่าลดลงจนสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 33)

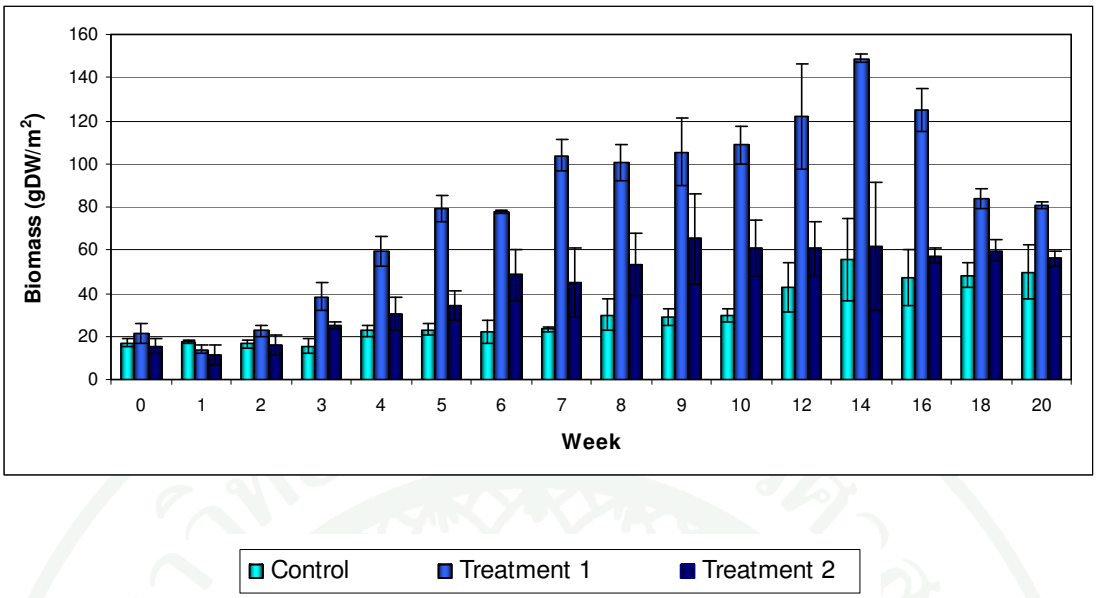
มวลชีวภาพส่วนเหนือดินของหญ้าชะเงาฝอยในกลุ่มทดลองที่ได้รับปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีค่าอยู่ในช่วง 11.47±4.66 ถึง 65.21±20.98 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร โดยมีค่าลดลงในสัปดาห์ที่ 1 เช่นเดียวกันกับกลุ่มที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน หลังจากนั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 9 ซึ่งมีค่ามวลชีวภาพเพิ่มขึ้นจากมวลชีวภาพเริ่มต้นเท่ากับ 49.69 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร จากนั้นลดลงและมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจนสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 33)

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบมวลชีวภาพส่วนเหนือดินของหญ้าชะเงาฝอยที่ได้รับปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย พบว่า ในสัปดาห์แรกกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยมีมวลชีวภาพส่วนเหนือดินลดลง ในขณะที่กลุ่มควบคุมมีค่าค่อนข้างคงที่ ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3 เป็นต้นไป มวลชีวภาพส่วนเหนือดินของหญ้าชะเงาฝอยในกลุ่มที่มีการใส่ปุ๋ยมีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุมจนสิ้นสุดการทดลอง โดยมวลชีวภาพส่วนเหนือดินของหญ้าชะเงาฝอยที่ได้รับปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีอัตราการเพิ่มขึ้นของมวลชีวภาพสูงที่สุด จนสูงสุดใน

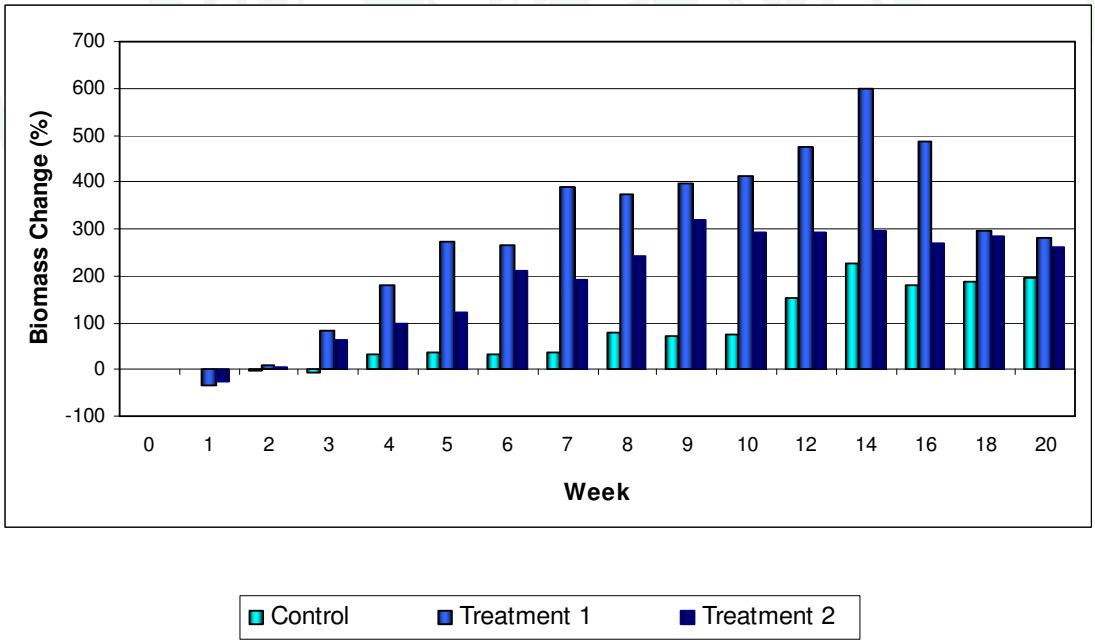
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สัปดาห์ที่ 14 โดยมีค่าเพิ่มขึ้นจากเมื่อเริ่มต้นทำการทดลองถึงร้อยละ 599.93 จากนั้นจะมีค่าลดลง โดยพบว่าหญ้าชะเงาฝอยที่ได้รับปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน รองลงมาคือหญ้าทะเลที่ได้รับปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน ที่มีอัตราการเพิ่มขึ้นของมวลชีวภาพต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน ประมาณ 2 เท่า ส่วนกลุ่มควบคุมมีอัตราการเพิ่มขึ้นของมวลชีวภาพส่วนเหนือดินต่ำที่สุด นอกจากนี้ จากการทดลองใส่ปุ๋ยซ้ำในสัปดาห์ที่ 14 พบว่า มวลชีวภาพของหญ้าชะเงาฝอยที่ได้รับปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน ในสัปดาห์ที่ 16 มีค่าลดลง แต่ก็พบว่ากลุ่มควบคุมก็มีการลดลงด้วยเช่นกันแต่เป็นการลดลงเพียงเล็กน้อย ซึ่งกลุ่มที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีอัตราการลดลงสูงสุด แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลองก็ยังคงมีค่าเพิ่มขึ้นจากเมื่อเริ่มต้นทำการทดลองร้อยละ 280.26 (ภาพที่ 34) เมื่อทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลอง พบว่า ในสัปดาห์ที่ 1 หญ้าชะเงาฝอยในกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีมวลชีวภาพส่วนเหนือดินต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) หญ้าชะเงาฝอยในกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีมวลชีวภาพส่วนเหนือดินสูงกว่ากลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน และกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 จนสิ้นสุดการทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 33 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงมวลชีวภาพส่วนเหนือดินของหญ้าชะเงาฝอย (กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร) เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย (Control) ใส่ปุ๋ย 1.5 กรัม (Treatment 1) และ 3.0 กรัม (Treatment 2) ต่อกิโลกรัมดินตะกอน (ค่าเฉลี่ย±SD)



ภาพที่ 34 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงมวลชีวภาพส่วนเหนือดินของหญ้าชะเงาฝอย (ร้อยละ) เมื่อเทียบกับมวลชีวภาพเริ่มต้นเมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย (Control) ใส่ปุ๋ย 1.5 กรัม (Treatment 1) และ 3.0 กรัม (Treatment 2) ต่อกิโลกรัมดินตะกอน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.6 การเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของจำนวนต้น

จากการนับจำนวนต้นของหญ้าชะเงาฝอยทั้งสิ้น 16 ครั้ง ภายในระยะเวลา 20 สัปดาห์ ได้ข้อมูลดังนี้

ความหนาแน่นของจำนวนต้นหญ้าชะเงาฝอยในกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 3,729±439 ถึง 6,215±1,758 ต้นต่อตารางเมตร โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาทำการทดลอง จนมีความหนาแน่นของจำนวนต้นสูงสุดในสัปดาห์ที่ 12 คิดเป็นความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้น 2,486 ต้นต่อตารางเมตร จากความหนาแน่นของจำนวนต้นเมื่อเริ่มทำการทดลอง จากนั้นมีแนวโน้มลดลงจนสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 35)

ความหนาแน่นของจำนวนต้นหญ้าชะเงาฝอยที่ได้รับปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 3,418±1,318 ถึง 9,012±439 ต้นต่อตารางเมตร โดยมีความหนาแน่นของจำนวนต้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายในระยะเวลา 3 สัปดาห์หลังจากเริ่มทำการทดลอง ระหว่าง 3-8 สัปดาห์มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก โดยมีความหนาแน่นของจำนวนต้นสูงสุดในสัปดาห์ที่ 5 คิดเป็นความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้น 5,594 ต้นต่อตารางเมตร จากความหนาแน่นของจำนวนต้นเมื่อเริ่มทำการทดลอง และหลังจากสัปดาห์ที่ 8 มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องจนสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 35)

ความหนาแน่นของจำนวนต้นหญ้าชะเงาฝอยที่ได้รับปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 2,952±1,978 ถึง 4,972±439 ต้นต่อตารางเมตร โดยมีการเพิ่มจำนวนต้นขึ้นอย่างช้า ๆ และมีความหนาแน่นของจำนวนต้นสูงสุดภายในระยะเวลา 6 สัปดาห์หลังจากเริ่มทำการทดลอง คิดเป็นความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้น 2,020 ต้นต่อตารางเมตร จากความหนาแน่นของจำนวนต้นเมื่อเริ่มทำการทดลอง โดยในช่วง 6-8 สัปดาห์มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก แต่หลังจากสัปดาห์ที่ 8 มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องจนสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 35)

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบความหนาแน่นของจำนวนต้นหญ้าชะเงาฝอยที่ได้รับปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน และกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย พบว่า หญ้าชะเงาฝอยที่ได้รับปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกัน คือมีจำนวนต้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนมีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 5-6 และมีค่าลดลงหลังสัปดาห์ที่ 8 จนสิ้นสุดการทดลอง โดยพบว่าหญ้าทะเลที่ได้รับปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีความหนาแน่น

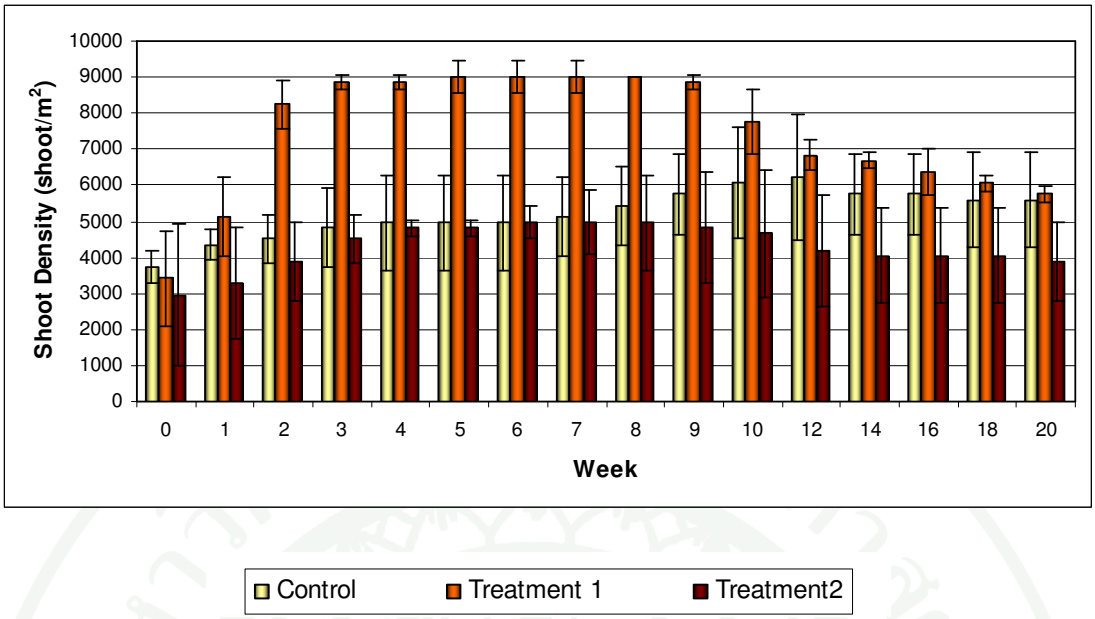
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่เพิ่มขึ้นสูงกว่าหญ้าทะเลที่ได้รับปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน และกลุ่มควบคุม ตลอดการทดลอง ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 10 จนสิ้นสุดการทดลอง หญ้าชะเงาฝอยในกลุ่มควบคุมมีความหนาแน่นของจำนวนต้นสูงกว่าหญ้าชะเงาฝอยที่ได้รับปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน เมื่อมีการใส่ปุ๋ยซ้ำในสัปดาห์ที่ 14 พบว่า ความหนาแน่นของจำนวนต้นหญ้าทะเลที่ได้รับปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน ก็ยังคงมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่กลุ่มควบคุมที่ไม่มีการให้ปุ๋ย ก็มีการลดลงเช่นเดียวกันแต่เพียงเล็กน้อย (ภาพที่ 35)

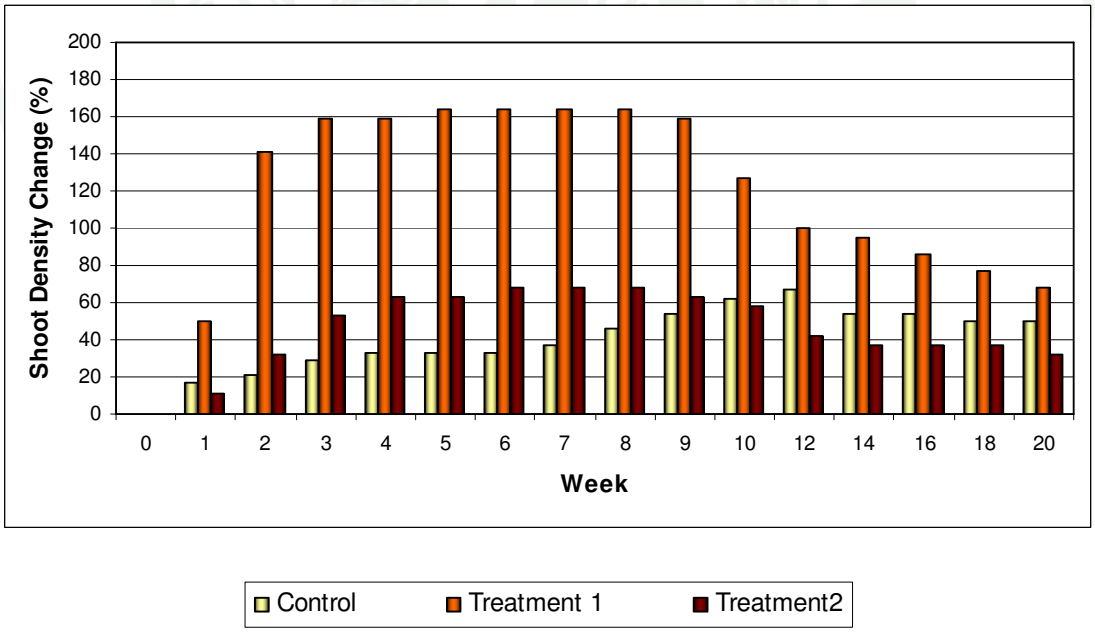
หญ้าชะเงาฝอยที่ได้รับปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นสูงสุด 5,594 ต้นต่อตารางเมตร หรือคิดเป็นความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 163.64 จากความหนาแน่นเริ่มต้น ซึ่งมากกว่าความหนาแน่นเพิ่มขึ้นสูงสุดของหญ้าชะเงาฝอยในกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย และหญ้าชะเงาฝอยในกลุ่มทดลองที่ได้รับปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน โดยความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นสูงสุดในกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีค่าใกล้เคียงกัน คิดเป็นความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 66.67 และ 68.42 ตามลำดับ แต่กลุ่มที่ได้รับปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน ใช้เวลาน้อยกว่าถึงครึ่งหนึ่ง (ภาพที่ 36)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของข้อมูลความหนาแน่นของจำนวนต้นระหว่างกลุ่มทดลอง พบว่า ในสัปดาห์ที่ 2-9 กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีความหนาแน่นของจำนวนต้นสูงกว่ากลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน ($p>0.05$) ส่วนสัปดาห์ที่ 10 จนสิ้นสุดการทดลอง กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีความหนาแน่นของจำนวนต้นสูงกว่ากลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่มีความแตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 35 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของจำนวนต้น (ต้นต่อตารางเมตร) ของหญ้าชะเงาฝอย เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย (Control) ใส่ปุ๋ย 1.5 กรัม (Treatment 1) และ 3.0 กรัม (Treatment 2) ต่อกิโลกรัมดินตะกอน (ค่าเฉลี่ย±SD)



ภาพที่ 36 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของจำนวนต้นของหญ้าชะเงาฝอย (ร้อยละ) เมื่อเทียบกับจำนวนต้นเริ่มต้นเมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย (Control) ใส่ปุ๋ย 1.5 กรัม (Treatment 1) และ 3.0 กรัม (Treatment 2) ต่อกิโลกรัมดินตะกอน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.7 การเปลี่ยนแปลงความยาวใบ

จากการวัดความยาวใบของหญ้าชะเงาฝอย ในการเก็บตัวอย่างทั้งสิ้น 16 ครั้ง ภายในระยะเวลา 20 สัปดาห์ นำมาหาความยาวใบเฉลี่ยและความยาวใบรวมต่อต้น ซึ่งความยาวเฉลี่ยคิดจากความยาวใบรวมทั้งหมดที่วัดได้หารด้วยจำนวนใบ ส่วนความยาวใบรวมต่อต้น คิดจากความยาวใบรวมทั้งหมดหารด้วยจำนวนต้น ได้ข้อมูลดังนี้

3.7.1 ความยาวใบเฉลี่ย

ความยาวใบเฉลี่ยของหญ้าชะเงาฝอยกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย มีค่าอยู่ในช่วง 6.8±0.7 ถึง 12.4±0.8 เซนติเมตร เริ่มต้นทดลองมีความยาวใบเฉลี่ย 7.6±0.8 เซนติเมตร มีค่าต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 2 โดยมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนักใน 10 สัปดาห์แรก หลังจากนั้นมีความยาวใบเฉลี่ยเพิ่มขึ้นตั้งแต่สัปดาห์ที่ 12 และมีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 18 ก่อนจะลดลงเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 37)

ความยาวใบเฉลี่ยของหญ้าชะเงาฝอยที่ได้รับปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีค่าอยู่ในช่วง 6.1±0.4 ถึง 20.0±1.0 เซนติเมตร ความยาวใบเฉลี่ยเมื่อเริ่มต้นทดลองมีค่าเท่ากับ 7.1±0.5 เซนติเมตร โดยมีค่าต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 หลังจากนั้นมีความยาวใบเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนมีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 16 ก่อนจะลดลงในสัปดาห์ที่ 18 จนถึงสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 37)

ความยาวใบเฉลี่ยของหญ้าชะเงาฝอยที่ได้รับปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีค่าอยู่ในช่วง 5.4±1.1 ถึง 16.5±0.5 เซนติเมตร ความยาวใบเฉลี่ยเมื่อเริ่มต้นทดลองมีค่าเท่ากับ 6.9±1.1 เซนติเมตร โดยมีค่าต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 2 หลังจากนั้นมีความยาวใบเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนมีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 12 ก่อนจะค่อย ๆ ลดลงจนสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 37)

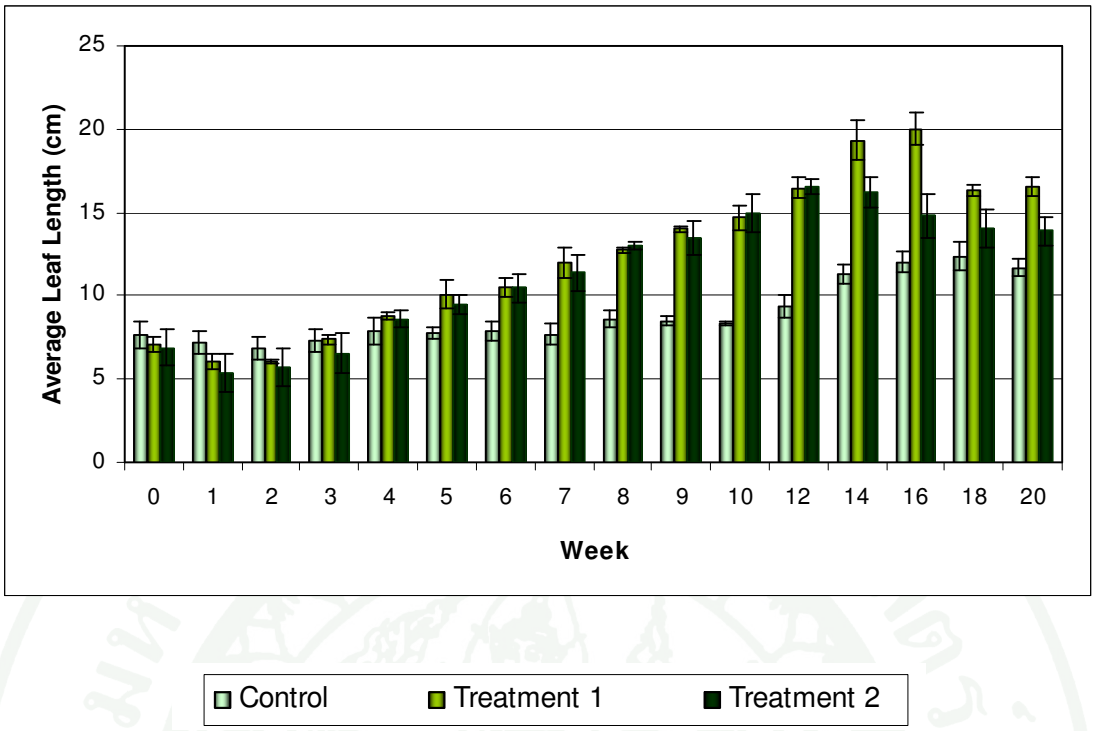
เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบความยาวใบเฉลี่ยของหญ้าชะเงาฝอยที่ได้รับปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน และกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย พบว่า ความยาวใบเฉลี่ยของทุกกลุ่มทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา แต่จะมีการลดลงในช่วงท้ายการทดลอง โดยความยาวใบเฉลี่ยของหญ้าชะเงาฝอยในกลุ่มควบคุมจะมีค่ามากกว่าหญ้าชะเงาฝอยที่ได้รับปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน ในช่วง 2 สัปดาห์แรก มีการเพิ่มขึ้นน้อยมากแม้ระยะเวลาจะผ่านไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ถึง 10 สัปดาห์ ในขณะที่ความยาวใบเฉลี่ยของหญ้าชะเงาฝอยที่ได้รับปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่ในช่วงท้ายการทดลองจะมีอัตราการลดลงของความยาวเฉลี่ยมากกว่ากลุ่มควบคุม แต่ก็ยังคงมีค่าความยาวใบเฉลี่ยสูงกว่า โดยรวมแล้วความยาวใบเฉลี่ยของหญ้าชะเงาฝอยที่ได้รับปุ๋ยมีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย โดยตลอด 12 สัปดาห์ หญ้าชะเงาฝอยที่ได้รับปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอนมีค่าความยาวใบเฉลี่ยใกล้เคียงกันมาก แต่จะแตกต่างกันในสัปดาห์ที่ 14 จนถึงสิ้นสุดการทดลอง โดยพบว่าหญ้าชะเงาฝอยที่ได้รับปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีความยาวใบเฉลี่ยสูงกว่า โดยจะแตกต่างกันมากที่สุดในสัปดาห์ที่ 16 (ภาพที่ 37)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของความยาวใบเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลอง พบว่า เริ่มมีความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองทางสถิติตั้งแต่สัปดาห์ที่ 5 จนสิ้นสุดการทดลอง โดยในสัปดาห์ที่ 5-12 หญ้าชะเงาฝอยในกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน ไม่มีความแตกต่างของความยาวใบเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$) แต่ทั้งสองกลุ่มมีความยาวใบเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) ส่วนสัปดาห์ที่ 14-20 ความยาวใบเฉลี่ยของหญ้าชะเงาฝอยในกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีค่าสูงกว่ากลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน และกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 37 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความยาวใบเฉลี่ยของหญ้าชะเงาฝอย (เซนติเมตร) เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย (Control) ใส่ปุ๋ย 1.5 กรัม (Treatment 1) และ 3.0 กรัม (Treatment 2) ต่อกิโลกรัมดินตะกอน (ค่าเฉลี่ย±SD)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.7.2 ความยาวใบรวมต่อต้น

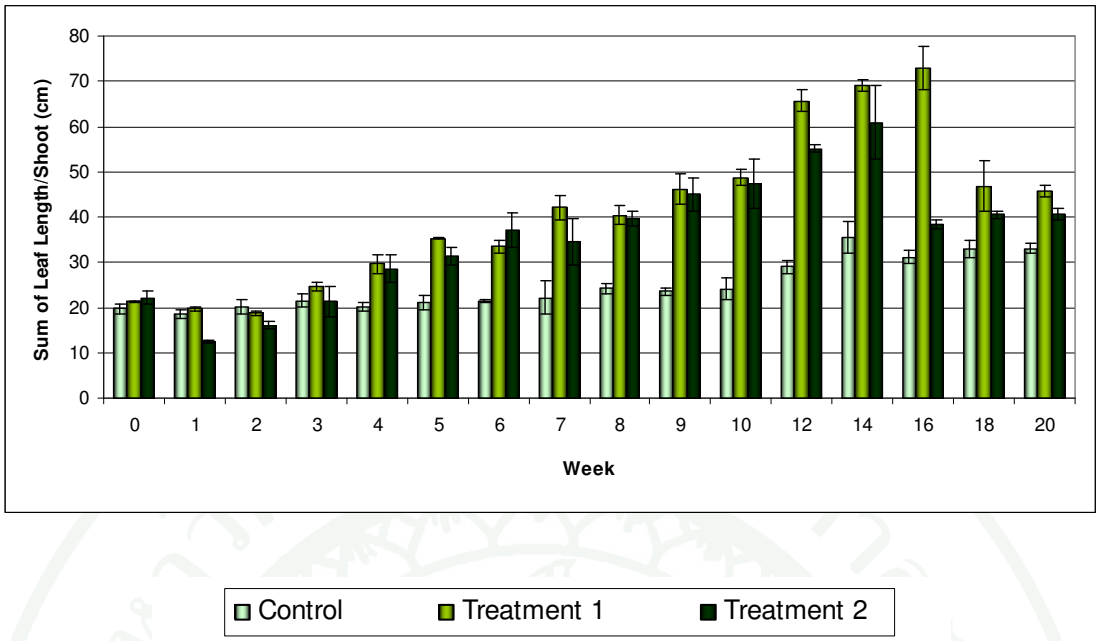
ความยาวใบรวมต่อต้นของหญ้าชะเงาฝอยกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย มีค่าอยู่ในช่วง 18.5±0.9 ถึง 35.5±3.4 เซนติเมตร เริ่มต้นทดลองมีความยาวใบรวมต่อต้น 19.7±1.2 เซนติเมตร มีค่าต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 1 โดยมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนักแต่ก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและมีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 14 ก่อนจะลดลงในสัปดาห์ที่ 16 จากนั้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 38)

ความยาวใบรวมต่อต้นของหญ้าชะเงาฝอยที่ได้รับปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีค่าอยู่ในช่วง 18.8±0.5 ถึง 72.9±4.9 เซนติเมตร ความยาวใบรวมต่อต้นเมื่อเริ่มต้นทดลองมีค่าเท่ากับ 21.4±0.1 เซนติเมตร โดยมีค่าต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 2 หลังจากนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนมีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 16 ก่อนจะลดลงอย่างมากในสัปดาห์ที่ 18 จนถึงสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 38)

