



วิทยานิพนธ์

ประสิทธิภาพการใช้หญ้าแฝกบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้ง

**EFFICIENCY OF USING VETIVER FOR TREATING
WASTEWATER FROM SHRIMP FARM**

นางสาววิภาดา ปิ่นเกษร

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2550



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ประสิทธิภาพการใช้หญ้าแฝกบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้ง

Efficiency of Using Vetiver for Treating Wastewater from Shrimp Farm

นามผู้วิจัย นางสาววิภาดา ปิ่นเกษร

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, Ph.D.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ฉลองชัย แบบประเสริฐ, กศ.บ.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์อมรา ทองปาน, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา

(ศาสตราจารย์เกษม จันทร์แก้ว, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อัจฉกหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ประสิทธิภาพการใช้หญ้าแฝกบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้ง

Efficiency of Using Vetiver for Treating Wastewater from Shrimp Farm

โดย

นางสาววิภาดา ปิ่นเกษร

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร้งสิ่งแวดล้อม)

พ.ศ. 2550

วิภาดา ปิ่นเกษร 2550: ประสิทธิภาพการใช้หญ้าแฝกบำบัดน้ำทิ้งจากนาุ้ง ประญญาวิทยาศาสตร์
มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม
ประธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, Ph.D. 138 หน้า

หญ้าแฝกกลุ่ม *Vetiveria zizanioides* (L.) Nash. 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน แหล่งพันธุ์ศรีลังกา แหล่งพันธุ์สงขลา 3 และแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี ถูกนำมาใช้บำบัดน้ำทิ้งจากนาุ้ง โดยปล่อยน้ำทิ้งในแปลงทดลอง 7 วัน หลังจากนั้นระบายน้ำออก และทิ้งให้แห้ง 7 วัน วิเคราะห์คุณภาพน้ำ รวมทั้งประเมินการเจริญเติบโต และการดูดซับธาตุอาหารของหญ้าแฝกด้วย เมื่อประเมินผลผลิตที่ได้จากหญ้าแฝกกลุ่มทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ในน้ำทิ้งจากนาุ้ง ที่ระยะเก็บเกี่ยว (16 สัปดาห์) พบว่า หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี ให้ผลดีที่สุดแตกต่างจากหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่นอย่างมีนัยสำคัญ ในแง่การเจริญเติบโตทางด้านความสูงต้น (150 ซม) น้ำหนักต้น (93.55 กรัมตอกอ) และ น้ำหนักมวลชีวภาพ (112.54 กรัมตอกอ) แต่ในด้านจำนวนหน่อ (20.6 หน่อตอกอ) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น ส่วนหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีแนวโน้มการเจริญเติบโตทางด้านความยาวราก (44 ซม) และน้ำหนักราก (21.71 กรัมตอกอ) ในเรื่องของการดูดซับธาตุอาหาร พบว่า หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุดทั้งในดิน (692.24 มิลลิกรัมตอดิน) และในราก (150.42 มิลลิกรัมตอดิน) และมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงในราก (28.637 มิลลิกรัมตอดิน) ในขณะที่หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงที่สุดในดิน (106.125 มิลลิกรัมตอดิน)

ในเรื่องของการบำบัดน้ำเสีย พบว่า หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีประสิทธิภาพในการเพิ่มค่าออกซิเจนในน้ำสูงสุด เท่ากับ 35.92 เปอร์เซ็นต์ และมีประสิทธิภาพในการลดค่าไนเตรด ในไนไตรต์ ฟอสฟอรัสทั้งหมด บีโอดี และโครเมียมได้ดีที่สุด คือเท่ากับ 43.50, 64.42, 86.13, 57.89 และ 76.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา มีประสิทธิภาพในการลดค่าของแข็งแขวนลอย ความขุ่น และเหล็กได้ดีที่สุด คือเท่ากับ 58.24, 54.00 และ 66.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 มีประสิทธิภาพในการลดค่าความนำไฟฟ้า ค่าของแข็งละลายน้ำ ค่าทองแดง และค่าซิลิเกตได้ดี เท่ากับ 12.81, 12.37, 44.14 และ 58.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานีนั้น มีประสิทธิภาพในการลดค่าไนโตรเจนทั้งหมด และค่าความเค็มได้ดี เท่ากับ 43.33 และ 24.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สรุปได้ว่า หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน และแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี น่าจะใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งจากนาุ้งได้ดีที่สุด เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการเพิ่มค่าออกซิเจนละลายน้ำ ลดค่าไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด ค่าบีโอดี และค่าความเค็มได้ดี ซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาที่เกิดจากน้ำเสียในบ่อเลี้ยงกุ้งโดยเฉพาะ

Wipada Pingasorn 2007: Efficiency of Using Vetiver for Treating Wastewater from Shrimp Farm. Master of Science (Environmental Science), Major Field: Environmental Science, College of Environment. Thesis Advisor: Associate Professor Sombun Techapinyawat, Ph.D. 138 pages.

Four vetiver ecotypes (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash.), i.e., Phraratchatan, Srilangka, Songkhla 3 and Suratthani were used for wastewater treatment. Shrimp farm wastewater was alternately flooded into the vetiver lots for 7 days and drained for subsequent 7 days. Wastewater after treatment were collected for physical evaluation, as well as the growth and nutrients absorption of the vetiver plants. Considering the growth of 4 vetiver ecotypes in wastewater from shrimp farm at harvest time (16 weeks), Suratthani ecotype was significantly superior in height (150 cm), shoot weight (93.55 g/clump) and biomass (112.54 g/clump), but not different in the number of tiller (20.6 tiller/clump). Phraratchatan ecotype, on the other hand, gave the highest root length (44 cm) and root weight (21.71 g/clump) while Srilangka ecotype and Songkhla 3 ecotype had no superior characters compared to others. As for nutrients absorption, Phraratchatan ecotype gave the highest uptake of nitrogen in the shoot at 692.24 mg/clump, root at 150.42 mg/clump and highest uptake of phosphorus in the root at 28.637 mg/clump. Songkhla 3 ecotype, on the other hand, gave the highest uptake of phosphorus in the shoot of 106.125 mg/clump.

As for wastewater treatment, Phraratchatan ecotype could efficiently increase dissolved oxygen to 35.92 % and remove nitrate, nitrite, total phosphorus, BOD and chromium at 43.50, 64.42, 86.13, 57.89 and 76.66 %, respectively. Srilangka ecotype effectively removed total suspended solids, turbidity and iron at 58.24, 54.00 and 66.75 %, respectively. Songkhla 3 ecotype, however, effectively removed electrical conductivity, total dissolved solids, copper and sulphates at 12.81, 12.37, 44.14 and 58.33 %, respectively. Suratthani ecotype, on the other hand, could remove total nitrogen and salinity at 43.33 and 24.05 %, respectively. It is suggested that Phraratchatan ecotype and Suratthani ecotype are most effectively for treating wastewater from shrimp farm, as seen from their abilities to increase dissolved oxygen and remove total nitrogen, total phosphorus, BOD, and salinity which are the main contamination of shrimp farm wastewater.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

____ / ____ / ____

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์ ประธานกรรมการ
ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา ตลอดจนชี้แนะข้อบกพร่องต่าง ๆ
ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ฉลองชัย แบบประเสริฐ กรรมการสาขาวิชาเอก
รองศาสตราจารย์อมรา ทองปาน กรรมการสาขาวิชารอง และอาจารย์ณรงค์ วีระไวทยะ ผู้แทน
บัณฑิต ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำและช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณศูนย์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต และภาควิชาพฤกษศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือ อนุเคราะห์ในเรื่องอุปกรณ์และ
สถานที่ในการทำวิจัย และขอขอบพระคุณอาจารย์ประวศา โกชนจันทร์ คุณพรธิดา เทพประสิทธิ์
และพี่ๆ ที่ศูนย์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ที่ช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกใน
การใช้เครื่องมือวิเคราะห์ ในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจาก
พระราชดำริ (กปร.) ที่สนับสนุนทุนวิจัย

ขอขอบพระคุณคุณพ่อสุนทร ปิ่นเกษร คุณแม่ราตรี ปิ่นเกษร ที่ให้การศึกษาอบรมเลี้ยงดู
เป็นอย่างดี รวมทั้งคุณย่าแก้ว และคุณย่าสว่าง คงดี คุณดวงเดือน และคุณสมโภชน์ กระดังงา
รวมถึงเพื่อน ๆ สิ่งแวดล้อมรุ่น 28 ที่ให้ความช่วยเหลือทั้งกำลังใจและกำลังใจในการทำงาน
ตลอดมา จนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

วิภาดา ปิ่นเกษร

พฤษภาคม 2550

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	25
ผลและวิจารณ์	30
ผล	30
วิจารณ์	74
สรุปและข้อเสนอแนะ	94
สรุป	94
ข้อเสนอแนะ	96
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	97
ภาคผนวก	107
ประวัติการศึกษา	138

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1	มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง 13
2	คุณภาพน้ำทิ้งนาุ้ง ก่อนและหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน ศรีลังกา สงขลา 3 และสุราษฎร์ธานี เมื่อครบ 8 สัปดาห์ (หลังปลูก) 57
3	คุณภาพน้ำทิ้งนาุ้ง ก่อนและหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน ศรีลังกา สงขลา 3 และสุราษฎร์ธานี เมื่อครบ 10 สัปดาห์ (หลังปลูก) 58
4	คุณภาพน้ำทิ้งนาุ้ง ก่อนและหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน ศรีลังกา สงขลา 3 และสุราษฎร์ธานี เมื่อครบ 12 สัปดาห์ (หลังปลูก) 59
5	คุณภาพน้ำทิ้งนาุ้ง ก่อนและหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน ศรีลังกา สงขลา 3 และสุราษฎร์ธานี เมื่อครบ 14 สัปดาห์ (หลังปลูก) 60
6	คุณภาพน้ำทิ้งนาุ้ง ก่อนและหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน ศรีลังกา สงขลา 3 และสุราษฎร์ธานี เมื่อครบ 16 สัปดาห์ (หลังปลูก) 61
7	โลหะหนักในน้ำทิ้งนาุ้ง ก่อนและหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน ศรีลังกา สงขลา 3 และสุราษฎร์ธานี เมื่อครบ 8 สัปดาห์ (หลังปลูก) 70
8	โลหะหนักในน้ำทิ้งนาุ้ง ก่อนและหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน ศรีลังกา สงขลา 3 และสุราษฎร์ธานี เมื่อครบ 10 สัปดาห์ (หลังปลูก) 70
9	โลหะหนักในน้ำทิ้งนาุ้ง ก่อนและหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน ศรีลังกา สงขลา 3 และสุราษฎร์ธานี เมื่อครบ 12 สัปดาห์ (หลังปลูก) 71

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
10	โลหะหนักในน้ำทิ้งนาุ้ง ก่อนและหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน ศรีลังกา สงขลา 3 และสุราษฎร์ธานี เมื่อครบ 14 สัปดาห์ (หลังปลูก)	71
11	โลหะหนักในน้ำทิ้งนาุ้ง ก่อนและหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน ศรีลังกา สงขลา 3 และสุราษฎร์ธานี เมื่อครบ 16 สัปดาห์ (หลังปลูก)	72
ตารางผนวกที่		
1	ความสูงต้นหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ที่เจริญเติบโตในน้ำทิ้งนาุ้ง ในสัปดาห์ที่ 8, 10, 12, 14 และ 16 ของการทดลอง	114
2	ความยาวรากหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ที่เจริญเติบโตในน้ำทิ้งนาุ้ง ในสัปดาห์ที่ 8, 10, 12, 14 และ 16 ของการทดลอง	114
3	จำนวนหน่อต่อกอของหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ที่เจริญเติบโตในน้ำทิ้งนาุ้ง ในสัปดาห์ที่ 8, 10, 12, 14 และ 16 ของการทดลอง	115
4	น้ำหนักต้นหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ที่เจริญเติบโตในน้ำทิ้งนาุ้ง ในสัปดาห์ที่ 8, 10, 12, 14 และ 16 ของการทดลอง	115
5	น้ำหนักรากหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ที่เจริญเติบโตในน้ำทิ้งนาุ้ง ในสัปดาห์ที่ 8, 10, 12, 14 และ 16 ของการทดลอง	116
6	น้ำหนักมวลชีวภาพหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ที่เจริญเติบโตในน้ำทิ้งนาุ้ง ในสัปดาห์ที่ 8, 10, 12, 14 และ 16 ของการทดลอง	116
7	เปอร์เซ็นต์และปริมาณไนโตรเจน ของหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ที่เจริญเติบโตในน้ำทิ้งนาุ้ง ในสัปดาห์ที่ 12 และ 16 ของการทดลอง	117

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
8	เปอร์เซ็นต์และปริมาณฟอสฟอรัส ของหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ที่เจริญเติบโตในน้ำทิ้งนาทุ่ง ในสัปดาห์ที่ 12 และ 16 ของการทดลอง	118
9	ประสิทธิภาพการลดค่า Total Nitrogen, NO_3^- และ NO_2^- ในน้ำทิ้งนาทุ่ง ด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ในระยะเวลาที่ต่างกัน (สัปดาห์ที่ 8-16)	119
10	ประสิทธิภาพการลดค่า Total Phosphorus, BOD และ DO ในน้ำทิ้งนาทุ่ง ด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ในระยะเวลาที่ต่างกัน (สัปดาห์ที่ 8-16)	122
11	ประสิทธิภาพการลดค่า Salinity, EC และ TDS ในน้ำทิ้งนาทุ่ง ด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ในระยะเวลาที่ต่างกัน (สัปดาห์ที่ 8-16)	125
12	ประสิทธิภาพการลดค่า TSS, TU และ Fe^{+2} ในน้ำทิ้งนาทุ่ง ด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ในระยะเวลาที่ต่างกัน (สัปดาห์ที่ 8-16)	128
13	ประสิทธิภาพการลดค่า Cu, SO_4^{-2} และ Cr^{+6} ในน้ำทิ้งนาทุ่ง ด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ในระยะเวลาที่ต่างกัน (สัปดาห์ที่ 8-16)	131
14	มาตรฐานการระบายน้ำลงทางน้ำชลประทาน และทางน้ำที่ต่อเชื่อมกับ ทางน้ำชลประทานในเขตพื้นที่โครงการชลประทาน	134
15	มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน ประเภท 3 (เพื่อการเกษตร)	135

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 แผนผังการปลูกหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ และจุดเก็บตัวอย่างน้ำ	28
2 ความสูงต้น (เซนติเมตร) ความยาวราก (เซนติเมตร) จำนวนหน่อ (หน่อต่อกอ) น้ำหนักต้น (กรัมต่อกอ) น้ำหนักราก (กรัมต่อกอ) และน้ำหนักมวลชีวภาพ (กรัมต่อกอ) ของหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ที่ปลูกในน้ำทิ้งนาทุ่ง	34
3 เปอร์เซนต์ไนโตรเจน (%) และปริมาณไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อน้ำ) สัปดาห์ที่ 12 และ 16 ในต้นและรากของหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ที่เจริญเติบโตในน้ำทิ้งนาทุ่ง	38
4 เปอร์เซนต์ฟอสฟอรัส (%) และปริมาณฟอสฟอรัส (มิลลิกรัมต่อน้ำ) สัปดาห์ที่ 12 และ 16 ในต้นและรากของหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ที่เจริญเติบโตในน้ำทิ้งนาทุ่ง	39
5 ความสัมพันธ์ สมการรีเกรชันเส้นตรง และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ระหว่างน้ำหนักต้นกับปริมาณไนโตรเจน และปริมาณฟอสฟอรัส ในหญ้าแฝก ที่ปลูกในน้ำทิ้งนาทุ่ง สัปดาห์ที่ 12 และ 16 ของการทดลอง	40
6 ประสิทธิภาพการลดค่า TKN (%) NO_3^- (%) NO_2^- (%) Total P (%) BOD (%) และ DO (%) ในน้ำทิ้งนาทุ่ง ด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ในสัปดาห์ที่ 8-16	62
7 ประสิทธิภาพการลดค่า Salinity (%) EC (%) TDS (%) TSS (%) และ Turbidity (%) ในน้ำทิ้งนาทุ่ง ด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ในสัปดาห์ที่ 8-16	63
8 ประสิทธิภาพการลดค่า Fe^{+2} (%) Cu (%) SO_4^{-2} (%) และ Cr^{+6} (%) ในน้ำทิ้งนาทุ่ง ด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ในสัปดาห์ที่ 8-16	73
 ภาพผนวกที่	
1 แปลงหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำทิ้งนาทุ่ง ในระยะเริ่มต้น	108
2 แปลงหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำทิ้งนาทุ่ง ในระยะสัปดาห์ที่ 8	108
3 แปลงหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำทิ้งนาทุ่ง ในระยะสัปดาห์ที่ 10	109
4 แปลงหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำทิ้งนาทุ่ง ในระยะสัปดาห์ที่ 12	109

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
5 แปลงหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำตื้นนาทุ่ง ในระยะสัปดาห์ที่ 14	110
6 แปลงหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำตื้นนาทุ่ง ในระยะสัปดาห์ที่ 16	110
7 หญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน แหล่งพันธุ์ศรีลังกา แหล่งพันธุ์สงขลา 3 และแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี อายุ 8 สัปดาห์ หลังปลูก ในน้ำตื้นนาทุ่ง	111
8 หญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน แหล่งพันธุ์ศรีลังกา แหล่งพันธุ์สงขลา 3 และแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี อายุ 10 สัปดาห์ หลังปลูก ในน้ำตื้นนาทุ่ง	111
9 หญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน แหล่งพันธุ์ศรีลังกา แหล่งพันธุ์สงขลา 3 และแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี อายุ 12 สัปดาห์ หลังปลูก ในน้ำตื้นนาทุ่ง	112
10 หญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน แหล่งพันธุ์ศรีลังกา แหล่งพันธุ์สงขลา 3 และแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี อายุ 14 สัปดาห์ หลังปลูก ในน้ำตื้นนาทุ่ง	112
11 หญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน แหล่งพันธุ์ศรีลังกา แหล่งพันธุ์สงขลา 3 และแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี อายุ 16 สัปดาห์ หลังปลูก ในน้ำตื้นนาทุ่ง	113

ประสิทธิภาพการใช้หญ้าแฝกบำบัดน้ำทิ้งจากนากุ้ง

Efficiency of Using Vetiver for Treating Wastewater from Shrimp Farm

คำนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกันอย่างแพร่หลาย เช่น ปลาน้ำจืด ปลาน้ำเค็ม กุ้งกุลาดำ และกุ้งแชบ๊วย เป็นต้น ซึ่งถือว่าเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญประเภทหนึ่ง ทำให้ประชาชนหันมาให้ความสำคัญต่อการประกอบอาชีพดังกล่าว แต่ผลที่เกิดตามมาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ คือน้ำเสียจากการเพาะเลี้ยง ประกอบด้วยสารอินทรีย์ต่างๆ ธาตุอาหาร โลหะหนัก รวมถึงเชื้อโรคที่เกิดขึ้นกับสัตว์น้ำ สิ่งเหล่านี้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพของแหล่งน้ำธรรมชาติเป็นอย่างมาก

กุ้งกุลาดำเป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง เนื่องจากผลผลิตที่ได้จากการเพาะเลี้ยงประมาณร้อยละ 90 เป็นการผลิตเพื่อส่งออก นิยมบริโภคทั้งภายในและต่างประเทศ การเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลจึงได้รับความนิยมและมีการพัฒนาขยายตัวอย่างรวดเร็ว จากข้อมูลสถิติการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล ในปี พ.ศ. 2537 มีผู้เพาะเลี้ยง 22,198 ราย พื้นที่ 457,793 ไร่ จนถึงปี พ.ศ. 2546 มีผู้เพาะเลี้ยงเพิ่มขึ้นเป็น 34,977 ราย พื้นที่เพิ่มขึ้นเป็น 512,620 ไร่ (กรมประมง, 2548) จะเห็นได้ว่าพื้นที่การเพาะเลี้ยงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเดิมจะเลี้ยงเฉพาะในแถบจังหวัดที่ติดชายฝั่งทะเลเท่านั้น แต่ปัจจุบันได้ขยายพื้นที่การเลี้ยงมายังจังหวัดที่ไม่ติดชายฝั่งทะเลซึ่งเป็นพื้นที่น้ำจืด โดยนำน้ำทะเลเข้ามาใช้เลี้ยงกุ้งแบบพัฒนา และนำลูกกุ้งมาเลี้ยงด้วยอัตราที่หนาแน่น มีการให้อาหารสำเร็จรูปโปรตีนสูง ใช้สารเคมีในการจัดการคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยง ทำให้ของเสียจากการขับถ่ายของกุ้ง เศษอาหาร รวมทั้งสิ่งมีชีวิตที่ตายสะสมในบ่อเลี้ยงเป็นจำนวนมาก หากไม่มีระบบการจัดการน้ำจากการเลี้ยงกุ้งที่ดี เมื่อปล่อยออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ จะส่งผลให้น้ำมีคุณภาพเสื่อมลง เนื่องจากมีปริมาณตะกอนของสารอินทรีย์ สารอินทรีย์ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และแพลงก์ตอนพืชปนเปื้อน เป็นสาเหตุทำให้สาหร่ายเซลล์เดียวมีการเจริญเติบโตที่ผิดปกติเกิดปรากฏการณ์ eutrophication ขึ้นในแหล่งน้ำ สิ่งมีชีวิตในน้ำขาดออกซิเจนและตายในที่สุด ความเค็มที่เกิดจากการนำน้ำทะเลเข้ามาเลี้ยงกุ้ง ทำให้น้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติกลายเป็นน้ำกร่อย ซึ่งไม่สามารถนำน้ำมาใช้อุปโภคบริโภคและการเกษตรได้ จากสาเหตุดังกล่าวจึงจำเป็นต้องอย่างยิ่งที่จะต้องมีการบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำก่อนที่จะปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งหนึ่งในวิธีบำบัดทางชีวภาพ คือ การใช้พืชเป็นตัวช่วยบำบัด เป็นวิธีที่มี

ค่าใช้จ่ายต่ำและสามารถนำพืชนั้นมาใช้ประโยชน์ต่อไปได้ มีรายงานศึกษาถึงความสามารถของ พืชน้ำหลายชนิดในการบำบัดน้ำเสีย เช่น ธูปฤาษี : *Typha angustifolia* L. กกกลม : *Scirpus mucronatus* L. อ้อ : *Phragmites australis* แห้วทรงกระเทียม : *Eleocharis dulcis* (ลักขมี, 2539) สาหร่ายหางกระรอก : *Hydrilla verticillata* (ธัญลักษณ์, 2539) ผักตบชวา : *Eichhornia crassipes* (C. Mart.) Solms (Lowe, 1990) และแฝก : *Vetiver* sp. (ฐิติณัฐ, 2549) เป็นต้น พบว่าพืชน้ำเหล่านี้สามารถลดค่าบีโอดี ปริมาณธาตุอาหาร และโลหะหนัก ได้ดี

หญ้าแฝกเป็นพืชชนิดหนึ่งที่น่าจะใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้ดี เนื่องจากหญ้าแฝกเป็นพืชที่ขึ้นได้ในดินเกือบทุกประเภทช่วงความเป็นกรด-ด่าง (pH) กว้าง (World Bank, 1987) มีระบบรากที่มีลักษณะพิเศษ สานกันแน่น หยั่งลึกเจริญในแนวดิ่งลงในดิน โดยเฉพาะมีรากฝอยปริมาณมากแผ่กระจายเป็นแผงลงไปในดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2535) เปรียบเสมือนเป็นกำแพงช่วยกรองดินรวมทั้งดูดซับน้ำได้ดี และเนื่องจากหญ้าแฝกมีจำนวนรากมากโอกาสที่รากจะสัมผัส และดูดซับปริมาณสารต่างๆ ในน้ำเสียย่อมมีมากขึ้น กรมพัฒนาที่ดิน (2537) ได้ทดลองนำหญ้าแฝกมาปลูกบริเวณรอบอ่างเก็บน้ำ หญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตแตกหน่ออย่างรวดเร็วเป็นกอชิดกันแน่นเป็นแนวรั้ว รากหญ้าแฝกมีความหนาแน่นมาก ซึ่งจะช่วยกรองเศษพืช ตะกอนดิน รวมทั้งสิ่งปฏิกูลต่างๆ มิให้ไหลลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้แหล่งน้ำต่างๆ มีคุณภาพดีขึ้น เหมาะแก่การอุปโภค บริโภค ตลอดจนการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ หญ้าแฝกช่วยในการอนุรักษ์ดินและน้ำ อนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ระบบนิเวศสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ เช่น ใช้เลี้ยงสัตว์ ใช้มุงหลังคาบ้าน ประดิษฐ์งานทางด้านหัตถกรรม เนื่องจากคุณสมบัติดังกล่าว หญ้าแฝกจึงเป็นพืชที่ควรนำมาศึกษาถึงประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งนาเกลือเป็นอย่างดี