ความยาวใบรวมต่อต้นของหญ้าชะเงาฝอยที่ได้รับปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีค่าอยู่ในช่วง 12.6±0.3 ถึง 60.9±8.1 เซนติเมตร ความยาวใบรวมต่อต้นเมื่อเริ่มต้นทดลองมีค่าเท่ากับ 22.2±1.4 เซนติเมตร โดยมีค่าต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 1 หลังจากนั้นมีความยาวใบรวมต่อต้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนมีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 14 และมีค่าลดลงในสัปดาห์ที่ 16 โดยมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยใน 2 สัปดาห์สุดท้าย (ภาพที่ 38)

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบความยาวใบรวมต่อต้นของหญ้าชะเงาฝอยที่ได้รับปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน และกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย พบว่า ความยาวใบรวมต่อต้นของทุกกลุ่มทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา โดยตลอด 10 สัปดาห์ หญ้าชะเงาฝอยที่ได้รับปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีความยาวใบรวมต่อต้นใกล้เคียงกันมาก แต่จะแตกต่างกันในสัปดาห์ที่ 12 จนถึงสิ้นสุดการทดลอง โดยกลุ่มที่ได้รับปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีการเพิ่มขึ้นของความยาวใบรวมต่อต้นมากกว่ากลุ่มอื่น แต่ในช่วงท้ายการทดลองจะมีอัตราการลดลงของความยาวใบรวมต่อต้นมากกว่ากลุ่มควบคุม แต่ก็ยังคงมีค่าความยาวใบรวมต่อต้นสูงกว่า โดยรวมแล้วความยาวใบรวมต่อต้นของหญ้าชะเงาฝอยที่ได้รับปุ๋ยมีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย (ภาพที่ 38)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 38 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความยาวใบรวมต่อต้นของหญ้าชะเงาฝอย (เซนติเมตร) เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย (Control) ใส่ปุ๋ย 1.5 กรัม (Treatment 1) และ 3.0 กรัม (Treatment 2) ต่อกิโลกรัมดินตะกอน (ค่าเฉลี่ย±SD)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.8 จำนวนใบต่อต้น

จากการนับจำนวนใบต่อต้นของหญ้าชะเงาฝอย ในการเก็บตัวอย่างทั้งสิ้น 16 ครั้ง ภายในระยะเวลา 20 สัปดาห์ได้ข้อมูลดังนี้

3.8.1 จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้น

จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นของหญ้าชะเงาฝอยในกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย มีค่าอยู่ที่ 3 ใบต่อต้น ในทุกสัปดาห์

จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นของหญ้าชะเงาฝอยในกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีค่าอยู่ในช่วง 3-4 ใบต่อต้น โดยรวมแล้วอยู่ที่ 3 ใบต่อต้น มีเพียงสัปดาห์ที่ 7, 12 และ 14 เท่านั้น ที่มีค่าสูงขึ้นเป็น 4 ใบต่อต้น

จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นของหญ้าชะเงาฝอยในกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีค่าอยู่ในช่วง 3-4 ใบต่อต้น โดยรวมแล้วอยู่ที่ 3 ใบต่อต้น มีเพียงสัปดาห์ที่ 6 เท่านั้น ที่มีค่าสูงขึ้นเป็น 4 ใบต่อต้น

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นของหญ้าชะเงาฝอยระหว่างกลุ่มทดลอง พบว่า โดยรวมแล้วทุกกลุ่มมีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นประมาณ 3 ใบ แต่มีถึง 3 สัปดาห์ที่จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นของหญ้าชะเงาฝอยที่ได้รับปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นมากกว่ากลุ่มอื่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.8.2 ร้อยละของจำนวนต้นแยกตามจำนวนใบ

หญ้าชะเงาฝอยกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย มีจำนวนใบต่อต้น 2-4 ใบ โดยตลอดการทดลองมีจำนวนต้นที่มีใบประกอบ 2 ใบ อยู่ในช่วงร้อยละ 2.38-44.44 ซึ่งสูงสุดในสัปดาห์ที่ 3 และต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 14 ส่วนจำนวนต้นที่มีใบประกอบ 3 ใบ มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 50.00-81.90 ซึ่งต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 3 และสูงสุดในสัปดาห์ที่ 14 และจำนวนต้นที่มีใบประกอบ 4 ใบ อยู่ในช่วงร้อยละ 0-23.61 โดยสัปดาห์ที่ไม่พบจำนวนใบ 4 ใบ ได้แก่ สัปดาห์ที่ 6, 9, 16 และ 18 ส่วนสัปดาห์ที่มีค่าสูงสุดคือสัปดาห์ที่ 12 (ภาพที่ 39)

หญ้าชะเงาฝอยที่ได้รับปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีจำนวนใบต่อต้น 2-5 ใบ โดยตลอดการทดลองมีจำนวนต้นที่มีใบประกอบ 2 ใบ อยู่ในช่วงร้อยละ 0-33.33 ซึ่งต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 7 และสูงสุดในสัปดาห์ที่ 20 จำนวนต้นที่มีใบประกอบ 3 ใบ มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 36.67-76.19 ซึ่งสูงสุดในสัปดาห์ที่ 8 และต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 6 และจำนวนต้นที่มีใบประกอบ 4 ใบ อยู่ในช่วงร้อยละ 10-54.55 ซึ่งต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 18 และ 20 สูงสุดในสัปดาห์ที่ 14 ส่วนในสัปดาห์ที่พบต้นที่มีใบประกอบ 5 ใบ มีเพียงสัปดาห์ที่ 5, 9, 12 และ 14 เท่านั้น ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 2.38-16.67 (ภาพที่ 39)

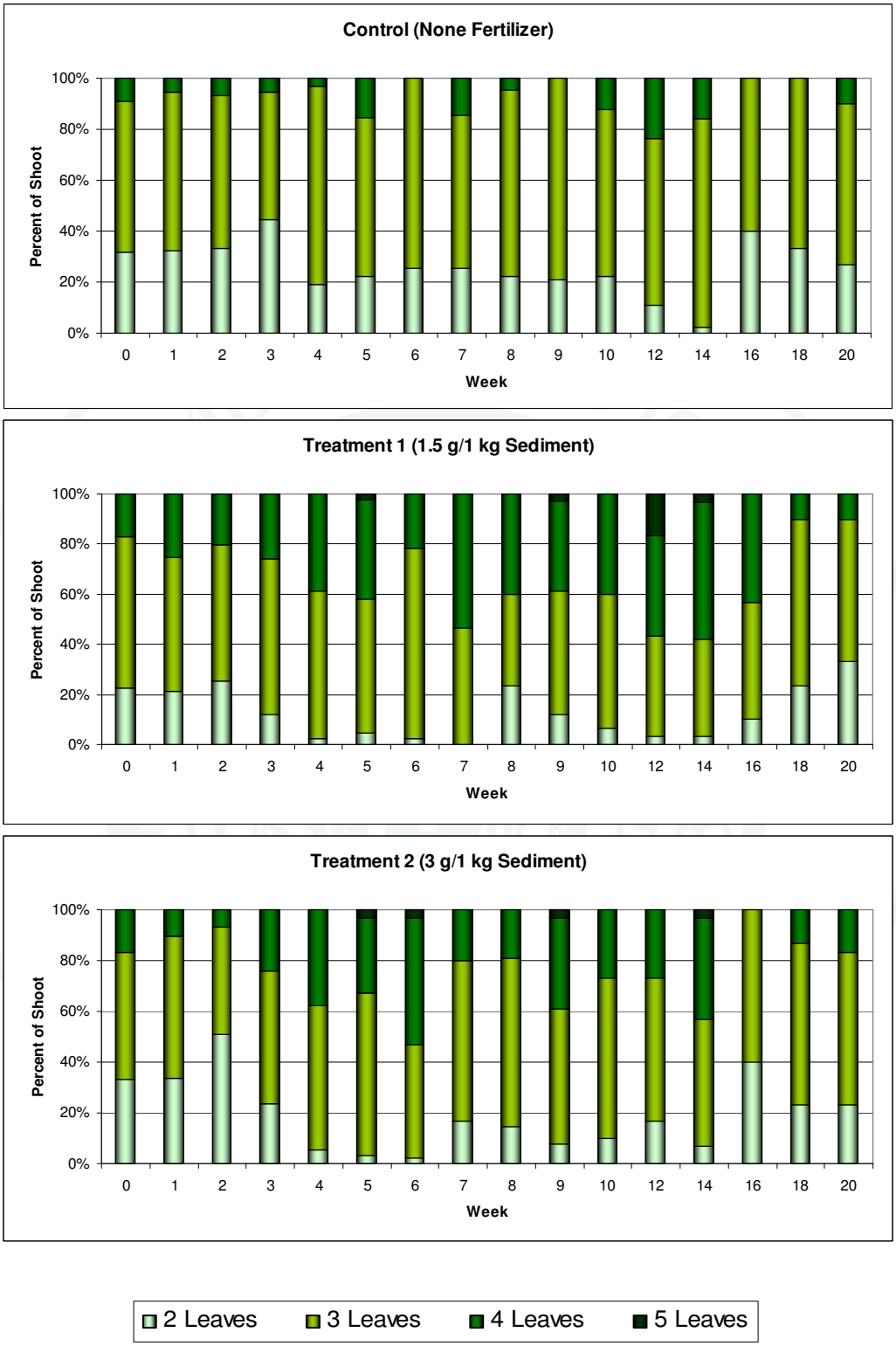
หญ้าชะเงาฝอยที่ได้รับปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีจำนวนใบต่อต้น 2-5 ใบ โดยตลอดการทดลองมีจำนวนต้นที่มีใบประกอบ 2 ใบ อยู่ในช่วงร้อยละ 2.22-51.11 ซึ่งสูงสุดในสัปดาห์ที่ 2 และต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 6 จำนวนต้นที่มีใบประกอบ 3 ใบ มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 42.22-66.67 ซึ่งต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 2 และสูงสุดในสัปดาห์ที่ 8 และจำนวนต้นที่มีใบประกอบ 4 ใบ อยู่ในช่วงร้อยละ 0-40.00 ซึ่งสูงสุดในสัปดาห์ที่ 14 และต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 16 ส่วนในสัปดาห์ที่พบต้นที่มีใบประกอบ 5 ใบ มีเพียงสัปดาห์ที่ 5, 6, 9 และ 14 เท่านั้น ซึ่งมีค่าร้อยละ 33 (ภาพที่ 39)

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบหญ้าชะเงาฝอยที่ได้รับปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน และกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย พบว่า โดยรวมแล้วทุกกลุ่มทดลองมีจำนวนต้นที่มีจำนวนใบ 3 ใบสูงที่สุด รองลงมาคือ 4 ใบ ยกเว้นในกลุ่มควบคุมที่รองลงมาคือ 2 ใบ ซึ่งก็คือจำนวนใบต่อต้นของกลุ่มทดลองที่ได้รับปุ๋ยมีแนวโน้มสูงกว่ากลุ่มควบคุม โดยกลุ่มควบคุมเป็นกลุ่มที่มีจำนวนต้นที่มีใบประกอบ 2-3 ใบ สูงกว่ากลุ่มอื่น ในขณะที่กลุ่มทดลองที่ได้รับปุ๋ย มีจำนวนต้นที่มีใบประกอบ 4-5 ใบ สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างชัดเจน ในช่วงแรกของการทดลองทุกกลุ่มจะมีจำนวนต้นที่มีใบประกอบ 2 ใบสูง แต่ก็ยังต่ำกว่าจำนวนต้นที่มีใบประกอบ 3 ใบ และจะมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ค่าลดลงในช่วงกลางของการทดลอง โดยกลุ่มควบคุมจะลดลงเพียงเล็กน้อย ในขณะที่จำนวนต้นที่มีใบประกอบ 3-5 ใบ จะเพิ่มสูงขึ้น และลดลงอีกครั้งในช่วงท้ายการทดลอง แต่จำนวนต้นที่มีใบประกอบ 2 ใบจะมีค่าสูงขึ้นอีกครั้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 39 การเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนจำนวนต้น (ร้อยละ) ที่มีจำนวนใบแตกต่างกัน เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย (Control) ใส่ปุ๋ย 1.5 กรัม (Treatment 1) และ 3.0 กรัม (Treatment 2) ต่อกิโลกรัมดินตะกอน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.9 ความสัมพันธ์ของข้อมูลจากการวิเคราะห์ทางสถิติ

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลด้วยสถิติทดสอบ Spearman's correlation coefficient แบบสองทาง พบว่า มวลชีวภาพส่วนเหนือดินของหญ้าชะเงาฝอยมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของจำนวนต้นและความยาวใบเฉลี่ยในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ($p<0.01$) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.55 และ 0.90 ตามลำดับ แต่ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของจำนวนต้นกับความยาวใบเฉลี่ย ($p>0.01$)

ปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนมีความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพส่วนเหนือดินและความยาวใบเฉลี่ยในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ($p<0.01$) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.57 และ 0.47 ตามลำดับ

ปริมาณไนไตรท์และไนเตรต-ไนโตรเจนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนมีความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพส่วนเหนือดินและความยาวใบเฉลี่ยของหญ้าชะเงาฝอย ในทิศทางตรงกันข้ามอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ($p<0.01$) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.57 และ 0.71 ตามลำดับ

ปริมาณซิลิเกต-ซิลิคอนและออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนไม่มีความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน ความหนาแน่นของจำนวนต้น และความยาวใบเฉลี่ยของหญ้าชะเงาฝอยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.01$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิจารณ์

1. ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวใบกับน้ำหนักใบของหญ้าชะเงาฝอย

การหาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวใบกับน้ำหนักใบของหญ้าชะเงาฝอยที่เก็บจากภาคสนามและตัวอย่างจากห้องปฏิบัติการ แสดงให้เห็นว่าน้ำหนักแห้งของใบมีความสัมพันธ์กับความยาวใบมากกว่าน้ำหนักเปียก ซึ่งน้ำหนักเปียกจะมีความผิดพลาดของข้อมูลมากกว่าเพราะมีปัจจัยเรื่องปริมาณน้ำที่มีความแปรผันสูง เนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ มากมาย อาทิ ระยะเวลาหลังจากการเก็บตัวอย่าง อุณหภูมิ การเก็บรักษาตัวอย่าง เป็นต้น ดังนั้นจึงเลือกใช้การคำนวณมวลชีวภาพจากน้ำหนักแห้ง ซึ่งจากการทดสอบความแม่นยำของสมการความสัมพันธ์ พบว่า เมื่อคำนวณน้ำหนักแห้งจากสมการความสัมพันธ์ของข้อมูลหญ้าชะเงาฝอยจากห้องปฏิบัติการมีความคลาดเคลื่อนจากน้ำหนักจริงน้อยกว่าสมการที่มาจากข้อมูลภาคสนาม เนื่องจากตัวอย่างหญ้าชะเงาฝอยที่เก็บจากภาคสนามมีความยาวใบต่ำ อยู่ในช่วง 0.6-12.4 เซนติเมตร ในขณะที่ตัวอย่างหญ้าชะเงาฝอยในการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 0.3-35.1 เซนติเมตร ส่วนตัวอย่างหญ้าชะเงาฝอยจากห้องปฏิบัติการที่นำมาหาสมการ มีค่าอยู่ในช่วง 3.0-33.5 เซนติเมตร จึงครอบคลุมข้อมูลในการทดลองมากกว่า ซึ่งปัจจัยสิ่งแวดล้อมในห้องปฏิบัติการมีความแตกต่างจากแหล่งหญ้าทะเลธรรมชาติ จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้สมการที่ได้มีความแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามจำนวนตัวอย่างใบหญ้าทะเลที่นำมาใช้หาสมการความสัมพันธ์อาจมีจำนวนน้อยเกินไป ทำให้ข้อมูลน้ำหนักใบที่มีความยาวใบสูงกว่า 25 เซนติเมตร มีจำนวนน้อย ทำให้ค่าที่คำนวณได้จากสมการยังมีความคลาดเคลื่อนจากน้ำหนักจริง อีกทั้งการใช้สมการ น้ำหนักแห้ง (g) = (0.0004 x ความยาวใบ (cm)) – 0.0016 นั้น ยังมีข้อผิดพลาดคือ เมื่อความยาวใบน้อยกว่าหรือเท่ากับ 4 เซนติเมตรน้ำหนักที่คำนวณได้จะมีค่าเท่ากับ 0 ดังนั้นค่าที่ได้จากการคำนวณจึงมีแนวโน้มต่ำกว่าน้ำหนักจริง ซึ่งในความเป็นจริงแล้วหากมีการนำใบที่มีความยาวต่ำมาชั่งน้ำหนักรวมกัน จะสามารถตรวจวัดน้ำหนักได้ อย่างไรก็ตามสมการนี้อาจเหมาะสำหรับการศึกษาในครั้งนี้เท่านั้น เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างความยาวใบกับน้ำหนักแห้งนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่หญ้าทะเลอาศัยอยู่ ทำให้ความกว้างของใบแตกต่างกัน ซึ่งมีผลต่อน้ำหนักใบ โดย กาญจนภาชน์และคณะ (2534) รายงานว่า ความกว้างของใบหญ้าชะเงาฝอยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.2-2.4 มิลลิเมตร ในขณะที่ Kuo and den Hartog (2001) รายงานว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.3-1.5 มิลลิเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. อิทธิพลของปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนต่อหญ้าชะเงาฝอย

การนำดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวมแตกต่างกันมาใช้ในการทดลองปลูกหญ้าชะเงาฝอยในห้องปฏิบัติการ ก็เนื่องมาจากสารอินทรีย์ในดินตะกอนเมื่อผ่านการย่อยสลายโดยแบคทีเรียในดินตะกอนจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของสารอนินทรีย์ เช่น แอมโมเนียม และไนเตรต ซึ่งจะละลายอยู่ในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอน โดยที่หญ้าทะเลสามารถดูดซึมไปใช้ในการเติบโตได้ (Romero *et al*., 2006) สารอินทรีย์จึงเป็นแหล่งธาตุอาหารที่สำคัญสำหรับหญ้าทะเล และการใช้ดินตะกอนที่มีระดับของปริมาณสารอินทรีย์รวมสูงถึง 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ก็เพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการพัฒนาการปลูกหญ้าทะเลในบ่อเลี้ยงกุ้งซึ่งมีปริมาณสารอินทรีย์สูง เพื่อช่วยในการบำบัดของเสีย เนื่องจากหญ้าทะเลสามารถดูดซึมธาตุอาหารที่มาจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ไปใช้ในการเติบโตเพื่อเปลี่ยนเป็นมวลชีวภาพได้

การปลูกหญ้าทะเลโดยใช้ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวมแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง โดยทำการทดลองบริเวณกลางแจ้ง เป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 9 เดือน พบว่า ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งสามารถเพิ่มมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน ความหนาแน่นของจำนวนต้น และความยาวใบเฉลี่ยของหญ้าชะเงาฝอยได้มากที่สุด รองลงมาคือดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลองที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$)

ปริมาณน้ำในดินตะกอนของกลุ่มการทดลองที่ใช้ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ 50 และ 10 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ จากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำในดินตะกอนและปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนทางสถิติโดยใช้ค่าสถิติทดสอบ Pearson's correlation coefficient พบว่า ปริมาณน้ำในดินตะกอนและปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ($p<0.01$) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.99 แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำในดินตะกอนและปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนมีความสัมพันธ์กัน เมื่อปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนสูง ปริมาณน้ำในดินตะกอนจะมีค่าสูงตามไปด้วย เนื่องจากการมีสารอินทรีย์อยู่ในดินตะกอนมากจะทำให้ดินมีการจัดเรียงตัวกันอย่างหลวม ๆ สามารถดูดซับน้ำไว้ได้มาก ปริมาณน้ำในดินตะกอนในกลุ่มการทดลองที่ใช้ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งเป็นระดับที่ทำให้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หญ้าชะเงาฝอยมีมวลชีวภาพสูงที่สุด มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 26.07-27.95 มีค่ามากกว่าปริมาณน้ำในดินตะกอนบริเวณแหล่งต้นพันธุ์ธรรมชาติ ที่มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 20.43-25.23 ในระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร ปริมาณน้ำในดินตะกอนที่พบในการทดลองอยู่ในช่วงปริมาณน้ำในดินตะกอนที่เหมาะสมกับการเติบโตของหญ้าชะเงาฝอยในประเทศไทยที่ชาคริต (2550) รายงานไว้ว่าอยู่ในช่วงร้อยละ 19.77-42.45

ในดินตะกอนจากแหล่งต้นพันธุ์ธรรมชาติที่เก็บจากบริเวณจุดเก็บตัวอย่างหญ้าทะเลมีปริมาณสารอินทรีย์รวมอยู่ในช่วง 34.48-50.99 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง จัดว่ามีค่าน้อยกว่าปริมาณสารอินทรีย์รวมของดินตะกอนที่ทำให้มวลชีวภาพของหญ้าชะเงาฝอยมากที่สุดในการทดลอง ซึ่งก็คือระดับ 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ในการทดลองปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนของทุกกลุ่มการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงไม่มาก ทั้งนี้เนื่องจากมีการหมุนเวียนในระบบโดยสารอินทรีย์ในดินตะกอนจะถูกแบคทีเรียภายในดินย่อยสลายจนอยู่ในรูปของสารอนินทรีย์โดยจะละลายอยู่ในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอน เช่น แอมโมเนียม ไนไตรท์และไนเตรท ซึ่งก็คือธาตุอาหารที่หญ้าทะเลสามารถดูดซึมไปใช้ในการเติบโต และเมื่อเวลาผ่านไปใบของหญ้าทะเลมีการหลุด ฉีกขาดหรือเหี่ยวเฉาลง รวมถึงต้นหญ้าทะเลบางส่วนมีการตายลง ซึ่งเศษซากจะเกิดการเน่าเปื่อยและทับถมเป็นสารอินทรีย์ภายในดินตะกอน หมุนเวียนไปในลักษณะนี้เป็นวัฏจักร แต่ก็พบว่าปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในทุกกลุ่มทดลอง ซึ่งค่าที่สูงขึ้นนี้นอกจากจะมาจากการเน่าเปื่อยทับถมของเศษซากหญ้าทะเลแล้ว ยังมาจากเศษซากของแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายที่มีการเติบโตภายในถังทดลอง การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนของหน่วยทดลองที่ไม่มีการปลูกหญ้าทะเล สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มทดลองที่มีการปลูกหญ้าทะเล ทั้ง 3 ระดับ เนื่องจากเป็นการเลี้ยงในถังทดลองเดียวกัน ทำให้ได้รับอิทธิพลจากการตกตะกอนของแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายเช่นเดียวกัน ทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบได้ว่าหญ้าทะเลทำให้ปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร

ปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนที่เหมาะสมกับการอยู่อาศัยของหญ้าชะเงาฝอยตามธรรมชาติในประเทศไทย (ชาคริต, 2550) คือ 12.31-51.51 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง สอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้ที่พบว่า ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งเหมาะสมกับการเติบโตของหญ้าชะเงาฝอยมากที่สุด ซึ่งทำให้หญ้าชะเงาฝอยมีมวลชีวภาพสูงสุดที่ 66.00±10.77 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร ความหนาแน่นของจำนวนต้นสูงสุดที่ 2,890±494 ต้นต่อตารางเมตร ภายในระยะเวลา 7 เดือน ในขณะที่ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง มีไบโอฟิล์มที่ผิวหน้าดิน ดินมีสีดำและมีกลิ่นเหม็นของ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ซึ่งเกิดจากกระบวนการรีดิวซ์ซิลเฟต (Sulfur reduction) โดยแบคทีเรียรีดิวซ์ซัลเฟต (Sulfate reducing bacteria) (Escobar *et al*., 2007) เนื่องจากมีออกซิเจนต่ำ ทำให้รากและส่วนของลำต้นใต้ดินเน่า ไม่เหมาะสมกับการเติบโต Mateo *et al.* (2006) รายงานว่า เมื่อมีไฮโดรเจนซัลไฟด์สะสมในดินตะกอนมาก จะทำให้อัตราส่วนของรากต่อต้นลดลงจนมีค่าต่ำกว่า 1 ส่วนดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง มีปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนต่ำเกินไป ทำให้มีธาตุอาหารไม่เพียงพอกับการเติบโตเท่าที่ควร นอกจากในเรื่องของปริมาณธาตุอาหารที่หญ้าชะเงาฝอยได้รับแตกต่างกัน ขนาดอนุภาคของดินตะกอนก็มีผลด้วยเช่นกัน ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์สูงจะมีอนุภาคละเอียดกว่าดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์ต่ำ (จารุมาศ, 2548) ดินตะกอนที่มีสารอินทรีย์สูงจนเกินไปอาจทำให้น้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนไหลเวียนได้ไม่ดีเท่าที่ควร ทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซึมธาตุอาหารของหญ้าชะเงาฝอยลดลงไปด้วย อย่างไรก็ตามในการทดลองไม่สามารถควบคุมขนาดอนุภาคดินตะกอนระหว่างกลุ่มทดลองให้เท่ากัน จึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้การเติบโตของหญ้าชะเงาฝอยแตกต่างกันได้ ซึ่งในทางทฤษฎีแล้วขนาดอนุภาคดินตะกอนของทุกกลุ่มทดลองควรจะเท่ากัน แตกต่างกันเพียงปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนเท่านั้น แต่ในทางปฏิบัติเป็นไปได้ยาก เนื่องจากต้องเผาดินจากแหล่งเดียวในปริมาณมาก ๆ ให้มีปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนเป็น 0 ก่อนจะนำมาผสมในอัตราส่วนที่ต่างกัน

ในระยะเวลา 7-8 เดือน มวลชีวภาพส่วนเหนือดิน ความหนาแน่นของจำนวนต้น และความยาวใบเฉลี่ยของหญ้าชะเงาฝอยในทุกกลุ่มทดลองเพิ่มขึ้นจากมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน ความหนาแน่นของจำนวนต้น และความยาวใบเฉลี่ยเริ่มต้นมากที่สุด ก่อนจะลดลงจนสิ้นสุดการทดลอง แต่ในช่วง 4 วันแรก ทุกกลุ่มทดลองมีมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน ความหนาแน่นของจำนวนต้น และความยาวใบเฉลี่ยใกล้เคียงกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$) เนื่องมาจากในระยะแรกยังคงได้รับอิทธิพลจากดินตะกอนจากแหล่งต้นพันธุ์ที่ติดมากับแท่งดินเดิม ซึ่งการที่ไม่นำดินตะกอนจากแหล่งต้นพันธุ์ออกจากหญ้าชะเงาฝอยทั้งหมดก็เพื่อให้หญ้าชะเงาฝอยสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมภายในห้องปฏิบัติการได้อย่างช้า ๆ หญ้าชะเงาฝอยจึงยังไม่ได้รับอิทธิพลจากปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนที่ใช้ทดลองโดยตรง ในระยะเวลา 1 เดือนหลังจากเริ่มทำการทดลอง หญ้าชะเงาฝอยมีอัตราการตายที่สูง เนื่องจากทำการเก็บตัวอย่างค่อนข้างถี่ในระยะแรกของการทดลอง โดยการติดตามผลการทดลองต้องมีการนำหน่วยทดลองออกจากถังทดลอง ทำให้หญ้าชะเงาฝอยไม่ได้อยู่ในน้ำเป็นเวลานาน จึงเป็นการรบกวนตัวอย่างค่อนข้างมาก การเติบโตจึงยังไม่ดีเท่าที่ควร โดยเฉพาะในกลุ่มทดลองที่ใช้ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง มีอัตราการตายสูงที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เนื่องมาจากการมีปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนที่สูงเกินไปร่วมด้วย และยังพบว่าในระยะแรกของการทดลอง มีการสะพรั่งของแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายภายในถังทดลอง ทั้งนี้เนื่องมาจากธาตุอาหารส่วนหนึ่งที่เกิดจากการย่อยสลายโดยแบคทีเรียและที่ละลายอยู่ในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนเกิดการเคลื่อนตัว (Advection) จากดินตะกอนไปสู่มวลน้ำ ทำให้มีปริมาณธาตุอาหารในน้ำมาก จนเกิดการสะพรั่งของแพลงก์ตอนพืชและการเติบโตของสาหร่ายขึ้น ทำให้แสงสามารถผ่านลงไปยังหญ้าชะเงาฝอยได้น้อยลง น่าจะเป็นสาเหตุหนึ่งของการที่หญ้าชะเงาฝอยมีความหนาแน่นของจำนวนต้นและมวลชีวภาพของส่วนเหนือดินลดลงในระยะแรก สอดคล้องกับการศึกษาของ Kirkman (1978) ที่พบว่า มีสาหร่ายเติบโตขึ้นบดบังแสงที่ส่องถึงหญ้าทะเลชนิด *Zostera capricorni* ในถังทดลอง ซึ่งส่งผลกระทบอย่างมากต่อการเติบโตของหญ้าทะเล โดยสาหร่ายที่เติบโตขึ้นภายในถังทดลองนั้น ต้องมีการกำจัดออกเป็นระยะเพื่อไม่ให้มีการเติบโตบดบังแสงที่หญ้าชะเงาฝอยจะได้รับ และต้องมีการติดตั้งชุดกรองเพื่อกรองเอาแพลงก์ตอนพืชบางส่วนที่มีการเติบโตภายในถังทดลองออก รวมทั้งกรองดินตะกอนบางส่วนที่มีการฟุ้งกระจายจากการเคลื่อนย้ายหน่วยทดลองในการติดตามผลการทดลอง