วัตถุประสงค์

1. เปรียบเทียบการเจริญเติบโต การดูดซึ่อาหารของหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน แหล่งพันธุ์ศรีลังกา แหล่งพันธุ์สงขลา 3 และ แหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี ในน้ำที่นิ่ง

2. เปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำที่นิ่งด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน แหล่งพันธุ์ศรีลังกา แหล่งพันธุ์สงขลา 3 และ แหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี

การตรวจเอกสาร

1. หญ้าแฝก

หญ้าแฝก (*Vetiveria* sp.) เป็นพืชในวงศ์หญ้า (Family Gramineae) กระจายพันธุ์อยู่ในทุกภูมิภาคของโลก สันนิษฐานว่าหญ้าแฝกมีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศอินเดียและกระจายพันธุ์ไปสู่ภูมิภาคเอเชียใต้ เจริญได้ในทุกสภาพแวดล้อม ได้แก่ สภาพภูมิประเทศที่ราบใกล้เคียงระดับน้ำทะเลถึงพื้นที่บนภูเขาสูงจากระดับน้ำทะเล 2,600 เมตร ภูมิอากาศตั้งแต่ฝนตกชุกเกือบตลอดปี เช่น ในประเทศมาเลเซีย จนถึงเขตแห้งแล้งในประเทศอินเดีย เติบโตได้ในดินเกือบทุกประเภท ทั้งดินร่วน ดินทราย ดินตะกอนจนถึงดินดาน ระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตั้งแต่ดินเปรี้ยว (pH 4.5) ดินเค็ม (EC 20 มิลลิโหมห์) ไปจนถึงดินด่าง (pH 10.5) และเจริญได้ในสภาพอากาศหนาวเย็นต่ำกว่าศูนย์องศาเซลเซียส จนถึงอุณหภูมิร้อนจัดที่ 45 องศาเซลเซียส (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541)

หญ้าแฝก ที่พบและมีการรายงานไว้ทั้งหมด 12 ชนิด แต่พบในประเทศไทยเพียง 2 ชนิด คือ หญ้าแฝกหอม *Vetiveria zizanioides* (L.) Nash และหญ้าแฝกดอน *Vetiveria nemoralis* A. Camus (วีระชัย, 2535)

1.1 หญ้าแฝกหอมหรือหญ้าแฝกกลุ่ม

หญ้าแฝกหอมหรือหญ้าแฝกกลุ่ม สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี กระจายอยู่ทั่วไปตามธรรมชาติ เป็นพืชที่ผสมข้ามต้น ทำให้มีความหลากหลายทางพันธุกรรม หญ้าแฝกหอมมีใบยาว 45-90 เซนติเมตร กว้าง 0.6-0.9 เซนติเมตร หลังใบโค้ง ปลายใบแบนสีเขียวเข้ม เนื้อใบค่อนข้างเหนียวมีไขเคลือบมากทำให้ดูมัน ท้องใบออกสีขาวซีดกว่าด้านหลังใบ เมื่อนำมาส่องดูกับแดดจะเห็นรอยกั้นขวางในเนื้อใบค่อนข้างชัดเจน โดยเฉพาะพื้นที่บริเวณส่วนโคนและกลางใบ รากจะมีกลิ่นหอมสามารถนำมาสกัดน้ำมันหอมระเหยได้ หญ้าแฝกหอมที่มีอายุประมาณ 1 ปี จะมีรากหยั่งลึกได้มากกว่า 1 เมตร (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541) แหล่งพันธุ์หญ้าแฝกกลุ่มที่พบในประเทศไทยตามทะเบียนของกรมพัฒนาที่ดิน มีทั้งหมด 11 แหล่งพันธุ์ คือ แหล่งพันธุ์กำแพงเพชร 2 เชียงราย สงขลา 1 สงขลา 2 สงขลา 3 สุราษฎร์ธานี ตรัง 1 ตรัง 2

ศรีลังกา เชียงใหม่ และแม่ฮ่องสอน แหล่งพันธุ์ของหญ้าแฝกหอมที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้ มี 4 แหล่งพันธุ์ ดังนี้

แหล่งพันธุ์พระราชทานหรือแหล่งพันธุ์อินเดีย เป็นแหล่งพันธุ์หญ้าแฝกกลุ่มที่นำเข้ามาจากนิวเดลี ซึ่งกรมพัฒนาที่ดินนำมาขยายพันธุ์ สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพพื้นที่ที่เป็นดินร่วนเหนียว แดกกอ 18 ต้นต่อกอ เส้นผ่านศูนย์กลางกอ 11 เซนติเมตร สูง 110 เซนติเมตร แดกกอหลวม ยึดปล้องเร็ว ใบสีเขียวอ่อน ท้องใบขาว ดอกมีสีม่วง

แหล่งพันธุ์ศรีลังกา ลักษณะกอตั้ง ความกว้างของใบเฉลี่ย 0.9 เซนติเมตร เจริญเติบโตในสภาพพื้นที่เป็นดินลูกรัง แดกกอ 10 ต้นต่อกอ เส้นผ่านศูนย์กลางกอ 11 เซนติเมตร สูง 101 เซนติเมตร แดกกอค่อนข้างหลวม หน่อกลม ยึดปล้องเร็ว โคนกอเล็ก ท้องใบสีขาวน้อย ใกล้เคียงไปทางใบหญ้าแฝกดอน ดอกมีสีม่วง ขยายพันธุ์ง่ายในสภาพที่มีความชื้นสูง แต่ไม่ต้านทานโรคโคนเน่า

แหล่งพันธุ์สงขลา 3 เจริญเติบโตได้ดีในสภาพพื้นที่เป็นดินร่วนเหนียว ดินทราย ถึงดินลูกรัง แดกกอ 24 ต้นต่อกอ เส้นผ่านศูนย์กลางกอ 13 เซนติเมตร สูง 112 เซนติเมตร แดกกอหลวม หน่อกลมอวบ ยึดปล้องเร็ว ใบสีเขียวอ่อน ท้องใบสีขาว ดอกสีม่วงแดง

แหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี เจริญเติบโตได้ดีในสภาพพื้นที่เป็นดินเหนียวและลูกรัง แดกกอ 22 ต้นต่อกอ เส้นผ่านศูนย์กลางกอ 13 เซนติเมตร สูง 108 เซนติเมตร แดกกอหลวม หน่ออวบกลม ยึดปล้องเร็ว ทรงพุ่มกางมากใบสีเขียวอ่อน ท้องใบขาว ดอกสีม่วงแดง

1.2 หญ้าแฝกดอน

หญ้าแฝกดอน มีการกระจายพันธุ์อยู่ในวงแคบ ในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ คือ ประเทศไทย ลาว เขมร เวียดนาม และมาเลเซีย เท่านั้น สามารถขึ้นได้ในสภาพแสงแดดปานกลางและแดดจัด หญ้าแฝกดอนมีใบยาว 35-60 เซนติเมตร กว้าง 0.4-0.6 เซนติเมตร ใบสีเขียวซีด หลังใบพับเป็นสันสามเหลี่ยม เนื้อใบหยาบและสาก มีไขเคลือบน้อยทำให้ดูร่วนไม่เหนียวมัน ท้องใบออกสีซีดกว่าด้านหลังใบเล็กน้อย แผ่นใบเมื่อส่องแดดไม่เห็นรอยกั้นในเนื้อใบ เส้นกลางใบสังเกตเห็นได้ชัดเจนมีลักษณะแข็งเป็นแกนหนุนทางด้านหลัง ช่อดอกจะมีได้หลายสี คือ

สีขาวครีมถึงสีม่วงอมแดง ขึ้นอยู่กับแหล่งพันธุ์ โดยทั่วไปหญ้าแฝกคอนที่มีอายุประมาณ 1 ปี จะมีรากหยั่งลึกได้ประมาณ 80-100 เซนติเมตร (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541) แหล่งพันธุ์หญ้าแฝกคอนที่พบในประเทศไทยตามทะเบียนของกรมพัฒนาที่ดิน มี 17 แหล่งพันธุ์ คือ แหล่งพันธุ์อุดรธานี 1 อุดรธานี 2 นครพนม 1 นครพนม 2 ร้อยเอ็ด ชัยภูมิ เลย สระบุรี 1 สระบุรี 2 ห้วยขาแข้ง กาญจนบุรี นครสวรรค์ ประจวบคีรีขันธ์ ราชบุรี จันทบุรี พิษณุโลก และกำแพงเพชร 1 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541)

2. การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

กุ้งกุลาดำ หรือกุ้งทะเล (*Penaeus monodon* Fabricius) เป็นกุ้งที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในวงศ์ Penaeidae มีถิ่นอาศัยอยู่ในน้ำจืดน้ำเค็มได้หวั่น ไทย มาเลเซีย อินโดนีเซีย และฟิลิปปินส์ แต่พบมากในออสเตรเลีย และอินเดีย กุ้งชนิดนี้อยู่ในเขตร้อน ชอบอาศัยอยู่ในน้ำลึก ห่างออกจากฝั่ง และชอบพื้นที่ทะเลที่เป็นดินทราย สามารถทนอยู่ในน้ำที่มีอุณหภูมิสูงและความเค็มต่ำได้ เช่น บริเวณป่าชายเลน เป็นกุ้งที่มีการเจริญเติบโตรวดเร็ว (วัลลภ, 2536)

การทำนากุ้งในประเทศไทยนั้น อารีย์ (2530) รายงานว่า ได้เริ่มทำกันมาประมาณปี พ.ศ. 2490 ซึ่งเป็นการเลี้ยงแบบธรรมชาติ ไม่มีการให้อาหาร อาศัยพันธุ์ลูกกุ้งจากธรรมชาติ โดยเริ่มจากจังหวัดสมุทรปราการและขยายบริเวณไปตามจังหวัดอื่นๆ ที่อยู่ใกล้ชายทะเล ต่อมาได้มีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเลี้ยงขึ้นมาเรื่อยๆ ซึ่งวัลลภ (2536) ได้จำแนกรูปแบบของการเลี้ยงกุ้งเป็น 3 แบบ ดังนี้

2.1 การเลี้ยงแบบธรรมชาติ

เป็นการเลี้ยงแบบดั้งเดิม บ่อมีขนาดตั้งแต่ 20-60 ไร่ บ่อกว้าง 10-20 เมตร ลึก 30-60 เซนติเมตร ใช้วิธีดันน้ำเข้านาหรือเปิดน้ำเข้านาเมื่อเวลาน้ำขึ้น เพื่อให้ลูกกุ้งและอาหารตามธรรมชาติติดเข้ามากับน้ำทะเล แล้วเก็บกักน้ำไว้ประมาณ 1-2 เดือน เพื่อให้ลูกกุ้งเจริญเติบโตโดยกินอาหารจากธรรมชาติ ไม่มีการให้อาหารหรือทำลายศัตรูกุ้ง การเลี้ยงวิธีนี้ไม่สามารถควบคุมผลผลิตได้ เพราะลูกกุ้งที่เข้าไปกับน้ำมีปริมาณไม่แน่นอน อัตราอดตายมีเปอร์เซ็นต์ต่ำ ผลผลิตที่ได้จากการเลี้ยงกุ้งแบบนี้จึงขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของธรรมชาติ

2.2 การเลี้ยงแบบกึ่งพัฒนา

เป็นการเลี้ยงกุ้งที่ควบคุมปัจจัยการผลิตได้บางส่วน มีการปรับปรุงนาุ้งแบบดั้งเดิมหรือแบบธรรมชาติ ให้มีขนาดแปลงเล็กลง ขนาดของบ่อเหลือแปลงละ 6-20 ไร่ ลึก 0.80 - 1.20 เมตร ความหนาแน่นของลูกกุ้งมากขึ้น โดยการรวบรวมจากแหล่งธรรมชาติเพิ่มเติมจากที่ได้รับเวลาเปิดน้ำเข้า หรือปล่อยลูกกุ้งจากการเพาะฟักเสริมกุ้งจากธรรมชาติ 5-10 ตัวต่อตารางเมตร หรือ 8,000 - 10,000 ตัวต่อไร่ ให้อาหารสมทบ มีการจัดการที่ดีในเรื่องของการป้องกันกำจัดศัตรูกุ้ง การเปลี่ยนถ่ายน้ำ การควบคุมโรค ใช้เวลาเลี้ยงครั้งละ ประมาณ 5 เดือนจึงจับขายได้

2.3 การเลี้ยงแบบพัฒนา หรือการเลี้ยงแบบหนาแน่น

บ่อมีขนาด 2-6 ไร่ มีทางน้ำเข้าทางน้ำออกคนละด้านของบ่อ นำลูกกุ้งที่ได้จากโรงเพาะมาปล่อยแทนการใช้กุ้งจากแหล่งธรรมชาติทั้งหมด อัตราการปล่อยกุ้ง 20 - 30 ตัวต่อตารางเมตร หรือ 40,000 - 50,000 ตัวต่อไร่ ใช้เวลาเลี้ยงนาน 3-5 เดือน การให้อาหารให้อาหารสำเร็จรูปโปรตีนสูงกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ หรือมากกว่านั้น ประกอบด้วยอาหารเสริมหลายชนิดที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง มีการจัดการที่ดีในเรื่องการเปลี่ยนถ่ายน้ำ กำจัดศัตรูกุ้ง ควบคุมโรค มีเครื่องเพิ่มอากาศและพัดน้ำ เพื่อช่วยให้มีการหมุนเวียนได้ดีขึ้น

คุณภาพดินและน้ำมีความสำคัญต่อระบบการเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนา ดินที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงกุ้ง ควรเป็นดินเหนียว สามารถกักน้ำได้ดี มีสารอินทรีย์น้อย ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมคือ 6.5 - 7.5 ถ้าดินเป็นกรดแบบถาวรควรใช้ปูนขาวปรับตามฤทธิ์ของกรดนั้น (หัตถ์ชัย, 2531) ส่วนคุณภาพน้ำ ควรมีอุณหภูมิ อยู่ในช่วง 25 - 30 องศาเซลเซียส ความเค็มของน้ำ อยู่ในช่วง 15 - 30 ส่วนในพัน ปริมาณออกซิเจนในน้ำไม่น้อยกว่า 3 - 5 มิลลิกรัมต่อลิตร (วัลลภ, 2536) และค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ อยู่ในช่วง 7.5-8.9 (ดีพร้อม, 2531) บรรจง (2530) แนะนำว่าก่อนลงกุ้งในบ่อเลี้ยงควรมีการวิดน้ำในบ่อให้แห้งแล้วตากทิ้งไว้ 7-10 วัน เพื่อให้แสงแดดช่วยสลายก๊าซบางชนิดที่เป็นพิษต่อกุ้งโดยเฉพาะไฮโดรเจนซัลไฟด์ และไม่ควรเลี้ยงนานเกินไป เพราะในระยะหลังของการเลี้ยงสภาพพื้นบ่อสกปรกและเสื่อมโทรมทำให้กุ้งโตช้าและผลผลิตต่ำ

3. ลักษณะน้ำทิ้งจากการทำนาเกลือ

น้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้ง คือ น้ำที่ได้จากการทำกิจกรรมต่างๆ ของบ่อเลี้ยงกุ้งและปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ มีคุณสมบัติของน้ำบางประการเปลี่ยนไปทั้งทางด้านทางกายภาพและชีวภาพซึ่งมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมธรรมชาติ (คณิต และพุทธ, 2535) โดยทั่วไปน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นตะกอนหรือดินเลน และอีกส่วนเป็นน้ำที่เกิดจากการเปลี่ยนถ่ายน้ำ ประกอบด้วยสารอินทรีย์ แพลงก์ตอน สารพิษ โลหะหนัก และสารเคมีอื่นๆ (วัลลภ, 2536) น้ำทิ้งจากนาเกลือมีลักษณะดังนี้

3.1 ความเค็ม (Salinity)

น้ำทิ้งจากการทำนาเกลือจะมีค่าความเค็มขึ้นอยู่กับฤดูกาล ในฤดูฝน จะมีค่าความเค็มค่อนข้างต่ำ เนื่องจากอัตราเจือจางด้วยปริมาณน้ำฝน และจะเพิ่มขึ้นในฤดูแล้ง เนื่องจากการระเหยน้ำ ขงยุทธ และคณะ (2532) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา พบว่า ค่าความเค็มเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 11 - 24 ส่วนในพัน สำหรับน้ำทิ้งนาเกลือที่ปล่อยลงสู่บ่อเลี้ยงกุ้งกระเบน มีค่าความเค็มในช่วง 1 - 40 ส่วนในพัน โดยในฤดูฝนมีค่าในช่วง 1 - 24 ส่วนในพัน และในฤดูแล้งจะมีค่าเพิ่มขึ้นและเพิ่มมากที่สุด คือ 30-40 ส่วนในพัน (ศิริพร, 2540)

3.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

แฟรดาซ์ (2536) ศึกษาคุณภาพน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนา พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำจากการเลี้ยงกุ้งที่มีค่าความหนาแน่นต่างกัน จะมีค่าใกล้เคียงกันมาก คือ มีค่าระหว่าง 6.5 - 9.2 สำหรับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำบริเวณบ่อเลี้ยงกุ้ง จ. นครศรีธรรมราช ซึ่งเป็นบ่อเลี้ยงกุ้งแบบกึ่งธรรมชาติ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 6.07 ส่วนบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลแบบหนาแน่น พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 8.15 (ศิริ และคณะ, 2531) ชนินทร์ (2536) รายงานว่า คุณภาพน้ำในนาเกลือที่ระบายออกสู่ป่าชายเลน อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 8.03-8.73

3.3 ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen, DO)

ชนิดและปริมาณสิ่งมีชีวิตและแพลงก์ตอนมีผลต่อปริมาณออกซิเจนในน้ำ แพลงก์ตอนจะผลิตออกซิเจนในกระบวนการสังเคราะห์แสงในเวลากลางวัน ค่าออกซิเจนในน้ำจะเพิ่มขึ้น ในขณะที่เวลากลางคืนหรือเช้ามืดไม่มีการสังเคราะห์แสง ทำให้ค่าออกซิเจนลดลงจนไม่เพียงพอสำหรับสิ่งมีชีวิตในบ่อเลี้ยงกุ้ง ในช่วงเวลาดังกล่าวจึงควรใช้เครื่องตีน้ำเพื่อช่วยเพิ่มออกซิเจนในน้ำ จากการตรวจสอบติดตามคุณภาพน้ำและดินจากฟาร์มกุ้งกุลาดำ จังหวัดปัตตานี ของดุสิตและคณะ (2537) พบว่า คุณภาพน้ำที่บ่อน้ำทิ้งมีออกซิเจนละลายในน้ำต่ำกว่ามาตรฐานน้ำทิ้ง เนื่องจากมีเชื้อแบคทีเรียและราจำนวนมาก และสัตว์เล็กอื่นๆ ที่ใช้ออกซิเจนในการหายใจ สิริและคณะ (2531) ศึกษาภาวะสิ่งแวดล้อมบางประการของน้ำและดินตะกอนบริเวณบ่อเลี้ยงกุ้งทะเล จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า ค่าออกซิเจนละลายน้ำของบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลกึ่งธรรมชาติ มีค่าเท่ากับ 5.69 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าออกซิเจนละลายน้ำของบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลแบบหนาแน่น มีค่าเท่ากับ 6.75 มิลลิกรัมต่อลิตร

3.4 ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD)

ขงยุทธ และคณะ (2532) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา พบว่า ค่าบีโอดี เปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 0.2 - 10.5 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับค่าบีโอดีในน้ำทิ้งนาุ้งที่ปล่อยลงสู่บ่อเลี้ยงกุ้งกระเบน ในขณะที่น้ำลงมีค่า 1.87 - 7.17 มิลลิกรัมต่อลิตร และขณะน้ำขึ้นมีค่า 0.30 - 4.52 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าบีโอดีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความหนาแน่นและระยะเวลาการเลี้ยงที่สูงขึ้น (สิริพร, 2540) ดุสิตและคณะ (2537) ศึกษาคุณภาพน้ำในบริเวณแหล่งเลี้ยงกุ้งโครงการจัดระบบน้ำเค็มเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลในเขตพื้นที่ป่าคองนา จังหวัดปัตตานี พบว่า ค่าบีโอดีอยู่ในช่วง 0.0 - 5.3 มิลลิกรัมต่อลิตร

3.5 แอมโมเนีย (Ammonia)

แอมโมเนียที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งมีทั้งที่อยู่ในรูปก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) ซึ่งเป็นพิษต่อกุ้ง และแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ซึ่งไม่เป็นพิษต่อกุ้ง เพราะไม่สามารถซึมผ่านผนังเซลล์ได้ (วัลลภ, 2536) แอมโมเนียที่สะสมอยู่ในบ่อเลี้ยงกุ้ง ส่วนใหญ่เกิดจากการเน่าสลายของสารอินทรีย์พวกเศษอาหารเหลือและของเสียจากกุ้ง แอมโมเนียจะมีผลเสียต่อการเจริญเติบโตของกุ้ง ลดความสามารถ

ของเลือดในการขนส่งออกซิเจน ความเป็นพิษของแอมโมเนียจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างสูง วิธีที่ดีที่สุดในการลดปริมาณแอมโมเนียลงได้ คือ การเปลี่ยนน้ำ ระดับความเป็นพิษของแอมโมเนียต่อกุ้งจะอยู่ที่ความเข้มข้น 0.4 - 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ของแอมโมเนียในรูป NH_3 (กรมประมง, 2535)

น้ำที่นำกุ้งที่ปล่อยลงสู่อ่างกุ้งกระเบนมีค่าแอมโมเนีย ในขณะน้ำลงเท่ากับ 0 - 4.36 มิลลิกรัมต่อลิตร และขณะน้ำขึ้นมีค่าเท่ากับ 0 - 4.82 มิลลิกรัมต่อลิตร (ศิริพร, 2540) ชนินทร์ (2536) รายงานว่า คุณภาพน้ำในนาุ้งที่ระบายออกสู่ป่าชายเลน อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีค่าแอมโมเนียเฉลี่ย 0.66 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับค่าแอมโมเนีย ในน้ำบริเวณแหล่งเลี้ยงกุ้ง โครงการจัดระบบน้ำเค็มเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลในเขตพื้นที่ป่าคองนา จังหวัดปัตตานี มีค่าอยู่ในช่วง 0.003-0.082 มิลลิกรัมต่อลิตร (ดุสิต และคณิต, 2537)

3.6 ไนไตรต์ (Nitrite, NO_2^-)

ไนไตรต์ที่เกิดในบ่อเลี้ยงกุ้ง เกิดจากแบคทีเรียไนโตรโซโมแนส (nitrosomonas) สลายแอมโมเนียในสภาวะที่มีออกซิเจน ปริมาณไนไตรต์ประมาณ 0.10 มิลลิกรัมต่อลิตร จะเป็นอันตรายต่อกุ้ง น้ำที่นำกุ้งที่ปล่อยลงสู่อ่างกุ้งกระเบนมีค่าไนไตรต์ ในขณะน้ำลงเท่ากับ 0-0.187 มิลลิกรัมต่อลิตร และขณะน้ำขึ้นมีค่าเท่ากับ 0 - 0.101 มิลลิกรัมต่อลิตร (ศิริพร, 2540) ชนินทร์ (2536) รายงานว่า คุณภาพน้ำในนาุ้งที่ระบายออกสู่ป่าชายเลน อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีค่าไนไตรต์เฉลี่ย 0.10 มิลลิกรัมต่อลิตร

3.7 ไนเตรต (Nitrate, NO_3^-)

น้ำที่นำกุ้งที่ปล่อยลงสู่อ่างกุ้งกระเบนมีค่าไนเตรตในขณะน้ำลงเท่ากับ 0 - 0.125 มิลลิกรัมต่อลิตร และขณะน้ำขึ้นมีค่าเท่ากับ 0 - 0.041 มิลลิกรัมต่อลิตร (ศิริพร, 2540) ชนินทร์ (2536) รายงานว่า คุณภาพน้ำในนาุ้งที่ระบายออกสู่ป่าชายเลน อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีค่าไนเตรตเฉลี่ย 0.07 มิลลิกรัมต่อลิตร ไนเตรตเป็นธาตุอาหารพืช ที่เกิดจากกระบวนการไนตริฟิเคชัน เปลี่ยนไนไตรต์ในสภาวะที่มีออกซิเจนกลายเป็นไนเตรต ถ้ามีปริมาณมากจะทำให้พืชน้ำ โดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืชเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ถ้ามีเกิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร จะเป็นอันตรายต่อกุ้ง (บรรจง, 2530)

3.8 ออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphate)

น้ำที่นาุ้งที่ปล่อยลงสู่อ่างคั้งกระเบนมีค่าออร์โธฟอสเฟตในขณะน้ำลงเท่ากับ 0 - 0.081 มิลลิกรัมต่อลิตร และขณะน้ำขึ้นมีค่าเท่ากับ 0 - 0.027 มิลลิกรัมต่อลิตร (ศิริพร, 2540) ชนินทร์ (2536) พบว่า คุณภาพน้ำในนาุ้งที่ระบายออกสู่ป่าชายเลน อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีค่าออร์โธฟอสเฟตเฉลี่ย 0.12 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำทิ้งไม่ควรมีออร์โธฟอสเฟตเกิน 0.01-0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากทำให้มีปริมาณธาตุอาหารมาก แพลงก์ตอนพืชเจริญเติบโตรวดเร็ว เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันได้

3.9 ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)

ดีพร้อม (2531) รายงานว่า ไฮโดรเจนซัลไฟด์ในน้ำที่นาุ้งเกิดจากการที่อาหารเลี้ยงกั้งสำเร็จรูปมีโปรตีนสูง โปรตีนบางประเภทจะมีกำมะถันเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน ตัวอย่างเช่น เมทไธโอนีน ซีสทีน ซิสเทอีน เป็นต้น เมื่อเกิดการย่อยสลายโปรตีน ก็จะทำให้เกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ขึ้นมา ถ้ามีก๊าซนี้มากจะเป็นอันตรายอย่างยิ่งต่อกุ้งซึ่งอยู่ก้นบ่อ โดยเฉพาะพวกที่กำลังลอกคราบโดยไม่สามารถป้องกันตนเองได้ อย่างไรก็ตามการเกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ไม่ได้เกิดโดยวิธีนี้เสมอไป อาจเกิดจากตามพื้นดินด้านล่างที่สร้างเป็นบ่อเลี้ยงกั้ง เป็นดินที่เปรี้ยวจัด และมีอนุมูลซัลเฟตเหลืออยู่ ดินที่มีอนุมูลซัลเฟตเหล่านี้จะถูกจุลินทรีย์เปลี่ยนสภาพให้กลายเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ ได้เช่นกัน ปริมาณของไฮโดรเจนซัลไฟด์อยู่ในช่วง 0.01 ถึง 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร จะมีความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ

3.10 คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

คาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณสูง เมื่อในบ่อเลี้ยงเกิดการเน่าเสียอย่างรุนแรง สัตว์น้ำส่วนใหญ่จะอยู่ได้ในน้ำที่มีคาร์บอนไดออกไซด์สูงถึง 60 มิลลิกรัมต่อลิตร คาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้นในเวลากลางคืนและลดลงในเวลากลางวัน เนื่องจากพืชและแพลงก์ตอนนำไปใช้ในการสังเคราะห์แสง (วัลลภ, 2536)

3.11 สารแขวนลอย (Total Suspended Solids, TSS)

คูสัต และคณะ (2537) วิเคราะห์คุณภาพน้ำ และดินจากฟาร์มเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จังหวัดปัตตานี พบว่า สารแขวนลอยในบ่อกักน้ำและคลองส่งน้ำในฟาร์มเลี้ยงกุ้ง มีค่าอยู่ในช่วง 19.4 - 58.8 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งส่วนมากจะมีสารแขวนลอย (suspended solids) มาก ซึ่งประกอบด้วยสารอินทรีย์ เมื่อถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียอาจเป็นตัวที่ใช้ออกซิเจนที่สำคัญ ส่งผลให้ค่าออกซิเจนในน้ำต่ำลง นอกจากนี้การเน่าสลายของตะกอนสารอินทรีย์จะทำให้เกิดก๊าซแอมโมเนีย และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ บริเวณพื้นบ่อซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อกุ้งได้

3.12 ความขุ่นของน้ำ (Turbidity, TU)

ความขุ่นในน้ำบ่อเกิดจากการละลายของดินและเลนตะกอนต่างๆ รวมทั้งการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนด้วย นากุ้งไม่ควรมีความขุ่นในน้ำเกิน 25 มิลลิกรัมต่อลิตร หากความขุ่นในน้ำมากอาจทำให้กุ้งมีการเจริญเติบโตลดลง (วัลลภ, 2536)

4. มาตรฐานน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้ง

มาตรฐานน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งของกรมประมง (กลุ่มสิ่งแวดล้อมแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, 2537) กรมประมงประกาศให้ผู้มีอาชีพเลี้ยงกุ้งจดทะเบียนและขออนุญาตตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยผู้เลี้ยงต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขดังนี้

1. น้ำทิ้งที่ปล่อยทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งต้องมีค่าบีโอดีไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร
2. ต้องไม่ปล่อยทิ้งหรือไล่เลนจากพื้นที่ที่เลี้ยงกุ้งลงในแหล่งน้ำธรรมชาติ หรือที่สาธารณะประโยชน์
3. ต้องไม่ปล่อยน้ำเค็มหรือการกระทำใดๆ จนเป็นเหตุให้น้ำเค็มจากพื้นที่เลี้ยงกุ้งซึมหรือไหลลงสู่แหล่งน้ำจืดสาธารณะหรือพื้นที่การเกษตรอื่นๆ

เกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงชายฝั่งที่มีความเกี่ยวข้องกับ การเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่น้ำจืด แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง

ระบายนํ้าทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง			
ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	วิธีการตรวจสอบ
1.ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	6.5-9.0	ใช้เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH Meter) ตามวิธีหาค่าแบบวิธีอิเล็กโตรเมตริก (Electrometric)
2.บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD)	มก./ล.	ไม่เกิน 20	ใช้วิธีอะไซด์ โมดิฟิเคชัน (Azide Modification) ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน โดยใช้ Synthetic Seawater
3.สารแขวนลอย (Suspended Solids, SS)	มก./ล.	ไม่เกิน 70	ใช้วิธีการกรอง ผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fiber Filter Disc) ขนาดตากรอง 1.2 ไมโครเมตร
4.แอมโมเนีย ($\text{NH}_3\text{-N}$)	มก.-N./ล.	ไม่เกิน 1.1	ใช้วิธีโมดิไฟด์ ไอโดฟีนอล บลู (Modified Idophenol Blue)
5.ฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus)	มก.-P./ล.	ไม่เกิน 0.4	ใช้วิธีแอสคอร์บิก แอซิด (Ascorbic Acid)
6.ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)	มก./ล.	ไม่เกิน 0.01	ใช้วิธีเมธิลีน บลู (Methylene Blue)
7.ไนโตรเจนรวม (Total Nitrogen) คือ ผลรวมของไนโตรเจนละลาย (Total Dissolved Nitrogen) และไนโตรเจนแขวนลอย (Total Particulate Nitrogen)	มก.-N./ล.	ไม่เกิน 4.0	ให้นําค่าการตรวจวัดไนโตรเจนละลายและไนโตรเจนแขวนลอยบวกรวมกัน โดยการหาค่า (ก) ไนโตรเจนละลายให้ใช้วิธีเปอร์ซัลเฟตไดเจเนชัน (Persulfate Digestion) (ข) ไนโตรเจนแขวนลอยให้ใช้วิธีวัดค่าสารแขวนลอยบนแผ่นกรองใยแก้ว ขนาดตากรอง 0.7 ไมโครเมตร และวิเคราะห์ด้วย Nitrogen Analyzer

หมายเหตุ บ่อเพาะเลี้ยงชายฝั่ง หมายถึง พื้นที่ที่ปรับให้ขังน้ำได้โดยวิธีต่างๆ เพื่อการเลี้ยงสัตว์น้ำเค็ม หรือสัตว์น้ำกร่อยในบริเวณนอกแนวป้องกันน้ำเค็มของกรมชลประทานหรือในแนวเขตที่ดินชายทะเลชั้นในของกรมพัฒนาที่ดิน

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2547)

5. การบำบัดน้ำเสีย

5.1 กระบวนการบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสีย (wastewater treatment) หมายถึง การดำเนินการเปลี่ยนแปลงสภาพของเสียในน้ำ ให้อยู่ในสภาพที่มีความเหมาะสมที่จะไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อแหล่งรับน้ำเสียนั้น (พัฒนา, 2539) กระบวนการบำบัดน้ำเสีย แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

5.1.1 กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ เป็นการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นในการแยกสารต่างๆ ออกจากน้ำเสีย โดยใช้ตะแกรงหยาบ ตะแกรงละเอียด ถังดักกรวดทราย ถังดักไขมัน และถังตกตะกอน เป็นต้น

5.1.2 กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางเคมี วิธีนี้เหมาะสำหรับน้ำเสียที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูง สารแขวนลอยเล็กตกตะกอนยาก มีโลหะหนักที่เป็นพิษ และมีไขมันหรือน้ำมันละลายน้ำ ซึ่งกระบวนการทางเคมีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ โคแอกกูเลชัน (coagulation) การตกตะกอนผลึก (precipitation) การทำให้เป็นกลาง (neutralization) การแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange) และออกซิเดชัน-รีดักชัน (oxidation-reduction)

5.1.3 กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพ แบ่งเป็นแบบใช้ออกซิเจน อาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนเปลี่ยนความสกปรกในน้ำเสียให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ได้แก่ ระบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ (activated sludge, AS) และระบบฟิล์มตรึง (fixed film) และแบบไม่ใช้ออกซิเจน ใช้จุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนเปลี่ยนความสกปรกในน้ำเสียให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ได้แก่ บ่อแอนแอโรบิก (anaerobic ponds) ระบบยูเอสบี (upflow anaerobic sludge blanket, UASB) ระบบกรองไร้อากาศ (anaerobic filter, AF) เป็นต้น

นอกจากกระบวนการบำบัดน้ำเสีย 3 ประเภทที่กล่าวไปนั้น การบำบัดน้ำเสียโดยใช้พื้นที่ชุ่มน้ำที่อาศัยกระบวนการทางธรรมชาติกำลังเป็นที่นิยมมากขึ้นในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้ว ต้องการลดปริมาณไนโตรเจนและ

ฟอสฟอรัสก่อนระบายออกสู่แหล่งรองรับน้ำทิ้ง ซึ่งข้อดีของระบบนี้ คือ ไม่ซับซ้อนและไม่ต้องใช้เทคโนโลยีในการบำบัดสูง

5.2 การบำบัดน้ำเสียโดยพื้นที่ชุ่มน้ำ

ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำ (wetlands ecosystem) หมายถึง บริเวณพื้นที่ที่ถูกน้ำท่วมขัง หรือ อิ่มตัวด้วยน้ำ โดยน้ำผิวดินหรือน้ำใต้ดินที่มีจำนวนครั้งของการท่วมขัง และช่วงเวลาในการท่วมขังนานเพียงพอที่จะทำให้การแพร่กระจายของพืชพรรณสามารถปรับตัวเจริญเติบโตเป็นปกติได้ ภายใต้สภาวะดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Cowardin *et al.*, 1979) ประเภทของพื้นที่ชุ่มน้ำ แบ่งย่อยได้เป็น

พื้นที่ชุ่มน้ำตามธรรมชาติ (natural wetlands) เป็นพื้นที่ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ โดยอาจเป็นลักษณะของหนองน้ำ (marshes) ได้แก่ ที่ลุ่ม น้ำท่วมบางฤดูกาลแต่ไม่ตลอดปี แหล่งน้ำตื้น หนองน้ำมีพืชล้มลุกขึ้นอยู่โดยรอบ ส่วนใหญ่มีบริเวณใกล้หรือติดกับแม่น้ำ (estuaries) ได้แก่ บริเวณที่น้ำทะเลถูกเจือจางด้วยน้ำจืดจากพื้นแผ่นดินมีไม้ป่าชายเลนขึ้นอยู่หลายชนิด เช่น ไม้โกงกาง ตะบูน แสม และเหียงอกปลาหมอ เป็นต้น นอกจากนั้นอาจมีลักษณะเป็นบึง (swamp) ได้แก่ ที่ลุ่มที่มีน้ำท่วมตลอดปี มีความลึกอยู่พอสมควร และมีต้นไม้ใหญ่ขึ้นอยู่โดยรอบ (จินตนา, 2530)

พื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น (constructed wetlands) เป็นพื้นที่ที่มนุษย์สร้างขึ้น เพื่อเลียนแบบธรรมชาติ โดยมีจุดประสงค์เพื่อใช้ศึกษาการบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ น้ำเสียชุมชน น้ำเสียอุตสาหกรรม และน้ำเสียเกษตรกรรม แต่สามารถควบคุมอัตราการไหลและระดับน้ำในถังที่ได้ ซึ่งการใช้พื้นที่ชุ่มน้ำเพื่อการบำบัดน้ำเสียเหมาะสำหรับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นมาแล้ว (United States Environmental Protection Agency, 2000)

การบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากการเลี้ยงกุ้งถ้าใช้ระบบบำบัดแอกทิเวเตดสลัดจ์ (activated sludge, AS) หรือระบบบ่อเติมอากาศ (aerated lagoon, AL) จะเป็นการลงทุนที่สูง ดังนั้นระบบหนึ่งที่น่าสนใจ คือ ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น (constructed wetlands) ระบบนี้มีความเหมาะสมทั้งโครงสร้างและหน้าที่ ตามกระบวนการที่เกิดขึ้นทางธรรมชาติในการบำบัดน้ำเสีย เป็นวิธีการบำบัดแบบธรรมชาติที่อาศัยดิน น้ำ พืช จุลินทรีย์ และอากาศ ร่วมกันเป็นตัวช่วยในการบำบัดน้ำเสียให้มีสารปนเปื้อนน้อยลง และเนื่องจากเป็นระบบที่มนุษย์สร้างขึ้น

จึงทำให้สามารถควบคุมสิ่งแวดล้อมและปัจจัยที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียให้มีความเหมาะสมกับลักษณะของสถานที่ หรือพื้นที่ต่างๆ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการบำบัด ประสิทธิภาพของวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยอาศัยพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นนั้น ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่างๆ ที่สำคัญ ได้แก่ ชนิดและปริมาณของพืชที่ปลูก ลักษณะการไหลของน้ำ ชนิดของหน้าดิน และจุลินทรีย์ที่อยู่ในพื้นที่นั้นๆ (เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม, 2537)

พื้นที่ชุ่มน้ำ มีบทบาทช่วยในการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดีขึ้น สามารถจัดหรือเปลี่ยนแปลงสารปนเปื้อนจำนวนมากในน้ำทิ้งให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น ไม่ว่าจะเป็นน้ำทิ้งที่สามารถระบุนแหล่งกำเนิดได้ น้ำทิ้งจากเหมืองแร่ การเกษตร และน้ำทิ้งจากชุมชน รวมถึงอินทรีย์วัตถุ สารแขวนลอย โลหะต่างๆ และธาตุอาหารในส่วนที่เกินพอได้ด้วยกระบวนการกรองตามธรรมชาติ การตกตะกอน รวมถึงกระบวนการต่างๆ ทั้งทางกายภาพ ชีวภาพ และทางเคมี เช่น การปนเปื้อนสารอนินทรีย์จำนวนมาก ด้วยกระบวนการเปลี่ยนแปลงอนินทรีย์สารเป็นอินทรีย์สาร และคงรูปไว้ นอกจากนี้จะเกิดปฏิกิริยาเคมีและชีวเคมี ทำให้สารประกอบเชิงซ้อนแตกตัวเป็นสารประกอบเชิงเดี่ยวได้ (Hammer and Bastian, 1989) พืชในพื้นที่ชุ่มน้ำจะดูดธาตุอาหาร และดูดซับโลหะหนักออกไปจากระบบในรูปของมวลชีวภาพ เช่น การบำบัดน้ำเสียโดยใช้หญ้าแฝก และกกในพื้นที่ชุ่มน้ำ พบว่า หญ้าแฝกและกกสามารถดูดซับธาตุอาหาร ของแฉะแขวนลอย ซีโอดี บีโอดี และโลหะหนักได้ดี (Njau and Mlay, 2003)

5.3 กลไกการบำบัดน้ำเสียโดยพื้นที่ชุ่มน้ำ

พื้นที่ชุ่มน้ำ ประกอบไปด้วยส่วนสำคัญต่างๆ คือ ดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำหรือถูกน้ำท่วมขัง พืช และจุลินทรีย์ ทำให้เกิดกระบวนการต่างๆ ขึ้นภายในระบบ เช่น ในดินจะเกิดกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange) มีการดูดซับ (absorption) การตกตะกอน (precipitation) การกรอง (filtration) เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (complexation) ในพืชมีกระบวนการดูดซึม (uptake) ธาตุอาหารจากดินเข้าสู่รากและลำต้น ส่วนจุลินทรีย์ทำให้เกิดกระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) และดีไนตริฟิเคชัน (denitrification) เป็นต้น กระบวนการดังกล่าว จะช่วยในการบำบัดหรือเปลี่ยนรูปสารที่เป็นพิษหรืออินทรีย์สารต่างๆ ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสีย ให้มีความปลอดภัยต่อแหล่งน้ำมากขึ้น (ลักษมี, 2539) ซึ่งพื้นที่ชุ่มน้ำสามารถบำบัดน้ำเสียโดยใช้กลไกการบำบัดทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ดังนี้

5.3.1 วิธีทางกายภาพ กลไกการทำงานแบ่งเป็น 3 วิธี คือ การตกตะกอน สามารถลดของแข็งแขวนลอย บีโอดี ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โลหะหนัก จุลินทรีย์ และเชื้อโรคบางชนิด การกรองและการดูดซับ สามารถลดของแข็งแขวนลอย (เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม, 2537)

5.3.2 วิธีทางเคมี กลไกการทำงานแบ่งเป็น 3 วิธี คือ การตกตะกอนทางเคมี สามารถลดฟอสฟอรัส โลหะหนัก และสารอินทรีย์ต่างๆ การดูดซับและการย่อยสลาย สามารถลดฟอสฟอรัส โลหะหนัก และสารอินทรีย์ต่างๆ ได้เช่นเดียวกัน (เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม, 2537)

5.3.3 วิธีทางชีววิทยา กลไกการทำงานแบ่งเป็น 2 วิธี คือ จากระบวนการเมแทบอลิซึมของพืชและจุลินทรีย์ สามารถลดสารแขวนลอย บีโอดี ไนโตรเจน โลหะหนัก สารอินทรีย์ และเชื้อโรค การดูดซึมของพืช สามารถลดไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โลหะหนัก และสารอินทรีย์ได้ (เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม, 2537)

5.4 การใช้พืชในการบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสียโดยใช้พืชในระบบนิเวศพื้นที่ชุ่มน้ำ เป็นการเลียนแบบลักษณะการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติของระบบนิเวศพื้นที่ชุ่มน้ำที่ทำหน้าที่เสมือนหน่วยบำบัดน้ำเสียธรรมชาติ ซึ่ง William and Patrick (1994) ได้กล่าวไว้ว่าในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำจะมีความสมดุลของมวลภายในระบบ โดยจะมีการสะสม เปลี่ยนแปลง และหมุนเวียนธาตุอาหารและสารต่างๆ อย่างสมดุล โดยพืชจะทำหน้าที่บำบัดน้ำเสียร่วมกับจุลินทรีย์และดิน พืชมีระบบรากเป็นกลไกที่สำคัญในการจัดแร่ธาตุและสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสีย รากพืชจะดูดซึมธาตุอาหาร โลหะหนัก และสารปนเปื้อนต่างๆ ในรูปไอออน เพื่อนำมาใช้ในการเจริญเติบโตและสังเคราะห์แสง เป็นที่เกาะของจุลินทรีย์บางชนิดที่ช่วยในการย่อยสลายสารต่างๆ ในดิน เช่น จุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับวัฏจักรไนโตรเจนในกระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) และดีไนตริฟิเคชัน (denitrification) ซึ่งแอมโมเนียจะถูกเปลี่ยนเป็นไนเตรตโดยแบคทีเรีย nitrifying bacteria ในสภาพที่มีออกซิเจน และไนเตรตจะเปลี่ยนเป็นก๊าซไนโตรเจน โดยแบคทีเรียชนิด denitrifying bacteria ในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน ไนเตรตที่เกิดขึ้นรากพืชจะดูดไปใช้ประโยชน์ต่อไป (ทัศนีย์, 2534) นอกจากนี้ก๊าซออกซิเจนในพืชสามารถแพร่จากยอดไปยังราก จึงเป็นการเพิ่มออกซิเจนให้กับดิน ก้านหรือลำต้นที่อยู่ในน้ำยังเป็นตัวกลางในการกรอง ดูดซับตะกอนและของแข็งที่ลอยอยู่ในน้ำ ทำให้ความเข้มของแสงแดดที่ส่องตรงสู่ผิวน้ำลดลง จึงช่วยป้องกันการเจริญเติบโตที่มากเกินไปของ

สาหร่ายที่อยู่ในน้ำ ส่วนก้าน ลำต้น และใบที่อยู่เหนือน้ำ จะช่วยลดผลของลมที่มีต่อการพัดและทำให้ตะกอนที่จมได้น้ำพุ่งลอยขึ้นมาในน้ำ (Stowell *et al.*, 1981)

กลไกดังกล่าวมีความสอดคล้องกับการศึกษาของพัฒน์ (2536) ซึ่งอธิบายว่าลักษณะของพืชที่นำมาใช้ในกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ รากของพืชทำหน้าที่เสมือนเป็นที่ยึดเกาะของแบคทีเรีย เพื่อให้แบคทีเรียสามารถทำงานได้ ตัวอย่างของพืชน้ำ ที่สามารถใช้ปรับปรุงคุณภาพน้ำได้ เช่น ผักตบชวา จอก และแหนเป็ด พืชสามารถสังเคราะห์แสง โดยการนำเอาพลังงานแสงมาใช้ ทำให้พืชที่มีการเจริญเติบโตและแพร่ขยายพันธุ์อย่างรวดเร็ว ในขณะเดียวกันพืชเหล่านี้ก็มีการดูดซึมแร่ธาตุต่างๆ เช่น ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในน้ำเสียมาใช้ในการเพิ่มมวลชีวภาพ และนอกจากนี้พืชน้ำบางชนิดยังมีความสามารถในการส่งผ่านออกซิเจนได้สูง เช่น ผักตบชวา ใบบัวบก โดยส่งผ่านลงมาตามใบ ลำต้นและราก ปริมาณออกซิเจนที่ส่งผ่านมานี้ บางส่วนรากจะนำไปใช้ในการหายใจ ขณะที่ออกซิเจนส่วนที่เหลือจะส่งผ่านมาที่ชั้นน้ำเสีย และแบคทีเรียสามารถนำไปใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์และทำให้ปริมาณสารแขวนลอยในน้ำลดลง สำหรับออกซิเจนที่ส่งผ่านลงมาทางรากของผักตบชวา และใบบัวบกพบว่า แบคทีเรียสามารถนำไปใช้และลดค่าบีโอดี ได้ถึงร้อยละ 90 ในขณะที่ร้อยละ 10 ของปริมาณบีโอดีที่ลดลง แบคทีเรียจะได้รับออกซิเจนโดยตรงจากอากาศ และการบำบัดน้ำเสียด้วยผักตบชวาสามารถลดปริมาณของสารแขวนลอยในน้ำเสียได้ร้อยละ 60-90 และลดปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียได้ร้อยละ 95 และ 60 ตามลำดับ รัชลักษณะ (2539) ศึกษาประสิทธิภาพของคิปลิน้ำ (*Potamogeton malaianus*) และสาหร่ายหางกระรอก (*Hydrilla verticillata*) ในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชน กรมชลประทาน อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี พบว่าสาหร่ายหางกระรอก มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียชุมชนได้สูงกว่าคิปลิน้ำและบ่อควบคุมที่ไม่มีพืชน้ำ ประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดี สารแขวนลอย ไนโตรเจนทั้งหมด และออร์โธฟอสเฟต ในน้ำเสียชุมชนโดยใช้สาหร่ายหางกระรอกเป็นพืชบำบัด เท่ากับ 84, 69, 95 และ 69 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ปัจจุบันได้มีผู้ทดลองนำพืชมาบำบัดน้ำเสียอีกหลายชนิด เช่น กก ต้นอ้อ ฐูปถาญี แห้วทรงกระเทียม ผักกระเฉด และบัวหลวง เป็นต้น เนื่องจากพืชสามารถเจริญเติบโตได้ดีในบริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำ และมีคุณสมบัติอื่นๆ ที่เหมาะสมสามารถนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้ ดังเช่น ปิยนุช (2547) ศึกษาความเป็นไปได้ของการบำบัดคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำโดยใช้ผักกระเฉด น้ำทิ้งก่อนบำบัด มีค่าความเค็ม เท่ากับ 0 ส่วนในพัน ภายหลังการบำบัดคุณภาพ