เมื่อไม่มีการรบกวนตัวอย่างเป็นระยะเวลานานขึ้น หญ้าชะเงาฝอยสามารถฟื้นฟูตัวเอง และเติบโตได้ดีจนมีความหนาแน่นของจำนวนต้นและมวลชีวภาพส่วนเหนือดินสูงสุด จากนั้นจำนวนต้นและมวลชีวภาพส่วนเหนือดินจึงลดลงอย่างช้า ๆ ซึ่งกลุ่มทดลองที่มีปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนเริ่มต้น 50 มิลลิกรัมต่อกรัม มีการเติบโตลดลงมากที่สุด โดยช่วงที่มีการเติบโตสูงสุดเป็นช่วงเดือนกุมภาพันธ์ และลดลงในเดือนมีนาคมและเมษายน ซึ่งไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ Chanpen *et al*. (2001) ที่ทำการทดลองย้ายปลูกหญ้าชะเงาฝอยบริเวณป่าชายเลนในพื้นที่อ่าวมะขามป้อม จังหวัดระยอง ที่พบว่า หญ้าชะเงาฝอยมีการเติบโตสูงสุดในเดือนมีนาคมแล้วจึงลดลงในเดือนเมษายน ซึ่งเป็นผลมาจากการสะพรั่งของสาหร่าย โดยในการทดลองนี้ก็พบสาหร่ายเกาะติดตามบริเวณต้นหญ้าชะเงาฝอยเช่นเดียวกันแต่ก็เพียงเล็กน้อยเท่านั้น เนื่องจากมีการกำจัดออกเป็นระยะ ดังนั้นการเติบโตที่ลดลงในเดือนมีนาคมจึงไม่ใช่การลดลงตามฤดูกาลและไม่ได้มาจากปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนที่เปลี่ยนแปลงไป เพราะยังมีค่าใกล้เคียงกับเมื่อเริ่มต้นทำการทดลอง แต่มาจากการที่ปริมาณดินตะกอนมีจำกัด เนื่องจากมีการเก็บตัวอย่างดินตะกอนออกไปเพื่อติดตามผลการศึกษา รวมทั้งมีการสูญเสียดินตะกอนบางส่วนจากการหลุดรอดออกไปจากตะกร้าแม้จะมีการบุด้วยผ้าขาวบางแล้วก็ตาม ทำให้ปริมาณดินตะกอนเหลือน้อยลง รากของหญ้าชะเงาฝอยไม่มีพื้นที่เพียงพอในการเติบโต โดยพบว่า รากของหญ้าชะเงาฝอยมีการงอกยาวจนทะลุด้านล่างของตะกร้าออกมา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในกลุ่มการทดลองที่ใช้ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง มีความยาวใบเฉลี่ยสูงที่สุด โดยเมื่อทำการทดสอบทางสถิติ พบว่า ความยาวใบเฉลี่ยของหญ้าชะเงาฝอยในกลุ่มทดลองที่ใช้ดินที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง มีค่าสูงกว่ากลุ่มทดลองที่ใช้ดินที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยความยาวใบของหญ้าชะเงาฝอยที่พบตลอดการทดลองมีค่าตั้งแต่ 0.3-35.1 เซนติเมตร ซึ่ง Kuo and Hartog (2001) รายงานไว้ว่าความยาวใบของหญ้าชะเงาฝอย มีค่าอยู่ระหว่าง 5-29 เซนติเมตร แสดงให้เห็นว่าหญ้าชะเงาฝอยจากการทดลองมีความยาวใบค่อนข้างสูงและมีลำต้นที่สมบูรณ์ ซึ่งมีผลมาจากการมีปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนที่เหมาะสม รวมถึงปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ ที่เหมาะสมกับการเติบโตของหญ้าทะเลชนิดนี้

3. อิทธิพลของปริมาณธาตุอาหารในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนต่อหญ้าชะเงาฝอย

จากการทดลองปลูกหญ้าทะเลในดินตะกอนที่มีการใส่ปุ๋ย 2 ระดับ คือ 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย เป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 20 สัปดาห์ พบว่า การใส่ปุ๋ยสามารถทำให้หญ้าชะเงาฝอยมีการเติบโตแตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการเปลี่ยนแปลงมวลชีวภาพส่วนเหนือดินตลอดการทดลองเป็นผลจากความยาวใบมากกว่าความหนาแน่นของจำนวนต้น โดยมวลชีวภาพส่วนเหนือดินมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของจำนวนต้นและความยาวใบเฉลี่ยในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

หลังจากเริ่มทำการทดลองเป็นเวลา 1 สัปดาห์ มีการสะพรั่งของแพลงก์ตอนพืชในถังทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยทั้ง 2 ระดับ คือ 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน ซึ่งกลุ่มที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีการสะพรั่งของแพลงก์ตอนพืชมากกว่า โดยไม่พบการสะพรั่งในกลุ่มควบคุม ทั้งนี้เนื่องมาจากภายในถังทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยมีธาตุอาหารเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในมวลน้ำ จากการใส่ปุ๋ยฝังลงในดินตะกอน ซึ่งปุ๋ยจะมีการละลายอย่างช้า ๆ ทำให้มีธาตุอาหารละลายอยู่ในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนในปริมาณมาก จึงเกิดการเคลื่อนตัวขึ้นไปสู่มวลน้ำ เกิดการสะพรั่งของแพลงก์ตอนพืชขึ้น เมื่อเวลาผ่านไปแพลงก์ตอนพืชเหล่านี้จึงตายลงช้า ๆ เกิดเป็นตะกอนตกอยู่บนใบหญ้าชะเงาฝอย ซึ่งต้องมีการกำจัดออก เพื่อให้ผิวใบของหญ้าชะเงาฝอยสามารถรับแสงเพื่อใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงได้อย่างเต็มที่ ซึ่งในช่วง 1 สัปดาห์แรกนี้ การเติบโตของกลุ่มทดลองที่ได้รับปุ๋ยกับกลุ่มควบคุมยังไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แม้ว่ามวลชีวภาพส่วนเหนือดินของหญ้าชะเงาฝอยยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากและมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยได้รับอิทธิพลจากกระสะพรั่งของแพลงก์ตอนพืชทำให้การเติบโตยังไม่ดีเท่าที่ควร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อย่างไรก็ตามกลุ่มที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีความหนาแน่นของจำนวนต้นต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนความหนาแน่นของจำนวนต้นของกลุ่มทดลองที่ได้รับปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีค่าเพิ่มขึ้นสูงที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าช่วงนี้เป็นช่วงที่หญ้าชะเงาฝอยเริ่มได้รับอิทธิพลจากธาตุอาหารจากการใส่ปุ๋ย ในกลุ่มควบคุมก็มีจำนวนต้นเพิ่มขึ้นเช่นกัน เนื่องจากแม้ไม่มีการใส่ปุ๋ยแต่ก็ยังได้รับธาตุอาหารที่มีอยู่ในดินตะกอน

หลังจากเริ่มทำการทดลองได้ 2 สัปดาห์ สามารถเห็นได้ชัดเจนยิ่งขึ้นถึงความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลอง หญ้าชะเงาฝอยในกลุ่มทดลองที่ได้รับปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีมวลชีวภาพส่วนเหนือดินสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 จนสิ้นสุดการทดลอง แต่ไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน กับกลุ่มควบคุม ความยาวใบเฉลี่ยระหว่างกลุ่มทดลองยังไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากใบหญ้าชะเงาฝอยของกลุ่มที่มีการใส่ปุ๋ยส่วนใหญ่เป็นใบที่เกิดขึ้นใหม่ ยังมีความยาวใบเฉลี่ยต่ำ ส่วนต้นหญ้าชะเงาฝอยจากแหล่งต้นพันธุ์ที่มีความยาวใบสูงกว่าก็ตายไปบางส่วนในช่วงที่มีการสะพรั่งของแพลงก์ตอนพืช ทำให้มวลชีวภาพส่วนเหนือดินของหญ้าชะเงาฝอยในกลุ่มที่มีการใส่ปุ๋ยยังคงมีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุม ส่วนความหนาแน่นของจำนวนต้นของกลุ่มทดลองที่ได้รับปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 จนถึงสัปดาห์ที่ 9

ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3 จนถึงสัปดาห์ที่ 8 หญ้าชะเงาฝอยในกลุ่มทดลองที่ได้รับปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีการเพิ่มมวลชีวภาพส่วนเหนือดินอย่างรวดเร็ว ส่วนหญ้าชะเงาฝอยในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีการเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ และมีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน อย่างเห็นได้ชัด ความหนาแน่นของจำนวนต้นมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนระหว่างกลุ่มทดลองเช่นเดียวกัน โดยกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีความหนาแน่นของจำนวนต้นสูงสุด ในสัปดาห์ที่ 5-7 โดยมีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังพบว่าความยาวใบเฉลี่ยของกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม แต่ไม่มีความแตกต่างระหว่างการใส่ปุ๋ย 2 ระดับ จนถึงสัปดาห์ที่ 12 จำนวนใบต่อต้นก็เช่นเดียวกัน หญ้าชะเงาฝอยในกลุ่มทดลองที่ได้รับปุ๋ยโดยเฉลี่ยแล้วมีจำนวนใบต่อต้นสูงกว่าในกลุ่มควบคุม โดยมีจำนวนต้นที่มีใบ 3-5 ใบสูงกว่าอย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยเป็นตัวเร่งให้หญ้าชะเงาฝอยเพิ่มจำนวนและมีการเติบโตอย่างรวดเร็ว การมีจำนวนใบต่อต้นมากย่อมหมายถึงความสมบูรณ์ของต้นและการมีพื้นที่ในการสังเคราะห์ด้วยแสงมากขึ้นด้วย ดังนั้นช่วง 3-8 สัปดาห์ เป็นช่วงที่หญ้าชะเงาฝอยมีความหนาแน่นสูงและมีอัตราการเติบโตสูง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ช่วงสัปดาห์ที่ 9 ถึงสัปดาห์ที่ 14 เป็นช่วงที่ความหนาแน่นของจำนวนต้นหญ้าชะเงาฝอยในกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยมีการลดลงต่อเนื่อง มวลชีวภาพส่วนเหนือดินที่เพิ่มขึ้นในช่วงนี้จึงเป็นผลจากการยืดยาวของใบเท่านั้น ในขณะที่กลุ่มควบคุมมีความหนาแน่นของจำนวนต้นเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุด ในสัปดาห์ที่ 10 เป็นต้นไป มีความหนาแน่นของจำนวนต้นมากกว่ากลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน แต่ก็ยังน้อยกว่ากลุ่มที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอนมาก โดยกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีมวลชีวภาพส่วนเหนือดินสูงสุดในสัปดาห์ที่ 14 ซึ่งตั้งแต่สัปดาห์ที่ 12 จนสิ้นสุดการทดลอง กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีความยาวใบเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน และกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อมีการใส่ปุ๋ยซ้ำในสัปดาห์ที่ 14 พบว่า มวลชีวภาพส่วนเหนือดิน และความยาวใบเฉลี่ยมีการลดลงใน 2 สัปดาห์ ส่วนความหนาแน่นของจำนวนต้นที่มีการลดตั้งตั้งแต่สัปดาห์ที่ 9 การใส่ปุ๋ยซ้ำ ก็ไม่ได้ช่วยให้มีความหนาแน่นสูงขึ้น หรือทำให้หญ้าชะเงาฝอยมีมวลชีวภาพส่วนเหนือดินสูงขึ้นแต่อย่างใด และยังมีการลดลงด้วย เนื่องมาจากการปลูกในพื้นที่จำกัด ทำให้หญ้าชะเงาฝอยไม่สามารถเพิ่มจำนวนมากกว่านี้ เนื่องจากเกินขีดจำกัดของพื้นที่ อีกทั้งการใส่ปุ๋ยซ้ำ ยังทำให้เกิดการสะพรั่งของแพลงก์ตอนพืชอีกครั้ง รบกวนการสังเคราะห์ด้วยแสง จึงทำให้มวลชีวภาพในช่วงนี้ลดลง โดยการลดลงของมวลชีวภาพส่วนเหนือดินเป็นผลจากการลดลงของความยาวใบเฉลี่ย จากการที่ใบที่มีความยาวสูงหลุดร่วงในช่วงหลังจากการใส่ปุ๋ยมาก

ในการทดลองมีการควบคุมปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ ให้เท่ากัน แตกต่างกันเฉพาะปริมาณธาตุอาหารในน้ำที่อยู่ระหว่างอนุภาคของดินตะกอน ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน ความหนาแน่นของจำนวนต้น ความยาวใบเฉลี่ยรวมถึงจำนวนใบต่อต้นของหญ้าชะเงาฝอยที่แตกต่างกันในแต่ละกลุ่มทดลอง เกิดจากระดับของปุ๋ยที่ใส่ลงไปในดินตะกอนเมื่อเริ่มทำการทดลองที่แตกต่างกัน ซึ่งการใส่ปุ๋ยนั้นเป็นการให้ธาตุอาหารในการเติบโตของหญ้าชะเงาฝอยโดยตรง ปุ๋ยที่ใช้ในการทดลองเป็นปุ๋ยบัวอัดเม็ด เมื่อฝังลงไปในดินตะกอนปุ๋ยจะมีการละลายอย่างช้า ๆ เป็นการให้ธาตุอาหารกับหญ้าชะเงาฝอยอย่างต่อเนื่อง ธาตุอาหารจากปุ๋ยจะละลายอยู่ในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอน หญ้าทะเลต้องการธาตุอาหารเพื่อใช้ในการเติบโตเช่นเดียวกับพืชทั่วไป โดยธาตุอาหารที่หญ้าทะเลต้องการในปริมาณมากคือไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (Romero *et al*., 2006)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไนโตรเจนมีบทบาทสำคัญในการเติบโตของหญ้าทะเล โดยมีความสำคัญต่อพืชในลักษณะที่เป็นสารประกอบภายในเนื้อเยื่อ โดยจะถูกนำไปใช้สร้างเป็นกรดอะมิโนและสังเคราะห์เป็นโปรตีน อีกทั้งยังเป็นสารประกอบสำคัญต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมและเป็นองค์ประกอบสำคัญของแวคิวโอลในเซลล์พืช (Hemminga and Duarte, 2000) ไนโตรเจนที่หญ้าทะเลสามารถดูดซึมไปใช้ได้อยู่ในรูปของ NH_4^+ และ NO_3^- โดยหญ้าทะเลจะใช้แอมโมเนียมที่ถูกดูดซึมผ่านรากเป็นหลัก (Short and McRoy, 1984) จากการศึกษาของ Thursby and Harlin (1982) พบว่า รากของ *Zostera marina* มีค่า K_s (Half-saturation constant) ในการดูดซึมแอมโมเนียม ซึ่งก็คือระดับความเข้มข้นที่มีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของความเข้มข้นสูงสุดที่นำเข้าเซลล์ได้ เท่ากับ 104 ไมโครโมลาร์ ในขณะที่ค่า K_s ของใบ เท่ากับ 9.2 ไมโครโมลาร์ เท่านั้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Stapel *et al.* (1996) ที่ทำการศึกษาในหญ้าทะเลชนิดเดียวกัน พบว่า ใบมีอัตราการดูดซึมสูงสุด (V_m) ของแอมโมเนียม อยู่ในช่วง 32-37 μmol/g leaf DW h ส่วนรากมีค่า 22 μmol/g root DW h แต่สำหรับหญ้าชะเงาฝอยนั้นยังไม่เคยมีการรายงานไว้

แอมโมเนียม-ไนโตรเจนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนของกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมในเกือบทุกสัปดาห์ ปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนมีความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพส่วนเหนือดินและความยาวใบเฉลี่ยของหญ้าชะเงาฝอยในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ สอดคล้องกับการศึกษาของชาคริต (2550) ที่รายงานว่าแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนมีความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพ แต่โดยปกติแล้วเมื่อหญ้าทะเลมีการเติบโตสูง ควรจะมีปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนต่ำลง เช่นเดียวกับในธรรมชาติที่พบว่าธาตุอาหารที่มีอยู่ในดินตะกอนจะพบในปริมาณน้อยเนื่องจากถูกหญ้าทะเลดูดซึมไปใช้ (Kaewsuralikhit, 2549 *Cited* Hilman *et al.*, 1989) แต่ตลอดการทดลองกลับมีปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนสูงกว่าเมื่อเริ่มทำการทดลองในกลุ่มการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย ซึ่งทำให้แอมโมเนียม-ไนโตรเจนไม่ใช่ธาตุอาหารที่เป็นปัจจัยจำกัดในการเติบโตเนื่องจากมีปริมาณมากจนเกินพอจากการละลายของปุ๋ยอย่างต่อเนื่อง ในสัปดาห์ที่ 1 กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย มีปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนสูง แต่มวลชีวภาพยังไม่สูงขึ้น เนื่องจากได้รับผลกระทบจากการสะพรั่งของแพลงก์ตอนพืชดังที่กล่าวมาแล้ว

ในสัปดาห์ที่ 2-9 เมื่ออิทธิพลจากการสะพรั่งของแพลงก์ตอนพืชลดลง มวลชีวภาพส่วนเหนือดินและความยาวใบเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น รวมทั้งความหนาแน่นของจำนวนต้นก็มีค่าสูงขึ้นหลังจากความหนาแน่นของต้นสูงสุดในสัปดาห์ที่ 5 ก็พบว่าในสัปดาห์ที่ 6 ปริมาณแอมโมเนียม-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไนโตรเจนลดลง แล้วจึงเพิ่มขึ้นอีก แสดงให้เห็นว่าเมื่อหญ้าทะเลมีความหนาแน่นสูง ก็มีความต้องการธาตุอาหารสูงขึ้นด้วย ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการลดลงของปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในสัปดาห์ใด สัปดาห์ต่อมาจะมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากมีการละลายออกมามากขึ้นเมื่อความเข้มข้นที่มีอยู่ภายในดินต่ำลง ในสัปดาห์ที่ 10-14 มวลชีวภาพส่วนเหนือดินและความยาวใบเฉลี่ยมีค่าสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่วนปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนลดลงอย่างมาก แสดงให้เห็นว่ามีการดูดซึมไปใช้สูงในช่วงนี้ จึงทำการใส่ปุ๋ยซ้ำในสัปดาห์ที่ 14 เพื่อให้ธาตุอาหารเพียงพอกับการเติบโต แต่ก็ไม่ทำให้มวลชีวภาพส่วนเหนือดินเพิ่มขึ้นแต่อย่างใด และพบการลดลงของมวลชีวภาพและความยาวใบ เพราะการใส่ปุ๋ยซ้ำนั้น ยังเป็นผลให้เกิดการสะพรั่งของแพลงก์ตอนพืชในถังทดลองอีกด้วย และถึงแม้จะมีธาตุอาหารเพียงพอกับการเติบโต แต่ก็เป็นการปลูกในพื้นที่จำกัด

เมื่อหญ้าทะเลมีความหนาแน่นถึงจุดหนึ่ง จะไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้อีก โดยในกลุ่มทดลองที่มีการปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีมวลชีวภาพส่วนเหนือดินสูงสุดที่ 65.21±20.98 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร เมื่อปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนมีค่า 3,794.52±258.79 ไมโครโมลาร์ และมีความหนาแน่นของจำนวนต้นสูงสุด 9,012±439 ต้นต่อตารางเมตร เมื่อปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนมีค่า 5599.23±272.22 ไมโครโมลาร์ ในขณะที่การศึกษาของชาคริต (2550) พบว่ามวลชีวภาพของหญ้าชะเงาฝอยจะมีค่ามากที่สุด 81.61 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร เมื่อความเข้มข้นของแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนมีค่าเท่ากับ 351.01 ไมโครโมลาร์

ปริมาณไนไตรท์และไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนในสัปดาห์แรกมีค่าสูงกว่าในสัปดาห์อื่น โดยกลุ่มที่มีการใส่ปุ๋ยมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยมีการละลายไนไตรท์และไนเตรท-ไนโตรเจนออกมาในช่วงนี้สูงมาก ส่วนในกลุ่มควบคุมมีค่าสูงเนื่องจากภายในดินก็มีปริมาณไนไตรท์และไนเตรท-ไนโตรเจนตามธรรมชาติอยู่แล้ว การที่มีค่าลดลงมากในสัปดาห์ที่ 4 และไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักจนสิ้นสุดการทดลอง เกิดจากการที่หญ้าทะเลมีการนำไปใช้ คือเมื่อปุ๋ยละลายไนไตรท์และไนเตรท-ไนโตรเจนออกมาเท่าใดหญ้าทะเลก็ดูดซึมไปใช้เท่านั้น ทำให้ปริมาณไนไตรท์และไนเตรท-ไนโตรเจนเหลืออยู่ในดินตะกอนน้อย โดยหญ้าทะเลจะดูดซึมไนเตรทไปใช้รองจากแอมโมเนียม (Short and McRoy, 1984) ตรงกับการทดสอบทางสถิติพบว่าปริมาณไนไตรท์และไนเตรต-ไนโตรเจนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนมีความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพส่วนเหนือดินและความยาวใบเฉลี่ยของหญ้าชะเงาฝอยในทิศทางตรงกันข้ามอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีมวลชีวภาพส่วนเหนือดินและความยาวใบเฉลี่ยสูงสุดเมื่อปริมาณไนไตรท์และไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนมีค่าเท่ากับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

45.28±8.61 ไมโครโมลาร์ อย่างไรก็ตามปริมาณไนไตรท์และไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนเมื่อเริ่มต้นทำการทดลอง มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลอง ทั้ง ๆ ที่ยังไม่มีการใส่ปุ๋ยในขณะทำการเก็บตัวอย่างดิน ซึ่งความแตกต่างนี้น่าจะมาจากการผสมดินที่ยังไม่เป็นเนื้อเดียวกันเพียงพอ หรืออาจจะมีสิ่งแปลกปลอมที่กำจัดออกไม่หมด

ปริมาณซิลิเกต-ซิลิคอนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละสัปดาห์ค่อนข้างมาก และไม่เห็นความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองชัดเจน บทบาทของซิลิคอนที่มีต่อหญ้าทะเลนั้นยังไม่แน่ชัด แต่ซิลิคอนเป็นองค์ประกอบภายในเนื้อเยื่อพืชและสามารถช่วยป้องกันโรคในพืชชั้นสูงได้ (Ma and Yamaji, 2006) ซึ่งการทดลองของ Kamermans *et al*. (1999) รายงานไว้ว่าระดับของซิลิคอนที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน ความยาวใบและจำนวนต้นของหญ้าทะเลชนิด *Zostera marina* ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ที่พบว่า ปริมาณซิลิเกต-ซิลิคอนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนไม่มีความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพส่วนเหนือดินของหญ้าชะเงาฝอย ในขณะที่ Herman *et al.* (1996) มีการรายงานไว้ว่าพื้นที่ปกคลุมของ *Z. marina* มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณซิลิคอนในน้ำ ซึ่งน่าจะมีปัจจัยอื่นที่ทำให้ข้อมูลที่ได้แตกต่างกัน

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญมากต่อการเติบโตของหญ้าทะเล เนื่องจากหญ้าทะเลใช้ฟอสฟอรัสในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างพลังงานให้กับเซลล์ (เชษฐพงษ์, 2545) โดยในการทดลอง พบว่า ปริมาณออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนของกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมในทุกสัปดาห์ โดยกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย ในช่วงสัปดาห์ที่ 1-2 เป็นช่วงที่หญ้าชะเงาฝอยได้รับผลกระทบจากกระสะพรั่งของแพลงก์ตอนพืชดังที่กล่าวมาแล้ว และอยู่ในช่วงที่หญ้าชะเงาฝอยกำลังปรับตัว ในช่วงสัปดาห์ที่ 3-7 ซึ่งหญ้าชะเงาฝอยมีความหนาแน่นสูงและมีการเติบโตอย่างรวดเร็ว มีการลดลงของปริมาณออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส แสดงให้เห็นว่าหญ้าชะเงาฝอยมีการดูดซึมไปใช้ในช่วงนี้มาก จากนั้นสูงขึ้นอย่างมากในสัปดาห์ที่ 8-9 ซึ่งไม่สอดคล้องกับการเติบโตของหญ้าทะเล แต่ในช่วงสัปดาห์ที่ 10-14 ปริมาณออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสมีแนวโน้มลดลงอีกครั้ง จากการดูดซึมไปใช้ในการเติบโตของหญ้าชะเงาฝอย ซึ่งในช่วงนี้เป็นช่วงที่หญ้าชะเงาฝอยมีการเติบโตอย่างรวดเร็วและมีการเติบโตสูงสุดในสัปดาห์ที่ 14 โดยค่ามีปริมาณสูงขึ้นอีกครั้งในสัปดาห์ที่ 16 ซึ่งเป็นผลจากการใส่ปุ๋ยซ้ำในสัปดาห์ที่ 14 หลังจากนั้นมีค่าลดลง และถึงแม้จะมีค่าสูงขึ้นในสัปดาห์ที่ 20 แต่ก็ไม่ทำให้มวล-ชีวภาพและความหนาแน่นของจำนวนต้นเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ส่วนในกลุ่มควบคุม มีการลดลงของปริมาณออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสอย่างต่อเนื่อง และมีปริมาณน้อยมากในช่วงท้ายของการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทดลองซึ่งแม้ปริมาณที่มีอยู่นี้จะเพียงพอกับการเติบโต แต่ก็มีการเติบโตไม่สูงเท่ากลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน แต่เมื่อทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติพบว่าปริมาณออร์โธ-ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนไม่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของหญ้าชะเงาฝอย แต่ในการศึกษาของ Udy and Dennison (1997) พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทำให้การเติบโตและมวลชีวภาพของหญ้าทะเลชนิด *Halodule uninervis* และ *Zostera capricorni* เพิ่มขึ้น

การเติบโตที่แตกต่างกันของหญ้าชะเงาฝอยในกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน นอกจากจะเกี่ยวข้องกับปริมาณธาตุอาหารแล้ว ยังเกี่ยวข้องกับการสะพรั่งของแพลงก์ตอนพืชของกลุ่มที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน ที่รุนแรงกว่ากลุ่มที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน ทำให้การเติบโตไม่ดีเท่าที่ควร

ปริมาณน้ำในดินตะกอนมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากตลอดการทดลอง โดยมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อยในช่วงท้ายของการทดลอง ซึ่งเป็นช่วงที่มีการตายของหญ้าชะเงาฝอยเพิ่มมากขึ้นในทุกกลุ่มทดลอง การตายของหญ้าชะเงาฝอย การหลุดหรือขาดของใบ ทำให้เกิดการทับถมของเศษซาก ซึ่งทำให้มีการดูดซับน้ำไว้ได้มากขึ้น โดยเฉลี่ยแล้วปริมาณน้ำในดินตะกอนในทุกกลุ่มการทดลองมีค่าสูงกว่าปริมาณน้ำในดินตะกอนบริเวณแหล่งต้นพันธุ์ธรรมชาติ ที่มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 20.43-25.23 ในระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร แต่ก็ยังมีค่าอยู่ในช่วงปริมาณน้ำในดินตะกอนที่เหมาะสมกับการเติบโตของหญ้าชะเงาฝอยในประเทศไทยที่ชาคริต (2550) รายงานไว้ว่าอยู่ในช่วงร้อยละ 19.77-42.45

อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยที่ความเข้มข้น 2 ระดับ คือ 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน ยังมีปัจจัยเรื่องอัตราการละลายของปุ๋ยเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย เนื่องจากการมีพื้นที่ผิวของเม็ดปุ๋ยที่ไม่เท่ากัน แม้ปุ๋ยบัวอัดเม็ดจะมีลักษณะการละลายอย่างช้า ๆ แต่ก็มีความแตกต่างระหว่าง 2 กลุ่ม ซึ่งจะเห็นได้จากปริมาณธาตุอาหารของกลุ่มที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน มีค่าสูงกว่าในหลายสัปดาห์ จึงทำให้ผลการทดลองที่ออกมา อาจเป็นผลจากอัตราการละลายของปุ๋ยด้วย ไม่ใช่ปริมาณของปุ๋ยเพียงอย่างเดียว

เมื่อเปรียบเทียบการทดลองที่ 1 และ 2 พบว่า การใช้ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์ 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง แม้จะทำให้หญ้าชะเงาฝอยมีมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน ความหนาแน่นของจำนวนต้น และความยาวใบเฉลี่ยสูงกว่าระดับอื่น แต่ก็ให้ผลดีไม่เท่ากับการใส่ปุ๋ยในระดับ 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน ลงในดินตะกอนที่มาจากแหล่งหญ้าทะเลธรรมชาติ เนื่องจากการใส่ปุ๋ย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เป็นการให้ธาตุอาหารกับหญ้าทะเลโดยตรง ไม่ต้องผ่านกระบวนการย่อยสลายโดยแบคทีเรีย เหมือนกับการใช้สารอินทรีย์ในดินตะกอนเป็นแหล่งของธาตุอาหาร ซึ่งมีปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องมากมาย เช่น อุณหภูมิ ชนิดของดิน ความเป็นกรด-ด่าง และกิจกรรมของแบคทีเรีย (McLatchey and Reddy, 1998) แต่การใช้สารอินทรีย์ในดินตะกอนเป็นแหล่งของธาตุอาหารให้กับหญ้าทะเลนั้น อาจมีประโยชน์ในการเก็บรักษาต้นพันธุ์ในห้องปฏิบัติการ ในกรณีที่ยังไม่มีการนำต้นพันธุ์ไปทำการย้ายปลูกทันที เนื่องจากในการทดลอง พบว่า หญ้าชะเงาฝอยสามารถเติบโตได้จนครบระยะเวลาการทดลองที่ 9 เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการศึกษาอิทธิพลของปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอนและปริมาณธาตุอาหารในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนต่อการเปลี่ยนแปลงมวลชีวภาพของหญ้าชะเงาฝอย เพื่อพัฒนาเทคนิคการขยายพันธุ์แบบมหมวลในห้องปฏิบัติการ

ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวมอยู่ในช่วง 48.01±2.71 ถึง 54.59±1.17 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง หรือประมาณ 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง สามารถเพิ่มมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน ความหนาแน่นของจำนวนต้นและความยาวใบเฉลี่ยของหญ้าชะเงาฝอยได้มากที่สุด มวลชีวภาพส่วนเหนือดินและความหนาแน่นของจำนวนต้นมีค่าสูงสุดหลังจากเริ่มทดลองเป็นระยะเวลา 7 เดือน โดยมีมวลชีวภาพส่วนเหนือดินและความหนาแน่นของจำนวนต้นเพิ่มขึ้น 64.67 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร และ 2,008 ต้นต่อตารางเมตร ตามลำดับ

เทคนิคที่สำคัญของการเตรียมดินตะกอนในการปลูกหญ้าชะเงาฝอย คือการผสมดินให้เป็นเนื้อเดียวกันและกำจัดสิ่งแปลกปลอมออกจากเนื้อดิน โดยหลังจากทำการผสมดินตามอัตราส่วนที่ได้คำนวณไว้แล้ว จะต้องมีการเก็บตัวอย่างดินตะกอนไปวิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์รวมก่อน หากยังไม่ได้ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวมในระดับที่ต้องการก็ต้องทำการปรับอัตราส่วนดินตะกอนตามความเหมาะสม และวิเคราะห์ตัวอย่างดินตะกอนอีกครั้งก่อนนำไปใช้ ทั้งนี้ระดับความสูงของดินตะกอน 7 เซนติเมตร ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ไม่เพียงพอต่อการเติบโตของส่วนใต้ดินของหญ้า ชะเงาฝอย จึงพบการยืดยาวของรากออกมาพ้นส่วนของดินตะกอน

การใส่ปุ๋ยสามารถเพิ่มมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน ความหนาแน่นของจำนวนต้น ความยาวใบเฉลี่ยและจำนวนใบต่อต้นของหญ้าชะเงาฝอยได้อย่างรวดเร็ว การใส่ปุ๋ยจึงเหมาะกับการใช้ขยายพันธุ์หญ้าชะเงาฝอยในห้องปฏิบัติการ โดยระดับที่เหมาะสมที่สุดคือมีปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ไนไตรท์และไนเตรท-ไนโตรเจน และออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส เท่ากับ 454.13, 4.43 และ 765.68 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน ตามลำดับ เมื่อใช้ดินตะกอนจากแหล่งหญ้าทะเลธรรมชาติ ซึ่งทำให้ความหนาแน่นของจำนวนต้นสูงสุดใน 5 สัปดาห์ เพิ่มขึ้นจากเมื่อเริ่มทำการทดลองเฉลี่ย 5,594 ต้นต่อตารางเมตร และมีมวลชีวภาพส่วนเหนือดินสูงสุดใน 14 สัปดาห์ เพิ่มขึ้นจากเมื่อเริ่มทำการทดลอง 127.51 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร และสามารถเพิ่มความยาวใบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เฉลี่ยได้สูงสุดใน 16 สัปดาห์ โดยเพิ่มขึ้นจากเมื่อเริ่มทดลอง 12.9 เซนติเมตร ซึ่งมีการเติบโตดีกว่าการใช้ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

การใช้ปุ๋ยในการขยายพันธุ์หญ้าชะเงาฝอย จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารที่เป็นองค์ประกอบในปุ๋ย รวมทั้งวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารในดินตะกอนที่นำมาใช้ในการปลูกก่อนจะคำนวณหาปริมาณปุ๋ยที่ต้องใส่เพิ่มลงไปเพื่อที่จะทำให้ดินตะกอนมีปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสมกับการเติบโตของหญ้าชะเงาฝอย โดยต้องมีการฝังเม็ดปุ๋ยลึกลงไปในดินตะกอนในบริเวณรากของหญ้าชะเงาฝอย เพื่อให้รากดูดซึมธาตุอาหารไปใช้ได้อย่างรวดเร็ว และเป็นการป้องกันไม่ให้ธาตุอาหารที่ละลายออกมาเคลื่อนตัวออกไปสู่มวลน้ำมากจนเกินไป

ในช่วงสัปดาห์ที่ 3-8 เป็นช่วงที่เหมาะสมกับการนำต้นพันธุ์ไปใช้ในกระบวนการย้ายปลูก เนื่องจากเป็นช่วงที่หญ้าชะเงาฝอยมีความหนาแน่นของจำนวนต้นสูงสุด และมีอัตราการเติบโตสูง โดยการเลือกช่วงที่เหมาะกับการนำหญ้าชะเงาฝอยไปทำการย้ายปลูกนั้นควรพิจารณาจากความหนาแน่นของจำนวนต้นเป็นหลัก เนื่องจากการมีความหนาแน่นสูงทำให้ลำต้นใต้ดินแข็งแรงและยึดเกาะกันดี และยังทำให้เกิดการขยายพื้นที่ในบริเวณที่ทำการย้ายปลูกได้ไวกว่า ซึ่งช่วงสัปดาห์ที่ 3- 8 มีปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน ไนไตรท์และไนเตรท-ไนโตรเจน ซิลิเกต-ซิลิคอนและออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนอยู่ระหว่าง 3,191.69-6,159.82, 62.84-944.19, 93.50-188.19 และ 32.56-56.36 ไมโครโมลาร์ ตามลำดับ

ปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนมีความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพส่วนเหนือดินและความยาวใบเฉลี่ยของหญ้าชะเงาฝอยในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ($p<0.01$) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.57 และ 0.47 ตามลำดับ ส่วนปริมาณไนไตรท์และไนเตรต-ไนโตรเจนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับมวลชีวภาพส่วนเหนือดินและความยาวใบเฉลี่ยของหญ้าชะเงาฝอยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.57 และ 0.71 ตามลำดับ

การใช้ปุ๋ยและการใช้ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์สูง สามารถทำให้เกิดการสะพรั่งของแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายภายในถังทดลอง ซึ่งจะรบกวนการเติบโตของหญ้าชะเงาฝอย ต้องมีการกำจัดออกเป็นระยะร่วมกับการติดตั้งชุดกรอง เพื่อช่วยกรองแพลงก์ตอนพืชบางส่วนออกจากมวลน้ำ โดยต้องมีการทำความสะอาดชุดกรองเป็นระยะและเปลี่ยนชุดกรองเมื่อมีการเสื่อมสภาพ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นอกจากนี้ต้องระมัดระวังไม่ให้เกิดการฟุ้งกระจายของดินตะกอนบริเวณก้นถัง เนื่องจากสามารถรบกวนการเติบโตของหญ้าชะเงาฝอยได้เช่นกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

1. การใช้สมการความสัมพันธ์ระหว่างความยาวใบกับน้ำหนักใบของหญ้าทะเล ในการคำนวณหามวลชีวภาพ จะต้องเลือกใช้สมการให้เหมาะสม โดยต้องมีจำนวนตัวอย่างใบหญ้าทะเลมากพอ เพื่อให้ได้ข้อมูลครอบคลุมช่วงความยาวใบทั้งหมดที่ต้องการศึกษา และไม่สามารถใช้สมการที่ได้จากข้อมูลของหญ้าทะเลชนิดอื่น รวมถึงไม่ควรใช้ข้อมูลที่ได้จากปัจจัยแวดล้อมที่แตกต่างกัน และต้องมีการทดสอบสมการโดยเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการคำนวณและค่าจริงก่อนนำไปใช้ทุกครั้ง

2. การเก็บตัวอย่างหญ้าทะเลจากแหล่งต้นพันธุ์ธรรมชาติ ต้องเก็บให้ได้ต้นพันธุ์ที่สมบูรณ์ทั้งส่วนเหนือดินและใต้ดิน โดยระมัดระวังอย่าให้รากขาด และในการขยายพันธุ์ในห้องปฏิบัติการควรเพิ่มความสูงของดินตะกอนให้มากกว่า 7 เซนติเมตร เนื่องจากในการศึกษานี้พบว่า รากของหญ้าชะเงาฝอยสามารถเติบโตยืดยาวออกมาภายนอกตะกร้าปลูก และไม่จำเป็นต้องปลูกในตะกร้าดังในการศึกษานี้เท่านั้น อาจทำการปลูกในบ่อซีเมนต์ หรือถังไฟเบอร์กลาสขนาดใหญ่ ซึ่งจะทำให้ลำต้นใต้ดินยึดเกาะกันได้ดีขึ้น

3. ในการขยายพันธุ์หญ้าชะเงาฝอยในห้องปฏิบัติการโดยการใช้ปุ๋ย ต้องระมัดระวังเกี่ยวกับการสะพรั่งของแพลงก์ตอนพืชและสาหร่าย โดยต้องมีการกำจัดออกเป็นระยะ เพื่อไม่ให้รบกวนการเติบโตของหญ้าชะเงาฝอย โดยอาจติดตั้งชุดกรอง ซึ่งต้องมีการทำความสะอาดเป็นระยะ หรือหากมีงบประมาณเพียงพออาจใช้การเปลี่ยนถ่ายน้ำทะเลที่ใช้ในการเลี้ยง และไม่ควรมีการรบกวนตัวอย่างหญ้าชะเงาฝอยระหว่างการเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการมากจนเกินไป เนื่องจากจะทำให้การเติบโตของหญ้าชะเงาฝอยไม่ดีเท่าที่ควร และควรระมัดระวังไม่ให้มีการฟุ้งกระจายของดินตะกอนด้วย

4. ควรมีการตรวจวัดความเค็มของน้ำทะเลเป็นระยะ ๆ และต้องปรับความเค็มของน้ำทะเลให้คงที่อยู่เสมอ อย่างน้อยสัปดาห์ละครั้ง เนื่องจากความเค็มสามารถเปลี่ยนแปลงได้จากการระเหยของน้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5. การนำข้อมูลปริมาณธาตุอาหารในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนจากการศึกษาครั้งนี้ไปใช้ในการขยายพันธุ์หญ้าชะเงาฝอย ต้องมีการหาปริมาณธาตุอาหารที่เป็นองค์ประกอบในปุ๋ยก่อนทุกครั้ง เนื่องจากปุ๋ยที่ขายในท้องตลาด มีปริมาณธาตุอาหารที่แตกต่างกัน และต้องมีการหาปริมาณธาตุอาหารในดินตะกอนที่จะนำมาใช้ในการปลูกด้วย เพื่อคำนวณหาว่าต้องมีการใส่ปุ๋ยเพิ่มในปริมาณเท่าใด เพื่อให้ได้ปริมาณธาตุอาหารตามที่แนะนำไว้ในการศึกษาครั้งนี้ หรือถ้าในดินตะกอนนั้นมีความเหมาะสมของปริมาณธาตุอาหารอยู่แล้ว ก็ไม่มีความจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเพิ่มลงไป

6. การเลือกช่วงเวลาที่เหมาะสมในการย้ายปลูกในแหล่งธรรมชาติ ควรพิจารณาจากความหนาแน่นของจำนวนต้นเป็นหลัก ซึ่งควรมีการศึกษาถึงปัจจัยสิ่งแวดล้อมทั้งคุณภาพน้ำและดินตะกอนของพื้นที่นั้น ๆ ด้วย ก่อนทำการย้ายปลูก และควรมีการติดตามผลหลังจากดำเนินการย้ายปลูกอย่างต่อเนื่อง

7. ปริมาณธาตุอาหารในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอนที่แนะนำในการศึกษานี้ เหมาะสำหรับหญ้าชะเงาฝอยเท่านั้น โดยควรมีการศึกษากับหญ้าทะเลชนิดอื่นเพิ่มเติมด้วย เพื่อทดแทนหรือลดการใช้หญ้าทะเลธรรมชาติในกระบวนการย้ายปลูก

8. การวิจัยในลักษณะนี้ควรมีการดำเนินการต่อไป เพื่อพัฒนาเทคนิคการขยายพันธุ์แบบมหมวลของหญ้าชะเงาฝอยในห้องปฏิบัติการให้มีประสิทธิภาพ คุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุด และควรมีการการพัฒนาการปลูกในโรงเรือนที่สามารถควบคุมปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เพื่อให้มีผลผลิตที่ควบคุมได้จริง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมป่าไม้. 2543. **การสำรวจหญ้าทะเล.** คู่มืออุทยานแห่งชาติ. ลำดับที่ 3. ส่วนอุทยานแห่งชาติทางทะเล สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ, กรุงเทพฯ.

กฤษณ อินทรสุข. 2542. **การกระจายและความหลากหลายของสัตว์ทะเลตามฤดูกาลในแหลางหญ้าทะเลที่อ่าวปัตตานี.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์, สุจินต์ ดีแท้ และ วิทยา ศรีมโนภาย. 2534. **อนุกรมวิธานและนิเวศวิทยาของหญ้าทะเลในประเทศไทย.** คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จารุมาศ เมฆสัมพันธ์. 2548. **ดินตะกอน.** ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชัชรี แก้วสุรลิขิต. 2549. **สัณฐานวิทยาและสรีระวิทยาหญ้าทะเล.** ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชัชรี สุพันธุ์วณิช. 2543. หญ้าทะเล, น. 22-28. *ใน* จิตติมา อายุตตะกะ และมาเรียม กอสนาน, บรรณาธิการ. **อุทยานทรัพยากรชายฝั่งอันดามันเฉลิมพระเกียรติ.** สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

ชาคริต เรืองสอน. 2550. **การศึกษาคุณภาพน้ำและดินตะกอนที่เหมาะสมต่อความอุดมสมบูรณ์ของหญ้าทะเลในประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เชษฐพงษ์ เมฆสัมพันธ์. 2545. **สรีรวิทยาของแพลงก์ตอนพืชทะเล.** ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สมศักดิ์ ศิริพานิชเจริญ. 2535. **ผลของอัตราปุ๋ยไนโตรเจนและวันปลูก ต่อการเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตข้าวในเขตภาคเหนือตอนล่าง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุวลักษณ์ สาธุมนัสพันธุ์. 2546. **การจัดการหญ้าทะเล.** คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, นครปฐม.

อัจฉรีย์ ภุมวรรณ. 2536. **ความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพของหญ้าทะเลกับปัจจัยสภาพแวดล้อมบางประการ บริเวณอ่าวทับละมุ จังหวัดพังงา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Ackerman, J.D. 2006. Sexual Reproduction of Seagrasses: Pollination in the Marine Context, pp. 89-109. *In* W.D.A. Larkum., R.J. Orth and C.M. Duarte, eds. **Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation.** Springer, Dordrecht, The Netherlands.

Beer, S. and Y. Waisel. 1982. Effects of light and pressure on photosynthesis in two seagrasses. **Aquat. Bot.** 13: 331-337.

Calumpong, H.P. and M.S. Fonseca. 2001. Seagrass Transplantation and Other Seagrass Restoration Methods, pp. 425-443. *In* Short, F.T. and R.G. Coles, eds. **Global seagrass Research Methods.** Elsevier Science, London.

Dawes, C.J. 1998. **Marine Botany.** John Wiley&Sons, New York.

den Hartog, C. 1970. **The Sea-Grasses of the World**. North-Holland Publ. Co. Amsterdam, London.

Duart, C.M. 1990. Seagrass nutrient content. **Mar. Ecol. Prog. Ser.** 67: 201-207.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Escobar, C., L. Bravo, J. Hernandez and L. Herera. 2007. Hydrogen Sulfide Production From Elemental Sulfur by Desulfovibrio desulfuricans in an Anaerobic Bioreactor. **Biotechnol. Bioeng.** 8(3): 569-577.

Halun, Z., J. Terrados, J. Borum, L.K. Neilsen, C.M Duarte and M.D. Fortes. 2002. Experimental evaluation of the effects of siltation-derived changes in sediment conditions on the Philippine seagrass Cymodocea rotundata. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 279: 73-87.

Hemminga, M.A. and C.M. Duarte. 2000. **Seagrass Ecology.** Cambridge Univ. Press, Cambridge.

Herman, P.M.J., M.A. Hemminga, P.H. Nienhuis, J.M. Verschuure and E.G.J. Wessel. 1996. The wax and wane of eelgrass (*Zostera marina* L.) and water column silicon levels. **Mar. Ecol.Prog.Ser**. 144: 303-307.

Jackson, M.L. 1958. **Organic Matter Determinations for Soils in the Soil Chemical Anlysis.** New York: Prentice-Hall, Inc., New York.

Kaewsuralikhit, C. 2006. **Morphology and Physiology of Seagrasses.** Faculty of Fisheries Department of Fishery Biology Kasetsart University, Bangkok. (in Thai) *Cited* J. Kuo and A.J. McComb. 1989. Seagrass Taxonomy, Structure and Development, pp. 6-73. *In*: A.W.D. Larkum, A.J. McComb and S.A. Shepherd, eds. **Biology of Seagrasses: A Treatise on the Biology of Seagrasses with Special Reference to the Australian Region.** Elsevier/North Holland, Amsterdam.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Kaewsuralikhit, C. 2006. **Morphology and Physiology of Seagrasses.** Faculty of Fisheries Department of Fishery Biology Kasetsart University, Bangkok. (in Thai) *Cited* K. Hillman, D.I. Walker, A.J. McComb and A.W.D. Larkum. 1989. Productivity and Nutrient Availability, pp. 635-685. *In*: A.W.D. Larkum, A.J. McComb and S.A. Shepherd, eds. **Biology of Seagrasses: A Treatise on the Biology of Seagrasses with Special Reference to the Australian Region.** Elsevier/North Holland, Amsterdam.

_____. 2006. **Morphology and Physiology of Seagrasses.** Faculty of Fisheries Department of Fishery Biology Kasetsart University, Bangkok. (in Thai) *Cited* A. Thorhaug. 1986. Review of Seagrass Restoration Efforts. **Ambio**. 15: 110-117

Kamermans, P., M.A. Hemminga and D.J. de Jong. 1999. Significance of salinity and silicon levels for growth of a formerly estuarine eelgrass (*Zostera marina*) population (Lake Grevelingen, the Netherlands). **Mar.Biol**. 133: 527–539.

Kenworthy, W. J and M. S. Fonseca. 1992. The use of fertilizer to enhance growth of transplanted seagrasses *Zostera marina* L. and *Halodule wrightii* Aschers. **J.Exp.Mar.Biol.Ecol.** 163: 141-161.

Kirkman, H. 1978. Growing *Zostera capricorni* Aschers. in tanks. **Aquat. Bot.** 4: 367-372.

Kuo, J. and C. den Hartog. 2001. Seagrass Taxonomy and Identification Key, pp. 31-58. *In* F.T. Short and R.G. Coles, Editors. **Global Seagrass Research Methods.** Elsevier. London.

_____and _____. 2006. Seagrass Morphology, Anatomy, and Ultrastructure, pp. 51-87. *In* W.D.A. Larkum., R.J. Orth and C.M. Duarte, eds. **Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation**. Springer, Dordrecht, The Netherlands.

Lanyon, J. 1986. **Guild to the Identification of Seagrass in The Great Barrier Reef Region.** Nadicprint Services Ptl. Ltd., Townsville.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Lee, K.S., S. R. Park and Y.K. Kim. 2007. Effects of irradiance, temperature, and nutrients on growth dynamics of seagrasses: A review. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 350: 144-175.

Lewmanomont, K., S. Deetae and V. Shimanobhas. 1996. Seagrass of Thailand, pp. 21-26. *In* J. Kuo, R.C. Phillips, D.I. Walker and H. Kirkman, eds. **Seagrass biology: Proceedings of an international workshop.** Rottenest Island, Western Australia, 25-29 January 1996. Faculty of Science, The University of Western Australia, Nedlands, Australia.

Longstaff, B.J. and W.C. Dennison. 1999. Seagrass survival during pulsed turbidity events: the effects of light deprivation on the seagrasses *Halodule pinifolia* and *Halophila ovalis*. **Aquat. Bot.** 65: 105-121.

Ma, J.F. and N. Yamaji. 2006. Silicon uptake and accumulation in higher plants. **Trends. Plant. Sci.** 11(8): 392-397.

Marba, N., M. Holmer and E. Garcia. 2006. Seagrasses and Biogeochemistry, pp. 135-157. *In* W.D.A. Larkum., R.J. Orth and C.M. Duarte, eds. **Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation.** Springer, Dordrecht, The Netherlands.

Marschner, H. 1995. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. Second Edition, Academic Press, London.

Mateo, M.A., J. Cebrián, K. Dunton and T. Mutchler, 2006. Carbon Flux in Seagrass Ecosystems, pp. 159-192. *In* W.D.A. Larkum., R.J. Orth and C.M. Duarte, eds. **Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation**. Springer, Dordrecht, The Netherlands.

Peralta, G., J.L. Pe´rez-Llore´ns, I. Herna´ndez and J.J. Vergara. 2002. Effects of light availability on growth, architecture and nutrient content of the seagrass *Zostera noltii* Hornem. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 269: 9-26.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Peralta, G., T.J. Bouma, J. van Soelen, J.L. Pérez-Lloréns and I. Hernández. 2003. On the use of sediment fertilization for seagrass restoration: a mesocosm study on *Zostera marina* L. **Aquat. Bot.** 75: 95-110.

Romero, J., K.S. Lee, M. Pérez , M.A. Mateo and T. Alcoverro. 2006. Nutrients Dynamics in Seagrass Ecosystems, pp. 227-254. *In* W.D.A. Larkum., R.J. Orth and C.M. Duarte, eds. **Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation**. Springer, Dordrecht, The Netherlands.

Short, F.T. 1985. A method for the culture of tropical seagrasses. **Aquat. Bot.** 22: 187-193.

_____. 1987. Effects of sediment nutrients on seagrasses: literature review and mesocosm experiment. **Aquat. Bot.** 27: 41-57.

_____, T. Carruthers, W. Dennison and M. Waycott. 2007. Global seagrass distribution and diversity: A bioregional model. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 350: 3-20.

_____and C.P. McRoy, 1984. Nitrogen uptake by leaves and roots of the seagrass *Zostera marina* L. **Bot. Mar.** 27: 547–555.

_____. and H.A. Neckles. 1999. Review The effects of global climate change on seagrasses. **Aquat. Bot.** 63: 169-196.

_____, R.G. Coles and C. Pergent-Martini. 2001. Global Seagrass Distribution, pp. 5-25. *In* Short, F.T. and R.G. Coles, eds. **Global seagrass Research Methods.** Elsevier Science, London.

Spalding, M., M. Taylor, C. Ravilious, F. Short and E. Green. 2003. The Distribution and Status of Seagrasses, pp 5-26. *In* E.P.Green, F.T. Short. **World Atlas of Seagrass.** University of California Press, Berkley.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Supanwanid, C. and K. Lewmanomont. 2003. The Seagrass of Thailand, pp 144-151. *In* E.P.Green, F.T. Short. **World Atlas of Seagrass.** University of California Press, Berkley.

Thursby, G.B. and M.M. Harlin. 1982. Leaf-Root Interaction in the Uptake of Ammonia by *Zostera marina*. **Mar.Biol**. 72: 109-112.

Touchette, B.W. and J.M. Burkholder. 2000. Overview of the physiological ecology of carbon metabolism in seagrasses. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 250:169-205.

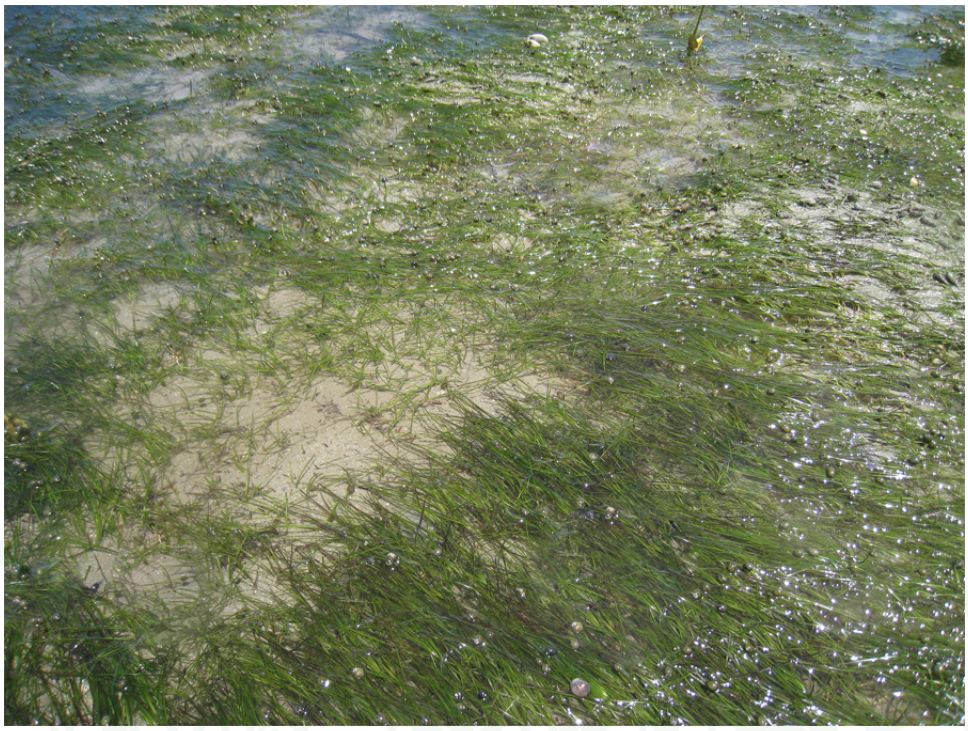
Udy, J.W. and W.C. Dennison. 1997. Growth and physiological responses of three seagrass species to elevated sediments nutrients in Moreton Bay, Australia. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 217: 253-277.

Wutthivorawong, C., P. Boonyanate, S. Polpool and K. Suwannachote. 2010. Transplantation of seagrass, *Halodule pinifolia* (Miki) den Hartog: survival between mangrove and urban areas in Makampom Bay, Rayong Province, Thailand, pp. 77-83. *In* **Proceedings of the 6th International Symposium on SEASTAR2000 and Asian Bio-logging Science (The 10th SEASTAR2000 workshop).** 23-25 February 2010, Phuket, Thailand.