น้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ได้แก่ ในเทรต แอมโมเนีย บีโอดี ฟอสฟอรัส และตะกอนแขวนลอย มีแนวโน้มลดลงตามระดับของชีวมวลและระยะเวลาในการบำบัดที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับชีวมวลของผักกระเฉดเพิ่มขึ้น แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการบำบัดนานขึ้น ที่ระยะเวลา 30 วัน ระดับชีวมวลของผักกระเฉด 0.8 กิโลกรัม สามารถบำบัดคุณภาพน้ำทิ้งนาุ้งได้ดีกว่าผักกระเฉดที่ระดับชีวมวล 0.2, 0.4 และ 0.6 กิโลกรัม ส่วนปริมาณโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว ปรอท และแคดเมียม ทั้งในน้ำทิ้งและผักกระเฉดภายหลังการบำบัดมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด ทรงพล (2541) ศึกษาประสิทธิภาพของพื้นที่ชุ่มน้ำ ที่สร้างขึ้นเพื่อบำบัดน้ำเสียจากระบบบำบัดของโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางขึ้น โดยใช้ธูปฤาษี (*Typha angustifolia* L.) และบอน (*Colocasia esculenta*) เป็นพืชบำบัด เปรียบเทียบระดับน้ำในพื้นที่ชุ่มน้ำ 3 ระดับ คือ 0.15, 0.30 และ 0.45 เมตร พบว่า ดินบอนที่ระดับน้ำ 0.15 เมตร มีประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดี ในโตรเจนทั้งหมด และสารแขวนลอยได้ดีที่สุด มีค่าเท่ากับ 79.95, 62.40 และ 85.93 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รัตนา (2542) ศึกษาการกำจัดแคดเมียมจากน้ำเสียโดยใช้ระบบบำบัดบึงประดิษฐ์แบบน้ำขังได้ดิน โดยใช้ธูปฤาษีเป็นพืชบำบัด ปลูกในวัสดุปลูกต่างชนิดกัน คือ ทราย ดินปนทราย และดิน พบว่า ระบบสามารถกำจัดแคดเมียมได้มากกว่า 99 เปอร์เซ็นต์ โดยแคดเมียมในน้ำเข้าส่วนใหญ่สะสมอยู่ในทราย ดินปนทราย และดิน ที่นำมาใช้ปลูกธูปฤาษี เท่ากับ 95.56, 95.53 และ 94.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในพืชที่ปลูกในทราย ดินปนทราย และดินมีแคดเมียมสะสมอยู่ 0.08, 0.06 และ 0.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ลักขมี (2539) ศึกษาประสิทธิภาพของกกกลม ธูปฤาษี อ้อ และแห้วทรงกระเทียม ในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นเพื่อการบำบัดโครเมียมในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมชุบโลหะ พบว่า กกกลม มีประสิทธิภาพในการลดค่าโครเมียมสูงที่สุด 98.21 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ แห้วทรงกระเทียม มีประสิทธิภาพในการลดค่าโครเมียม เท่ากับ 95.96 เปอร์เซ็นต์ ส่วนธูปฤาษี และอ้อ มีประสิทธิภาพในการลดค่าโครเมียม เท่ากับ 95.90 และ 94.87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ Kanabkaew and Puetpaiboon (2004) นำสาหร่ายหางกระรอก และบัว (*Nelumbo nucifera*) บำบัดน้ำเสียชุมชน พบว่า สาหร่ายหางกระรอกและบัว มีประสิทธิภาพในการลดค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด บีโอดี ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ในเทรต และไนไตรต์ ได้เป็นอย่างดี ส่วนอนันต์และ วรรณ (2545) พบว่า บัวหลวงพันธุ์ดอกสีขาว มีประสิทธิภาพการลดปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียชุมชนได้สูงสุดที่ระยะเวลาการกักเก็บ 20 วัน มีค่าเท่ากับ 57.71 เปอร์เซ็นต์ ส่วนบัวหลวงพันธุ์ดอกสีชมพู มีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดสารแขวนลอยที่ระยะกักเก็บ 30 วัน มีค่าเท่ากับ 76.72 เปอร์เซ็นต์ และมีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดค่าฟอสฟอรัส ที่ระยะกักเก็บ 20 วัน มีค่าเท่ากับ 58.80 เปอร์เซ็นต์

พืชสามารถนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียในพื้นที่ชุ่มน้ำ มีบทบาทที่สำคัญในการปรับปรุงคุณภาพน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Hammer and Bastian, 1989) พัฒน์ (2536) ได้สรุปสมบัติของพืชที่จะนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียโดยมีลักษณะดังนี้ คือ เป็นพืชที่สามารถปรับตัวและเจริญเติบโตได้ดีในท้องถิ่น ปรับตัวได้ดีในสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูง มีความสามารถในการส่งผ่านออกซิเจนสูง โดยนำออกซิเจนจากบรรยากาศที่ส่งผ่านลงมาจากใบ ลำต้น และราก สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มข้นของสารมลพิษได้ค่อนข้างกว้าง สามารถดูดซึมและเก็บสะสมสารต่างๆ ได้ดี คงทนต่อโรคและแมลงต่างๆ ได้ดี และสามารถนำออกจากระบบได้ง่าย เนื่องจากพืชจะลดปริมาณสารที่มีอยู่ในน้ำเสียให้ได้ผลดีที่สุดนั้น พืชต้องมีการนำออกจากระบบ เพื่อมิให้พืชอยู่หนาแน่นจนเกินไปจนระบบขาดประสิทธิภาพ

6. หลุม้าแฟกกับการบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสียโดยใช้หลุม้าแฟก เป็นเทคโนโลยีหนึ่ง ซึ่งง่าย ประหยัด มีขั้นตอนที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน อาศัยกระบวนการทางธรรมชาติในการบำบัด เป็นลักษณะการดัดแปลงพื้นที่บำบัดน้ำเสียให้เป็นระบบพื้นที่ชุ่มน้ำ โดยปล่อยให้น้ำเสียไหลผ่านพื้นที่แปลงที่มีความลาดเอียงซึ่งปลูกหลุม้าแฟก น้ำเสียจะไหลผ่านผิวดินและต้นหลุม้าแฟก ในระหว่างที่น้ำเสียไหลผ่านแปลงจะเกิดกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางธรรมชาติ ซึ่งน้ำเสียจะได้รับการบำบัดให้มีคุณภาพดีขึ้น โดยการให้น้ำเสียไหลผ่านแปลงในลักษณะเลื่อนไหลไปในแนวระดับ (horizontal) น้ำเสียจะได้รับการบำบัดทั้งในแนวระดับและในแนวตั้ง (vertical) เนื่องจากน้ำเสียจะมีการซึมลงสู่ชั้นใต้ดินโดยผ่านการกรองและบำบัดของระบบดิน จุลินทรีย์ และพืช องค์ประกอบทั้ง 3 จะทำหน้าที่ร่วมกันโดยอาศัยกลไก ทางกายภาพ เคมี และชีวภาพในการบำบัด

การที่พืชสามารถลดปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารที่มีอยู่ในแหล่งน้ำได้ เนื่องจากพืชมีการดึงน้ำไปใช้ในกระบวนการต่างๆ โดยผ่านทางต้นและราก มีการซึมผ่านเข้าทางเนื้อเยื่อพืช ทำให้ธาตุอาหารปะปนไปกับน้ำที่ดึงขึ้นไป พืชจะนำธาตุอาหารไปใช้ในกระบวนการเจริญเติบโตได้ ส่งผลให้ระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารในแหล่งน้ำนั้นลดลง การเคลื่อนย้ายของน้ำในลักษณะนี้เป็นการเคลื่อนย้ายโดยกระบวนการระเหยคายน้ำ (evapotranspiration) (สมบุญ, 2548)

Njau and Mlay (2003) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียโดยใช้หลุม้าแฟกลุ่ม และกก ในพื้นที่ชุ่มน้ำ ซึ่งมีการศึกษาจากน้ำเสีย 2 แหล่ง คือ น้ำเสียจากระบบบ่อฝัง เป็นน้ำเสียจากครัวเรือนภายใน

มหาวิทยาลัย Dares Salaam ประเทศอินเดีย พบว่า หญ้าแฝกมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียได้ดีกว่ากก โดยสามารถลดค่าแอมโมเนีย และ อินทรีย์ไนโตรเจน จากน้ำเสียระบบบ่อฝัง ได้ 25 และ 83.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่กกสามารถลดค่าแอมโมเนีย และ อินทรีย์ไนโตรเจน ได้ 32 และ 55.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม หญ้าแฝกมีประสิทธิภาพในการลดค่าของแอมโมเนียของแข็งแขวนลอย ซีโอดี บีโอดี ทองแดง และ สี ได้ 81.42, 46.20, 67.47, 73.60 และ 78.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่กก มีประสิทธิภาพในการลดค่าของแอมโมเนียของแข็งแขวนลอย ซีโอดี บีโอดี ทองแดง และ สี ได้ 79.40, 37.90, 61.85, 64.60 และ 50.87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อรุณ (2549) ศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้หญ้าแฝกคลุมในคลองระบายน้ำทิ้งในเขตเทศบาลเมืองหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พบว่า หญ้าแฝกภายหลังการบำบัดน้ำเสีย มีการเจริญเติบโตทางด้านความสูง ความยาวราก จำนวนดินต่อกอ น้ำหนักดินสดเพิ่มขึ้น เนื่องจากหญ้าแฝกสามารถดูดซับธาตุต่างๆ ในน้ำทิ้งไปใช้ในการเจริญเติบโต ยกเว้นปริมาณคลอโรฟิลล์ มีค่าลดลง 15 เปอร์เซ็นต์ เพราะน้ำทิ้งมีตะกั่วและแคดเมียมที่มีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง ส่วนประสิทธิภาพการบำบัด พบว่า ธาตุอาหารต่างๆ ในน้ำลดลง ยกเว้นค่าออกซิเจนละลายในน้ำ มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 4.5 เป็น 6.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากรากหญ้าแฝกได้ปลดปล่อยออกซิเจนลงไปใต้น้ำ

Boonsong and Chansiri (2006) ศึกษาประสิทธิภาพของหญ้าแฝกคลุม 2 แหล่งพันธุ์ คือ สงขลา 3 และสุราษฎร์ธานี ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีความเข้มข้นต่างกัน 2 ระดับ คือ น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น มีค่าบีโอดีระหว่าง 61.13 ถึง 115.50 มิลลิกรัมต่อลิตร (ความเข้มข้นสูง) และน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นที่สอง มีค่าบีโอดี ระหว่าง 36.00 ถึง 51.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ความเข้มข้นต่ำ) พบว่า หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีประสิทธิภาพสูงในการบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูง ยกเว้นแอมโมเนีย โดยมีประสิทธิภาพในการลดบีโอดี ในโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และ ออร์โธฟอสเฟต เท่ากับ 91.46, 62.48, 35.87 และ 23.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 มีประสิทธิภาพในการลดค่าแอมโมเนียได้สูงสุด 58.62 เปอร์เซ็นต์

Danh *et al.* (2006) ใช้หญ้าแฝกในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตอาหารทะเล ในประเทศเวียดนาม หญ้าแฝกที่นำมาใช้ในการทดลองจะอยู่ในระยะ 5 เดือน และ 7 เดือน พบว่า หญ้าแฝกระยะ 5 เดือน หลังจากบำบัดน้ำเสียโดยใช้เวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง สามารถลดค่าไนโตรเจนทั้งหมดได้ 25, 63 และ 63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่สามารถลดค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดได้ 30, 72 และ 72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนหญ้าแฝกอายุ 7 เดือน หลังจากบำบัดน้ำเสีย

โดยใช้เวลา 48 และ 72 ชั่วโมง สามารถลดค่าไนโตรเจนทั้งหมดได้ 88 และ 91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสามารถลดค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดได้ 80 และ 82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Scavo *et al.* (2006) ใช้หญ้าแฝกบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำอัดลม (Pepsicola) โดยใช้ระยะเวลาในการกักเก็บน้ำเสีย และอัตราการไหลของน้ำเสียแตกต่างกัน พบว่า ระยะเวลาในการกักเก็บน้ำเสีย 20 วัน และอัตราการไหล 30 ลิตรต่อวัน มีประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดี และซีโอดี สูงสุด 96.86 และ 98.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ระยะเวลาในการกักเก็บน้ำเสีย 15 วัน และอัตราการไหลของน้ำเสีย 40 ลิตรต่อวัน มีประสิทธิภาพในการลดค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด และค่าของแข็งทั้งหมดได้สูงสุด 62.05 และ 78.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนระยะเวลาในการกักเก็บน้ำเสีย 5 วัน และอัตราการไหลของน้ำเสีย 120 ลิตรต่อวัน มีประสิทธิภาพในการลดค่าของแข็งแขวนลอยได้สูงสุด 87.50 เปอร์เซ็นต์ Wantawin *et al.* (2006) ทดลองบำบัดน้ำเสียชุมชน และน้ำเสียจากการเกษตรในกรุงเทพมหานคร โดยใช้หญ้าแฝก แหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานีและหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา ปลูกแบบแพลอยน้ำ พบว่า หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกามีการเจริญเติบโตและดูดซับธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี โดยที่อัตราการไหลของน้ำ 20 ลิตรต่อนาที หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกาสามารถลดค่าไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้ดีที่สุดเท่ากับ 6,711 และ 850 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อปี ตามลำดับ ส่วนหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี สามารถลดค่าไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้เท่ากับ 5,949 และ 730 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อปี ตามลำดับ

Kong *et al.* (2003) ปลูกหญ้าแฝกเพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรซึ่งเป็นน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโลหะหนักสูง โดยปลูกหญ้าแฝกในลักษณะแพไม้ไผ่ลอยน้ำ พบว่า หญ้าแฝกสามารถลดค่าทองแดง (Cu) และสังกะสี (Zn) ได้มากกว่าร้อยละ 90 สารหนู (As) ไนโตรเจนได้มากกว่าร้อยละ 60 ฟอสฟอรัสประมาณร้อยละ 59-85 ตะกั่ว (Pb) ประมาณร้อยละ 30-71ปรอท (Hg) ประมาณ ร้อยละ 13-58 Liao *et al.* (2003) ปลูกหญ้าแฝกร่วมกับต้นกก เพื่อบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกร พบว่า หญ้าแฝกมีประสิทธิภาพในการลดค่าซีโอดี บีโอดี แอมโมเนีย และฟอสฟอรัส เท่ากับ 64.40, 68.66, 19.89 และ 26.92 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ต้นกกมีประสิทธิภาพในการลดค่าซีโอดี บีโอดี แอมโมเนีย และฟอสฟอรัส เท่ากับ 66.09, 76.06, 26.13 และ 18.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ปิยวรรณ (2546) ใช้หญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อินโดนีเซีย มอนโต สุราษฎร์ธานี และสงขลา 3 ในการบำบัดน้ำทิ้งชุมชน กรมชลประทาน พบว่า หญ้าแฝก แหล่งพันธุ์อินโดนีเซียมีการเจริญเติบโตในส่วนต้น ราก น้ำหนักมวลชีวภาพสูงสุด และมีการดูดซับธาตุไนโตรเจนฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส สังกะสี และทองแดง ในส่วนต้นสูง และดูดซับเหล็กในส่วนรากสูงสุด และพบว่า หญ้าแฝกมีความสามารถในการลดมลสารที่มีอยู่ในน้ำทิ้งโดยหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อินโดนีเซีย มีประสิทธิภาพในการเพิ่มค่าออกซิเจนละลายน้ำได้สูงสุด เท่ากับ ร้อยละ 58.33 และมีประสิทธิภาพในการลดค่าไนโตรเจนได้สูงสุด เท่ากับ ร้อยละ 77.89 และไนไตรต์ได้สูงสุด เท่ากับ ร้อยละ 99.97 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดี ได้สูงสุด เท่ากับ ร้อยละ 62.80 และไนเตรตได้สูงสุด เท่ากับ ร้อยละ 77.55 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์มอนโตมีประสิทธิภาพในการลดค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดและโพแทสเซียมได้สูงสุด เท่ากับ ร้อยละ 46.18 และ 71.71 ตามลำดับ ฐิติณัฐ (2549) ใช้หญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ สุราษฎร์ธานี อินโดนีเซีย สงขลา 3 และศรีลังกา บำบัดน้ำเสียชุมชนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พบว่า หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อินโดนีเซียมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียได้ดี โดยลดค่าไนโตรเจนทั้งหมด บีโอดี ไนเตรต ตะกั่ว และ นิกเกิล สูงสุด เท่ากับ 46.30, 66.26, 44.45, 80.98 และ 92.57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีประสิทธิภาพในการลดค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด ของแข็งแขวนลอยในน้ำ คลอโรฟิลล์ แมงกานีส และ สังกะสี สูงสุด เท่ากับ 34.86, 78.33, 55.64, 28.57 และ 88.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 มีประสิทธิภาพในการลดค่าความนำไฟฟ้า ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ไนไตรต์ ความขุ่น และเหล็กสูงสุด เท่ากับ 35.34, 35.10, 89.58, 84.09 และ 80.51 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา มีประสิทธิภาพในการเพิ่มออกซิเจนละลายน้ำ และลดค่าทองแดงสูงสุด เท่ากับ 33.11 และ 85.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Summerfelt *et al.* (1999) ทดลองใช้พื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นแบบไหลผ่านพื้นผิว และแบบไหลผ่านใต้ผิวดักกลาง เพื่อศึกษาการบำบัดน้ำชะมูลฝอย โดยใช้หญ้าแฝกลุ่ม พบว่า พื้นที่ชุ่มน้ำแบบไหลผ่านใต้ผิวดักกลางสามารถลดค่าสารแขวนลอยได้ 96 เปอร์เซ็นต์ และลดค่าซีโอดีได้ 72 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในพื้นที่ชุ่มน้ำแบบไหลผ่านใต้ผิวดักกลางสามารถลดค่าสารแขวนลอยได้ 98 เปอร์เซ็นต์ และลดค่าซีโอดีได้ 91 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าพื้นที่ชุ่มน้ำทั้ง 2 แบบ สามารถลดปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและฟอสฟอรัสได้ 82 - 92 เปอร์เซ็นต์ Xia (1999) ศึกษาความทนทานของพืชที่มีต่อค่าซีโอดี แอมโมเนีย และไนโตรเจน ในน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร ในมณฑลกว่างเจา ประเทศจีน โดยปลูกพืช 8 ชนิด ได้แก่ *Vetiveria zizanioids*, *Sanнерus chinensis*, *Cyperus*

exaltatus, *Polygonum hydropiper*, *Polygonum lapathifolium*, *Juncellus serotinus*, *Ranunculus cantoniensis* และ *Scirpus triangulates* ในพื้นที่ชุ่มน้ำ ที่มีระดับชีโอดี ที่ความเข้มข้น 1,040 1,300 1,900 2,200 และ 2,800 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ค่าแอมโมเนีย ที่ความเข้มข้น 150, 200, 240, 290 และ 390 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ พบว่า พืชส่วนใหญ่สามารถเจริญเติบโตได้ดี ในน้ำที่มีค่าความเข้มข้นชีโอดี ในช่วง 1,300 และ 1,900 มิลลิกรัมต่อลิตร และที่ความเข้มข้น แอมโมเนีย มีค่าในช่วง 200 และ 240 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนหญ้าแฝกสามารถเจริญเติบโตได้ดีใน น้ำทุกความเข้มข้นที่กำหนดให้ โดยมีเปอร์เซ็นต์ความทนทานต่อค่าชีโอดี และค่าแอมโมเนีย เท่ากับ 84.5 และ 72.8 เปอร์เซ็นต์

วงศ์พงา (2544) ศึกษาประสิทธิภาพของหญ้าแฝกหอม และแฝกคอนในการกำจัดโครเมียม ในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น เพื่อการบำบัดน้ำเสียขั้นสุดท้ายจากโรงฟอกหนัง โดยเปรียบเทียบความลึก ของระดับน้ำเสีย 3 ระดับ ได้แก่ 0.10, 0.15 และ 0.20 เมตร พบว่า หญ้าแฝกพันธุ์สุราษฎร์ธานี ที่มีระดับความลึกน้ำเสีย 0.10 เมตร มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการกำจัดโครเมียม สามารถกำจัด โครเมียมได้ 89.29 เปอร์เซ็นต์

Cull *et al.* (2000) ศึกษาความทนทานต่อยาปราบศัตรูพืช คือ Atrazine และ Diural ของ หญ้าแฝกลุ่ม และอ้อ ในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นในประเทศออสเตรเลีย โดยมีระดับความเข้มข้นของ Atrazine และ Diural ที่ 0, 20, 200 และ 2,000 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ พบว่า หญ้าแฝกลุ่ม สามารถเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น และมีความทนทานต่อ Atrazine และ Diural ที่ ระดับความเข้มข้นได้สูงถึง 2,000 ไมโครกรัมต่อลิตร

อุปกรณ์และวิธีการ

เตรียมแปลงทดลองขนาด 8×33 เมตร ลึก 50 เซนติเมตร มีความลาดชันจากหัวแปลงถึงท้ายแปลง ประมาณ 10 องศาที่หัวแปลงมีท่อส่งน้ำที่ต่อมาจากบ่อกักน้ำนาุ้ง และทางระบายน้ำที่ท้ายแปลง วิเคราะห์คุณภาพดิน โดยเก็บตัวอย่างดินในแปลงทดลอง แบบสุ่มเก็บตัวอย่างทั่วทั้งแปลง นำดินที่ได้ผสมรวมกัน แล้วนำไปวิเคราะห์ คุณภาพดินนาุ้งก่อนการบำบัดด้วยหญ้าแฝก พบว่า มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 6.9 การแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchange Capacity, CEC) มีค่าเท่ากับ 30 มิลลิอีควาเลนต์ต่อร้อยกรัม อินทรีย์วัตถุ (organic matter) มีค่า 0.55 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) มีค่า 24.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total K) มีค่า 292 มิลลิกรัมต่อลิตร โซเดียม (Na) มีค่าเท่ากับ 23 มิลลิอีควาเลนต์ต่อลิตร แคลเซียม (Ca) มีค่าเท่ากับ 19.45 มิลลิอีควาเลนต์ต่อลิตร ไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) มีค่าเท่ากับ 1.75 มิลลิอีควาเลนต์ต่อลิตร ซัลเฟต (SO_4^{2-}) มีค่าเท่ากับ 40 มิลลิอีควาเลนต์ต่อลิตร และ คลอไรด์ (Cl^-) มีค่าเท่ากับ 20 มิลลิอีควาเลนต์ต่อลิตร

1. เปรียบเทียบการเจริญเติบโต และการดูดธาตุอาหารของหญ้าแฝก

1.1 ศึกษาการเจริญเติบโตของหญ้าแฝก

ปลูกหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน แหล่งพันธุ์ศรีลังกา แหล่งพันธุ์สงขลา 3 และแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี ในแปลงทดลองที่ใส่น้ำทิ้งจากนาุ้ง ประมาณ 25-30 เซนติเมตรจากระดับพื้นดิน ปล่อยน้ำทิ้งไว้ในแปลง 7 วัน จากนั้นระบายน้ำออก ปล่อยแปลงทดลองทิ้งไว้ให้แห้ง 7 วัน จึงเติมน้ำทิ้งจากนาุ้งลงสู่แปลงทดลองใหม่อีกครั้งหนึ่ง วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยคัดเลือกหญ้าแฝกที่มาจากตอซังให้มีขนาดใกล้เคียงกัน ตัดความสูงของต้นให้เหลือ 30 เซนติเมตร นำหญ้าแฝกไปปลูกจำนวน 1 ต้นต่อหลุม

วัดการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างในลำดับที่ 8, 10, 12, 14 และ 16 ของการทดลอง แหล่งพันธุ์ละ 5 ต้น จากนั้นนำมาวัดความสูงต้น ความยาวราก และนับจำนวนต้นตอกอ นำหญ้าแฝกไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน จนน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักแห้งของหญ้าแฝกเพื่อหามวลชีวภาพต่อไป

1.2 ศึกษาการดูดธาตุอาหารของหญ้าแฝก

วิเคราะห์ธาตุอาหารพืชจากหญ้าแฝกสัปดาห์ที่ 12 และ 16 ของการทดลอง โดยแยก ส่วนต้นและราก นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน จนน้ำหนักคงที่ นำไปวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช ดังนี้

1.2.1 ไนโตรเจนทั้งหมด โดยวิธี Kjeldahl Method (Chapman and Pratt, 1978)

1.2.2 ฟอสฟอรัสทั้งหมด โดยวิธี Molybdo-vanadate yellow color method (Chapman and Pratt, 1978)

2. ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำทิ้งจากนาุ้งด้วยหญ้าแฝก

2.1 การปลูกหญ้าแฝกในแปลงบำบัดน้ำทิ้งจากนาุ้ง

ปลูกหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน แหล่งพันธุ์ศรีลังกา แหล่งพันธุ์สงขลา 3 และแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomize Completely Block Design (RCBD) ในแปลงทดลองที่ใส่น้ำทิ้งจากนาุ้ง โดยคัดเลือกหญ้าแฝก ที่มาจากตอซังให้มีขนาดใกล้เคียงกัน ตัดความสูงของต้นให้เหลือ 30 เซนติเมตร นำหญ้าแฝกไป ปลูกจำนวน 3 ต้นต่อหลุม โดยแบ่งแปลงปลูกของแต่ละแหล่งพันธุ์เป็น 4 แปลงย่อย มีความยาว แปลงย่อยละ 6 เมตร กว้าง 2 เมตร มีช่องว่างระหว่างแปลง 20 เซนติเมตร ปลูกหญ้าแฝกแบบ สลับ มีระยะระหว่างต้น 15×15 เซนติเมตร โดยแถวคู่มี 14 หลุม แถวคี่ 13 หลุม (ภาพที่ 1) อนุบาลกล้าแฝกที่ปลูกลงในแปลงทดลองโดยรดน้ำจากคลองธรรมชาติลงแปลงทดลองก่อนที่จะใส่น้ำทิ้งจากนาุ้งเป็นเวลา 8 สัปดาห์ เพื่อให้แฝกปรับสภาพ และเจริญเติบโตในระยะที่จะนำไปใช้ทดสอบการบำบัดน้ำเสีย

2.2 การบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสีย ใช้เครื่องสูบน้ำจากบ่อกักน้ำนาุ้งเข้าสู่แปลงทดลอง โดยปล่อยน้ำ ให้ไหลมาลงทางหัวแปลงทดลอง ให้น้ำระบายและไหลไปยังท้ายแปลงจนน้ำได้ระดับประมาณ 25-30 เซนติเมตรจากระดับพื้นดิน ปล่อยน้ำทิ้งไว้ในแปลง 7 วัน จากนั้นระบายน้ำออก ปล่อย

แปลงทดลองทิ้งไว้ให้แห้ง 7 วัน จึงเติมน้ำที่น้ำกึ่งลงสู่แปลงทดลองใหม่อีกครั้งหนึ่ง ทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้ง

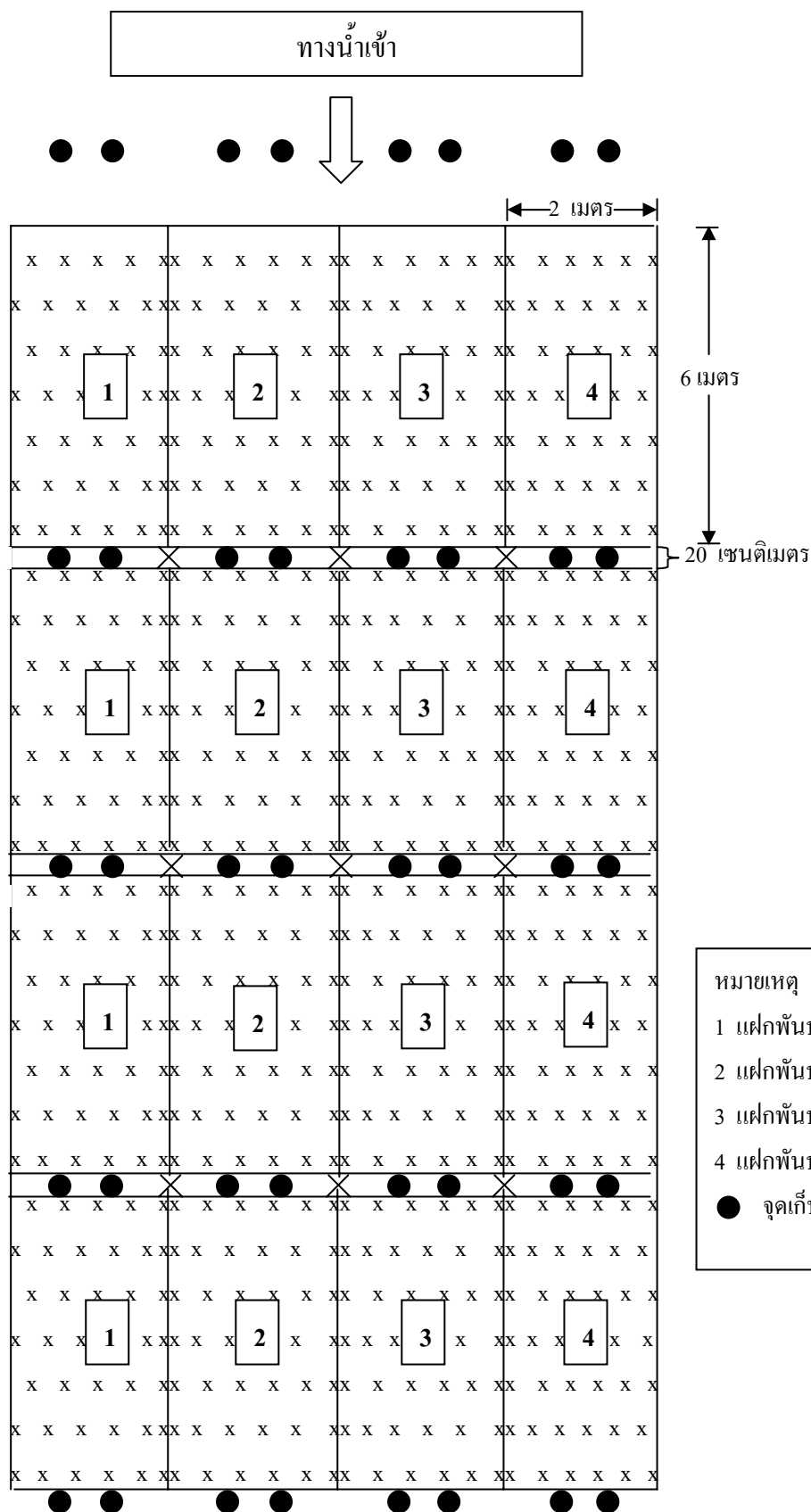
2.3 จุดเก็บตัวอย่างน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำแบบสุ่มเก็บ โดยเก็บน้ำเริ่มต้นก่อนใส่แปลงปลูกแฝก 2 จุด ซึ่งเป็นน้ำก่อนบำบัด จากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำภายหลังใส่น้ำที่น้ำกึ่งเป็นเวลา 7 วัน เก็บตัวอย่างน้ำบริเวณหัวแปลง ท้ายแปลงที่ 1 (6 เมตร จากหัวแปลง) ท้ายแปลงที่ 2 (12 เมตร จากหัวแปลง) ท้ายแปลงที่ 3 (18 เมตร จากหัวแปลง) และท้ายแปลงที่ 4 (24 เมตร จากหัวแปลง) โดยเก็บตัวอย่างน้ำแปลงย่อยละ 2 จุด จำนวนแปลงปลูกทั้งหมด 16 แปลง รวมเป็นจุดเก็บตัวอย่างน้ำทั้งหมด 40 จุด เก็บตัวอย่างน้ำในสัปดาห์ที่ 8, 10, 12, 14 และ 16 ของการทดลอง ดังแสดงในผังการทดลอง (ภาพที่ 1)

2.4 วิเคราะห์คุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย

การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำก่อนและหลังการบำบัด ดำเนินการตามที่อธิบายไว้ใน Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA and WEF, 2005) โดยวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ดังนี้

- 2.4.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยเครื่อง pH meter
- 2.4.2 Biochemical Oxygen Demand (BOD) โดยวิธี Five-Day BOD Method
- 2.4.3 ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) โดยเครื่อง Dissolved Oxygen meter
- 2.4.4 อุณหภูมิ โดยเทอร์โมมิเตอร์
- 2.4.5 ความนำไฟฟ้าโดยเครื่อง HANNA รุ่น HI9835
- 2.4.6 ความเค็ม โดยเครื่องวัด Conductivity meter
- 2.4.7 ไนโตรเจนทั้งหมด โดยวิธี Kjeldahl Method
- 2.4.8 ฟอสฟอรัสทั้งหมด โดยวิธี Ascorbic Acid
- 2.4.9 ไนไตรต์ โดยเครื่อง Spectrophotometer
- 2.4.10 ไนเตรต โดยเครื่อง Spectrophotometer
- 2.4.11 ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Total Suspended Solid)



ภาพที่ 1 แผนผังการปลูกหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ และจุดเก็บตัวอย่างน้ำ

2.4.12 ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids) โดยเครื่อง HANNA รุ่น HI9835

2.4.13 ความขุ่น (Turbidity) โดยเครื่อง Spectrophotometer

2.4.14 Fe^{+2} , Cu, SO_4^{-2} และ Cr^{+6} โดยเครื่อง Spectrophotometer

การคำนวณประสิทธิภาพการบำบัด ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพการบำบัด (\%)} = \left[\frac{\text{คุณภาพน้ำก่อนบำบัด - หลังบำบัด}}{\text{คุณภาพน้ำก่อนบำบัด}} \right] \times 100$$

3. วิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลลักษณะต่างๆ ที่ได้จากการรวบรวมมาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย Duncan' s Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ IRRISTAT

ผลและวิจารณ์

ผล

1. เปรียบเทียบการเจริญเติบโตและการดูดซับปริมาณธาตุอาหารของหญ้าแฝก

จากการปลูกหญ้าแฝกในน้ำทิ้งนาทุ่ง ตำบลบางระกำ อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโต การดูดซับธาตุอาหารของหญ้าแฝกลุ่ม 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน แหล่งพันธุ์ศรีลังกา แหล่งพันธุ์สงขลา 3 และแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี ได้ผลดังนี้

1.1 การเจริญเติบโตของหญ้าแฝก

จากการปลูกหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน แหล่งพันธุ์ศรีลังกา แหล่งพันธุ์สงขลา 3 และแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี ในน้ำทิ้งนาทุ่ง โดยวัดการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ ในสัปดาห์ที่ 8, 10, 12, 14 และ 16 ของการทดลอง ได้ผลดังนี้

1) ความสูงต้น (เซนติเมตร)

ความสูงของหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ ในสัปดาห์ที่ 8-12 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 8 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีแนวโน้มให้ค่าความสูงต้นเฉลี่ย 98.60 เซนติเมตร ซึ่งสูงกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 (97.80 เซนติเมตร) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา (97.20 เซนติเมตร) และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี (95.80 เซนติเมตร) ตามลำดับ สัปดาห์ที่ 10 และ 12 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีแนวโน้มให้ค่าความสูงมากกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น โดยมีค่าเท่ากับ 110.00 และ 121.80 เซนติเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 2 และตารางผนวกที่ 1)

สัปดาห์ที่ 14 และ 16 ความสูงของหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์ ในสัปดาห์ที่ 14 ความสูงของหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์

สุราษฎร์ธานี (136.80 เซนติเมตร) และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 (133.00 เซนติเมตร) มีค่าสูงและแตกต่างจากหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน (126.40 เซนติเมตร) และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา (122.40 เซนติเมตร) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ส่วนสัปดาห์ที่ 16 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีความสูงมากที่สุด (150.00 เซนติเมตร) เมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น ในขณะที่หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกามีความสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 140.00, 138.60 และ 138.40 เซนติเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 2 และตารางผนวกที่ 1)

2) ความยาวราก (เซนติเมตร)

ความยาวรากของหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ ในสัปดาห์ที่ 8, 12, 14 และ 16 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 8 และ 16 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีแนวโน้มให้ค่าความยาวรากมากกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น โดยมีค่าเท่ากับ 16.40 และ 44.00 เซนติเมตร ตามลำดับ สัปดาห์ที่ 12 และ 14 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 มีแนวโน้มให้ค่าความยาวรากมากกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น โดยมีค่าเท่ากับ 31.80 และ 39.40 เซนติเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 2 และตารางผนวกที่ 2)

ส่วนในสัปดาห์ที่ 10 ความยาวรากของหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์ โดยหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีความยาวรากเฉลี่ย เท่ากับ 24.60, 22.20 และ 22.00 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา ซึ่งมีค่าความยาวรากเฉลี่ยน้อยสุด เท่ากับ 18.20 เซนติเมตร (ภาพที่ 2 และตารางผนวกที่ 2)

3) จำนวนหน่อ (หน่อตอก)

การแตกหน่อของหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ ในสัปดาห์ที่ 8, 14 และ 16 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 8 และ 16 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีแนวโน้มให้ค่าจำนวนหน่อมากกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.2 และ 20.6 หน่อตอก ตามลำดับ ส่วนสัปดาห์ที่ 14 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 มีจำนวนหน่อ เท่ากับ

16.6 หน่วยต่อกอ ซึ่งมีแนวโน้มให้ค่าจำนวนหน่อมากกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น (ภาพที่ 2 และตารางผนวกที่ 3)

ส่วนในสัปดาห์ที่ 10 และ 12 จำนวนหน่อของหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์ โดยหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีจำนวนหน่อมากกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 7.6 และ 15.8 หน่วยต่อกอ ตามลำดับ (ภาพที่ 2 และตารางผนวกที่ 3)

4) น้ำหนักต้น (กรัมต่อกอ)

น้ำหนักต้นของหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ ในสัปดาห์ที่ 8, 12 และ 14 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยในสัปดาห์ที่ 8 และ 14 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีแนวโน้มให้ค่าน้ำหนักต้นมากกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 18.51 และ 79.81 กรัมต่อกอ ตามลำดับ ส่วนในสัปดาห์ที่ 12 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 มีค่าน้ำหนักต้น เท่ากับ 54.53 กรัมต่อกอ ซึ่งมีแนวโน้มให้ค่าน้ำหนักต้นมากกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่นที่ใช้ในการทดลอง (ภาพที่ 2 และตารางผนวกที่ 4)

สัปดาห์ที่ 10 และ 16 น้ำหนักต้นของหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยสัปดาห์ที่ 10 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักต้นสูง เท่ากับ 31.51, 30.47 และ 29.35 กรัมต่อกอ ตามลำดับ โดยมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ กับหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 ซึ่งมีน้ำหนักต้นเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 29.05 กรัมต่อกอ ส่วนสัปดาห์ที่ 16 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีค่าน้ำหนักต้นเฉลี่ย เท่ากับ 93.55 และ 85.66 กรัมต่อกอ ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 (82.65 กรัมต่อกอ) และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา (80.67 กรัมต่อกอ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 2 และตารางผนวกที่ 4)

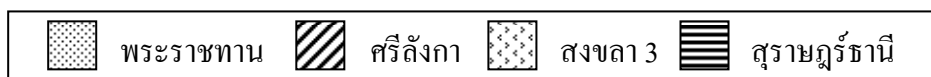
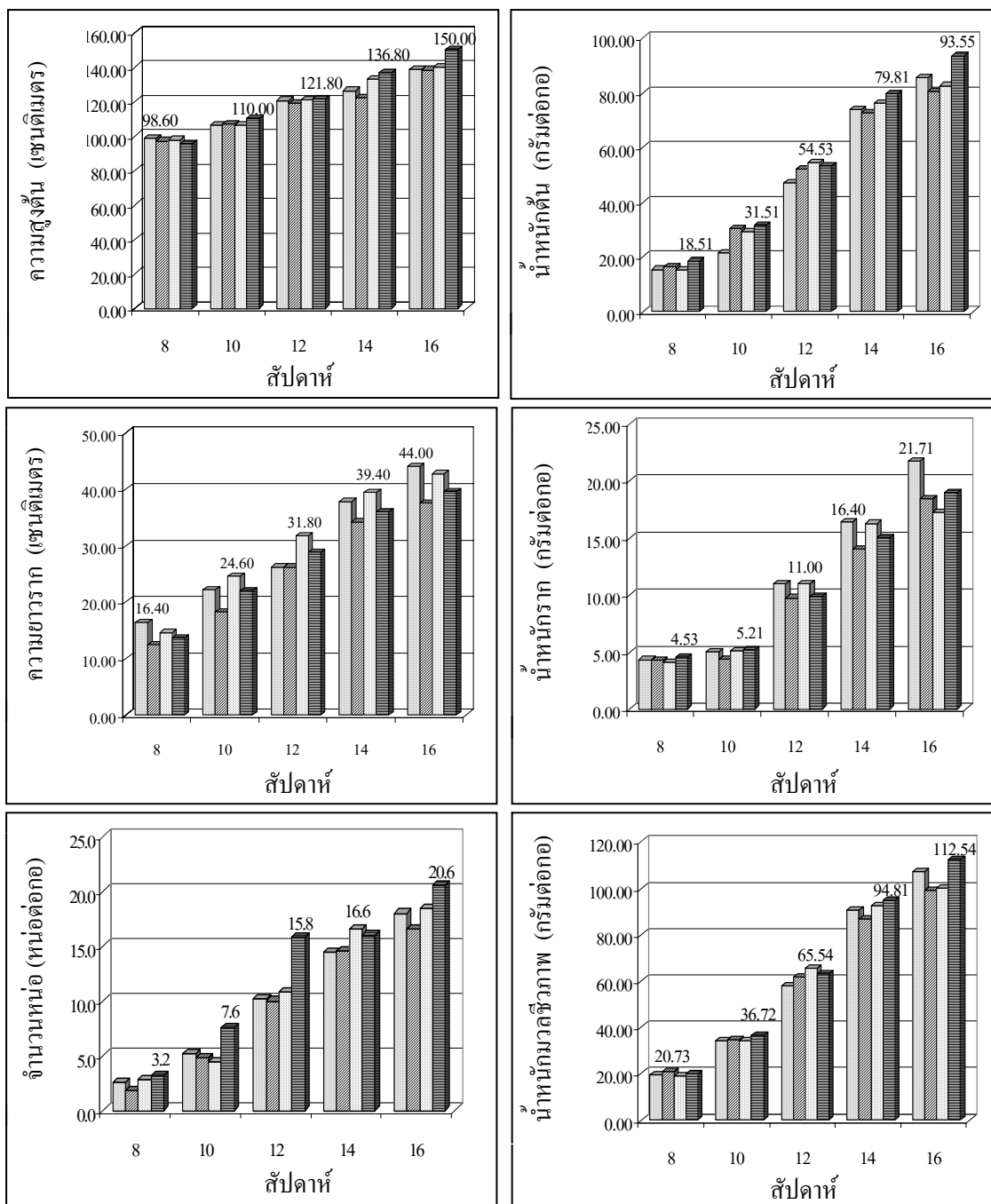
5) น้ำหนักราก (กรัมต่อนอก)

น้ำหนักรากของหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ ในสัปดาห์ที่ 8-16 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 8 และ 10 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีแนวโน้มให้น้ำหนักรากเฉลี่ยมากกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 4.53 และ 5.21 กรัมต่อนอก ตามลำดับ สัปดาห์ที่ 12 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 มีน้ำหนักรากเฉลี่ยมากกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น โดยมีค่าเท่ากับ 11.00 กรัมต่อนอก ส่วนสัปดาห์ที่ 14 และ 16 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีแนวโน้มให้น้ำหนักรากเฉลี่ยมากกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา แหล่งพันธุ์สงขลา 3 และแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี โดยมีค่าเท่ากับ 16.40 และ 21.71 กรัมต่อนอก ตามลำดับ (ภาพที่ 2 และตารางผนวกที่ 5)

6) มวลชีวภาพ (กรัมต่อนอก)

มวลชีวภาพของหญ้าแฝกทั้ง 4 สัปดาห์ ในสัปดาห์ที่ 8-14 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 8 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา มีแนวโน้มให้ค่ามวลชีวภาพเฉลี่ยมากกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น โดยมีค่าเท่ากับ 20.73 กรัมต่อนอก ในสัปดาห์ที่ 10 และ 14 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีมวลชีวภาพเฉลี่ยมากกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน แหล่งพันธุ์ศรีลังกา และแหล่งพันธุ์สงขลา 3 โดยมีค่าเท่ากับ 36.72 และ 94.81 กรัมต่อนอก ตามลำดับ ส่วนสัปดาห์ที่ 12 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 มีมวลชีวภาพเฉลี่ยเท่ากับ 65.54 กรัมต่อนอก ซึ่งมีแนวโน้มให้ค่ามากกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น (ภาพที่ 2 และตารางผนวกที่ 6)

ในสัปดาห์ที่ 16 มวลชีวภาพของหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีน้ำหนักมวลชีวภาพเฉลี่ยเท่ากับ 112.54 และ 107.36 กรัมต่อนอก ตามลำดับ โดยมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา ซึ่งมีค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพเท่ากับ 99.87 และ 99.12 กรัมต่อนอก ตามลำดับ (ภาพที่ 2 และตารางผนวกที่ 6)



ภาพที่ 2 ความสูงต้น (เซนติเมตร) ความยาวราก (เซนติเมตร) จำนวนหน่อ (หน่อต่อน้ำ) น้ำหนักราก (กรัมต่อน้ำ) น้ำหนักราก (กรัมต่อน้ำ) และน้ำหนักรากชีวภาพ (กรัมต่อน้ำ) ของหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ที่ปลูกในน้ำทิ้งนาทุ่ง

1.2 การดูดซับธาตุอาหาร

การดูดซับธาตุอาหารของหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน แหล่งพันธุ์ศรีลังกา แหล่งพันธุ์สงขลา 3 และแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี ในน้ำทิ้งนาทุ่ง โดยวัดผลในสัปดาห์ที่ 12 และ 16 ของการทดลอง ได้ผลดังนี้

1) เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน

สัปดาห์ที่ 12 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนของดินและรากหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยในดินมีค่าอยู่ระหว่าง 0.79–0.88 เปอร์เซ็นต์ หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีแนวโน้มให้ค่าเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในดินสูงสุด มีค่าเท่ากับ 0.88 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในรากมีค่าอยู่ระหว่าง 0.68–0.74 เปอร์เซ็นต์ หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีแนวโน้มให้ค่าเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในรากสูงสุด มีค่าเท่ากับ 0.74 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 3 และตารางผนวกที่ 7)

สัปดาห์ที่ 16 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในดินหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในดินสูงกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น โดยมีค่าเท่ากับ 0.80 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา ได้แก่ หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีค่าเท่ากับ 0.74, 0.69 และ 0.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในรากของหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.58–0.69 เปอร์เซ็นต์ หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีแนวโน้มให้ค่าเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในรากสูงกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น โดยมีค่าเท่ากับ 0.69 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 3 และตารางผนวกที่ 7)

2) ปริมาณไนโตรเจน

สัปดาห์ที่ 12 ปริมาณไนโตรเจนของดินและรากหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยในดินมีค่าอยู่ในช่วง 414.58 - 452.54 มิลลิกรัมต่อดิน หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีแนวโน้มให้ค่าปริมาณไนโตรเจนในดินสูงสุด มีค่าเท่ากับ 452.54 มิลลิกรัมต่อดิน ส่วนปริมาณไนโตรเจนในรากมีค่าอยู่ในช่วง 71.79 - 77.83 มิลลิกรัม

ต่อต้าน หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีแนวโน้มให้ค่าปริมาณไนโตรเจนในรากสูงสุด มีค่าเท่ากับ 77.83 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 3 และตารางผนวกที่ 7)

สัปดาห์ที่ 16 ปริมาณไนโตรเจนในต้นหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 692.24 และ 630.47 มิลลิกรัมต่อต้น ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจน เท่ากับ 592.46 และ 570.58 มิลลิกรัมต่อต้น ตามลำดับ ส่วนปริมาณไนโตรเจนในรากหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 100.75 – 150.42 มิลลิกรัมต่อต้น หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีแนวโน้มให้ค่าปริมาณไนโตรเจนในรากสูงกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 150.42 มิลลิกรัมต่อต้น (ภาพที่ 3 และตารางผนวกที่ 7)

3) เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัส

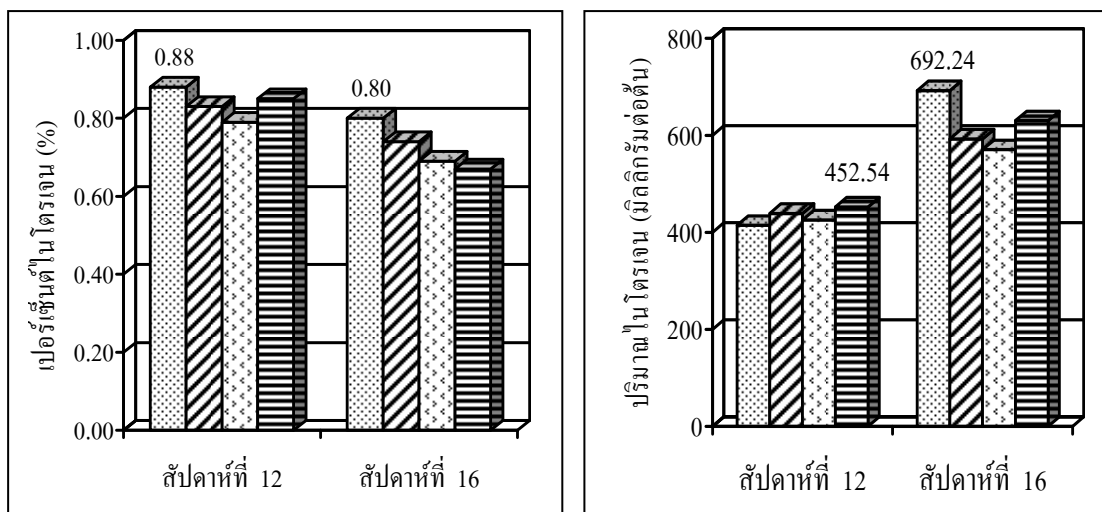
สัปดาห์ที่ 12 เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสของต้นและรากหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยในต้นมีค่าอยู่ระหว่าง 0.117 - 0.139 เปอร์เซ็นต์ ในรากมีค่าอยู่ระหว่าง 0.141 - 0.165 เปอร์เซ็นต์ หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 มีแนวโน้มให้ค่าเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในต้นและรากสูงสุด มีค่าเท่ากับ 0.139 และ 0.165 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4 และตารางผนวกที่ 8)

สัปดาห์ที่ 16 เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสของต้นและรากหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในต้นมีค่าระหว่าง 0.106 - 0.128 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในรากมีค่าระหว่าง 0.122 - 0.148 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 มีแนวโน้มให้ค่าเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในต้นและรากสูงกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 0.128 และ 0.148 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4 และตารางผนวกที่ 8)

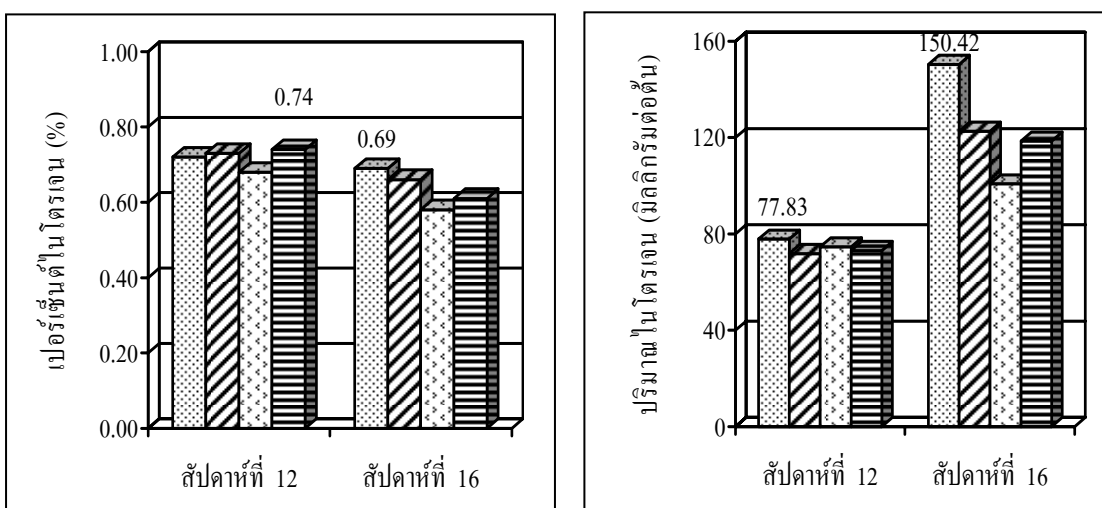
4) ปริมาณฟอสฟอรัส

สัปดาห์ที่ 12 ปริมาณฟอสฟอรัสของดินและรากหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยในดินมีค่าอยู่ระหว่าง 55.282 - 76.512 มิลลิกรัมต่อดิน ในรากมีค่าอยู่ระหว่าง 13.894 - 18.158 มิลลิกรัมต่อดิน หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 มีแนวโน้มให้ค่าปริมาณฟอสฟอรัสในดินและรากสูงสุด มีค่าเท่ากับ 76.512 และ 18.158 มิลลิกรัมต่อดินตามลำดับ (ภาพที่ 4 และตารางผนวกที่ 8)

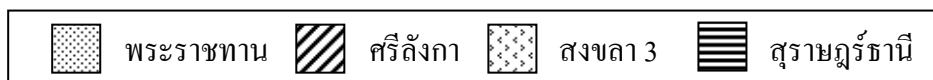
สัปดาห์ที่ 16 ปริมาณฟอสฟอรัสของดินและรากหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยปริมาณฟอสฟอรัสในดินมีค่าระหว่าง 87.284 – 106.125 มิลลิกรัมต่อดิน หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 มีแนวโน้มให้ค่าปริมาณฟอสฟอรัสในดินสูงกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 106.125 มิลลิกรัมต่อดิน ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสในรากมีค่าระหว่าง 22.505 – 28.637 มิลลิกรัมต่อดิน หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีแนวโน้มให้ค่าปริมาณฟอสฟอรัสในรากสูงกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 28.637 มิลลิกรัมต่อลิตร (ภาพที่ 4 และตารางผนวกที่ 8)



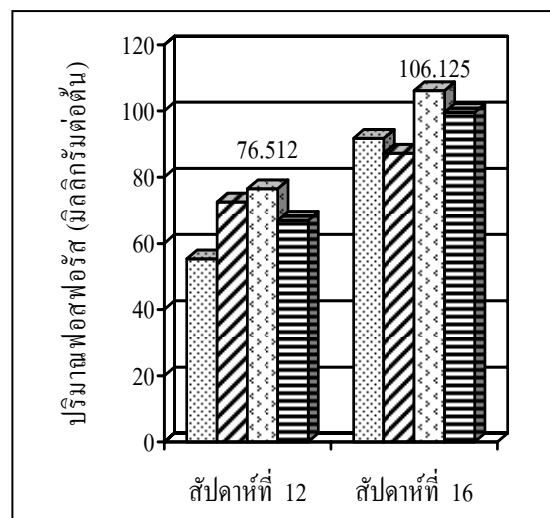
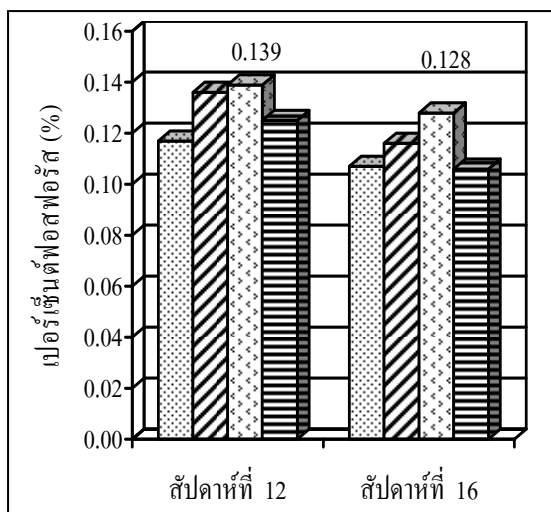
ต้นหญ้าแฝก



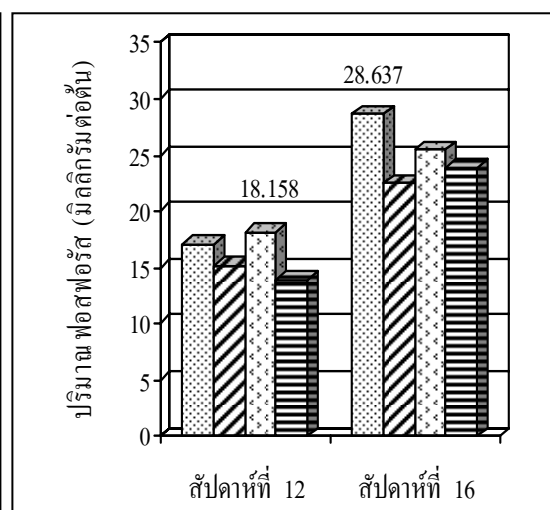
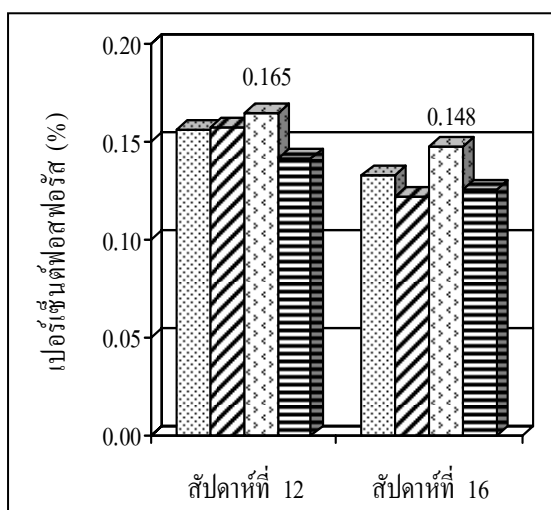
รากหญ้าแฝก



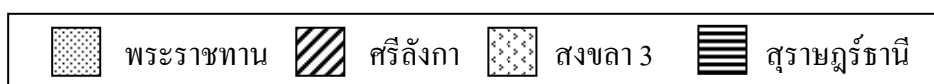
ภาพที่ 3 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (%) และปริมาณไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อต้น) สัปดาห์ที่ 12 และ 16 ในต้นและรากของหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ที่เจริญเติบโตในน้ำที่นกกุ้ง



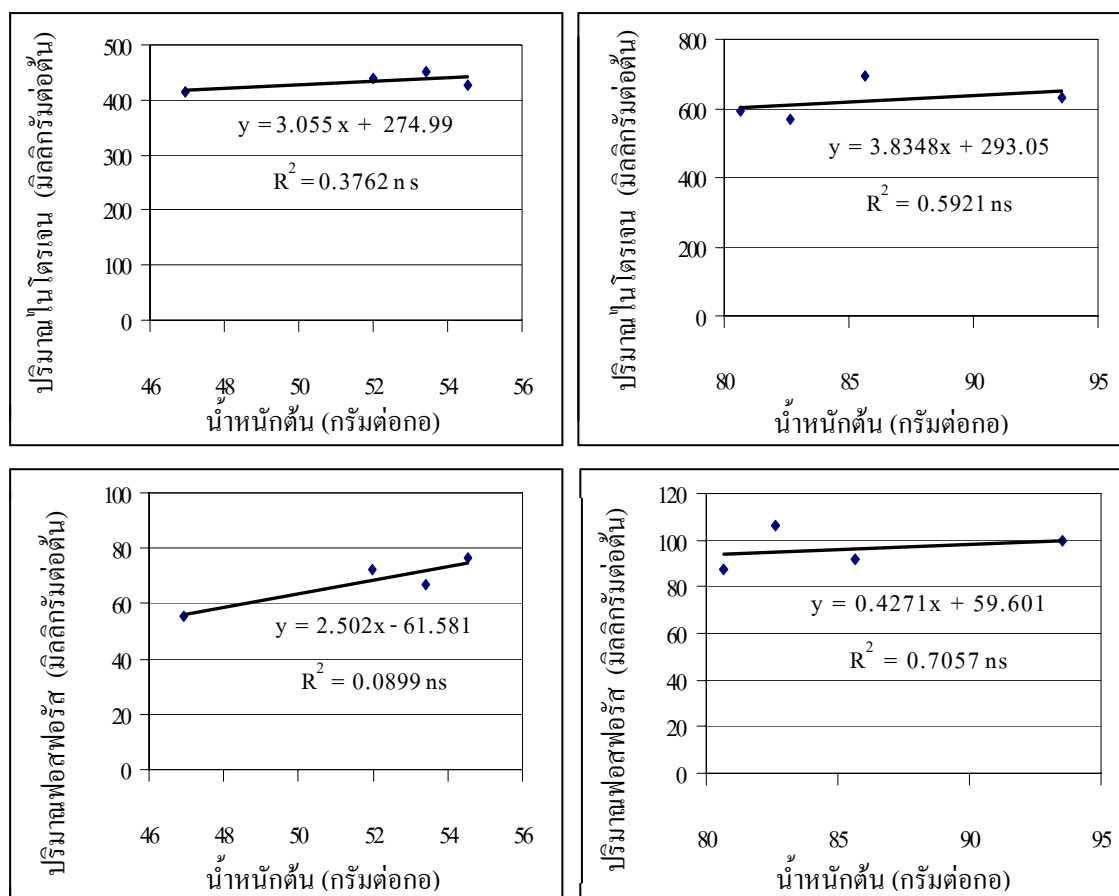
ต้นหญ้าแฝก



รากหญ้าแฝก



ภาพที่ 4 เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัส (%) และปริมาณฟอสฟอรัส (มิลลิกรัมต่อต้น) สัปดาห์ที่ 12 และ 16 ในดินและรากของหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ที่เจริญเติบโตในน้ำที่นากุ้ง



สับดาห์ที่ 12

สับดาห์ที่ 16

ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ สมการรีเกรชันเส้นตรง และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ระหว่างน้ำหนักต้นกับปริมาณไนโตรเจน และปริมาณฟอสฟอรัส ในหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำทิ้งนาทุ่ง สับดาห์ที่ 12 และ 16 ของการทดลอง

สับดาห์ที่ 12 และ 16 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักต้นหญ้าแฝกกับปริมาณไนโตรเจนสะสมในต้นหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำทิ้งนาทุ่ง พบว่า ปัจจัยทั้งสองมีปฏิสัมพันธ์ต่อกันทางบวก กล่าวคือ เมื่อน้ำหนักต้นเพิ่มมากขึ้น การสะสมของไนโตรเจนในต้นจะเพิ่มขึ้น ในขณะที่สหสัมพันธ์ (R^2) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) มีค่าเท่ากับ 0.3762 และ 0.5921 ตามลำดับ (ภาพที่ 5)

ในสับดาห์ที่ 12 และ 16 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักต้นหญ้าแฝกกับปริมาณฟอสฟอรัสสะสมในต้นหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำทิ้งนาทุ่ง พบว่า ปัจจัยทั้งสองมีปฏิสัมพันธ์ต่อกันทางบวก กล่าวคือ เมื่อน้ำหนักต้นเพิ่มมากขึ้น การสะสมของฟอสฟอรัสในต้นจะเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าสหสัมพันธ์ (R^2) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) มีค่าเท่ากับ 0.0899 และ 0.7057 ตามลำดับ (ภาพที่ 5)

2. คุณภาพและประสิทธิภาพการบำบัดน้ำทิ้งน้ำกึ่งด้วยแปลงหญ้าแฝก

การใช้หญ้าแฝกลุ่ม 4 แหล่งพันธุ์ คือ แหล่งพันธุ์พระราชทาน แหล่งพันธุ์ศรีลังกา แหล่งพันธุ์สงขลา 3 และแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี บำบัดน้ำทิ้งน้ำกึ่ง ตำบลบางระกำ อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม ในช่วงเดือนเมษายน - เดือนมิถุนายน โดยวิธีระบายน้ำทิ้งน้ำกึ่งจากบ่อพักน้ำเข้าสู่แปลงทดลอง จนได้ระดับประมาณ 25-30 เซนติเมตร จากพื้นดิน ชั่งน้ำไว้ในแปลง 7 วันเก็บตัวอย่างน้ำที่ระยะการบำบัด 0, 6, 12, 18 และ 24 เมตร หลังจากนั้นระบายน้ำออกและปล่อยแปลงทิ้งให้แห้ง 7 วัน โดยเก็บตัวอย่างน้ำในสัปดาห์ที่ 8, 10, 12, 14 และ 16 ของการทดลอง นำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ได้ผลดังนี้

2.1 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิของน้ำทิ้งน้ำกึ่ง สัปดาห์ที่ 8 - 16 ของการทดลอง ในช่วงเดือนเมษายน-เดือนมิถุนายน มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 32-35 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 2-6)

2.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำทิ้งน้ำกึ่งก่อนการบำบัดในสัปดาห์ที่ 8, 10, 12, 14 และ 16 ของการทดลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.53, 8.43, 8.25, 8.70 และ 8.84 ตามลำดับ ภายหลังจากการบำบัดด้วยแปลงหญ้าแฝกโดยปล่อยน้ำทิ้ง 7 วัน ค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำทิ้งน้ำกึ่งลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำทิ้งก่อนบำบัด (ตารางที่ 2-6)

สัปดาห์ที่ 8 ค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำทิ้งน้ำกึ่งภายหลังจากการบำบัดด้วยหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าลดลงไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีแนวโน้มทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 8.20 (ตารางที่ 2)

สัปดาห์ที่ 10 ค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำทิ้งน้ำกึ่งภายหลังจากการบำบัดด้วยหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำทิ้งน้ำกึ่งลดลงได้ดี มีค่าเท่ากับ 8.35 รองลงมาคือ

หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 โดยมีค่าเท่ากับ 8.37, 8.39 และ 8.46 ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

สัปดาห์ที่ 12 และ 14 ค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำทิ้งนากุ้งภายหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยสัปดาห์ที่ 12 การใช้หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงได้ดีแตกต่างกับการใช้หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่นที่ใช้ในการทดลอง โดยมีค่าเท่ากับ 7.81 ส่วนสัปดาห์ที่ 14 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น โดยมีค่าเท่ากัน คือ 8.54 (ตารางที่ 4-5)

ส่วนสัปดาห์ที่ 16 ค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำทิ้งนากุ้งที่ผ่านการบำบัดด้วยหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) การใช้หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างในน้ำทิ้งนากุ้ง มีค่าเท่ากันคือ 8.69 ซึ่งมีแนวโน้มให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงมากกว่าการใช้หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี (ตารางที่ 6)

2.3 ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)

ในสัปดาห์ที่ 8, 10, 12, 14 และ 16 ค่าไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำทิ้งนากุ้งก่อนการบำบัด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.40, 8.40, 10.64, 6.72 และ 6.72 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ภายหลังการบำบัด พบว่า ค่าไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำทิ้งก่อนบำบัด (ตารางที่ 2-6)

สัปดาห์ที่ 8 ค่าไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำทิ้งนากุ้งภายหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน ทำให้ค่าไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงได้มากกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น โดยมีค่าเท่ากับ 5.21 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งแตกต่างกับหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา (5.43 มิลลิกรัมต่อลิตร) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 (5.54 มิลลิกรัมต่อลิตร) และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี (5.77 มิลลิกรัมต่อลิตร) ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

สัปดาห์ที่ 10 ค่าไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำทิ้งนากุ้งภายหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 ทำให้ค่าไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงได้ดีไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 5.10, 5.15 และ 5.26 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในขณะที่มีค่าแตกต่างกับหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา (5.82 มิลลิกรัมต่อลิตร) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3)

สัปดาห์ที่ 12, 14 และ 16 ค่าไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำทิ้งนากุ้งภายหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าลดลงไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยสัปดาห์ที่ 12 น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดด้วยแปลงหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทานและแหล่งพันธุ์ศรีลังกา มีแนวโน้มทำให้ค่าไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น โดยมีค่าเท่ากับ 6.27 มิลลิกรัมต่อลิตร ในสัปดาห์ที่ 14 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีแนวโน้มให้ค่าไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 3.92 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนสัปดาห์ที่ 16 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีแนวโน้มให้ค่าไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 3.81 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4-6)

ประสิทธิภาพการลดค่าไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำทิ้งนากุ้ง พบว่า ในสัปดาห์ที่ 8, 10 และ 14 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีประสิทธิภาพการลดค่าไนโตรเจนทั้งหมดได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 38.00, 39.33 และ 41.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สัปดาห์ที่ 12 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทานและศรีลังกา มีประสิทธิภาพในการลดค่าไนโตรเจนทั้งหมดได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 41.05 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในสัปดาห์ที่ 16 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีประสิทธิภาพในการลดค่าไนโตรเจนทั้งหมดดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 43.33 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 6 และตารางผนวกที่ 9)

เมื่อเปรียบเทียบระยะทางการบำบัดน้ำทิ้งนากุ้งที่ระยะ 0, 6, 12, 18 และ 24 เมตร พบว่า ประสิทธิภาพการลดค่าไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำทิ้งนากุ้งของหญ้าแฝกเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ระยะ 24 เมตร ในทุกสัปดาห์ที่ทำการเก็บตัวอย่าง (ตารางผนวกที่ 9)

2.4 ไนเตรต (Nitrate, NO_3^-)

ในสัปดาห์ที่ 8, 10, 12, 14 และ 16 ค่าไนเตรตในน้ำตื้นน้ำกึ่งก่อนการบำบัด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.150, 0.120, 0.150, 0.180 และ 0.200 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ภายหลังการบำบัด พบว่า ค่าไนเตรตในน้ำตื้นน้ำกึ่งลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำตื้นก่อนบำบัด (ตารางที่ 2-6)

สัปดาห์ที่ 8-16 ค่าไนเตรตในน้ำตื้นน้ำกึ่งภายหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) น้ำตื้นน้ำกึ่งที่ผ่านการบำบัดด้วยหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา ในสัปดาห์ที่ 8, 10 และ 14 มีแนวโน้มให้ค่าไนเตรตต่ำกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น โดยมีค่าเท่ากับ 0.109, 0.077 และ 0.104 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนสัปดาห์ที่ 12 และ 16 น้ำตื้นน้ำกึ่งที่ผ่านการบำบัดด้วยหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีแนวโน้มให้ค่าไนเตรตต่ำกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น โดยมีค่าเท่ากับ 0.098 และ 0.113 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 2-6)

ประสิทธิภาพการลดค่าไนเตรตในน้ำตื้นน้ำกึ่ง พบว่า ในสัปดาห์ที่ 8, 10 และ 14 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา มีประสิทธิภาพการลดค่าไนเตรตได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 27.33, 35.23 และ 42.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในสัปดาห์ที่ 12 และ 16 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีประสิทธิภาพการลดค่าไนเตรตได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 34.67 และ 43.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 6 และตารางผนวกที่ 9)

เมื่อเปรียบเทียบระยะทางการบำบัดน้ำตื้นน้ำกึ่งที่ระยะ 0, 6, 12, 18 และ 24 เมตร พบว่า ประสิทธิภาพการลดค่าไนเตรตในน้ำตื้นน้ำกึ่งของหญ้าแฝกสูงสุดที่ระยะ 24 เมตร ในทุกสัปดาห์ที่ทำการเก็บตัวอย่าง (ตารางผนวกที่ 9)

2.5 ไนไตรต์ (Nitrite, NO_2^-)

ในสัปดาห์ที่ 8, 10, 12, 14 และ 16 ค่าไนไตรต์ในน้ำตื้นน้ำกึ่งก่อนการบำบัด มีค่าเท่ากับ 0.0074, 0.0063, 0.0072, 0.0325 และ 0.0321 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ภายหลังการบำบัด พบว่า ค่าไนไตรต์ในน้ำตื้นน้ำกึ่งลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำตื้นก่อนบำบัด (ตารางที่ 2-6)

ในสัปดาห์ที่ 8 ค่าไนไตรต์ในน้ำทิ้งนาุ้งภายหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี ทำให้ค่าไนไตรต์ในน้ำทิ้งนาุ้งลดลงได้สูง มีค่าเท่ากับ 0.0049 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือ หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 (0.0051 มิลลิกรัมต่อลิตร) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา (0.0053 มิลลิกรัมต่อลิตร) และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน (0.0054 มิลลิกรัมต่อลิตร) ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

สัปดาห์ที่ 10 ค่าไนไตรต์ในน้ำทิ้งนาุ้งภายหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน ทำให้ค่าไนไตรต์ลดลงได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 0.0040 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือ หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 (0.0042 มิลลิกรัมต่อลิตร) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี (0.0043 มิลลิกรัมต่อลิตร) และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา (0.0044 มิลลิกรัมต่อลิตร) ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

สัปดาห์ที่ 12 ค่าไนไตรต์ในน้ำทิ้งนาุ้งภายหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีแนวโน้มทำให้ค่าไนไตรต์ในน้ำทิ้งนาุ้งลดลงได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 0.0043 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 4)

สัปดาห์ที่ 14 ค่าไนไตรต์ในน้ำทิ้งนาุ้งภายหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี ทำให้ค่าไนไตรต์ในน้ำทิ้งนาุ้งลดลงได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 0.0153 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมาคือหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา (0.0161 มิลลิกรัมต่อลิตร) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน (0.0164 มิลลิกรัมต่อลิตร) และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 (0.0178 มิลลิกรัมต่อลิตร) ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ส่วนสัปดาห์ที่ 16 ค่าไนไตรต์ในน้ำทิ้งนาุ้งภายหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีแนวโน้มทำให้ค่าไนไตรต์ในน้ำทิ้งนาุ้งลดลงได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 0.0114 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 6)

ประสิทธิภาพการลดค่าไนโตรเจนในน้ำทิ้งนาุ้ง พบว่า ในสัปดาห์ที่ 8, 12 และ 14 หลุมปลูกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีประสิทธิภาพการลดค่าไนโตรเจนได้ดี มีค่าเท่ากับ 33.24, 40.83 และ 52.86 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในสัปดาห์ที่ 10 และ 16 หลุมปลูกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีประสิทธิภาพการลดค่าไนโตรเจนได้ดีกว่าหลุมปลูกพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 35.87 และ 64.42 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 6 และตารางผนวกที่ 9)