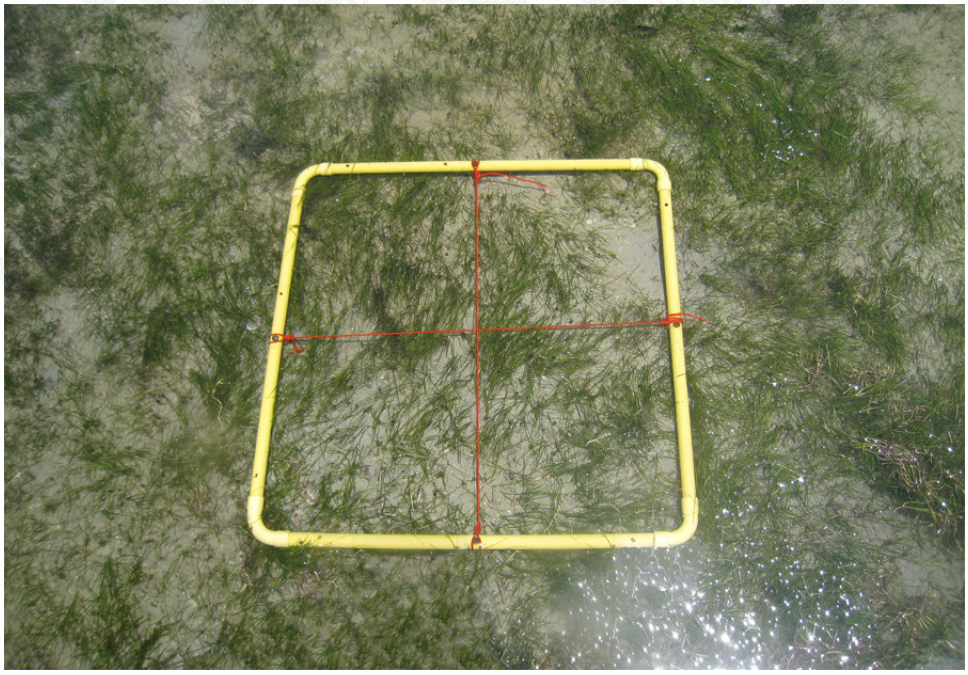
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ 1 ผืนหญ้าทะเลที่มีหญ้าชะเงาฝอยขึ้นอย่างหนาแน่น



ภาพผนวกที่ 2 การสุ่มวางกรอบสี่เหลี่ยมในการเก็บตัวอย่างหญ้าชะเงาฝอย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ 3 การเก็บตัวอย่างหญ้าชะเงาฝอย โดยใช้ core ที่ทำจากท่อ pvc

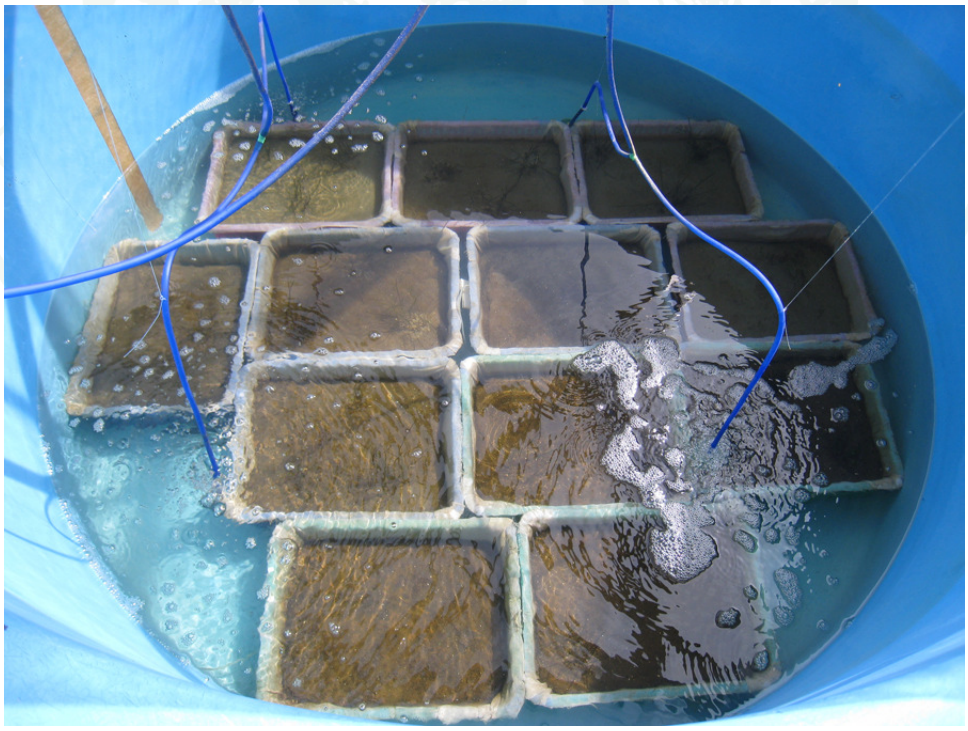
ภาพผนวกที่ 4 ตัวอย่างหญ้าชะเงาฝอยที่ใช้ในการทดลองบรรจุใน core ที่ทำจากท่อ pvc

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ 5 ลักษณะของดินตะกอนที่เก็บจากบริเวณแหล่งต้นพันธุ์ธรรมชาติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

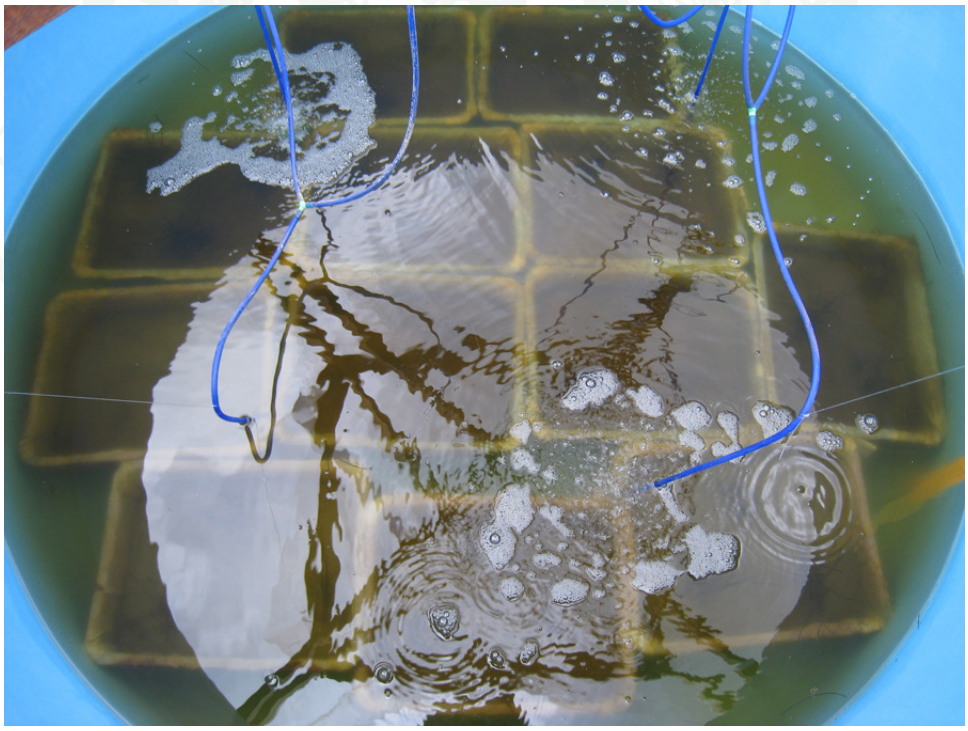
ภาพผนวกที่ 6 การทดลองที่ 1: ลักษณะของโครงหลังคาคลุมด้วยพลาสติกใส



ภาพผนวกที่ 7 การทดลองที่ 1: รูปแบบการจัดเรียงกลุ่มการทดลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ 8 การทดลองที่ 1: การวัดขนาดต้นหญ้าชะเงาฝอย



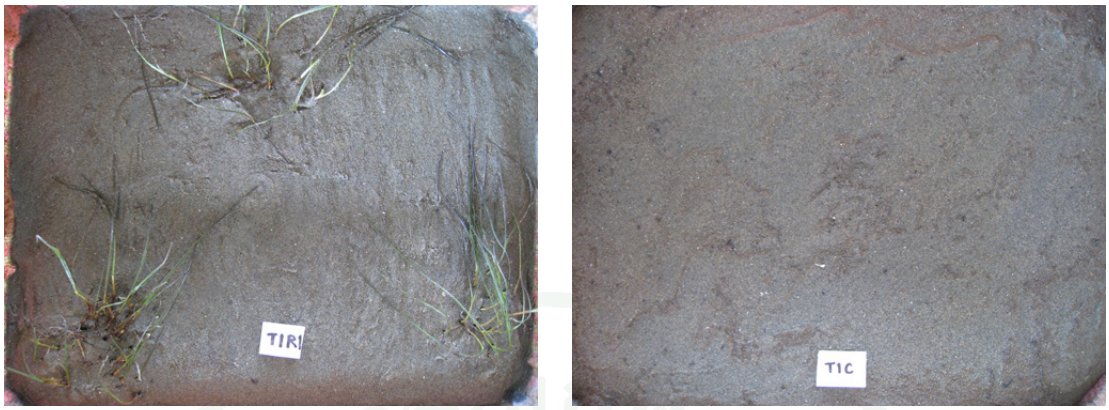
ภาพผนวกที่ 9 การทดลองที่ 1: สีของน้ำทะเลในถังทดลองที่เริ่มมีการสะพรั่งของแพลงก์ตอนพืช

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ 10 การทดลองที่ 1: การตกตะกอนของแพลงก์ตอนพืชหลังเกิดการสะพรั่ง

ภาพผนวกที่ 11 การทดลองที่ 1: ต้นอ่อนของหญ้าชะเงาฝอยที่งอกใหม่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



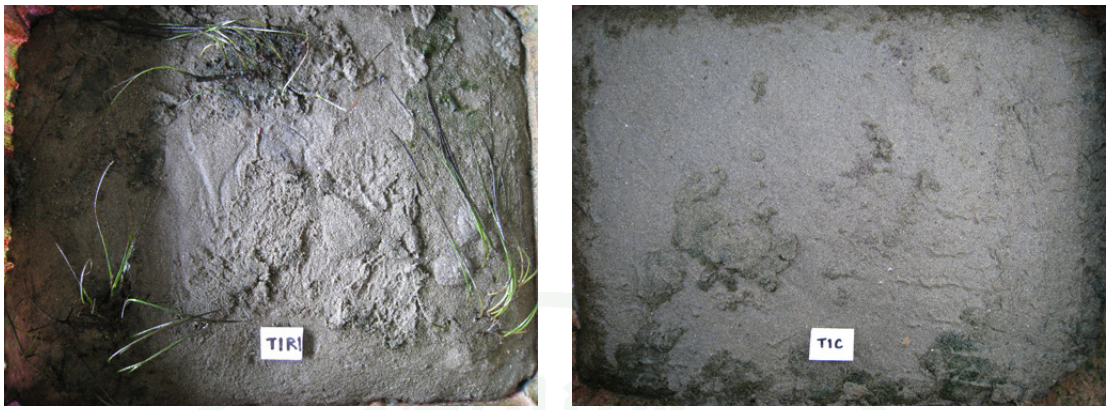
(a)

(b)

(c)

ภาพผนวกที่ 12 การทดลองที่ 1: 5 วัน หลังจากเริ่มทำการทดลอง ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม (a) 10 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (b) 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (c) 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



(a)

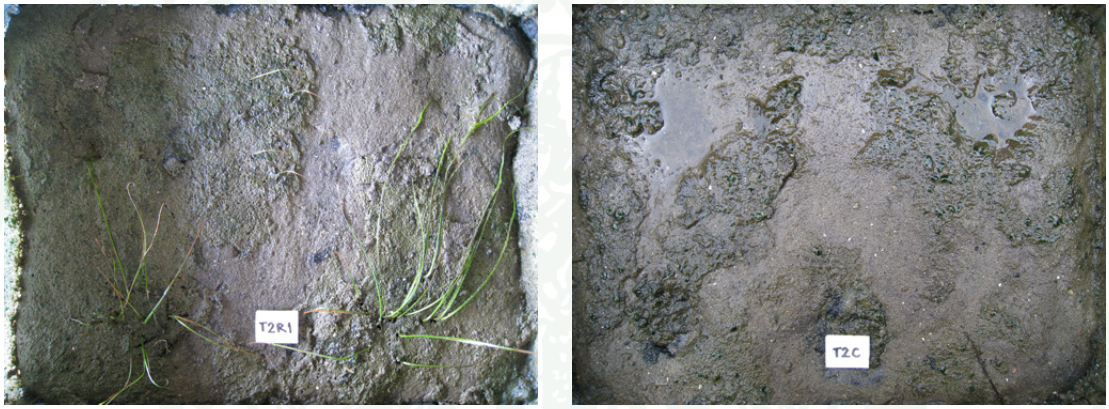
(b)

(c)

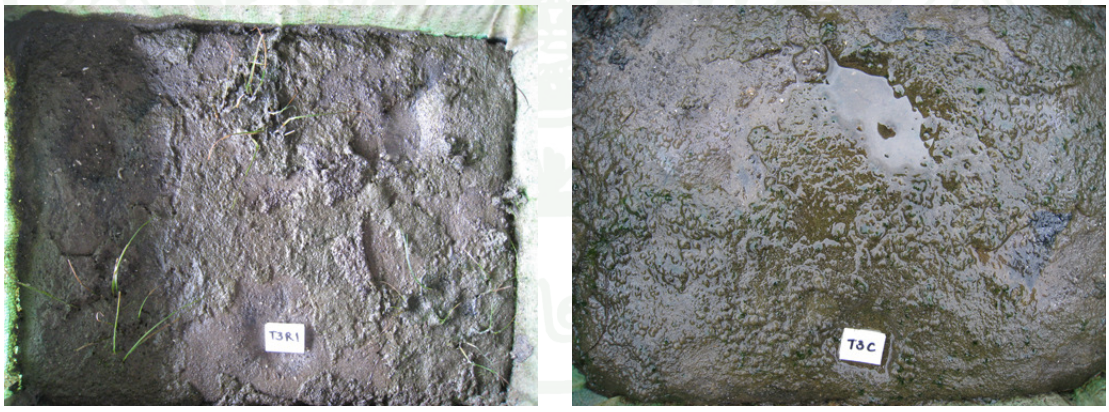
ภาพผนวกที่ 13 การทดลองที่ 1: 2 สัปดาห์ หลังจากเริ่มทำการทดลอง ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม (a) 10 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (b) 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (c) 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(a)



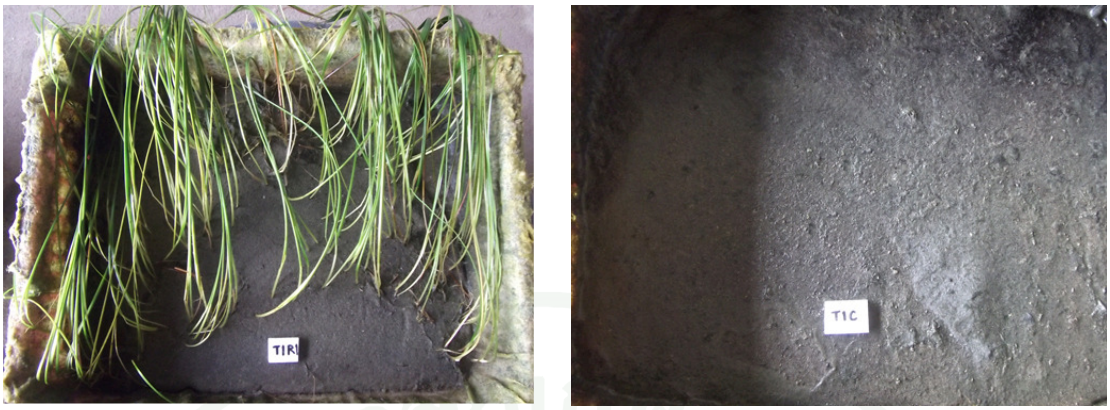
(b)



(c)

ภาพผนวกที่ 14 การทดลองที่ 1: 1 เดือน หลังจากเริ่มทำการทดลอง ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม (a) 10 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (b) 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (c) 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



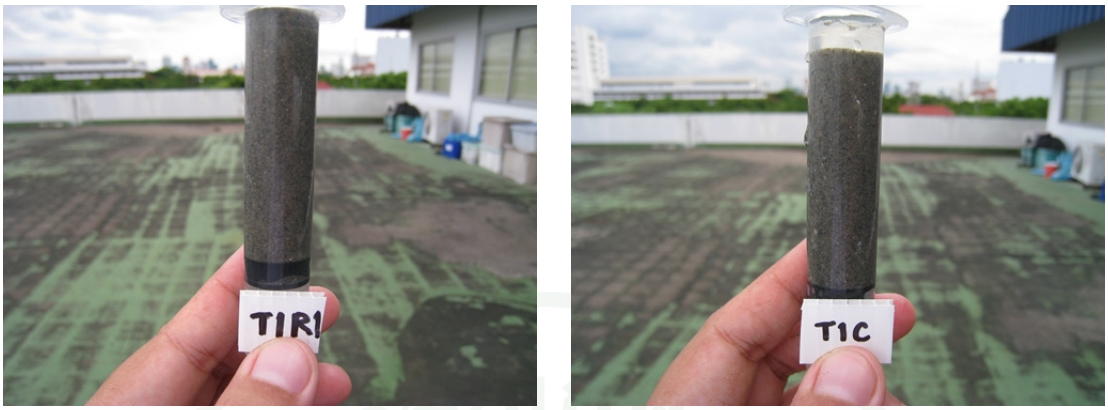
(a)

(b)

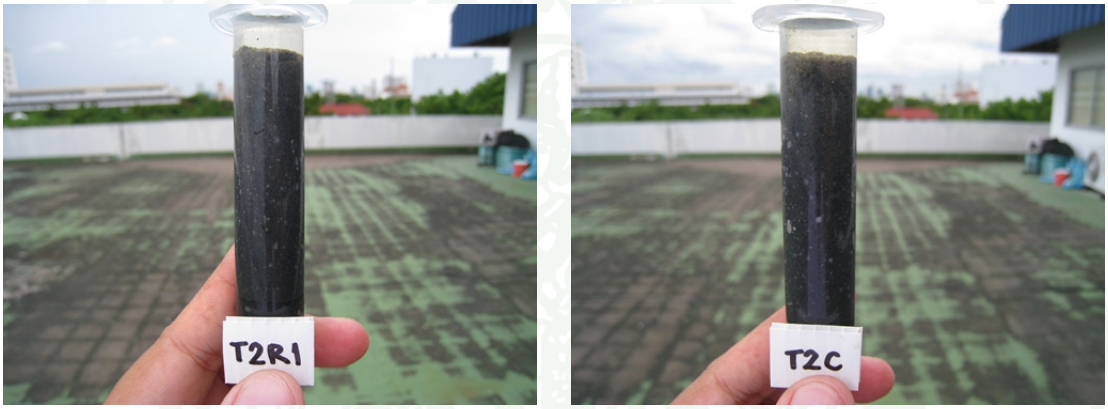
(c)

ภาพผนวกที่ 15 การทดลองที่ 1: 7 เดือน หลังจากเริ่มทำการทดลอง ความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม (a) 10 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (b) 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (c) 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

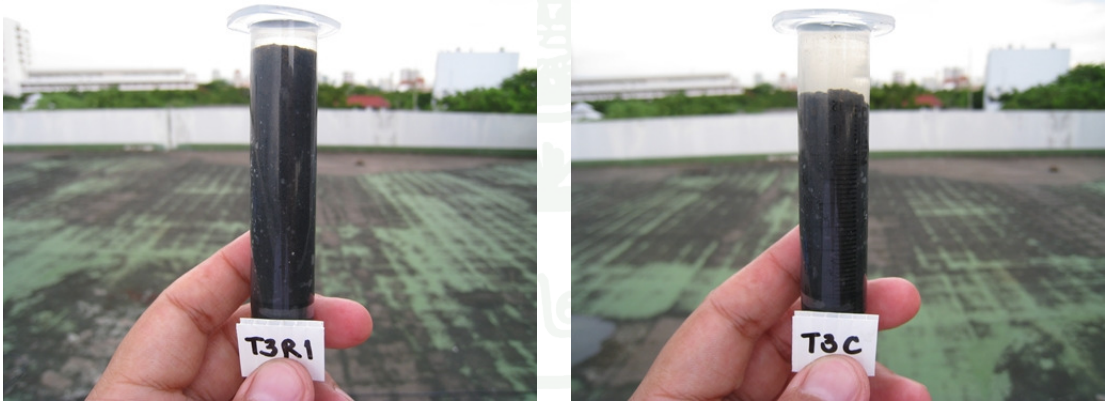
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



(a)



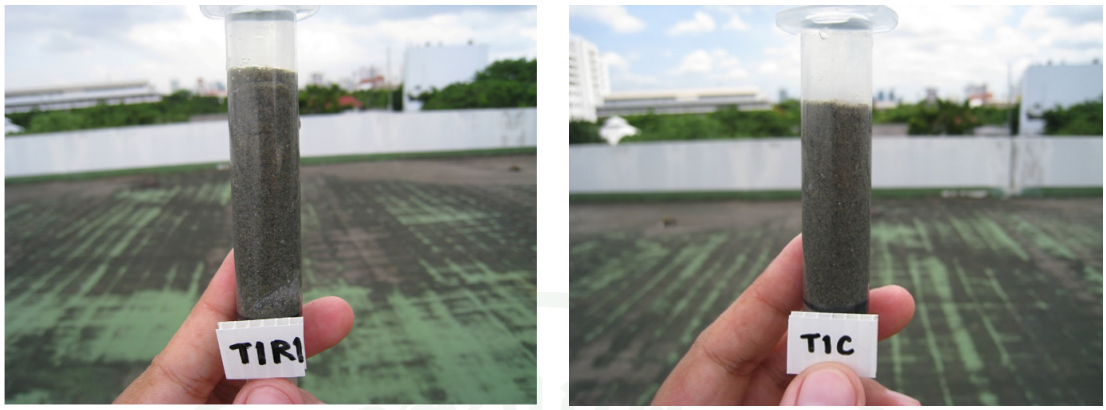
(b)



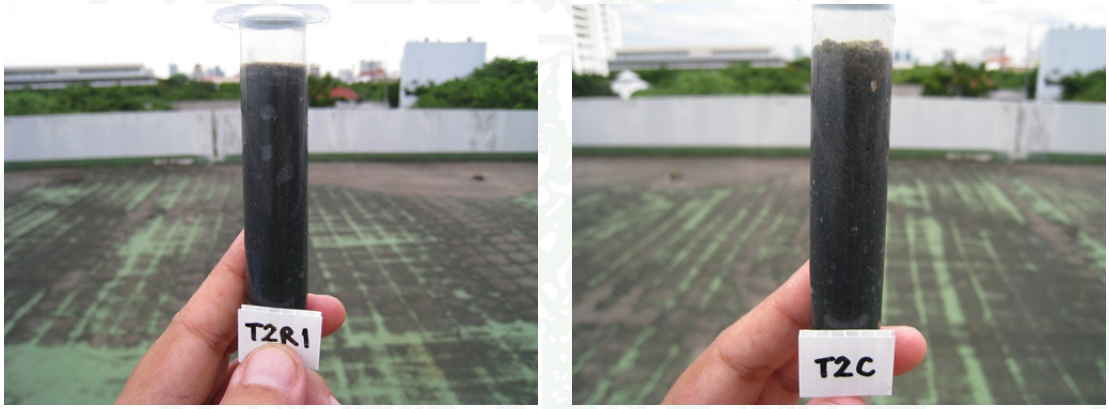
(c)

ภาพผนวกที่ 16 การทดลองที่ 1: 1 สัปดาห์ หลังจากเริ่มทำการทดลอง ความแตกต่างของลักษณะของดินตะกอนจากกลุ่มทดลองที่ใช้ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม (a) 10 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (b) 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (c) 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

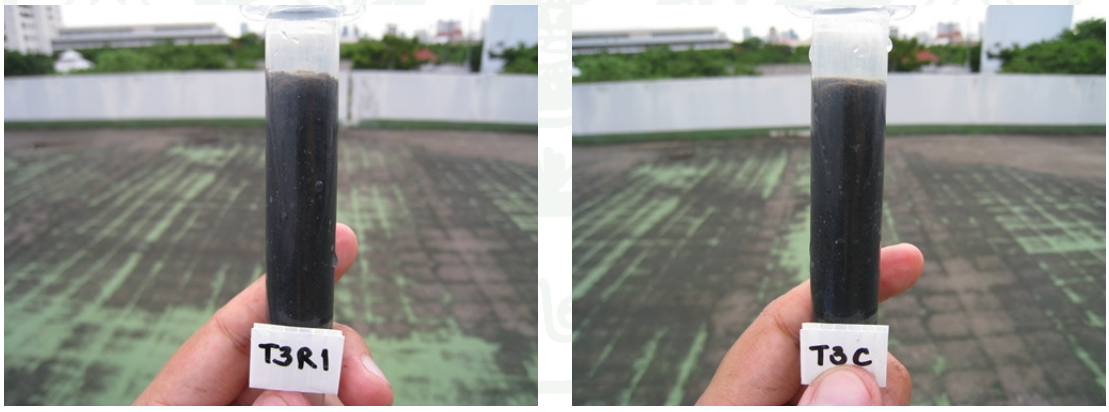
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



(a)



(b)

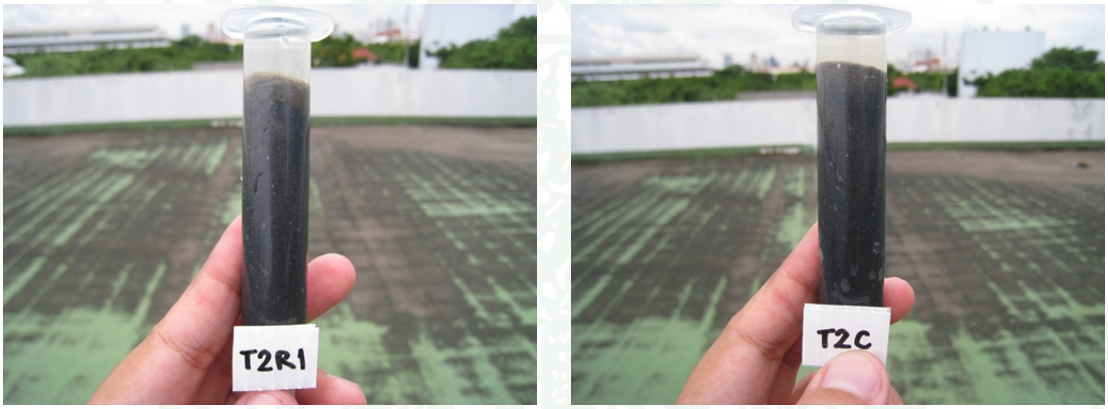


(c)

ภาพผนวกที่ 17 การทดลองที่ 1: 2 สัปดาห์ หลังจากเริ่มทำการทดลอง ความแตกต่างของลักษณะของดินตะกอนจากกลุ่มทดลองที่ใช้ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม (a) 10 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (b) 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (c) 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(a)



(b)

(c)

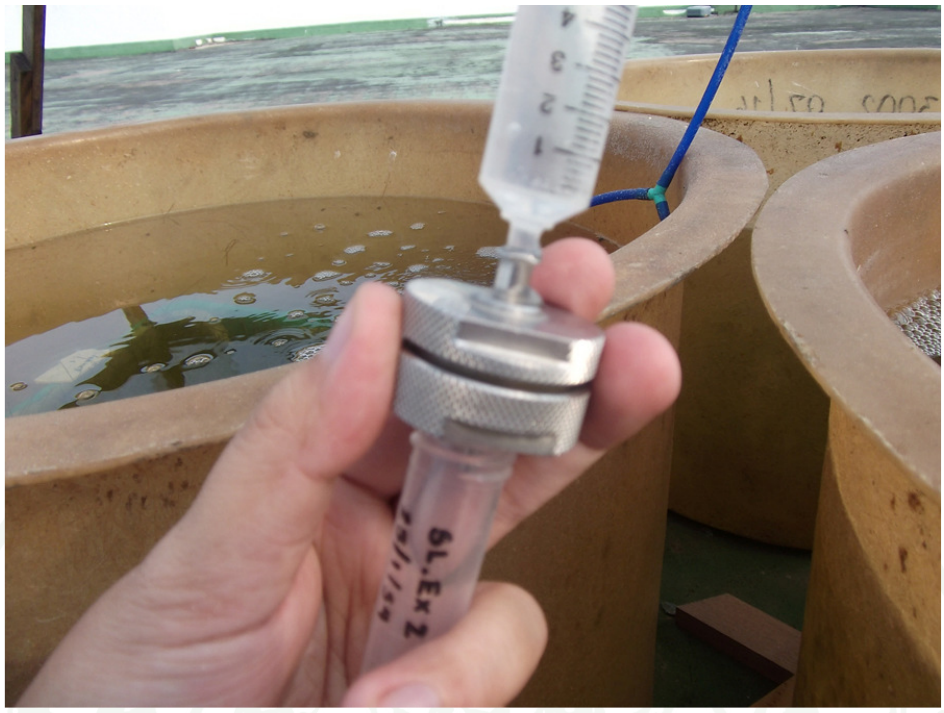
ภาพผนวกที่ 18 การทดลองที่ 1: 1 เดือน หลังจากเริ่มทำการทดลอง ความแตกต่างของลักษณะดินตะกอนจากกลุ่มทดลองที่ใช้ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม (a) 10 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (b) 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (c) 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ 19 การทดลองที่ 2: การจัดวางถังทดลอง