เมื่อเปรียบเทียบระยะทางการบำบัดน้ำทิ้งนาุ้งที่ระยะ 0, 6, 12, 18 และ 24 เมตร พบว่า ประสิทธิภาพการลดค่าไนโตรเจนในน้ำทิ้งนาุ้งของหลุมปลูกเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ระยะ 24 เมตร ในทุกสัปดาห์ที่ทำการเก็บตัวอย่าง (ตารางผนวกที่ 9)

2.6 ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus)

ในสัปดาห์ที่ 8, 10, 12, 14 และ 16 ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำทิ้งนาุ้งก่อนการบำบัด มีค่าเท่ากับ 0.175, 0.185, 0.168, 0.141 และ 0.115 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ภายหลังการบำบัด พบว่า ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำทิ้งนาุ้งลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำทิ้งก่อนบำบัด โดยสัปดาห์ที่ 8-16 ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ผ่านการบำบัดด้วยหลุมปลูกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 2-6)

สัปดาห์ที่ 8 หลุมปลูกแหล่งพันธุ์พระราชทาน หลุมปลูกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี และ หลุมปลูกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา ทำให้ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำทิ้งนาุ้งลดลงได้ดี มีค่าเท่ากับ 0.058, 0.059 และ 0.060 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับหลุมปลูกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 (0.073 มิลลิกรัมต่อลิตร) (ตารางที่ 2)

สัปดาห์ที่ 10 หลุมปลูกแหล่งพันธุ์พระราชทาน ทำให้ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำทิ้งนาุ้งลดลงได้ดี มีค่าเท่ากับ 0.060 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมา คือ หลุมปลูกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา (0.062 มิลลิกรัมต่อลิตร) หลุมปลูกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี (0.066 มิลลิกรัมต่อลิตร) และหลุมปลูกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 (0.067 มิลลิกรัมต่อลิตร) ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

สัปดาห์ที่ 12 หย้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน ทำให้ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำทิ้งนํ้ากึ่งลดลงได้ดี มีค่าเท่ากับ 0.042 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมา คือ หย้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 (0.043 มิลลิกรัมต่อลิตร) หย้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา (0.047 มิลลิกรัมต่อลิตร) และหย้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี (0.048 มิลลิกรัมต่อลิตร) ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

สัปดาห์ที่ 14 หย้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน ทำให้ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำทิ้งนํ้ากึ่งลดลงได้ดี มีค่าเท่ากับ 0.029 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมา คือ หย้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา (0.033 มิลลิกรัมต่อลิตร) หย้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี (0.035 มิลลิกรัมต่อลิตร) และหย้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 (0.041 มิลลิกรัมต่อลิตร) ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ส่วนสัปดาห์ที่ 16 หย้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน ทำให้ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำทิ้งนํ้ากึ่งลดลงได้ดีกว่าหย้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 0.016 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับหย้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 (0.017 มิลลิกรัมต่อลิตร) หย้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา (0.018 มิลลิกรัมต่อลิตร) และหย้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี (0.019 มิลลิกรัมต่อลิตร) ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

ประสิทธิภาพการลดค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำทิ้งนํ้ากึ่ง พบว่า ในสัปดาห์ที่ 8-16 หย้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีประสิทธิภาพการลดค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดได้ดีกว่าหย้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น โดยมีค่าเท่ากับ 66.65, 67.45, 74.70, 79.51 และ 86.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 6 และตารางผนวกที่ 10)

เมื่อเปรียบเทียบระยะทางการบำบัดน้ำทิ้งนํ้ากึ่งที่ระยะ 0, 6, 12, 18 และ 24 เมตร พบว่า ประสิทธิภาพการลดค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของหย้าแฝกเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ระยะ 24 เมตร ในทุกสัปดาห์ที่ทำการเก็บตัวอย่าง (ตารางผนวกที่ 10)

2.7 บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD)

ในสัปดาห์ที่ 8, 10, 12, 14 และ 16 ค่าบีโอดีในน้ำทิ้งนํ้ากึ่งก่อนการบำบัด มีค่าเท่ากับ 20.10, 17.40, 18.60, 18.20 และ 20.40 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ภายหลังการบำบัด พบว่าค่าบีโอดีในน้ำทิ้งนํ้ากึ่งลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำทิ้งก่อนบำบัด (ตารางที่ 2-6)

สัปดาห์ที่ 8 ค่าบีโอดีในน้ำทิ้งนากุ้งภายหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าลดลงไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) หญ้าแฝกสุราษฎร์ธานี มีแนวโน้มทำให้ค่าบีโอดีในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 11.30 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 2)

สัปดาห์ที่ 10 ค่าบีโอดีในน้ำทิ้งนากุ้งภายหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์มีค่าลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 ทำให้ค่าบีโอดีในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงได้ดี โดยมีค่าเท่ากับ 9.28, 9.33 และ 9.37 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แตกต่างกันทางสถิติกับหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี (10.36 มิลลิกรัมต่อลิตร) (ตารางที่ 3)

สัปดาห์ที่ 12 และ 14 ค่าบีโอดีในน้ำทิ้งนากุ้งภายหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์มีค่าลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ในสัปดาห์ที่ 12 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน ทำให้ค่าบีโอดีในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงได้ดี มีค่าเท่ากับ 8.11 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมา คือ หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา (8.74 มิลลิกรัมต่อลิตร) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 (9.27 มิลลิกรัมต่อลิตร) และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี (10.27 มิลลิกรัมต่อลิตร) ตามลำดับ ส่วนสัปดาห์ที่ 14 น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดด้วยหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 ทำให้ค่าบีโอดีในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงได้ดี มีค่าเท่ากับ 8.01 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมา คือ หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน (8.75 มิลลิกรัมต่อลิตร) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี (9.23 มิลลิกรัมต่อลิตร) และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา (9.98 มิลลิกรัมต่อลิตร) ตามลำดับ (ตารางที่ 4-5)

ส่วนสัปดาห์ที่ 16 ค่าบีโอดีในน้ำทิ้งนากุ้งภายหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าลดลงไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีแนวโน้มให้ค่าบีโอดีในน้ำทิ้งนากุ้งต่ำกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น เท่ากับ 8.59 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 6)

ประสิทธิภาพการลดค่าบีโอดีในน้ำทิ้งนากุ้ง พบว่า สัปดาห์ที่ 8 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีประสิทธิภาพการลดค่าบีโอดีได้ดี มีค่าเท่ากับ 43.78 มิลลิกรัมต่อลิตร ในสัปดาห์ที่ 10, 12 และ 16 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดีได้ดีที่สุด มีค่าเท่ากับ 46.65, 56.40 และ 57.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในสัปดาห์ที่ 14 หญ้าแฝก

แหล่งพันธุ์สงขลา 3 มีประสิทธิภาพการลดค่าบีโอดีได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 55.99 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 6 และตารางผนวกที่ 10)

เมื่อเปรียบเทียบระยะทางการบำบัดน้ำทิ้งนาุ้งที่ระยะ 0, 6, 12, 18 และ 24 เมตร พบว่า ประสิทธิภาพการลดค่าบีโอดีของหญ้าแฝกเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ระยะ 24 เมตร ในสัปดาห์ที่ 8, 10, 14 และ 16 ส่วนสัปดาห์ที่ 12 ระยะทางการบำบัดที่ 18 มีประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดีได้สูงกว่า ระยะทางการบำบัดอื่น ๆ (ตารางภาคผนวกที่ 10)

2.8 ออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen, DO)

ในสัปดาห์ที่ 8, 10, 12, 14 และ 16 ค่าออกซิเจนละลายน้ำในน้ำทิ้งนาุ้งก่อนการบำบัด มีค่าเท่ากับ 3.82, 3.52, 3.78, 4.05 และ 3.68 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ภายหลังการบำบัด พบว่า ค่าออกซิเจนละลายน้ำในน้ำทิ้งนาุ้งเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำทิ้งก่อนบำบัด โดยสัปดาห์ที่ 8-16 ค่าออกซิเจนละลายน้ำในน้ำทิ้งนาุ้งภายหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 2-6)

สัปดาห์ที่ 8 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี ทำให้ค่าออกซิเจนละลายน้ำในน้ำทิ้งนาุ้งเพิ่มขึ้นได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 4.66 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติกับหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน (4.61 มิลลิกรัมต่อลิตร) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา (4.61 มิลลิกรัมต่อลิตร) และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 (4.37 มิลลิกรัมต่อลิตร) ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

สัปดาห์ที่ 10 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 ทำให้ค่าออกซิเจนละลายน้ำเพิ่มขึ้นได้ดี มีค่าเท่ากับ 4.79, 4.68 และ 4.68 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แตกต่างทางสถิติกับหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี (4.48 มิลลิกรัมต่อลิตร) ซึ่งให้ค่าออกซิเจนละลายน้ำเพิ่มขึ้นน้อยกว่าหญ้าแฝกทั้ง 3 แหล่งพันธุ์ (ตารางที่ 3)

สัปดาห์ที่ 12 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา ทำให้ค่าออกซิเจนละลายน้ำเพิ่มขึ้นได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 5.23 และ 5.21 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

สัปดาห์ที่ 14 หย้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 หย้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี และ หย้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน ทำให้ค่าออกซิเจนละลายน้ำเพิ่มขึ้นได้ดี มีค่าเท่ากับ 6.03, 5.88 และ 5.81 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับหย้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา (5.62 มิลลิกรัมต่อลิตร) (ตารางที่ 5)

ส่วนสัปดาห์ที่ 16 หย้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน หย้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา และหย้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 ทำให้ค่าออกซิเจนละลายน้ำเพิ่มขึ้นได้ดี มีค่าเท่ากับ 5.76, 5.75 และ 5.56 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แตกต่างทางสถิติกับหย้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี (5.37 มิลลิกรัมต่อลิตร) ซึ่งเพิ่มค่าออกซิเจนละลายน้ำได้ต่ำสุด (ตารางที่ 6)

ประสิทธิภาพการเพิ่มค่าออกซิเจนละลายน้ำในน้ำทิ้งนาุ้ง พบว่า สัปดาห์ที่ 8 หย้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีประสิทธิภาพในการเพิ่มค่าออกซิเจนละลายน้ำได้ดี มีค่าเท่ากับ 17.94 เปอร์เซ็นต์ สัปดาห์ที่ 10 และ 16 หย้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีประสิทธิภาพในการเพิ่มค่าออกซิเจนละลายน้ำได้ดีกว่าหย้าแฝกทั้ง 3 แหล่งพันธุ์ มีค่าเท่ากับ 24.79 และ 35.92 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สัปดาห์ที่ 12 หย้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา มีประสิทธิภาพในการเพิ่มค่าออกซิเจนละลายน้ำได้ดี มีค่าเท่ากับ 26.50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสัปดาห์ที่ 14 หย้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 มีประสิทธิภาพในการเพิ่มค่าออกซิเจนละลายน้ำได้ดี มีค่าเท่ากับ 32.67 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 6 และตารางผนวกที่ 10)

เมื่อเปรียบเทียบระยะทางการบำบัดน้ำทิ้งนาุ้งที่ระยะ 0, 6, 12, 18 และ 24 เมตร พบว่า ประสิทธิภาพการเพิ่มค่าออกซิเจนละลายน้ำของหย้าแฝกเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ระยะ 24 เมตร ในสัปดาห์ที่ 10, 12, 14 และ 16 ส่วนสัปดาห์ที่ 8 ระยะทางการบำบัดที่ 18 มีประสิทธิภาพในการเพิ่มค่าออกซิเจนละลายน้ำได้สูงกว่าระยะทางการบำบัดอื่น ๆ (ตารางภาคผนวกที่ 10)

2.9 ค่าความเค็ม (Salinity)

ในสัปดาห์ที่ 8, 10, 12, 14 และ 16 ค่าความเค็มในน้ำทิ้งนาุ้งก่อนการบำบัด มีค่าเท่ากับ 4.80, 4.60, 4.00, 4.20 และ 4.30 ส่วนในพื้น ตามลำดับ ภายหลังการบำบัด พบว่า ค่าความเค็มในน้ำทิ้งนาุ้งลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำทิ้งก่อนบำบัด (ตารางที่ 2-6)

สัปดาห์ที่ 8-16 ค่าความเค็มในน้ำทิ้งนาุ้งภายหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยสัปดาห์ที่ 8, 10, 12 และ 16 น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดด้วยหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีแนวโน้มให้ค่าความเค็มต่ำกว่าการใช้หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 3.86, 3.78, 3.25 และ 3.51 ส่วนในพัน ตามลำดับ ส่วนในสัปดาห์ที่ 14 น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดด้วยหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีแนวโน้มให้ค่าความเค็ม เท่ากับ 3.19 ส่วนในพัน ซึ่งให้ค่าต่ำกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น (ตารางที่ 2-6)

ประสิทธิภาพการลดค่าความเค็มในน้ำทิ้งนาุ้ง พบว่า ในสัปดาห์ที่ 8, 10, 12 และ 16 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีประสิทธิภาพในการลดค่าความเค็มในน้ำทิ้งนาุ้งได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่นที่ใช้ในการทดลอง มีค่าเท่ากับ 19.58, 17.83, 18.75 และ 18.37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในสัปดาห์ที่ 14 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีประสิทธิภาพในการลดค่าความเค็มในน้ำทิ้งนาุ้งได้ดี เท่ากับ 24.05 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 7 และตารางผนวกที่ 11)

เมื่อเปรียบเทียบระยะทางการบำบัดน้ำทิ้งนาุ้งที่ระยะ 0, 6, 12, 18 และ 24 เมตร พบว่า ประสิทธิภาพการลดค่าความเค็มในน้ำทิ้งนาุ้งของหญ้าแฝกเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ระยะ 24 เมตร ในทุกสัปดาห์ที่ทำการเก็บตัวอย่าง (ตารางภาคผนวกที่ 11)

2.10 ค่าความนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity, EC)

ในสัปดาห์ที่ 8, 10, 12, 14 และ 16 ค่าความนำไฟฟ้าในน้ำทิ้งนาุ้งก่อนการบำบัด มีค่าเท่ากับ 11.58, 8.10, 6.59, 6.50 และ 7.40 mS/cm ตามลำดับ ภายหลังการบำบัด พบว่า ค่าความนำไฟฟ้าในน้ำทิ้งนาุ้งลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำทิ้งก่อนบำบัด (ตารางที่ 2-6)

สัปดาห์ที่ 8 และ 10 ค่าความนำไฟฟ้าในน้ำทิ้งนาุ้งภายหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 8 น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดด้วยหญ้าแฝกที่มีแนวโน้มให้ค่าความนำไฟฟ้าต่ำกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น คือ หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน (11.21 mS/cm) และสัปดาห์ที่ 10 ได้แก่ หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 (7.63 mS/cm) (ตารางที่ 2-3)

สัปดาห์ที่ 12-16 ค่าความนำไฟฟ้าในน้ำทิ้งนากุ้งภายหลังการบำบัดด้วย
 หญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ในสัปดาห์
 ที่ 12 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี ทำให้ค่าความนำไฟฟ้าในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงได้ดี มีค่า
 เท่ากับ 6.19 mS/cm ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติกับหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน (6.24 mS/cm)
 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 (6.24 mS/cm) และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา (6.27 mS/cm)
 ตามลำดับ สัปดาห์ที่ 14 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 ทำให้ค่าความนำไฟฟ้าในน้ำทิ้งนากุ้ง
 ลดลงได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 6.03 mS/cm ส่วนสัปดาห์ที่ 16 หญ้าแฝก
 แหล่งพันธุ์สงขลา 3 ทำให้ค่าความนำไฟฟ้าในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น
 มีค่าเท่ากับ 6.45 mS/cm รองลงมา ได้แก่ หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี (6.54 mS/cm) หญ้าแฝก
 แหล่งพันธุ์ศรีลังกา (6.56 mS/cm) และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน (6.63 mS/cm)
 ตามลำดับ (ตารางที่ 4-6)

ประสิทธิภาพการลดค่าความนำไฟฟ้าในน้ำทิ้งนากุ้ง พบว่า สัปดาห์ที่ 8 หญ้าแฝก
 แหล่งพันธุ์พระราชทาน มีประสิทธิภาพในการลดค่าความนำไฟฟ้าได้ดี มีค่าเท่ากับ 3.23
 เปอร์เซ็นต์ สัปดาห์ที่ 10, 14 และ 16 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 มีประสิทธิภาพในการลดค่า
 ความนำไฟฟ้าได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 5.78, 7.20 และ 12.81 เปอร์เซ็นต์
 ตามลำดับ ส่วนสัปดาห์ที่ 12 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีประสิทธิภาพในการลดค่า
 ความนำไฟฟ้า เท่ากับ 5.98 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น (ภาพที่ 7 และตาราง
 ผนวกที่ 11)

เมื่อเปรียบเทียบระยะทางการบำบัดน้ำทิ้งนากุ้งที่ระยะ 0, 6, 12, 18 และ 24 เมตร
 พบว่า สัปดาห์ที่ 8 ประสิทธิภาพการลดค่าความนำไฟฟ้าในน้ำทิ้งนากุ้งของหญ้าแฝกสูงสุดที่ระยะ
 6 เมตร ในสัปดาห์ที่ 10 ประสิทธิภาพการลดค่าความนำไฟฟ้าในน้ำทิ้งนากุ้งของหญ้าแฝกสูงสุดที่
 ระยะ 0 เมตร สัปดาห์ที่ 12 ประสิทธิภาพการลดค่าความนำไฟฟ้าในน้ำทิ้งนากุ้งของหญ้าแฝกสูงสุด
 ที่ระยะ 18 เมตร ส่วนสัปดาห์ที่ 14 และ 16 ระยะทางการบำบัดที่ 24 เมตร มีประสิทธิภาพใน
 การลดค่าความนำไฟฟ้าในน้ำทิ้งนากุ้งได้สูงกว่าระยะทางการบำบัดอื่น ๆ (ตารางภาคผนวกที่ 11)

2.11 ค่าของแข็งละลายน้ำ (Total Dissolved Solids, TDS)

ในสัปดาห์ที่ 8, 10, 12, 14 และ 16 ค่าของแข็งละลายน้ำในน้ำทิ้งนากุ้งก่อนการบำบัด มีค่าเท่ากับ 5.95, 5.05, 3.30, 3.32 และ 4.35 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ภายหลังการบำบัด พบว่า ค่าของแข็งละลายน้ำในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำทิ้งก่อนบำบัด (ตารางที่ 2-6)

สัปดาห์ที่ 8, 10, และ 16 ค่าของแข็งละลายน้ำในน้ำทิ้งนากุ้งภายหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ในสัปดาห์ที่ 8 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา ทำให้ค่าของแข็งละลายน้ำในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 5.66 กรัมต่อลิตร สัปดาห์ที่ 10 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 ทำให้ค่าของแข็งละลายน้ำในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงได้สูงสุด มีค่าเท่ากับ 4.74 กรัมต่อลิตร ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน (4.77 กรัมต่อลิตร) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา (4.79 กรัมต่อลิตร) และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี (4.80 กรัมต่อลิตร) ตามลำดับ ส่วนสัปดาห์ที่ 16 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 ทำให้ค่าของแข็งละลายน้ำในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงได้ดี มีค่าเท่ากับ 3.81 กรัมต่อลิตร รองลงมา ได้แก่ หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน (3.83 กรัมต่อลิตร) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา (3.86 กรัมต่อลิตร) และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี (3.92 กรัมต่อลิตร) ตามลำดับ (ตารางที่ 2-3 และ 6)

สัปดาห์ที่ 12 ค่าของแข็งละลายน้ำในน้ำทิ้งนากุ้งภายหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา ทำให้ค่าความนำไฟฟ้าในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงได้ดี มีค่าเท่ากับ 3.08, 3.09 และ 3.10 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ แตกต่างทางสถิติกับหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน (3.12 กรัมต่อลิตร) ซึ่งทำให้ค่าของแข็งละลายน้ำในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงได้น้อยสุด (ตารางที่ 4)

ส่วนสัปดาห์ที่ 14 น้ำทิ้งนากุ้งที่ผ่านการบำบัดด้วยหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าของแข็งละลายน้ำลดลงไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดด้วยหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 มีแนวโน้มให้ค่าของแข็งละลายน้ำต่ำกว่าการใช้หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 3.07 กรัมต่อลิตร (ตารางที่ 5)

ประสิทธิภาพการลดค่าของแข็งละลายน้ำในน้ำทิ้งนากุ้ง พบว่า ในสัปดาห์ที่ 8 หย้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา มีประสิทธิภาพในการลดค่าของแข็งละลายน้ำได้ดี มีค่าเท่ากับ 4.88 เปอร์เซ็นต์ ในสัปดาห์ที่ 10, 14 และ 16 หย้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 มีประสิทธิภาพในการลดค่าของแข็งละลายน้ำได้ดี มีค่าเท่ากับ 6.20, 7.62 และ 12.37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในสัปดาห์ที่ 12 หย้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีประสิทธิภาพในการลดค่าของแข็งละลายน้ำได้ดี มีค่าเท่ากับ 6.43 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 7 และตารางผนวกที่ 11)

เมื่อเปรียบเทียบระยะทางการบำบัดน้ำทิ้งนากุ้งที่ระยะ 0, 6, 12, 18 และ 24 เมตร พบว่า ประสิทธิภาพการลดค่าของแข็งละลายน้ำในน้ำทิ้งนากุ้งของหย้าแฝกเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ระยะ 24 เมตร ในทุกสัปดาห์ที่ทำการเก็บตัวอย่าง (ตารางผนวกที่ 11)

2.12 ค่าของแข็งแขวนลอย (Total Suspended Solids, TSS)

ในสัปดาห์ที่ 8, 10, 12, 14 และ 16 ค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งนากุ้งก่อนการบำบัด มีค่าเท่ากับ 103.00, 75.00, 91.00, 86.00 และ 133.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายหลังการบำบัดพบว่า ค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำทิ้งก่อนบำบัด (ตารางที่ 2-6)

สัปดาห์ที่ 8-12 ค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งนากุ้งภายหลังการบำบัดด้วยหย้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยในสัปดาห์ที่ 8 หย้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน ทำให้ค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงได้ดีกว่าหย้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 65.10 มิลลิกรัมต่อลิตร สัปดาห์ที่ 10 หย้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 ทำให้ค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงได้ดีกว่าหย้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 33.50 มิลลิกรัมต่อลิตร สัปดาห์ที่ 12 หย้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา และหย้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 ทำให้ค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงได้ดี มีค่าเท่ากับ 38.00 และ 39.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับหย้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี (45.00 มิลลิกรัมต่อลิตร) และหย้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน (45.50 มิลลิกรัมต่อลิตร) ตามลำดับ (ตารางที่ 2-4)

ส่วนสัปดาห์ที่ 14-16 ค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งนากุ้งภายหลังการบำบัดด้วยหย้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สัปดาห์ที่ 14 หย้าแฝก

แหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี หยว้าแฟกแหล่งพันธุ์พระราชทาน และหยว้าแฟกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา ทำให้ค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงได้ดีไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าเท่ากับ 39.80, 40.00 และ 40.60 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แต่มีค่าแตกต่างทางสถิติกับหยว้าแฟกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 (42.50 มิลลิกรัมต่อลิตร) ส่วนสัปดาห์ที่ 16 หยว้าแฟกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 ทำให้ค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงได้ดีกว่าหยว้าแฟกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 71.80 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 5-6)

ประสิทธิภาพการลดค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งนากุ้ง พบว่า ในสัปดาห์ที่ 8 หยว้าแฟกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีประสิทธิภาพในการลดค่าของแข็งแขวนลอยได้ดี มีค่าเท่ากับ 36.79 เปอร์เซ็นต์ ในสัปดาห์ที่ 10 และ 16 หยว้าแฟกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 มีประสิทธิภาพในการลดค่าของแข็งแขวนลอยได้สูง มีค่าเท่ากับ 55.33 และ 46.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในสัปดาห์ที่ 12 หยว้าแฟกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา มีประสิทธิภาพในการลดค่าของแข็งแขวนลอยได้ดีกว่าหยว้าแฟกแหล่งพันธุ์อื่นที่ใช้ในการทดลอง โดยมีค่าเท่ากับ 58.24 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสัปดาห์ที่ 14 หยว้าแฟกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีประสิทธิภาพในการลดค่าของแข็งแขวนลอยได้ดี เท่ากับ 53.72 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 7 และตารางผนวกที่ 12)

เมื่อเปรียบเทียบระยะทางการบำบัดน้ำทิ้งนากุ้งที่ระยะ 0, 6, 12, 18 และ 24 เมตร พบว่า ประสิทธิภาพการลดค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำทิ้งนากุ้งของหยว้าแฟกเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ระยะ 24 เมตร ในทุกสัปดาห์ที่ทำการเก็บตัวอย่าง (ตารางภาคผนวกที่ 12)