ภาพผนวกที่ 20 การทดลองที่ 2: ปุ๋ยบัวอัดเม็ดที่ใช้ในการทดลอง

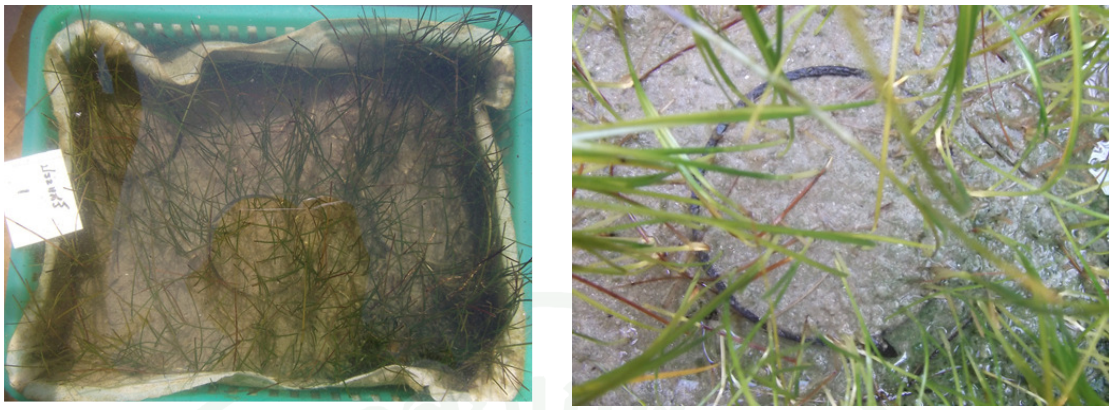
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



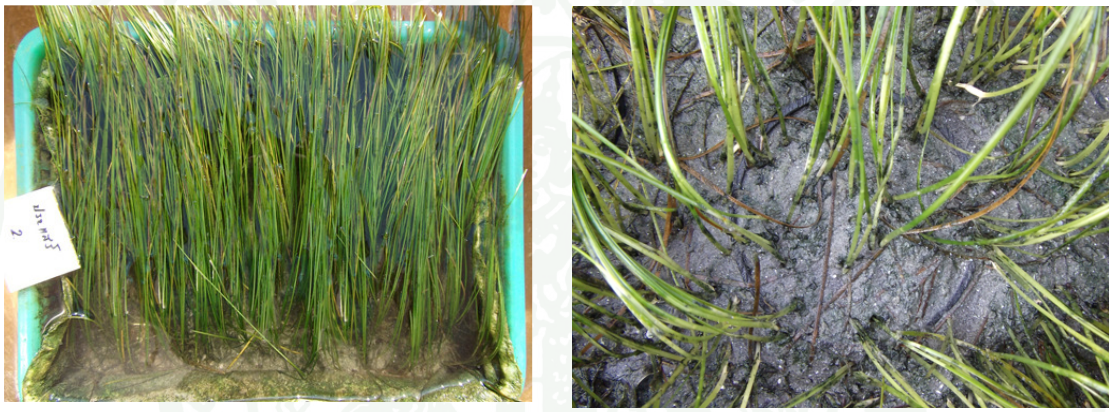
ภาพผนวกที่ 21 การทดลองที่ 2: การเก็บตัวอย่างน้ำทะเล

ภาพผนวกที่ 22 การทดลองที่ 2: การเก็บตัวอย่างดินตะกอน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



(a)



(b)

(c)

ภาพผนวกที่ 23 การทดลองที่ 2: 9 สัปดาห์ หลังจากเริ่มทำการทดลอง ความแตกต่างระหว่าง (a) กลุ่มควบคุม (b) กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน (c) กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 ความยาวใบ (เซนติเมตร) และน้ำหนักเปียก-แห้ง (กรัม) ของหญ้าชะเงาฝอยจากแหล่งธรรมชาติ

ใบที่	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	น้ำหนักเปียก (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	ใบที่	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	น้ำหนักเปียก (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
1	6.1	0.0068	0.0016	26	6.1	0.0037	0.0016
2	5.7	0.0057	0.0015	27	0.9	0.0001	0.0000
3	5.5	0.0073	0.0015	28	4.3	0.0039	0.0011
4	3.9	0.0033	0.0010	29	5.1	0.0043	0.0013
5	3.3	0.0025	0.0008	30	5.4	0.0049	0.0014
6	5.1	0.0045	0.0013	31	2.0	0.0012	0.0005
7	5.6	0.0060	0.0015	32	4.5	0.0052	0.0013
8	7.1	0.0090	0.0019	33	6.6	0.0060	0.0018
9	2.9	0.0030	0.0006	34	5.4	0.0065	0.0014
10	3.9	0.0027	0.0010	35	7.0	0.0066	0.0019
11	3.8	0.0022	0.0009	36	2.2	0.0013	0.0004
12	3.0	0.0017	0.0007	37	8.1	0.0101	0.0022
13	3.4	0.0033	0.0008	38	6.8	0.0070	0.0019
14	6.5	0.0054	0.0019	39	3.7	0.0033	0.0009
15	5.4	0.0039	0.0014	40	0.9	0.0004	0.0000
16	6.5	0.0066	0.0018	41	3.2	0.0041	0.0008
17	8.6	0.0090	0.0025	42	5.6	0.0059	0.0015
18	5.0	0.0038	0.0013	43	6.7	0.0067	0.0019
19	6.9	0.0059	0.0020	44	6.0	0.0044	0.0016
20	6.3	0.0043	0.0017	45	9.2	0.0090	0.0026
21	2.9	0.0017	0.0007	46	10.9	0.0112	0.0032
22	4.7	0.0033	0.0012	47	4.3	0.0041	0.0012
23	5.6	0.0053	0.0015	48	8.4	0.0086	0.0023
24	1.9	0.0009	0.0005	49	2.1	0.0009	0.0004
25	5.5	0.0055	0.0014	50	2.1	0.0015	0.0005

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ใบที่	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	น้ำหนักเปียก (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	ใบที่	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	น้ำหนักเปียก (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
51	3.3	0.0017	0.0008	76	7.9	0.0087	0.0022
52	9.4	0.0112	0.0026	77	5.4	0.0077	0.0014
53	10.1	0.0098	0.0028	78	5.5	0.0060	0.0013
54	1.1	0.0006	0.0002	79	8.3	0.0092	0.0028
55	3.1	0.0030	0.0007	80	5.3	0.0049	0.0015
56	4.2	0.0042	0.0011	81	5.6	0.0045	0.0015
57	4.9	0.0048	0.0013	82	8.1	0.0076	0.0020
58	9.0	0.0066	0.0025	83	8.9	0.0068	0.0026
59	2.7	0.0024	0.0006	84	1.3	0.0009	0.0002
60	4.8	0.0058	0.0012	85	4.3	0.0039	0.0013
61	8.2	0.0070	0.0023	86	8.8	0.0076	0.0025
62	3.8	0.0036	0.0009	87	5.7	0.0066	0.0015
63	5.0	0.0054	0.0013	88	6.5	0.0082	0.0022
64	10.3	0.0097	0.0029	89	10.8	0.0120	0.0033
65	7.7	0.0086	0.0021	90	0.9	0.0004	0.0000
66	9.0	0.0090	0.0025	91	1.5	0.0019	0.0003
67	3.5	0.0052	0.0008	92	8.1	0.0082	0.0027
68	3.7	0.0048	0.0009	93	3.6	0.0033	0.0009
69	1.3	0.0010	0.0003	94	5.8	0.0095	0.0024
70	2.5	0.0013	0.0006	95	10.8	0.0127	0.0041
71	6.4	0.0057	0.0018	96	5.6	0.0074	0.0018
72	7.8	0.0060	0.0022	97	6.1	0.0077	0.0022
73	2.1	0.0014	0.0004	98	1.6	0.0011	0.0005
74	3.6	0.0041	0.0009	99	10.6	0.0137	0.0030
75	3.8	0.0074	0.0010	100	11.8	0.0129	0.0034

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ใบที่	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	น้ำหนักเปียก (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	ใบที่	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	น้ำหนักเปียก (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
101	5.3	0.0039	0.0010	126	8.2	0.0080	0.0023
102	10.8	0.0090	0.0028	127	3.5	0.0036	0.0010
103	2.6	0.0024	0.0005	128	4.3	0.0040	0.0014
104	5.2	0.0082	0.0019	129	5.6	0.0068	0.0020
105	7.2	0.0096	0.0024	130	2.2	0.0021	0.0005
106	1.6	0.0009	0.0005	131	6.6	0.0132	0.0026
107	8.3	0.0101	0.0023	132	12.4	0.0159	0.0043
108	4.5	0.0069	0.0013	133	3.7	0.0045	0.0009
109	9.1	0.0141	0.0030	134	5.3	0.0065	0.0013
110	6.0	0.0077	0.0020	135	1.9	0.0017	0.0005
111	8.4	0.0126	0.0031	136	7.8	0.0082	0.0022
112	5.6	0.0069	0.0020	137	8.0	0.0099	0.0024
113	8.0	0.0083	0.0029	138	3.2	0.0033	0.0008
114	8.4	0.0090	0.0029	139	7.2	0.0078	0.0020
115	2.2	0.0016	0.0005	140	4.0	0.0045	0.0009
116	5.3	0.0061	0.0015	141	8.3	0.0076	0.0019
117	1.1	0.0007	0.0002	142	1.1	0.0008	0.0002
118	6.8	0.0068	0.0021	143	1.6	0.0023	0.0005
119	2.7	0.0037	0.0004	144	3.9	0.0046	0.0012
120	2.6	0.0019	0.0007	145	5.4	0.0054	0.0013
121	7.8	0.0064	0.0021	146	2.4	0.0025	0.0005
122	5.5	0.0074	0.0019	147	3.1	0.0051	0.0007
123	5.2	0.0071	0.0018	148	6.7	0.0103	0.0022
124	2.7	0.0038	0.0008	149	1.2	0.0010	0.0002
125	6.6	0.0065	0.0018	150	5.3	0.0066	0.0014

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ใบที่	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	น้ำหนักเปียก (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	ใบที่	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	น้ำหนักเปียก (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
151	7.6	0.0101	0.0022	176	2.6	0.0028	0.0004
152	0.8	0.0006	0.0000	177	3.7	0.0033	0.0009
153	2.4	0.0028	0.0006	178	1.4	0.0009	0.0003
154	9.1	0.0092	0.0032	179	3.2	0.0032	0.0006
155	4.6	0.0046	0.0009	180	3.5	0.0031	0.0006
156	9.3	0.0145	0.0034	181	5.6	0.0080	0.0020
157	0.7	0.0009	0.0000	182	5.4	0.0062	0.0015
158	3.4	0.0027	0.0008	183	1.9	0.0016	0.0003
159	3.6	0.0029	0.0009	184	4.2	0.0052	0.0012
160	1.6	0.0011	0.0005	185	5.7	0.0053	0.0013
161	0.9	0.0005	0.0000	186	4.0	0.0061	0.0016
162	6.0	0.0056	0.0014	187	8.1	0.0091	0.0027
163	6.0	0.0074	0.0021	188	1.4	0.0011	0.0002
164	2.3	0.0012	0.0004	189	3.6	0.0031	0.0007
165	8.2	0.0069	0.0021	190	5.0	0.0050	0.0010
166	8.2	0.0065	0.0021	191	9.6	0.0101	0.0027
167	6.9	0.0081	0.0020	192	2.3	0.0018	0.0005
168	7.4	0.0085	0.0020	193	5.8	0.0042	0.0014
169	7.5	0.0116	0.0022	194	8.9	0.0065	0.0022
170	1.9	0.0016	0.0005	195	2.8	0.0024	0.0004
171	8.2	0.0099	0.0022	196	7.3	0.0076	0.0020
172	8.5	0.0104	0.0027	197	9.8	0.0101	0.0030
173	1.2	0.0008	0.0002	198	7.0	0.0068	0.0018
174	5.2	0.0045	0.0014	199	8.2	0.0076	0.0018
175	6.9	0.0078	0.0019	200	0.8	0.0004	0.0000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ใบที่	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	น้ำหนักเปียก (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	ใบที่	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	น้ำหนักเปียก (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
201	5.9	0.0051	0.0014	226	4.3	0.0042	0.0010
202	7.2	0.0061	0.0019	227	10.4	0.0108	0.0032
203	3.2	0.0043	0.0007	228	4.7	0.0049	0.0010
204	4.2	0.0040	0.0010	229	8.5	0.0112	0.0028
205	0.9	0.0007	0.0000	230	2.4	0.0022	0.0005
206	7.2	0.0077	0.0026	231	5.6	0.0052	0.0017
207	8.6	0.0095	0.0031	232	6.5	0.0066	0.0023
208	1.9	0.0017	0.0005	233	1.7	0.0018	0.0005
209	6.5	0.0053	0.0018	234	3.2	0.0050	0.0011
210	1.3	0.0012	0.0002	235	5.6	0.0058	0.0019
211	4.7	0.0037	0.0014	236	0.6	0.0001	0.0000
212	6.4	0.0052	0.0018	237	6.1	0.0054	0.0016
213	1.4	0.0008	0.0002	238	6.4	0.0057	0.0016
214	5.0	0.0055	0.0017	239	2.1	0.0028	0.0003
215	7.3	0.0082	0.0025	240	6.1	0.0059	0.0017
216	1.1	0.0005	0.0001	241	1.6	0.0012	0.0005
217	5.5	0.0070	0.0018	242	6.9	0.0085	0.0021
218	6.9	0.0055	0.0018	243	9.1	0.0106	0.0028
219	3.2	0.0031	0.0009	244	1.9	0.0014	0.0005
220	5.5	0.0048	0.0015	245	2.8	0.0045	0.0007
221	8.2	0.0077	0.0020	246	9.0	0.0110	0.0031
222	9.0	0.0075	0.0017	247	3.6	0.0042	0.0010
223	1.9	0.0009	0.0005	248	3.8	0.0059	0.0013
224	8.5	0.0094	0.0026	249	2.2	0.0029	0.0005
225	9.5	0.0090	0.0027	250	2.8	0.0023	0.0007

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ใบที่	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	น้ำหนักเปียก (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	ใบที่	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	น้ำหนักเปียก (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
251	8.3	0.0086	0.0026	276	7.7	0.0082	0.0024
252	4.8	0.0060	0.0014	277	5.0	0.0070	0.0014
253	5.6	0.0054	0.0015	278	6.1	0.0072	0.0016
254	7.1	0.0077	0.0020	279	9.1	0.0099	0.0023
255	3.1	0.0049	0.0011	280	7.4	0.0105	0.0024
256	9.3	0.0092	0.0026	281	7.9	0.0112	0.0029
257	2.0	0.0018	0.0006	282	6.7	0.0102	0.0024
258	9.2	0.0112	0.0029	283	8.4	0.0113	0.0028
259	10.7	0.0122	0.0035	284	2.2	0.0017	0.0005
260	1.8	0.0031	0.0005	285	10.3	0.0114	0.0031
261	2.8	0.0022	0.0006	286	9.5	0.0088	0.0029
262	9.0	0.0099	0.0029	287	2.2	0.0024	0.0005
263	2.9	0.0026	0.0008	288	3.0	0.0047	0.0009
264	3.9	0.0040	0.0010	289	5.4	0.0055	0.0015
265	3.2	0.0031	0.0008	290	4.6	0.0050	0.0013
266	11.4	0.0150	0.0038	291	6.7	0.0098	0.0027
267	1.5	0.0006	0.0002	292	1.5	0.0009	0.0002
268	5.3	0.0060	0.0015	293	6.6	0.0058	0.0018
269	7.2	0.0083	0.0021	294	4.8	0.0048	0.0013
270	4.3	0.0033	0.0008	295	8.1	0.0090	0.0019
271	9.6	0.0110	0.0022	296	9.4	0.0101	0.0027
272	2.3	0.0018	0.0005	297	1.9	0.0010	0.0005
273	4.9	0.0047	0.0011	298	5.8	0.0063	0.0016
274	2.6	0.0027	0.0009	299	5.9	0.0070	0.0020
275	2.7	0.0044	0.0009	300	4.4	0.0047	0.0012

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ใบที่	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	น้ำหนักเปียก (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	ใบที่	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	น้ำหนักเปียก (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
301	4.6	0.0053	0.0015	326	7.1	0.0065	0.0019
302	5.9	0.0069	0.0019	327	1.0	0.0008	0.0001
303	4.2	0.0045	0.0012	328	7.3	0.0088	0.0025
304	5.0	0.0048	0.0014	329	8.6	0.0130	0.0031
305	2.3	0.0025	0.0007	330	3.1	0.0027	0.0007
306	6.8	0.0082	0.0022	331	4.2	0.0050	0.0012
307	2.2	0.0025	0.0004	332	2.9	0.0026	0.0006
308	3.6	0.0033	0.0010	333	5.3	0.0063	0.0016
309	3.8	0.0071	0.0011	334	8.2	0.0092	0.0026
310	6.8	0.0082	0.0022	335	5.1	0.0048	0.0010
311	2.8	0.0043	0.0006	336	8.9	0.0083	0.0025
312	9.0	0.0101	0.0025	337	8.9	0.0112	0.0027
313	3.1	0.0036	0.0007	338	8.9	0.0105	0.0024
314	5.1	0.0068	0.0018	339	4.5	0.0070	0.0014
315	8.3	0.0101	0.0030	340	6.2	0.0066	0.0016
316	4.0	0.0051	0.0011	341	3.2	0.0038	0.0009
317	8.9	0.0081	0.0021	342	11.0	0.0146	0.0035
318	2.8	0.0034	0.0008	343	3.8	0.0032	0.0011
319	2.9	0.0035	0.0009	344	6.9	0.0070	0.0019
320	4.1	0.0041	0.0009	345	7.0	0.0072	0.0020
321	5.8	0.0049	0.0015	346	9.3	0.0109	0.0025
322	3.9	0.0069	0.0012	347	10.4	0.0105	0.0032
323	5.7	0.0070	0.0014	348	1.4	0.0004	0.0002
324	2.5	0.0024	0.0003	349	6.2	0.0104	0.0018
325	6.0	0.0057	0.0016	350	7.3	0.0080	0.0019

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ใบที่	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	น้ำหนักเปียก (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	ใบที่	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	น้ำหนักเปียก (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
351	6.1	0.0077	0.0019	376	1.1	0.0006	0.0001
352	9.0	0.0101	0.0026	377	5.2	0.0045	0.0014
353	2.3	0.0018	0.0004	378	2.4	0.0027	0.0007
354	9.3	0.0112	0.0027	379	5.0	0.0050	0.0016
355	10.1	0.0111	0.0033	380	6.4	0.0069	0.0015
356	2.7	0.0023	0.0006	381	4.4	0.0057	0.0010
357	5.3	0.0077	0.0015	382	7.2	0.0076	0.0022
358	7.5	0.0085	0.0028	383	7.8	0.0067	0.0019
359	1.9	0.0015	0.0005	384	5.9	0.0041	0.0018
360	4.7	0.0033	0.0012	385	8.2	0.0069	0.0024
361	8.1	0.0096	0.0023	386	6.5	0.0103	0.0024
362	9.9	0.0125	0.0030	387	8.9	0.0113	0.0031
363	2.1	0.0022	0.0003	388	7.4	0.0135	0.0026
364	8.8	0.0110	0.0025	389	3.3	0.0031	0.0006
365	10.6	0.0112	0.0030	390	7.1	0.0090	0.0024
366	4.0	0.0033	0.0009	391	10.1	0.0102	0.0033
367	8.8	0.0071	0.0024	392	0.9	0.0003	0.0000
368	9.4	0.0071	0.0028	393	4.5	0.0040	0.0010
369	4.2	0.0066	0.0013	394	7.8	0.0090	0.0026
370	5.5	0.0042	0.0013	395	8.8	0.0076	0.0027
371	2.7	0.0040	0.0008	396	2.6	0.0028	0.0004
372	7.3	0.0078	0.0023	397	9.0	0.0096	0.0028
373	4.5	0.0036	0.0011	398	9.2	0.0063	0.0028
374	6.5	0.0055	0.0018	399	5.5	0.0053	0.0012
375	7.6	0.0050	0.0020	400	7.5	0.0074	0.0025

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ใบที่	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	น้ำหนักเปียก (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	ใบที่	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	น้ำหนักเปียก (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
401	2.1	0.0017	0.0004	426	3.7	0.0044	0.0011
402	6.1	0.0076	0.0018	427	4.7	0.0052	0.0013
403	2.2	0.0018	0.0005	428	6.0	0.0044	0.0016
404	8.3	0.0090	0.0027	429	1.0	0.0008	0.0000
405	9.2	0.0094	0.0030	430	5.5	0.0048	0.0016
406	1.5	0.0010	0.0002	431	6.2	0.0062	0.0021
407	6.4	0.0045	0.0013	432	3.1	0.0040	0.0011
408	4.4	0.0044	0.0011	433	6.3	0.0062	0.0017
409	8.5	0.0085	0.0024	434	6.1	0.0108	0.0020
410	2.8	0.0023	0.0005	435	6.4	0.0076	0.0015
411	6.0	0.0064	0.0018	436	9.5	0.0116	0.0028
412	1.8	0.0017	0.0005	437	4.0	0.0064	0.0017
413	7.4	0.0066	0.0021	438	4.4	0.0061	0.0011
414	7.4	0.0075	0.0023	439	5.5	0.0061	0.0015
415	2.5	0.0041	0.0006	440	5.9	0.0059	0.0017
416	6.3	0.0058	0.0015	441	2.9	0.0026	0.0008
417	2.1	0.0015	0.0004	442	7.7	0.0072	0.0025
418	5.2	0.0062	0.0014	443	5.6	0.0056	0.0012
419	7.6	0.0070	0.0023	444	7.2	0.0063	0.0020
420	3.3	0.0029	0.0007	445	4.3	0.0043	0.0011
421	5.5	0.0055	0.0017	446	6.0	0.0068	0.0020
422	9.2	0.0107	0.0025	447	7.2	0.0075	0.0028
423	6.5	0.0069	0.0019	448	2.0	0.0020	0.0004
424	8.7	0.0108	0.0030	449	7.9	0.0097	0.0029
425	3.6	0.0035	0.0009	450	6.2	0.0075	0.0018

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ใบที่	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	น้ำหนักเปียก (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	ใบที่	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	น้ำหนักเปียก (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
451	8.5	0.0093	0.0029	476	5.2	0.0056	0.0016
452	5.8	0.0073	0.0017	477	8.4	0.0101	0.0025
453	6.9	0.0077	0.0021	478	5.7	0.0059	0.0013
454	6.2	0.0075	0.0014	479	9.2	0.0110	0.0029
455	6.3	0.0060	0.0013	480	1.0	0.0006	0.0000
456	2.5	0.0028	0.0008	481	9.3	0.0100	0.0029
457	4.0	0.0036	0.0011	482	9.8	0.0099	0.0028
458	5.7	0.0061	0.0017	483	3.3	0.0027	0.0009
459	5.8	0.0043	0.0014	484	4.8	0.0067	0.0018
460	3.1	0.0029	0.0006	485	8.4	0.0079	0.0026
461	5.0	0.0091	0.0022	486	3.7	0.0031	0.0012
462	10.3	0.0120	0.0028	487	4.0	0.0034	0.0013
463	0.9	0.0007	0.0000	488	6.1	0.0054	0.0016
464	8.0	0.0101	0.0029	489	1.8	0.0012	0.0005
465	9.2	0.0102	0.0032	490	7.1	0.0086	0.0022
466	4.2	0.0064	0.0013	491	8.5	0.0071	0.0025
467	8.2	0.0087	0.0028	492	3.6	0.0035	0.0009
468	5.0	0.0068	0.0015	493	3.6	0.0048	0.0011
469	7.6	0.0104	0.0025	494	8.0	0.0084	0.0022
470	9.1	0.0111	0.0032				
471	1.8	0.0016	0.0004				
472	5.6	0.0055	0.0014				
473	2.0	0.0014	0.0005				
474	9.9	0.0101	0.0031				
475	9.9	0.0094	0.0030				

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 ความยาวใบ (เซนติเมตร) และน้ำหนักเปียก-แห้ง (กรัม) ของหญ้าชะเงาฝอยจากห้องปฏิบัติการ

ใบที่	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	น้ำหนักเปียก (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	ใบที่	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	น้ำหนักเปียก (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
1	9.5	0.0099	0.0028	26	22.6	0.0342	0.0068
2	12.6	0.0122	0.0029	27	23.6	0.0442	0.0084
3	18.2	0.0290	0.0069	28	28.0	0.0547	0.0112
4	11.2	0.0121	0.0035	29	12.1	0.0200	0.0037
5	14.6	0.0267	0.0048	30	15.0	0.0195	0.0046
6	20.3	0.0307	0.0075	31	21.5	0.0424	0.0085
7	24.4	0.0498	0.0100	32	6.5	0.0077	0.0021
8	10.8	0.0212	0.0030	33	14.9	0.0296	0.0048
9	11.6	0.0191	0.0040	34	6.5	0.0092	0.0025
10	12.6	0.0153	0.0043	35	14.7	0.0150	0.0034
11	18.5	0.0308	0.0053	36	16.9	0.0214	0.0042
12	10.0	0.0160	0.0025	37	8.5	0.0125	0.0023
13	10.4	0.0104	0.0026	38	10.1	0.0098	0.0023
14	15.7	0.0281	0.0050	39	11.3	0.0184	0.0040
15	17.6	0.0229	0.0064	40	18.1	0.0243	0.0058
16	12.8	0.0212	0.0039	41	7.0	0.0075	0.0018
17	13.9	0.0170	0.0044	42	10.9	0.0172	0.0031
18	17.2	0.0252	0.0053	43	20.6	0.0425	0.0083
19	33.5	0.0623	0.0169	44	8.5	0.0086	0.0018
20	13.8	0.0269	0.0043	45	15.3	0.0268	0.0067
21	16.3	0.0298	0.0059	46	22.0	0.0340	0.0077
22	17.1	0.0219	0.0062	47	24.5	0.0394	0.0081
23	3.7	0.0033	0.0007	48	14.2	0.0240	0.0047
24	8.5	0.0157	0.0026	49	14.5	0.0172	0.0039
25	10.7	0.0135	0.0029	50	18.3	0.0283	0.0058

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ใบที่	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	น้ำหนักเปียก (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	ใบที่	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	น้ำหนักเปียก (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
51	5.1	0.0041	0.0015	76	10.9	0.0168	0.0029
52	9.2	0.0129	0.0022	77	13.9	0.0140	0.0042
53	14.2	0.0162	0.0033	78	13.2	0.0275	0.0043
54	17.7	0.0278	0.0063	79	21.5	0.0371	0.0068
55	10.6	0.0119	0.0037	80	23.9	0.0461	0.0107
56	14.6	0.0291	0.0053	81	7.9	0.0083	0.0017
57	16.8	0.0280	0.0049	82	8.5	0.0164	0.0027
58	20.7	0.0312	0.0065	83	11.9	0.0229	0.0041
59	3.0	0.0020	0.0006	84	16.0	0.0240	0.0054
60	7.9	0.0127	0.0027	85	11.5	0.0193	0.0045
61	11.6	0.0150	0.0028	86	12.0	0.0133	0.0032
62	19.9	0.0242	0.0055	87	17.0	0.0246	0.0059
63	22.0	0.0402	0.0084	88	9.0	0.0140	0.0025
64	10.2	0.0106	0.0024	89	9.3	0.0102	0.0022
65	11.0	0.0241	0.0041	90	9.8	0.0120	0.0029
66	17.8	0.0238	0.0048	91	9.1	0.0088	0.0029
67	6.0	0.0108	0.0018	92	11.4	0.0215	0.0035
68	11.1	0.0140	0.0035	93	15.5	0.0380	0.0053
69	11.6	0.0185	0.0036	94	5.3	0.0051	0.0017
70	3.3	0.0026	0.0006	95	11.5	0.0193	0.0046
71	15.8	0.0215	0.0048	96	11.9	0.0182	0.0048
72	16.6	0.0286	0.0058	97	15.1	0.0359	0.0064
73	18.2	0.0312	0.0064	98	9.1	0.0176	0.0022
74	4.8	0.0041	0.0009	99	16.2	0.0344	0.0064
75	10.3	0.0191	0.0038	100	20.3	0.0447	0.0071

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ใบที่	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	น้ำหนักเปียก (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	ใบที่	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	น้ำหนักเปียก (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
101	21.3	0.0330	0.0069	126	19.1	0.0408	0.0083
102	18.7	0.0436	0.0081	127	23.2	0.0483	0.0092
103	21.1	0.0516	0.0085	128	25.4	0.0416	0.0109
104	22.8	0.0369	0.0096	129	14.3	0.0245	0.0040
105	5.5	0.0062	0.0007	130	15.1	0.0170	0.0043
106	12.8	0.0135	0.0035	131	18.2	0.0260	0.0058
107	20.7	0.0330	0.0078	132	12.6	0.0189	0.0034
108	9.8	0.0181	0.0021	133	20.2	0.0320	0.0069
109	16.5	0.0240	0.0054	134	28.6	0.0572	0.0120
110	24.3	0.0528	0.0096	135	5.5	0.0057	0.0006
111	8.7	0.0160	0.0017	136	9.4	0.0120	0.0023
112	16.4	0.0327	0.0059	137	14.3	0.0243	0.0049
113	22.7	0.0460	0.0081	138	17.2	0.0301	0.0063
114	9.4	0.0097	0.0021	139	10.1	0.0217	0.0022
115	12.7	0.0124	0.0034	140	14.3	0.0250	0.0039
116	18.9	0.0282	0.0076	141	16.9	0.0266	0.0049
117	5.7	0.0046	0.0007	142	20.4	0.0483	0.0066
118	12.6	0.0238	0.0034	143	3.8	0.0049	0.0007
119	19.3	0.0365	0.0086	144	8.6	0.0083	0.0016
120	7.8	0.0122	0.0015	145	10.4	0.0125	0.0034
121	16.7	0.0242	0.0064	146	19.7	0.0321	0.0055
122	7.7	0.0072	0.0014	147	22.5	0.0402	0.0097
123	14.6	0.0170	0.0043	148	13.3	0.0261	0.0034
124	19.8	0.0324	0.0063	149	21.1	0.0413	0.0066
125	22.3	0.0341	0.0069	150	27.6	0.0521	0.0108

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ใบที่	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	น้ำหนักเปียก (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	ใบที่	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	น้ำหนักเปียก (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
151	6.5	0.0084	0.0009	176	15.5	0.0251	0.0067
152	14.9	0.0225	0.0041	177	22.1	0.0464	0.0077
153	6.6	0.0056	0.0010	178	24.4	0.0376	0.0081
154	14.7	0.0274	0.0044	179	13.4	0.0259	0.0042
155	16.9	0.0311	0.0060	180	16.2	0.0287	0.0054
156	8.5	0.0105	0.0016	181	17.3	0.0335	0.0056
157	10.1	0.0183	0.0020	182	6.9	0.0064	0.0011
158	11.3	0.0135	0.0035	183	13.7	0.0231	0.0037
159	18.1	0.0274	0.0073	184	17.4	0.0324	0.0049
160	11.2	0.0215	0.0029	185	11.7	0.0210	0.0033
161	14.6	0.0257	0.0040	186	18.3	0.0340	0.0066
162	20.3	0.0413	0.0079	187	23.5	0.0520	0.0092
163	24.4	0.0413	0.0101	188	9.8	0.0099	0.0021
164	3.7	0.0053	0.0005	189	13.5	0.0266	0.0036
165	10.2	0.0154	0.0036	190	16.2	0.0291	0.0042
166	13.4	0.0273	0.0041	191	11.4	0.0137	0.0030
167	7.4	0.0092	0.0013	192	15.6	0.0174	0.0056
168	18.5	0.0311	0.0057	193	19.8	0.0298	0.0071
169	17.6	0.0240	0.0064	194	12.5	0.0136	0.0033
170	23.4	0.0422	0.0096	195	14.3	0.0214	0.0040
171	30.2	0.0534	0.0139	196	17.9	0.0343	0.0058
172	4.6	0.0065	0.0006	197	22.4	0.0317	0.0078
173	7.4	0.0079	0.0013	198	11.4	0.0185	0.0031
174	12.6	0.0175	0.0047	199	12.2	0.0240	0.0034
175	8.3	0.0077	0.0016	200	17.3	0.0387	0.0059

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ใบที่	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	น้ำหนักเปียก (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	ใบที่	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	น้ำหนักเปียก (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
201	9.0	0.0168	0.0024	226	11.3	0.0191	0.0039
202	10.1	0.0102	0.0026	227	12.4	0.0153	0.0040
203	11.7	0.0187	0.0032	228	18.4	0.0308	0.0052
204	10.4	0.0192	0.0027	229	10.0	0.0160	0.0028
205	11.1	0.0196	0.0032	230	10.3	0.0104	0.0025
206	15.6	0.0322	0.0059	231	15.6	0.0281	0.0050
207	5.5	0.0043	0.0011	232	17.8	0.0229	0.0068
208	11.7	0.0269	0.0035	233	12.7	0.0212	0.0034
209	12.2	0.0138	0.0032	234	14.0	0.0188	0.0047
210	16.1	0.0254	0.0063	235	17.1	0.0169	0.0053
211	9.8	0.0164	0.0027	236	24.3	0.0350	0.0095
212	16.1	0.0236	0.0073	237	13.7	0.0309	0.0042
213	19.4	0.0341	0.0078	238	16.2	0.0368	0.0061
214	21.6	0.0287	0.0091	239	17.3	0.0219	0.0062
215	16.3	0.0233	0.0053	240	3.5	0.0033	0.0007
216	21.9	0.0317	0.0082	241	8.6	0.0157	0.0027
217	22.2	0.0381	0.0087	242	10.7	0.0135	0.0033
218	9.4	0.0099	0.0026	243	22.6	0.0291	0.0068
219	12.7	0.0258	0.0028	244	23.5	0.0442	0.0082
220	18.1	0.0387	0.0068	245	26.1	0.0547	0.0110
221	11.1	0.0121	0.0037	246	12.3	0.0200	0.0040
222	14.5	0.0267	0.0046	247	14.9	0.0195	0.0046
223	20.4	0.0394	0.0076	248	21.6	0.0424	0.0085
224	24.5	0.0498	0.0105	249	6.4	0.0077	0.0025
225	10.6	0.0212	0.0032	250	15.1	0.0296	0.0048

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ใบที่	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	น้ำหนักเปียก (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	ใบที่	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	น้ำหนักเปียก (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
251	6.5	0.0092	0.0022	276	3.1	0.0020	0.0006
252	14.7	0.0328	0.0045	277	8.2	0.0127	0.0027
253	16.8	0.0214	0.0064	278	11.6	0.0150	0.0027
254	8.5	0.0125	0.0023	279	19.9	0.0242	0.0055
255	9.9	0.0098	0.0023	280	22.0	0.0402	0.0084
256	11.3	0.0184	0.0042	281	10.0	0.0106	0.0024
257	18.2	0.0416	0.0064	282	11.3	0.0241	0.0041
258	6.9	0.0075	0.0018	283	17.1	0.0238	0.0048
259	11.0	0.0172	0.0029	284	6.2	0.0108	0.0018
260	20.5	0.0425	0.0083	285	11.1	0.0140	0.0035
261	8.5	0.0086	0.0019	286	11.7	0.0185	0.0036
262	15.3	0.0268	0.0067	287	3.4	0.0026	0.0006
263	21.8	0.0446	0.0078	288	15.8	0.0215	0.0048
264	24.7	0.0480	0.0086	289	16.5	0.0286	0.0058
265	14.1	0.0240	0.0047	290	18.2	0.0312	0.0064
266	14.5	0.0172	0.0039	291	4.7	0.0041	0.0009
267	18.4	0.0217	0.0058	292	10.4	0.0191	0.0038
268	5.3	0.0041	0.0015	293	11.1	0.0168	0.0029
269	9.2	0.0129	0.0022	294	14.0	0.0195	0.0042
270	14.1	0.0206	0.0033	295	13.3	0.0275	0.0043
271	17.6	0.0416	0.0063	296	21.4	0.0371	0.0064
272	10.6	0.0119	0.0037	297	23.7	0.0486	0.0107
273	14.7	0.0291	0.0053	298	8.0	0.0083	0.0019
274	16.8	0.0280	0.0049	299	8.3	0.0164	0.0027
275	20.5	0.0284	0.0059	300	11.9	0.0229	0.0041

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ใบที่	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	น้ำหนักเปียก (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	ใบที่	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	น้ำหนักเปียก (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)
301	15.9	0.0188	0.0054	326	19.1	0.0268	0.0064
302	11.4	0.0193	0.0045	327	4.3	0.0038	0.0007
303	12.0	0.0133	0.0032	328	5.9	0.0046	0.0013
304	17.0	0.0360	0.0059	329	14.8	0.0317	0.0055
305	9.0	0.0140	0.0025	330	12.9	0.0154	0.0046
306	9.3	0.0102	0.0027	331	17.5	0.0367	0.0068
307	10.1	0.0120	0.0029	332	22.4	0.0446	0.0091
308	9.3	0.0088	0.0027				
309	11.4	0.0215	0.0035				
310	15.7	0.0400	0.0054				
311	5.2	0.0051	0.0017				
312	11.6	0.0193	0.0046				
313	11.9	0.0182	0.0048				
314	15.4	0.0340	0.0064				
315	9.5	0.0176	0.0020				
316	16.1	0.0344	0.0066				
317	20.4	0.0447	0.0071				
318	21.6	0.0464	0.0069				
319	18.7	0.0436	0.0087				
320	21.2	0.0486	0.0083				
321	22.9	0.0369	0.0094				
322	7.5	0.0082	0.0022				
323	9.7	0.0140	0.0034				
324	13.4	0.0241	0.0050				
325	14.2	0.0237	0.0054				

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 ปริมาณน้ำ (ร้อยละ) และปริมาณสารอินทรีย์รวม (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) ในดินตะกอนตามระดับชั้นความลึกของดินตะกอนจากภาคสนาม

ความลึก (เซนติเมตร)	ปริมาณน้ำในดินตะกอน (ร้อยละ)	ปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอน (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)
0-1	22.28	35.66
1-2	21.69	34.48
2-3	21.93	36.59
3-4	20.43	41.63
4-5	22.42	39.58
5-6	23.76	38.29
6-7	25.23	37.98
7-8	25.06	50.99
8-9	24.99	41.24
9-10	22.34	43.39

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 การทดลองที่ 1: ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำในดินตะกอน (ร้อยละ) ±SD จากทั้ง 3 กลุ่มทดลอง

วันที่เก็บ	ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำในดินตะกอน±SD (ร้อยละ)					
	T1C	T1	T2C	T2	T3C	T3
16/07/53	19.65	19.85±0.13	24.98	26.07±0.27	32.04	32.93±0.77
23/07/53	19.46	20.48±0.78	26.47	26.77±0.30	35.25	34.04±0.42
30/07/53	20.01	19.41±0.66	27.60	26.19±0.37	34.72	33.31±0.47
05/08/53	19.69	19.68±0.36	26.57	27.09±0.59	37.32	35.82±1.24
14/08/53	19.77	20.23±0.45	25.76	27.03±0.85	35.86	35.83±0.50
20/08/53	19.94	20.39±0.35	27.75	27.67±1.22	35.44	36.10±0.43
26/08/53	19.93	20.23±0.64	27.26	26.53±0.43	38.06	35.17±0.95
15/03/54	20.42	21.16±0.60	27.15	27.95±0.74	35.19	32.78±0.95

หมายเหตุ

T1C = ดินตะกอนมีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (ไม่มีหญ้า)

T1 = ดินตะกอนมีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (มีหญ้า)

T2C = ดินตะกอนมีปริมาณสารอินทรีย์รวม 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (ไม่มีหญ้า)

T2 = ดินตะกอนมีปริมาณสารอินทรีย์รวม 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (มีหญ้า)

T3C = ดินตะกอนมีปริมาณสารอินทรีย์รวม 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (ไม่มีหญ้า)

T3 = ดินตะกอนมีปริมาณสารอินทรีย์รวม 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (มีหญ้า)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 การทดลองที่ 1: ค่าเฉลี่ยปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอน (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) ±SD จากทั้ง 3 กลุ่มทดลอง

วันที่เก็บ	ค่าเฉลี่ยปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอน±SD (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)					
	T1C	T1	T2C	T2	T3C	T3
16/07/53	10.82	10.91±1.57	45.38	48.01±2.71	85.86	88.62±0.49
23/07/53	10.61	16.02±1.78	50.47	50.21±1.52	98.88	94.43±0.18
30/07/53	17.79	13.74±0.96	52.04	50.95±1.68	96.55	96.27±0.44
05/08/53	15.31	19.12±0.55	49.98	51.83±0.76	107.72	92.06±0.61
14/08/53	18.32	20.09±1.22	60.56	53.80±2.95	99.74	95.06±1.83
20/08/53	18.11	16.74±1.09	55.96	54.59±1.17	98.67	95.19±1.98
26/08/53	17.07	16.90±0.83	47.62	53.35±1.28	96.61	96.32±1.90
15/03/54	20.63	21.34±1.52	49.98	49.98±2.50	99.27	89.10±1.29

หมายเหตุ

T1C = ดินตะกอนมีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (ไม่มีหญ้า)

T1 = ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (มีหญ้า)

T2C = ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (ไม่มีหญ้า)

T2 = ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (มีหญ้า)

T3C = ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (ไม่มีหญ้า)

T3 = ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (มีหญ้า)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 การทดลองที่ 1: ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของจำนวนต้น (ต้นต่อตารางเมตร) ±SD และค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน (กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร) ±SD ของหญ้าชะเงาฝอยจากทั้ง 3 กลุ่มทดลอง

วันที่เก็บ	ค่าเฉลี่ยความหนาแน่น±SD (ต้นต่อตารางเมตร)			ค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน±SD (กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร)		
	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3
16/07/53	877±65	914±158	1,062±53	2.53±0.67	2.06±0.81	2.49±0.71
17/07/53	896±76	914±242	1,003±11	2.50±0.67	2.10±0.89	2.37±0.77
18/07/53	892±77	921±210	966±42	2.61±0.57	2.15±0.88	2.21±0.84
19/07/53	926±87	899±200	966±105	2.58±0.46	2.12±0.87	2.27±0.95
20/07/53	901±70	877±231	936±21	2.47±0.45	2.01±0.77	2.13±0.91
21/07/53	901±96	862±210	936±0			
22/07/53	916±96	877±231	929±11			
23/07/53	906±104	877±210	929±11			
24/07/53	906±104	869±221	899±32			
26/07/53	901±110	869±221	899±32			
28/07/53	911±130	862±231	847±84			
30/07/53	906±136	847±231	817±63			
02/08/53	825±32	542±74	780±74			
05/08/53	899±74	527±53	743±84			
08/08/53	825±32	513±53	713±126			
11/08/53	817±42	513±53	698±126			
14/08/53	810±32	505±63	669±168			
17/08/53	795±32	468±95	654±147			
20/08/53	788±0	468±95	639±168			
26/08/53	788±0	461±84	632±158			
16/02/54	2,325±242	2,890±494	802±126	52.33±2.40	66.00±10.77	17.28±3.59
15/03/54	2,311±242	2,853±483	780±137	45.50±3.02	61.62±8.71	15.40±2.77
13/04/54	2,288±252	2,823±441	765±116	45.15±2.66	60.02±7.68	14.79±2.26

หมายเหตุ Treatment 1, 2 และ 3 = กลุ่มทดลองที่ใช้ดินตะกอนที่มีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 การทดลองที่ 1: ค่าเฉลี่ยความยาวใบต่ำสุดและค่าเฉลี่ยความยาวใบสูงสุด (เซนติเมตร) ±SD ของหญ้าชะเงาฝอยจากทั้ง 3 กลุ่มทดลอง

วันที่เก็บ	ค่าเฉลี่ยความยาวใบต่ำสุด± SD (เซนติเมตร)			ค่าเฉลี่ยความยาวใบสูงสุด± SD (เซนติเมตร)		
	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3
16/07/53	1.0±0.2	0.7±0.4	0.6±0.2	13.3±0.4	11.1±0.8	13.7±0.7
17/07/53	0.7±0.1	0.4±0.2	0.9±0.2	13.3±0.3	11.5±0.1	13.2±0.1
18/07/53	1.2±0.4	0.5±0.1	0.6±0.2	13.4±0.4	10.9±1.3	13.1±0.1
19/07/53	0.7±0.1	0.4±0.1	0.6±0.1	13.1±0.4	11.2±1.2	13.3±0.4
20/07/53	0.9±0.2	0.8±0.5	0.9±0.4	13.1±0.5	11.1±1.1	13.1±0.2
16/02/54	6.0± 2.0	7.0±0.9	5.9±0.6	31.4±3.9	32.1±2.5	30.6±0.9
15/03/54	6.0± 1.2	5.9±0.5	6.3±0.5	31.2±2.4	34.0±1.0	31.8±0.5
13/04/54	5.5±1.2	6.3±0.5	6.1±0.4	30.7±2.0	34.3±0.9	31.6±1.4

หมายเหตุ Treatment 1 = ดินตะกอนมีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง
Treatment 2 = ดินตะกอนมีปริมาณสารอินทรีย์รวม 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง
Treatment 3 = ดินตะกอนมีปริมาณสารอินทรีย์รวม 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 8 การทดลองที่ 1: ความยาวใบเฉลี่ย (เซนติเมตร) ±SD ของหญ้าชะเงาฝอยจากทั้ง 3 กลุ่มทดลอง

วันที่เก็บ	ความยาวใบเฉลี่ย (เซนติเมตร)		
	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3
16/07/53	6.2±0.2	5.9±0.4	5.1±0.5
17/07/53	6.1±0.2	5.4±0.3	5.2±0.6
18/07/53	6.6±0.2	5.9±0.3	5.1±0.5
19/07/53	6.5±0.2	5.4±0.4	5.3±0.7
20/07/53	6.4±0.2	5.9±0.4	6.2±0.6
16/02/54	19.4±0.5	19.2±0.4	18.2±0.5
15/03/54	18.0±0.3	19.5±0.1	18.3±0.1
13/04/54	17.8±0.3	19.3±0.2	18.0±0.1

หมายเหตุ Treatment 1 = ดินตะกอนมีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง
Treatment 2 = ดินตะกอนมีปริมาณสารอินทรีย์รวม 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง
Treatment 3 = ดินตะกอนมีปริมาณสารอินทรีย์รวม 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 9 การทดลองที่ 1: ค่าเฉลี่ยความยาวใบรวมต่อต้น (เซนติเมตร) ±SD ของหญ้าชะเงาฝอย จากทั้ง 3 กลุ่มทดลอง

วันที่เก็บ	ความยาวใบรวมต่อต้น (เซนติเมตร)		
	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3
16/07/53	14.7±1.2	11.6±0.5	14.6±0.8
17/07/53	14.8±0.8	11.8±0.5	14.2±1.3
18/07/53	15.4±0.8	10.4±0.8	13.9±0.9
19/07/53	15.3±0.8	11.5±0.3	13.8±1.0
20/07/53	15.3±1.4	11.4±1.1	13.8±1.3
16/02/54	67.4±3.5	68.3±0.9	62.9±0.4
15/03/54	60.1±2.0	64.6±1.7	59.5±0.6
13/04/54	60.5±2.8	63.8±1.8	58.7±0.5

หมายเหตุ Treatment 1 = ดินตะกอนมีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง
Treatment 2 = ดินตะกอนมีปริมาณสารอินทรีย์รวม 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง
Treatment 3 = ดินตะกอนมีปริมาณสารอินทรีย์รวม 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 10 การทดลองที่ 1: จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้น (ใบ) ของหญ้าชะเงาฝอยจากทั้ง 3 กลุ่มทดลอง

วันที่เก็บ	จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้น (ใบ)		
	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3
16/07/53	2	2	2
17/07/53	2	2	2
18/07/53	2	2	2
19/07/53	2	2	2
20/07/53	2	2	2
16/02/54	4	4	4
15/03/54	3	3	3
13/04/54	3	3	3

หมายเหตุ Treatment 1 = ดินตะกอนมีปริมาณสารอินทรีย์รวม 10 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง
Treatment 2 = ดินตะกอนมีปริมาณสารอินทรีย์รวม 50 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง
Treatment 3 = ดินตะกอนมีปริมาณสารอินทรีย์รวม 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 11 การทดลองที่ 1: ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน±SD ความหนาแน่นของจำนวนต้น±SD และความยาวใบเฉลี่ย ±SD ระหว่างกลุ่มทดลอง จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA)

Parameter	Month	Treatment			F-Test
		TOM 10 mg/g DW	TOM 50 mg/g DW	TOM 90 mg/g DW	
Upper-shoot biomass (gDW/m^2)	0	2.54±0.47	2.09±0.63	2.29±0.72	ns
	7	52.33±2.40b	66.00±10.77a	17.28±3.59c	*
	8	45.50±3.02b	61.62±8.71a	15.40±2.77c	*
	9	45.15±2.66b	60.02±7.68a	14.79±2.26c	*
Shoot density (shoot/m^2)	0	904±82	882±159	932±73	ns
	1	818±44a	500±61c	691±111b	*
	7	2,325±242b	2,890±494a	802±126c	*
	8	2,311±242b	2,853±483a	780±137c	*
	9	2,288±252b	2,823±441a	765±116c	*
Average leaf length (cm)	0	6.2±0.3	5.9±0.3	6.0±0.5	ns
	7	19.4±0.5a	19.2±0.4a	18.2±0.5b	*
	8	18.0±0.3b	19.5±0.1a	18.3±0.1b	*
	9	17.8±0.3b	19.3±0.1a	18.0±0.1b	*

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)
ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้วิธี LSD

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 12 การทดลองที่ 1: การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพส่วนเหนือดินของหญ้าชะเงาฝอยที่ปลูกในดินตะกอนที่มีสารอินทรีย์รวม 3 ระดับ คือ 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง โดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) และใช้ F-test ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

Month	Upper-Shoot Biomass	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
0	Between Groups	.305	2	0.152	0.339	0.725ns
	Within Groups	2.697	6	0.450		
	Total	3.002	8			
7	Between Groups	3789.295	2	1894.647	84.472	0.000*
	Within Groups	134.575	6	22.429		
	Total	3923.870	8			
8	Between Groups	3302.246	2	1651.123	106.879	0.000*
	Within Groups	92.691	6	15.448		
	Total	3394.937	8			
9	Between Groups	3189.000	2	1594.500	134.241	0.000*
	Within Groups	71.267	6	11.878		
	Total	3260.267	8			

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 13 การทดลองที่ 1: การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของจำนวนต้นหญ้าชะเงาฝอย ที่ปลูกในดินตะกอนที่มีสารอินทรีย์รวม 3 ระดับ คือ 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง โดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) และใช้ F-test ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

Month	Shoot Density	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
0	Between Groups	3772.222	2	1886.111	0.173	0.846ns
	Within Groups	65568.667	6	10928.111		
	Total	69340.889	8			
1	Between Groups	154370.667	2	77185.333	20.543	0.002*
	Within Groups	22543.333	6	3757.222		
	Total	176914.000	8			
7	Between Groups	6996729.556	2	3498364.778	66.056	0.000*
	Within Groups	317763.333	6	52960.556		
	Total	7314492.889	8			
8	Between Groups	6931992.667	2	3465996.333	66.934	0.000*
	Within Groups	310693.333	6	51782.222		
	Total	7242686.000	8			
9	Between Groups	6839389.556	2	3419694.778	75.518	0.000*
	Within Groups	271697.333	6	45282.889		
	Total	7111086.889	8			

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 14 การทดลองที่ 1: การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างความยาวใบเฉลี่ยของหญ้าชะเงาฝอย ที่ปลูกในดินตะกอนที่มีสารอินทรีย์รวม 3 ระดับ คือ 10, 50 และ 90 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง โดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) และใช้ F-test ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

Month	Average Leaf Length	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
0	Between Groups	0.136	2	0.068	0.610	0.574ns
	Within Groups	0.667	6	0.111		
	Total	0.802	8			
7	Between Groups	2.336	2	1.168	6.737	0.029*
	Within Groups	1.040	6	0.173		
	Total	3.376	8			
8	Between Groups	3.662	2	1.831	65.920	0.000*
	Within Groups	0.167	6	0.028		
	Total	3.829	8			
9	Between Groups	3.909	2	1.954	79.955	0.000*
	Within Groups	0.147	6	0.024		
	Total	4.056	8			

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 15 การทดลองที่ 2: ค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอน (ไมโครโมลาร์) ±SD จากทั้ง 3 กลุ่มทดลอง

สัปดาห์ที่	NH_4^+-N (µM) ±SD		
	Control	Treatment 1	Treatment 2
0	1,692.35±80.34	1,789.41±310.00	1,479.39
1	1,923.42±42.82	4,767.59±20.84	4,622.94±54.27
2	2,645.06±340.82	2,132.18±123.71	3,351.81±281.04
3	2,009.53±131.47	3,191.69±11.99	3,137.06±490.08
4	2,413.76±506.97	5,323.42±650.20	3,468.15±86.77
5	2,148.15±232.58	5,599.23±272.22	4,039.07±572.71
6	2,982.84±1,079.06	4,188.97±1,228.80	4,312.57±300.94
7	2,454.19±125.56	5,459.87±576.86	3,845.07±371.41
8	3,280.98±62.85	6,159.82±975.30	6,688.63±1,108.57
9	4,408.15±72.95	9,495.89±116.93	4,942.72±807.24
10	2,298.49±31.80	4,309.49±2.97	3,600.93±238.98
12	2,012.59±259.40	3,842.57±404.00	4,409.41±103.15
14	1,644.45±51.35	3,794.52±258.79	4,234.86±380.58
16	2,225.51±13.30	5,398.33±571.58	5,603.95±246.19
18	1,951.88±379.61	4,021.81±31.09	4,225.74±593.71
20	2,203.24±332.57	4,195.39±229.69	4,251.67±593.12

หมายเหตุ Control = กลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย

Treatment 1 = กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน

Treatment 2 = กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 16 การทดลองที่ 2: ค่าเฉลี่ยปริมาณไนไตรท์และไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอน (ไมโครโมลาร์) ±SD จากทั้ง 3 กลุ่มทดลอง

สัปดาห์ที่	$NO_2^-+NO_3^-$-N (µM) ±SD		
	Control	Treatment 1	Treatment 2
0	72.07±8.39	97.63±10.61	824.23±56.14
1	833.60±47.84	1474.28±376.52	1286.89±36.22
2	993.14±30.36	896.20±1.32	831.74±27.69
3	932.66±6.29	944.19±10.66	977.31±14.79
4	81.19±22.32	95.59±17.93	81.91±7.65
5	106.11±3.61	92.00±33.09	137.10±7.09
6	57.60±13.89	118.69±0.92	110.16±2.77
7	120.57±1.78	128.09±30.80	109.92±6.94
8	53.31±4.62	62.84±6.65	92.98±9.36
9	24.55±3.71	31.03±1.01	58.32±12.59
10	71.18±9.81	58.66±7.74	95.28±24.80
12	21.98±3.68	22.19±4.16	37.22±2.77
14	106.99±22.84	45.28±8.61	82.92±5.86
16	28.87±9.52	50.06±8.71	31.36±9.34
18	86.08±4.35	38.41±4.96	57.69±5.02
20	51.63±7.51	25.44±0.34	51.66±9.79

หมายเหตุ Control = กลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย

Treatment 1 = กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน

Treatment 2 = กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 17 การทดลองที่ 2: ค่าเฉลี่ยปริมาณซิลิเกต-ซิลิคอนในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอน (ไมโครโมลาร์) ±SD จากทั้ง 3 กลุ่มทดลอง

สัปดาห์ที่	$Si(OH)_4$-Si (μM) ±SD		
	Control	Treatment 1	Treatment 2
0	83.35±23.72	127.90±20.52	98.41±3.99
1	116.05±2.47	140.90±24.52	185.22±12.12
2	98.41±8.44	184.96±3.81	151.23±5.03
3	95.96±0.38	93.50±1.41	97.44±1.63
4	145.77±12.55	96.02±5.54	120.99±4.21
5	158.52±9.32	188.19±11.49	192.44±15.41
6	189.52±2.63	109.05±14.83	125.03±3.14
7	168.59±22.76	120.39±10.25	118.52±2.64
8	207.17±11.05	153.87±22.15	205.84±4.34
9	171.13±18.42	177.22±4.70	191.90±6.26
10	221.01±22.46	107.42±10.51	141.27±7.30
12	149.77±11.68	150.00±4.05	124.04±4.90
14	194.67±6.11	148.78±32.39	156.50±42.20
16	130.49±1.69	171.18±29.89	61.21±0.96
18	289.17±51.50	127.92±8.09	92.49±4.28
20	147.32±3.14	63.59±0.85	131.43±13.78

หมายเหตุ Control = กลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย

Treatment 1 = กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน

Treatment 2 = กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 18 การทดลองที่ 2: ค่าเฉลี่ยปริมาณออร์โธฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอน (ไมโครโมลาร์) ±SD จากทั้ง 3 กลุ่มทดลอง

สัปดาห์ที่	PO_4^{3-}-P (µM) ±SD		
	Control	Treatment 1	Treatment 2
0	19.97±3.19	15.41±5.20	19.67±8.66
1	13.00±3.43	197.70±46.36	138.20±9.53
2	63.86±0.13	101.81±28.94	204.21±10.61
3	41.51±0.44	38.82±4.13	107.66±2.08
4	24.04±2.54	56.36±8.97	39.19±12.50
5	9.69±0.27	34.25±5.90	58.61±14.73
6	19.86±0.66	32.56±15.83	50.70±4.96
7	32.75±3.73	34.04±3.99	43.50±7.77
8	8.38±4.61	44.50±15.14	149.97±7.82
9	9.97	76.39±2.50	120.89±12.72
10	17.15±1.57	43.89±1.62	33.85±1.52
12	nd	60.24±2.06	95.96
14	8.20±4.09	26.68±12.26	65.53±22.26
16	19.97	15.41±17.47	19.67±12.38
18	13.00±2.79	197.70±11.04	138.20±0.38
20	63.86±3.59	101.81±21.12	204.21±3.90

หมายเหตุ Control = กลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย

Treatment 1 = กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน

Treatment 2 = กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 19 การทดลองที่ 2: ปริมาณธาตุอาหารในน้ำ (ไมโครโมลาร์) จากทั้ง 3 กลุ่มทดลอง

สัปดาห์ที่	NH_4^+-N (µM)			NO_2^-+NO_3^--N (µM)			$Si(OH)_4$-Si (µM)			PO_4^{3-}-P (µM)		
	C	T1	T2	C	T1	T2	C	T1	T2	C	T1	T2
9	41.42	41.42	41.42	25.19	25.19	25.19	47.82	47.82	47.82	1.50	1.50	1.50
16	42.07	66.18	42.54	2.94	2.18	2.23	71.99	73.74	71.40	0.73	8.50	9.68
20	23.16	68.07	55.30	3.61	3.65	0.67	15.16	70.82	11.95	3.94	62.49	18.01

หมายเหตุ C = กลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย,

T1 = กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน

T2 = กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 20 การทดลองที่ 2: ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำในดินตะกอน (ร้อยละ) ±SD จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

สัปดาห์ที่	ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำในดินตะกอน ±SD (ร้อยละ)			F-Test
	Control	Treatment 1	Treatment 2	
0	23.93±0.38	25.01±0.46	24.68±1.10	ns
1	24.60±0.33	25.52±1.12	25.31±1.81	ns
2	24.60±0.65	26.57±1.55	25.47±0.83	ns
3	25.45±0.68a	25.61±0.17a	24.40±0.51b	*
4	24.04±1.62	25.18±1.21	25.91±1.04	ns
5	25.57±0.91	25.99±0.46	27.19±0.11	ns[1]
6	25.55±0.31	25.01±0.37	26.84±1.28	ns
7	26.16±1.14	25.83±1.23	25.67±0.44	ns
8	24.19±1.61b	23.33±0.26b	28.03±2.53a	*
9	26.51±2.60	27.45±0.47	27.75±2.99	ns
10	24.39±0.90	24.54±1.84	24.65±1.10	ns
12	28.44±1.63	28.88±1.27	25.73±1.48	ns
14	25.35±0.74	25.41±2.20	28.80±2.38	ns
16	26.67±0.39	27.23±0.98	28.97±1.84	ns
18	27.84±2.64	26.67±0.53	27.58±1.75	ns
20	30.03±1.16a	27.67±0.96b	26.81±1.10b	*

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้วิธี LSD และ [1]Tamhane ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 21 การทดลองที่ 2: ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน (กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร) ±SD ระหว่างกลุ่มทดลองจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

สัปดาห์ที่	ค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน ±SD (กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร)			F-Test
	Control	Treatment 1	Treatment 2	
0	16.94±1.8	21.26±4.44	15.52±3.19	ns
1	17.39±0.64a	14.06±2.00ab	11.47±4.66b	*
2	16.47±1.71b	22.73±2.66a	16.02±4.42b	*
3	15.48±3.43c	38.44±6.81a	25.11±1.85b	*
4	22.59±2.64b	59.42±7.12a	30.53±7.67b	*
5	23.15±2.46c	79.19±5.87a	34.49±6.72b	*
6	22.20±5.34c	77.55±0.81a	48.51±11.82b	*
7	23.24±1.27c	103.87±7.01a	44.92±16.33b	*
8	29.94±7.23c	100.57±8.06a	53.28±14.39b	*
9	29.02±3.60c	105.47±15.29a	65.21±20.98b	*
10	29.69±2.88c	108.59±8.64a	60.91±12.79b	*
12	42.43±11.45b	122.05±24.50a	60.74±12.41b	*
14	55.28±19.03b	148.77±1.87a	61.59±29.75b	*
16	47.25±12.72b	124.91±9.91a	57.44±3.23b	*
18	48.35±5.76c	84.01±4.42a	59.60±5.10b	*
20	49.84±12.39b	80.83±1.36a	56.06±3.52b	*

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้วิธี LSD ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 22 การทดลองที่ 2: ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของจำนวนต้น (ต้นต่อตารางเมตร) ±SD ระหว่างกลุ่มทดลองจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

สัปดาห์ที่	ค่าเฉลี่ยความหนาแน่น ±SD (ต้นต่อตารางเมตร)			F-Test
	Control	Treatment 1	Treatment 2	
0	3,729±439	3,418±1,318	2,952±1,978	ns
1	4,351±439	5,127±1,099	3,263±1,538	ns
2	4,506±659b	8,235±659a	3,884±1,099b	*
3	4,817±1,099b	8,856±220a	4,506±659b	*
4	4,972±1,318b	8,856±220a	4,817±220b	*
5	4,972±1,318b	9,012±439a	4,817±220b	*
6	4,972±1,318b	9,012±439a	4,972±439b	*
7	5,127±1,099b	9,012±439a	4,972±879b	*
8	5,438±1,099b	9,012±0a	4,972±1,318b	*
9	5,749±1,099b	8,856±220a	4,817±1,538b	*
10	6,060±1,538ab	7,769±879a	4,661±1,758b	*
12	6,215±1,758a	6,837±439a	4,195±1,538b	*
14	5,749±1,099b	6,681±220a	4,040±1,318b	*
16	5,749±1,099a	6,370±659a	4,040±1,318b	*
18	5,594±1,318a	6,060±220a	4,040±1,318b	*
20	5,594±1,318a	5,749±220a	3,884±1,099b	*

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้วิธี LSD ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 23 การทดลองที่ 2: ค่าเฉลี่ยความยาวใบต่ำสุด (เซนติเมตร) ±SD และความยาวใบสูงสุด (เซนติเมตร) ±SD ของหญ้าชะเงาฝอยจากทั้ง 3 กลุ่มทดลอง

สัปดาห์ที่	ค่าเฉลี่ยความยาวใบต่ำสุด ±SD (เซนติเมตร)			ค่าเฉลี่ยความยาวใบสูงสุด ±SD (เซนติเมตร)		
	Control	Treatment 1	Treatment 2	Control	Treatment 1	Treatment 2
0	2.0±0.2	2.1±0.7	2.5±0.4	12.6±1.4	12.2±0.9	11.7±0.3
1	2.1±0.5	1.7±0.6	1.8±0.4	11.5±0.8	10.5±0.4	9.1±1.3
2	3.1±0.5	1.7±0.3	1.7±1.0	11.0±0.2	10.0±0.4	9.6±1.3
3	2.1±1.0	2.5±0.5	2.1±0.5	11.6±0.7	13.0±1.0	11.9±1.0
4	3.1±0.6	3.7±0.6	3.7±1.4	11.6±0.8	16.3±1.0	14.2±1.6
5	2.3±0.9	3.5±1.1	2.8±0.4	11.8±0.8	18.1±1.6	17.5±2.6
6	2.5±0.8	3.7±0.8	2.5±1.0	14.2±4.0	19.1±0.9	18.7±0.8
7	2.0±0.7	4.2±1.3	3.4±0.2	11.4±0.7	22.2±0.8	19.3±1.0
8	3.3±0.6	4.4±2.3	4.2±0.8	12.0±0.7	22.5±1.4	19.3±1.2
9	3.4±0.8	5.8±2.7	4.2±1.6	12.2±0.4	22.0±0.4	21.0±1.7
10	3.2±0.9	5.8±0.6	5.3±1.7	13.0±0.5	23.4±2.3	20.8±1.9
12	3.3±1.0	6.4±2.3	7.1±1.1	13.6±1.3	24.6±1.2	23.7±2.0
14	4.1±0.5	6.7±1.8	6.1±0.8	16.9±1.3	28.3±0.9	22.9±0.5
16	5.0±0.3	8.4±1.8	4.9±0.8	16.2±1.2	29.0±0.2	25.1±2.3
18	5.3±1.5	5.5±1.2	6.6±1.6	16.6±0.1	28.5±1.2	25.2±2.1
20	5.1±1.4	6.3±1.3	6.4±1.0	17.0±0.2	28.5±1.0	25.4±1.9

หมายเหตุ Control = กลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย

Treatment 1 = กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน

Treatment 2 = กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 24 การทดลองที่ 2: ความแตกต่างระหว่างความยาวใบเฉลี่ย (เซนติเมตร) ±SD ของหญ้าชะเงาฝอยระหว่างกลุ่มทดลองจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

สัปดาห์ที่	ความยาวใบเฉลี่ย ±SD (เซนติเมตร)			F-Test
	Control	Treatment 1	Treatment 2	
0	7.6±0.8	7.1±0.5	6.9±1.1	ns
1	7.2±0.7	6.1±0.4	5.4±1.1	ns
2	6.8±0.7	6.1±0.1	5.7±1.2	ns
3	7.3±0.7	7.4±0.2	6.6±1.2	ns
4	7.9±0.8	8.8±0.2	8.6±0.5	ns
5	7.7±0.3b	10.1±0.9a	9.4±0.6a	*
6	7.9±0.5b	10.5±0.6a	10.5±0.9a	*
7	7.7±0.6b	12.0±0.9a	11.4±1.1a	*
8	8.6±0.5b	12.8±0.2a	13.0±0.2a	*
9	8.5±0.3b	14.0±0.2a	13.5±1.1a	*[1]
10	8.3±0.1b	14.7±0.8a	15.0±1.1a	*[1]
12	9.3±0.7b	16.5±0.6a	16.5±0.5a	*
14	11.3±0.6c	19.3±1.2a	16.2±0.9b	*
16	12.0±0.6c	20.0±1.0a	14.8±1.3b	*
18	12.4±0.8b	16.3±0.3a	14.1±1.2b	*
20	11.7±0.5c	16.6±0.6a	13.9±0.8b	*

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p<0.05$) ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้วิธี LSD และ [1]Tamhane ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 25 การทดลองที่ 2: ค่าเฉลี่ยความยาวใบรวมต่อต้น (เซนติเมตร) ±SD ของหญ้าชะเงาฝอยจากทั้ง 3 กลุ่มทดลอง

สัปดาห์ที่	ความยาวใบรวมต่อต้น ±SD (เซนติเมตร)		
	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3
0	19.7±1.2	21.4±0.1	22.2±1.4
1	18.5±0.9	19.7±0.6	12.6±0.3
2	20.3±1.5	18.8±0.5	16.1±0.7
3	21.6±1.4	24.5±1.0	21.4±3.3
4	20.2±0.9	29.7±2.1	28.6±3.2
5	21.2±1.6	35.3±0.2	31.3±2.0
6	21.5±0.3	33.5±1.3	37.1±3.7
7	22.2±3.7	42.2±2.7	34.6±5.0
8	24.2±1.2	40.4±2.1	39.7±1.6
9	23.6±0.8	46.2±3.3	45.1±3.6
10	24.2±2.4	48.8±1.7	47.4±5.3
12	29.0±1.5	65.7±2.4	55.1±0.7
14	35.5±3.4	69.1±1.2	60.9±8.1
16	31.2±1.4	72.9±4.9	38.4±0.9
18	33.0±1.9	46.8±5.7	40.6±0.8
20	33.1±1.0	45.8±1.3	40.6±1.2

หมายเหตุ Control = กลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย

Treatment 1 = กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน

Treatment 2 = กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 26 การทดลองที่ 2: จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้น (ใบ) ของหญ้าชะเงาฝอยจากทั้ง 3 กลุ่มทดลอง

สัปดาห์ที่	จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้น (ใบ)		
	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3
0	3	3	3
1	3	3	3
2	3	3	3
3	3	3	3
4	3	3	3
5	3	3	3
6	3	3	4
7	3	4	3
8	3	3	3
9	3	3	3
10	3	3	3
12	3	4	3
14	3	4	3
16	3	3	3
18	3	3	3
20	3	3	3

หมายเหตุ Control = กลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย

Treatment 1 = กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน

Treatment 2 = กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 27 การทดลองที่ 2: ค่าเฉลี่ยจำนวนต้น (ร้อยละ) ที่มีจำนวนใบ 2-5 ใบ จากทั้ง 3 กลุ่มทดลอง

สัปดาห์ที่	ค่าเฉลี่ยจำนวนต้น (ร้อยละ)											
	Control				Treatment 1				Treatment 2			
	2 ใบ	3 ใบ	4 ใบ	5 ใบ	2 ใบ	3 ใบ	4 ใบ	5 ใบ	2 ใบ	3 ใบ	4 ใบ	5 ใบ
0	31.82	59.09	9.09		22.50	60.28	17.22		33.33	50.00	16.67	
1	32.22	62.22	5.56		21.21	53.46	25.32		33.68	55.82	10.51	
2	33.33	60.00	6.67		25.40	54.44	20.16		51.11	42.22	6.67	
3	44.44	50.00	5.56		12.08	62.08	25.83		22.73	50.71	23.54	
4	18.89	77.78	3.33		2.22	59.21	38.57		5.42	56.67	37.92	
5	22.22	62.22	15.56		4.44	53.65	39.52	2.38	3.33	64.17	29.17	3.33
6	25.56	74.44	0.00		2.22	76.19	21.59		2.22	44.44	50.00	3.33
7	25.56	60.00	14.44		0.00	46.67	53.33		16.67	63.33	20.00	
8	22.22	73.33	4.44		23.33	36.67	40.00		14.44	66.67	18.89	
9	21.11	78.89	0.00		11.79	49.40	36.24	2.56	7.78	53.33	35.56	3.33
10	22.22	65.56	12.22		6.67	53.33	40.00		10.00	63.33	26.67	
12	11.11	65.28	23.61		3.33	40.00	40.00	16.67	16.67	56.67	26.67	
14	2.38	81.90	15.71		3.33	38.79	54.55	3.33	6.67	50.00	40.00	3.33
16	40.00	60.00	0.00		10.00	46.67	43.33		40.00	60.00	0.00	
18	33.33	66.67	0.00		23.33	66.67	10.00		23.33	63.33	13.33	
20	26.67	63.33	10.00		33.33	56.67	10.00		23.33	60.00	16.67	

หมายเหตุ Control = กลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย

Treatment 1 = กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน

Treatment 2 = กลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกิโลกรัมดินตะกอน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 28 การทดลองที่ 2: การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน ความหนาแน่นของจำนวนต้น ความยาวใบเฉลี่ย และปริมาณน้ำในดินตะกอนของกลุ่มทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1.5 และ 3.0 กรัม ต่อกิโลกรัมดินตะกอน และกลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย โดยใช้วิธี Analysis of Variance (ANOVA) และใช้ F-test ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

Week	Parameter	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
0	Biomass	Between Groups	53.579	2	26.789	4.866	0.055
		Within Groups	33.033	6	5.505		
		Total	86.611	8			
	Shoot Density	Between Groups	916880.889	2	458440.444	0.471	0.646
		Within Groups	5844159.333	6	974026.556		
		Total	6761040.222	8			
	Avr. Leaf Length	Between Groups	1.016	2	0.508	0.716	0.526
		Within Groups	4.253	6	0.709		
		Total	5.269	8			
	Water Content	Between Groups	1.828	2	0.914	1.738	0.254
		Within Groups	3.156	6	0.526		
		Total	4.984	8			
1	Biomass	Between Groups	52.895	2	26.448	6.074	0.036*
		Within Groups	26.124	6	4.354		
		Total	79.019	8			
	Shoot Density	Between Groups	5261968.667	2	2630984.333	4.191	0.073
		Within Groups	3766213.333	6	627702.222		
		Total	9028182.000	8			
	Avr. Leaf Length	Between Groups	5.136	2	2.568	4.127	0.075
		Within Groups	3.733	6	0.622		
		Total	8.869	8			

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 28 (ต่อ)

Week	Parameter	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
	Water Content	Between Groups	1.402	2	0.701	0.454	0.655
		Within Groups	9.274	6	1.546		
		Total	10.677	8			
2	Biomass	Between Groups	84.414	2	42.207	8.594	0.017*
		Within Groups	29.466	6	4.911		
		Total	113.880	8			
	Shoot Density	Between Groups	3.322E7	2	1.661E7	48.040	0.000*
		Within Groups	2074528.667	6	345754.778		
		Total	3.529E7	8			
	Avr. Leaf Length	Between Groups	1.982	2	0.991	1.579	0.281
		Within Groups	3.767	6	0.628		
		Total	5.749	8			
	Water Content	Between Groups	5.870	2	2.935	2.520	0.161
		Within Groups	6.988	6	1.165		
		Total	12.858	8			
3	Biomass	Between Groups	797.829	2	398.915	38.835	0.000*
		Within Groups	61.632	6	10.272		
		Total	859.461	8			
	Shoot Density	Between Groups	3.534E7	2	1.767E7	62.726	0.000*
		Within Groups	1690130.667	6	281688.444		
		Total	3.703E7	8			
	Avr. Leaf Length	Between Groups	1.202	2	0.601	0.946	0.439
		Within Groups	3.813	6	0.636		
		Total	5.016	8			
	Water Content	Between Groups	2.577	2	1.289	5.154	0.0498*
		Within Groups	1.500	6	0.250		
		Total	4.077	8			

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 28 (ต่อ)

Week	Parameter	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
4	Biomass	Between Groups	2253.388	2	1126.694	58.071	0.000*
		Within Groups	116.412	6	19.402		
		Total	2369.800	8			
	Shoot Density	Between Groups	3.143E7	2	1.572E7	51.415	0.000*
		Within Groups	1833969.333	6	305661.556		
		Total	3.327E7	8			
	Avr. Leaf Length	Between Groups	1.580	2	.790	2.279	0.184
		Within Groups	2.080	6	.347		
		Total	3.660	8			
	Water Content	Between Groups	5.309	2	2.655	1.547	0.287
		Within Groups	10.295	6	1.716		
		Total	15.604	8			
5	Biomass	Between Groups	5267.616	2	2633.808	184.532	0.000*
		Within Groups	85.637	6	14.273		
		Total	5353.254	8			
	Shoot Density	Between Groups	3.395E7	2	1.697E7	51.459	0.000*
		Within Groups	1979050.667	6	329841.778		
		Total	3.593E7	8			
	Avr. Leaf Length	Between Groups	8.667	2	4.333	10.864	0.010*
		Within Groups	2.393	6	.399		
		Total	11.060	8			
	Water Content	Between Groups	4.190	2	2.095	5.975	0.037*
		Within Groups	2.104	6	.351		
		Total	6.293	8			

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 28 (ต่อ)

Week	Parameter	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
6	Biomass	Between Groups	4598.053	2	2299.027	81.650	0.000*
		Within Groups	168.942	6	28.157		
		Total	4766.995	8			
	Shoot Density	Between Groups	3.264E7	2	1.632E7	46.103	0.000*
		Within Groups	2124132.000	6	354022.000		
		Total	3.477E7	8			
	Avr. Leaf Length	Between Groups	13.869	2	6.934	13.838	0.006*
		Within Groups	3.007	6	0.501		
		Total	16.876	8			
	Water Content	Between Groups	5.325	2	2.663	4.276	0.070
		Within Groups	3.736	6	0.623		
		Total	9.062	8			
7	Biomass	Between Groups	10444.958	2	5222.479	98.750	0.000*
		Within Groups	317.316	6	52.886		
		Total	10762.274	8			
	Shoot Density	Between Groups	3.143E7	2	1.572E7	43.419	0.000*
		Within Groups	2171871.333	6	361978.556		
		Total	3.361E7	8			
	Avr. Leaf Length	Between Groups	32.540	2	16.270	20.423	0.002*
		Within Groups	4.780	6	0.797		
		Total	37.320	8			
	Water Content	Between Groups	.380	2	0.190	0.190	0.832
		Within Groups	6.004	6	1.001		
		Total	6.384	8			

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 28 (ต่อ)

Week	Parameter	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
8	Biomass	Between Groups	7770.483	2	3885.241	71.820	0.000*
		Within Groups	324.583	6	54.097		
		Total	8095.066	8			
	Shoot Density	Between Groups	2.931E7	2	1.466E7	29.863	0.001*
		Within Groups	2944706.000	6	490784.333		
		Total	3.226E7	8			
	Avr. Leaf Length	Between Groups	37.662	2	18.831	182.237	0.000*
		Within Groups	.620	6	0.103		
		Total	38.282	8			
	Water Content	Between Groups	37.612	2	18.806	6.212	0.035*
		Within Groups	18.163	6	3.027		
		Total	55.776	8			
9	Biomass	Between Groups	8773.657	2	4386.829	38.294	0.000*
		Within Groups	687.334	6	114.556		
		Total	9460.991	8			
	Shoot Density	Between Groups	2.684E7	2	1.342E7	22.239	0.002*
		Within Groups	3621131.333	6	603521.889		
		Total	3.046E7	8			
	Avr. Leaf Length	Between Groups	56.309	2	28.154	74.746	0.000*
		Within Groups	2.260	6	0.377		
		Total	58.569	8			
	Water Content	Between Groups	2.532	2	1.266	0.331	0.730
		Within Groups	22.927	6	3.821		
		Total	25.459	8			

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 28 (ต่อ)

Week	Parameter	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
10	Biomass	Between Groups	9473.500	2	4736.750	115.320	0.000*
		Within Groups	246.449	6	41.075		
		Total	9719.949	8			
	Shoot Density	Between Groups	1.453E7	2	7267270.778	7.001	0.027*
		Within Groups	6227935.333	6	1037989.222		
		Total	2.076E7	8			
	Avr. Leaf Length	Between Groups	85.016	2	42.508	68.808	0.000*
		Within Groups	3.707	6	0.618		
		Total	88.722	8			
	Water Content	Between Groups	.107	2	0.054	0.030	0.971
		Within Groups	10.785	6	1.798		
		Total	10.893	8			
12	Biomass	Between Groups	10432.211	2	5216.105	35.349	0.000*
		Within Groups	885.371	6	147.562		
		Total	11317.582	8			
	Shoot Density	Between Groups	1.144E7	2	5721082.333	6.077	0.036*
		Within Groups	5648231.333	6	941371.889		
		Total	1.709E7	8			
	Avr. Leaf Length	Between Groups	102.729	2	51.364	135.566	0.000*
		Within Groups	2.273	6	0.379		
		Total	105.002	8			
	Water Content	Between Groups	17.491	2	8.745	4.861	0.056
		Within Groups	10.795	6	1.799		
		Total	28.286	8			

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 28 (ต่อ)

Week	Parameter	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
14	Biomass	Between Groups	16379.883	2	8189.942	39.283	0.000*
		Within Groups	1250.922	6	208.487		
		Total	17630.805	8			
	Shoot Density	Between Groups	1.077E7	2	5383284.111	10.792	0.010*
		Within Groups	2993066.667	6	498844.444		
		Total	1.376E7	8			
	Avr. Leaf Length	Between Groups	97.389	2	48.694	55.335	0.000*
		Within Groups	5.280	6	0.880		
		Total	102.669	8			
	Water Content	Between Groups	23.465	2	11.732	3.189	0.114
		Within Groups	22.074	6	3.679		
		Total	45.539	8			
16	Biomass	Between Groups	10685.763	2	5342.882	118.475	0.000*
		Within Groups	270.583	6	45.097		
		Total	10956.346	8			
	Shoot Density	Between Groups	8737189.556	2	4368594.778	7.755	0.022*
		Within Groups	3379950.667	6	563325.111		
		Total	1.212E7	8			
	Avr. Leaf Length	Between Groups	98.722	2	49.361	50.311	0.000*
		Within Groups	5.887	6	0.981		
		Total	104.609	8			
	Water Content	Between Groups	8.701	2	4.351	2.893	0.132
		Within Groups	9.021	6	1.504		
		Total	17.722	8			

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 28 (ต่อ)

Week	Parameter	Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
18	Biomass	Between Groups	1993.958	2	996.979	76.114	0.000*
		Within Groups	78.591	6	13.098		
		Total	2072.549	8			
	Shoot Density	Between Groups	6710089.556	2	3355044.778	5.711	0.041*
		Within Groups	3524721.333	6	587453.556		
		Total	1.023E7	8			
	Avr. Leaf Length	Between Groups	23.802	2	11.901	17.002	0.003*
		Within Groups	4.200	6	0.700		
		Total	28.002	8			
	Water Content	Between Groups	2.260	2	1.130	0.330	0.731
		Within Groups	20.560	6	3.427		
		Total	22.820	8			
20	Biomass	Between Groups	1612.002	2	806.001	28.801	0.001*
		Within Groups	167.913	6	27.986		
		Total	1779.915	8			
	Shoot Density	Between Groups	6422930.667	2	3211465.333	6.438	0.032*
		Within Groups	2993067.333	6	498844.556		
		Total	9415998.000	8			
	Avr. Leaf Length	Between Groups	36.109	2	18.054	41.452	0.000*
		Within Groups	2.613	6	0.436		
		Total	38.722	8			
	Water Content	Between Groups	16.683	2	8.341	7.180	0.026*
		Within Groups	6.970	6	1.162		
		Total	23.653	8			

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 29 ปัจจัยคุณภาพน้ำและดินตะกอนที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของหญ้าทะเลในประเทศไทย

ปัจจัยคุณภาพน้ำและดินตะกอน		*Enhalus acoroides*	*Halodule pinifolia*	*Halophila ovalis*	*Halophila decipiens*	*Halodule uninervis*	*Cymodocea serrulata*
ขนาดอนุภาคดินตะกอน (%)	<63 µm	10.08-72.75	2.88-96.32	5.61-31.51	2.39-55.34	8.71	
	63-125 µm	9.67-77.70	2.81-67.09	2.74-15.29	0.34-63.13	2.60	
	125-250 µm	0.42-65.64	0.25-71.40	8.32-31.06	0.87-4.63	17.67	
	250-500 µm	0.07-4.91	0.28-20.02	5.81-31.24	0.32-18.66	50.36	
	500-1,000 µm	0.04-1.27	0.28-3.86	8.66-21.69	0.24-35.09	18.93	
	>1,000 µm	0.61-4.53	0.04-9.92	9.24-30.39	0.19-39.92	1.74	
ปริมาณน้ำในดินตะกอน (%)		21.80-47.89	19.77-42.45	18.34-33.33	22.92-35.76	37.18	
ปริมาณสารอินทรีย์รวมในดินตะกอน (mg/g DW)		15.59-42.73	12.31-51.51	15.49-29.58	20.18-46.26	49.82	
ปริมาณธาตุอาหารในน้ำระหว่างอนุภาคดินตะกอน (µM)	NH_4^+-N	64.91-371.26	29.33-530.34	558.15-916.28	101.55-693.33	86.99	
	$Si(OH)_4$-Si	17.73-46.71	11.07-73.75	0.91-9.94	11.42-66.00	27.36	
	PO_4^{3-}-P	0.80-2.47	0.44-2.86	0.91-9.94	0.56-8.32	2.44	
ปริมาณธาตุอาหารในน้ำ (µM)	NH_4^+-N	nd-3.079		0.400-1.000	0.400-1.000	0.400-1.000	
	NO_2^--N	0.050-0.186			0.050-0.100		
	NO_3^--N	0.001-8.286		0.001-5.400	1.800-5.400	0.001-5.400	0.001-0.670
	PO_4^{3-}-P	0.015-0.179	0.015-0.107	0.015-0.070	0.020-0.070	0.015-0.070	0.015-0.024

ที่มา: ปรับปรุงจาก ชาคริต (2550)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวกมลวรรณ สุนทรเกตุ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	14 มกราคม 2528
สถานที่เกิด	อำเภอพญาไท จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (ชีววิทยา) เกียรตินิยมอันดับสอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ได้รับทุนการศึกษาตลอดหลักสูตร ระดับปริญญาตรี โครงการพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์(ทุนเรียนดีวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย) (พ.ศ. 2546)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์