2.13 ค่าความขุ่น (Turbidity, TU)

ในสัปดาห์ที่ 8, 10, 12, 14 และ 16 ค่าความขุ่นในน้ำทิ้งนากุ้ง มีค่าเท่ากับ 29.00, 38.00, 15.00, 35.00 และ 25.00 FTU ภายหลังการบำบัด พบว่า ค่าความขุ่นในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำทิ้งก่อนบำบัด (ตารางที่ 2-6)

สัปดาห์ที่ 8, 12 และ 16 ค่าความขุ่นในน้ำทิ้งนากุ้งภายหลังการบำบัดด้วยหยว้าแฟกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 8 และ 12 น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดด้วยหยว้าแฟกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา มีแนวโน้มให้ค่าความขุ่นในน้ำทิ้งนากุ้งต่ำเท่ากับ 23.30 และ 6.90 FTU ตามลำดับ ส่วนสัปดาห์ที่ 16 น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดด้วยหยว้าแฟก

แหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีแนวโน้มให้ค่าความชุ่มในน้ำทิ้งนากุ้ง เท่ากับ 16.70 FTU ซึ่งมีค่าต่ำกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น (ตารางที่ 2, 4 และ 6)

สัปดาห์ที่ 10 ค่าความชุ่มในน้ำทิ้งนากุ้งภายหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี ทำให้ค่าความชุ่มในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 27.60 FTU รองลงมาคือ หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 (28.70 FTU) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา (29.40 FTU) และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน (30.20 FTU) ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ส่วนสัปดาห์ที่ 14 ค่าความชุ่มในน้ำทิ้งนากุ้งภายหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา ทำให้ค่าความชุ่มในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 22.40 FTU รองลงมาคือ หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี (23.10 FTU) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 (23.60 FTU) และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน (24.40 FTU) ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ประสิทธิภาพการลดค่าความชุ่มในน้ำทิ้งนากุ้ง พบว่า ในสัปดาห์ที่ 8, 12 และ 14 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา มีประสิทธิภาพการลดค่าความชุ่มในน้ำทิ้งนากุ้งได้ดี มีค่าเท่ากับ 19.66, 54.00 และ 36.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในสัปดาห์ที่ 10 และ 16 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีประสิทธิภาพการลดค่าความชุ่มได้ดี เท่ากับ 27.37 และ 33.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 7 และตารางผนวกที่ 12)

เมื่อเปรียบเทียบระยะทางการบำบัดน้ำทิ้งนากุ้งที่ระยะ 0, 6, 12, 18 และ 24 เมตร พบว่า ประสิทธิภาพการลดค่าความชุ่มในน้ำทิ้งนากุ้งของหญ้าแฝกเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ระยะ 24 เมตร ในทุกสัปดาห์ที่ทำการเก็บตัวอย่าง (ตารางภาคผนวกที่ 12)

ตารางที่ 2 คุณภาพน้ำทิ้งนาุ้ง ก่อนและหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน ศรีลังกา สงขลา 3 และสุราษฎร์ธานี เมื่อครบ 8 สัปดาห์ (หลังปลูก)

คุณภาพน้ำ	ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ¹					CV (%)	LSD (95%)	LSD (99%)	F test
	แหล่งพันธุ์								
	ก่อน	พระ	ศรี	สงขลา	สุราษฎร์				
	บำบัด	ราชทาน	ลังกา	3	ธานี				
Temperature (°C)	35	35	35	35	35	-	-	-	-
pH	8.53	8.28 a ²	8.28 a	8.33 a	8.20 a	1.6	0.274	0.375	ns
Total N (mg/l)	8.40	5.21 a	5.43 b	5.54 b	5.77 b	7.4	0.855	1.168	*
Nitrate (mg/l)	0.150	0.114 a	0.109 a	0.111 a	0.113 a	9.2	0.022	0.030	ns
Nitrite (mg/l)	0.0074	0.0054 b	0.0053 b	0.0051 ab	0.0049 a	3.8	0.0004	0.0006	**
Total P (mg/l)	0.175	0.058 a	0.060 a	0.073 b	0.059 a	8.2	0.010	0.015	**
BOD (mg/l)	20.10	11.33 a	11.77 a	11.93 a	11.30 a	5.8	1.409	1.926	ns
DO (mg/l)	3.82	4.61 b	4.61 b	4.37 c	4.66 a	0.3	0.032	0.044	**
Salinity (ppt)	4.80	3.86 a	3.99 a	4.01 a	3.94 a	3.4	0.280	0.380	ns
EC (mS/cm)	11.58	11.21 a	11.25 a	11.23 a	11.26 a	1.5	0.363	0.496	ns
TDS (gm/l)	5.95	5.67 ab	5.66 a	5.68 ab	5.71 b	0.5	0.061	0.084	**
TSS (mg/l)	103.00	65.10 a	72.10 b	69.60 b	68.70 ab	3.9	5.630	7.696	**
TU (FTU)	29.00	24.20 a	23.30 a	24.10 a	23.90 a	8.7	4.329	5.917	ns

หมายเหตุ ¹ = ค่าเฉลี่ยจาก 2 ซ้ำ

² = ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 %

ตารางที่ 3 คุณภาพน้ำที่นาทุ่ง ก่อนและหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน ศรีลังกา สงขลา 3 และสุราษฎร์ธานี เมื่อครบ 10 สัปดาห์ (หลังปลูก)

คุณภาพน้ำ	ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ¹					CV (%)	LSD (95%)	LSD (99%)	F test
	แหล่งพันธุ์								
	ก่อน บำบัด	พระ ราชทาน	ศรี ลังกา	สงขลา 3	สุราษฎร์ ธานี				
Temperature (°C)	35	35	35	35	35	-	-	-	-
pH	8.43	8.35 a ²	8.39 ab	8.46 b	8.37 ab	0.8	0.142	0.194	*
Total N (mg/l)	8.40	5.10 a	5.82 b	5.26 a	5.15 a	5.6	0.625	0.854	**
Nitrate (mg/l)	0.120	0.080 a	0.077 a	0.082 a	0.078 a	10.6	0.018	0.024	ns
Nitrite (mg/l)	0.0063	0.0040 a	0.0044 b	0.0042 ab	0.0043 b	4.9	0.0004	0.0006	*
Total P (mg/l)	0.185	0.060 a	0.062 ab	0.067 b	0.066 ab	6.6	0.009	0.012	**
BOD (mg/l)	17.40	9.28 a	9.33 a	9.37 a	10.36 b	8.0	1.600	2.187	*
DO (mg/l)	3.52	4.79 a	4.68 a	4.68 a	4.48 b	2.0	0.191	0.261	**
Salinity (ppt)	4.60	3.78 a	3.96 a	3.93 a	3.81 a	5.5	0.440	0.600	ns
EC (mS/cm)	8.10	7.68 a	7.75 a	7.63 a	7.70 a	1.3	0.208	0.285	ns
TDS (gm/l)	5.05	4.77 b	4.79 b	4.74 a	4.80 b	0.5	0.051	0.069	**
TSS (mg/l)	75.00	42.40 b	40.20 b	33.50 a	38.90 ab	11.5	9.353	12.785	**
TU (FTU)	38.00	30.20 b	29.40 b	28.70 ab	27.60 a	4.1	2.489	3.403	**

หมายเหตุ ¹ = ค่าเฉลี่ยจาก 2 ซ้ำ

² = ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 %

ตารางที่ 4 คุณภาพน้ำทิ้งน้ำกึ่ง ก่อนและหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน ศรีลังกา สงขลา 3 และสุราษฎร์ธานี เมื่อครบ 12 สัปดาห์ (หลังปลูก)

คุณภาพน้ำ	ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ¹					CV (%)	LSD (95%)	LSD (99%)	F test
	แหล่งพันธุ์								
	ก่อนบำบัด	พระราชทาน	ศรีลังกา	สงขลา 3	สุราษฎร์ธานี				
	บำบัด	ราชทาน	ลังกา	3	ธานี				
Temperature (°C)	33	33	33	33	33	-	-	-	-
pH	8.25	8.13 ²	7.81 a	8.12 b	8.12 b	0.2	0.033	0.045	**
Total N (mg/l)	10.64	6.27 a	6.27 a	6.61 a	6.38 a	12.7	1.698	2.321	ns
Nitrate (mg/l)	0.150	0.098 a	0.101 a	0.103 a	0.099 a	10.4	0.022	0.030	ns
Nitrite (mg/l)	0.0072	0.0045 a	0.0044 a	0.0048 a	0.0043 a	13.0	0.001	0.001	ns
Total P (mg/l)	0.168	0.042 a	0.047 ab	0.043 ab	0.048 b	7.8	0.007	0.010	**
BOD (mg/l)	18.60	8.11 a	8.74 ab	9.27 b	10.27 c	7.1	1.345	1.839	**
DO (mg/l)	3.78	5.23 a	5.21 a	4.88 b	5.04 ab	3.9	0.410	0.560	**
Salinity (ppt)	4.00	3.25 a	3.27 a	3.32 a	3.32 a	2.6	0.177	0.242	ns
EC (mS/cm)	6.59	6.24 b	6.27 b	6.24 b	6.19 a	0.3	0.043	0.058	**
TDS (gm/l)	3.30	3.12 b	3.10 a	3.09 a	3.08 a	0.7	0.047	0.064	*
TSS (mg/l)	91.00	45.50 b	38.00 a	39.00 a	45.00 b	5.7	5.033	6.880	**
TU (FTU)	15.00	8.00 a	6.90 a	7.30 a	7.90 a	13.2	2.086	2.852	ns

หมายเหตุ ¹ = ค่าเฉลี่ยจาก 2 ซ้ำ

² = ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 %

ตารางที่ 5 คุณภาพน้ำทิ้งน้ำกึ่ง ก่อนและหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน ศรีลังกา สงขลา 3 และสุราษฎร์ธานี เมื่อครบ 14 สัปดาห์ (หลังปลูก)

คุณภาพน้ำ	ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ¹					CV (%)	LSD (95%)	LSD (99%)	F test
	แหล่งพันธุ์								
	ก่อนบำบัด	พระราชทาน	ศรีลังกา	สงขลา 3	สุราษฎร์ธานี				
Temperature (°C)	35	35	35	35	35	-	-	-	-
pH	8.70	8.58 ab ²	8.59 b	8.54 a	8.54 a	0.3	0.055	0.075	**
Total N (mg/l)	6.72	3.92 a	4.14 a	3.98 a	3.98 a	8.4	0.706	0.966	ns
Nitrate (mg/l)	0.180	0.112 a	0.104 a	0.111 a	0.109 a	10.3	0.024	0.032	ns
Nitrite (mg/l)	0.0325	0.0164 ab	0.0161 ab	0.0178 b	0.0153 a	9.0	0.003	0.004	**
Total P (mg/l)	0.141	0.029 a	0.033 ab	0.041 c	0.035 b	9.5	0.007	0.009	**
BOD (mg/l)	18.20	8.75 ab	9.98 c	8.01 a	9.23 bc	9.1	1.707	2.333	**
DO (mg/l)	4.05	5.81 a	5.62 b	6.03 a	5.88 a	3.7	0.441	0.603	**
Salinity (ppt)	4.20	3.27 a	3.30 a	3.36 a	3.19 a	5.2	0.359	0.491	ns
EC (mS/cm)	6.50	6.08 ab	6.13 b	6.03 a	6.17 b	1.1	0.145	0.199	**
TDS (gm/l)	3.32	3.09 a	3.08 a	3.07 a	3.09 a	1.0	0.066	0.090	ns
TSS (mg/l)	86.00	40.00 a	40.60 a	42.50 b	39.80 a	5.4	4.603	6.291	*
TU (FTU)	35.00	24.40 b	22.40 a	23.60 ab	23.10 ab	5.2	2.535	3.465	*

หมายเหตุ ¹ = ค่าเฉลี่ยจาก 2 ซ้ำ

² = ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 %

ตารางที่ 6 คุณภาพน้ำทิ้งนาุ้ง ก่อนและหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน ศรีลังกา สงขลา 3 และสุราษฎร์ธานี เมื่อครบ 16 สัปดาห์ (หลังปลูก)

คุณภาพน้ำ	ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ¹					CV (%)	LSD (95%)	LSD (99%)	F test
	แหล่งพันธุ์								
	ก่อน	พระ	ศรี	สงขลา	สุราษฎร์				
	บำบัด	ราชทาน	ลังกา	3	ธานี				
Temperature (°C)	32	32	32	32	32	-	-	-	-
pH	8.84	8.69 a ²	8.69 a	8.71 a	8.71 a	0.6	0.113	0.154	ns
Total N (mg/l)	6.72	3.86 a	4.09 a	3.98 a	3.81 a	8.9	0.735	1.005	ns
Nitrate (mg/l)	0.200	0.113 a	0.115 a	0.117 a	0.114 a	11.8	0.028	0.039	ns
Nitrite (mg/l)	0.0321	0.0114 a	0.0116 a	0.0122 a	0.0120 a	6.6	0.002	0.002	ns
Total P (mg/l)	0.115	0.016 a	0.018 b	0.017 b	0.019 c	4.4	0.009	0.012	**
BOD (mg/l)	20.40	8.59 a	8.70 a	9.30 a	8.74 a	11.9	2.200	3.007	ns
DO (mg/l)	3.68	5.76 a	5.75 a	5.56 a	5.37 b	6.0	0.692	0.946	**
Salinity (ppt)	4.30	3.51 a	3.55 a	3.60 a	3.57 a	3.8	0.286	0.391	ns
EC (mS/cm)	7.40	6.63 c	6.56 b	6.45 a	6.54 ab	0.6	0.088	0.120	**
TDS (gm/l)	4.35	3.83 ab	3.86 b	3.81 a	3.92 c	1.1	0.092	0.126	**
TSS (mg/l)	133.00	73.30 ab	72.70 ab	71.80 a	77.00 b	4.6	7.023	9.600	*
TU (FTU)	25.00	17.90 a	17.50 a	17.70 a	16.70 a	6.5	2.372	3.242	ns

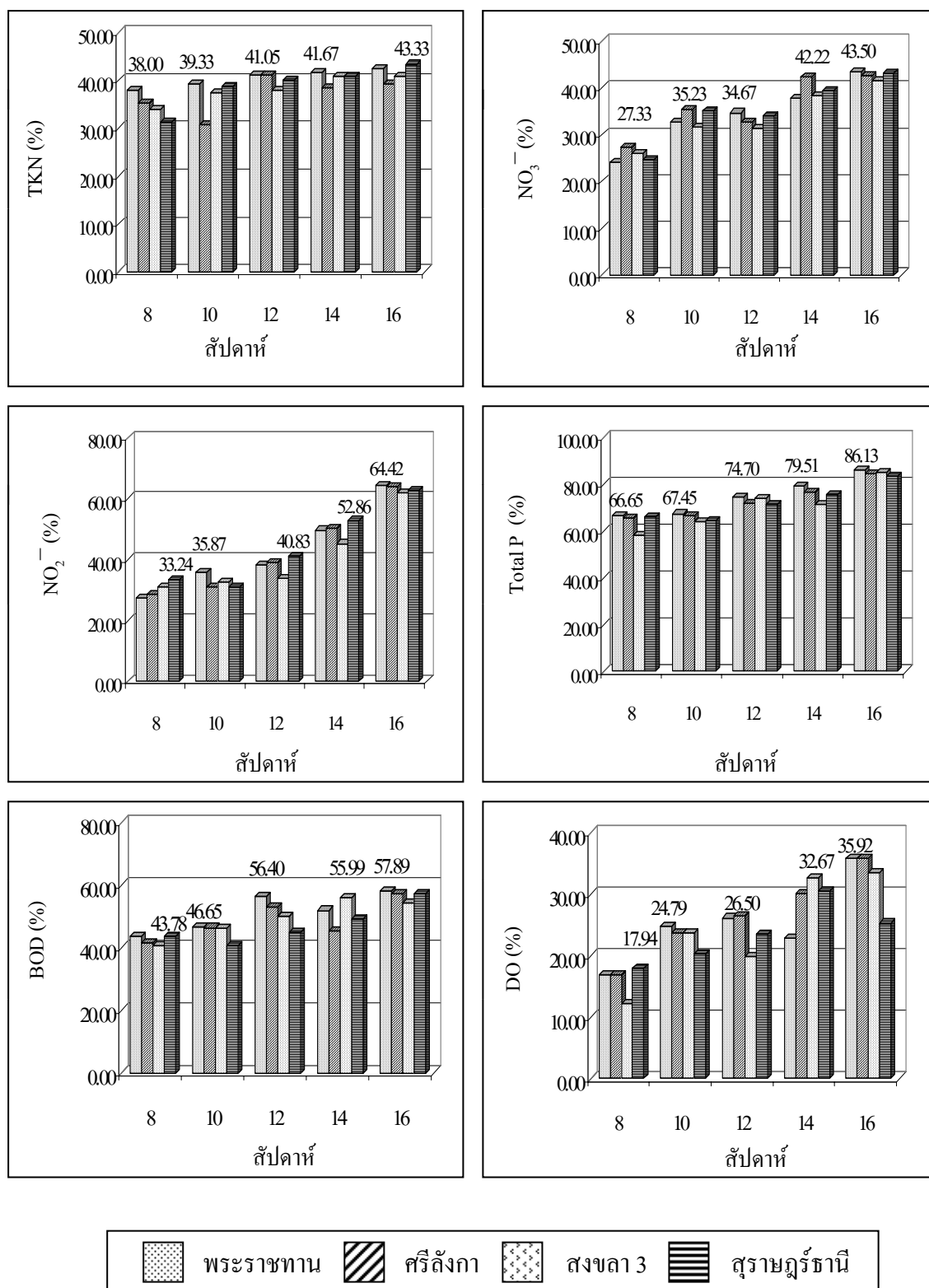
หมายเหตุ ¹ = ค่าเฉลี่ยจาก 2 ซ้ำ

² = ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

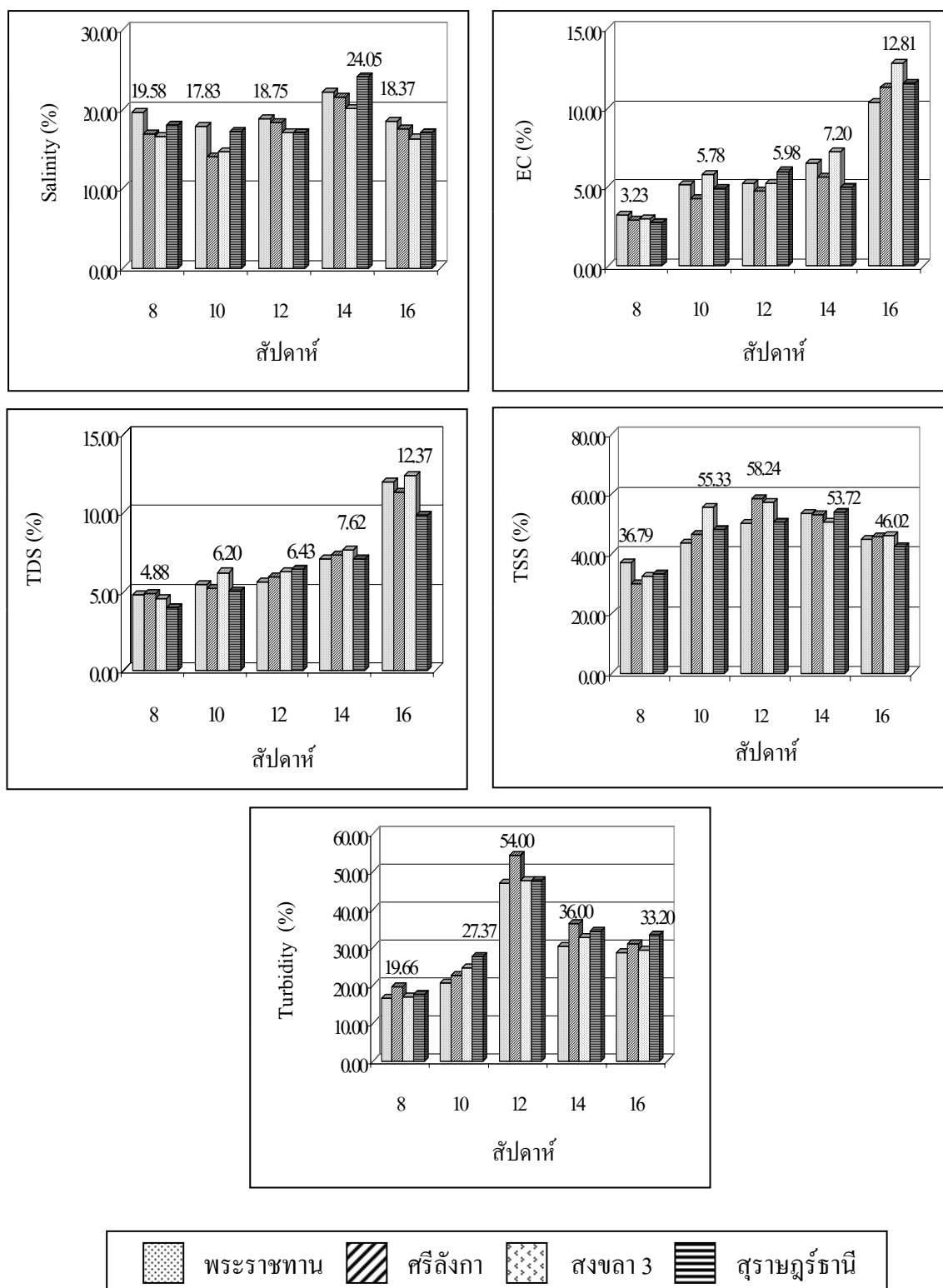
ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 %



ภาพที่ 6 ประสิทธิภาพการลดค่า TKN (%) NO_3^- (%) NO_2^- (%) Total P (%) BOD (%) และ DO (%) ในน้ำทิ้งนาุ้ง ด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ในสัปดาห์ที่ 8-16



ภาพที่ 7 ประสิทธิภาพการลดค่า Salinity (%) EC (%) TDS (%) TSS (%) และ Turbidity (%) ในน้ำที่นากุ้ง ด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ในสัปดาห์ที่ 8-16

2.14 เหล็ก (Iron, Fe^{+2})

ในสัปดาห์ที่ 8, 10, 12, 14 และ 16 ค่าเหล็กในน้ำทิ้งนาุ้ง มีค่าเท่ากับ 0.280, 0.200, 0.400, 0.160 และ 0.250 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายหลังการบำบัด พบว่า ค่าเหล็กในน้ำทิ้งนาุ้งลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำทิ้งก่อนบำบัด (ตารางที่ 7-11)

สัปดาห์ที่ 8, 10 และ 14 ค่าเหล็กในน้ำทิ้งนาุ้งที่ผ่านการบำบัดด้วยหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าลดลงไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 8 และ 14 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีแนวโน้มทำให้ค่าเหล็กในน้ำทิ้งนาุ้งลดลงได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 0.152 และ 0.069 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนสัปดาห์ที่ 10 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา มีแนวโน้มทำให้ค่าเหล็กในน้ำทิ้งนาุ้งลดลงได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 0.075 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 7-8 และ 10)

สัปดาห์ที่ 12 และ 16 ค่าเหล็กในน้ำทิ้งนาุ้งที่ผ่านการบำบัดด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) โดยสัปดาห์ที่ 12 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา ทำให้ค่าเหล็กในน้ำทิ้งนาุ้งลดลงได้ดี มีค่าเท่ากับ 0.133 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมา คือ หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 (0.135 มิลลิกรัมต่อลิตร) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี (0.140 มิลลิกรัมต่อลิตร) และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน (0.153 มิลลิกรัมต่อลิตร) ตามลำดับ ส่วนสัปดาห์ที่ 16 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน ทำให้ค่าเหล็กในน้ำทิ้งนาุ้งลดลงได้ดี มีค่าเท่ากับ 0.132 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมา คือ หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา (0.143 มิลลิกรัมต่อลิตร) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี (0.148 มิลลิกรัมต่อลิตร) และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 (0.150 มิลลิกรัมต่อลิตร) ตามลำดับ (ตารางที่ 9 และ 11)

ประสิทธิภาพในการลดค่าเหล็กในน้ำทิ้งนาุ้ง พบว่า ในสัปดาห์ที่ 8, 14 และ 16 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีประสิทธิภาพในการลดค่าเหล็กในน้ำทิ้งนาุ้งได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 45.72, 54.00 และ 47.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนสัปดาห์ที่ 10 และ 12 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา มีประสิทธิภาพในการลดค่าเหล็กในน้ำทิ้งนาุ้งได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 50.00 และ 66.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 8 และตารางผนวกที่ 12)

เมื่อเปรียบเทียบระยะทางการบำบัดน้ำทิ้งนาุ้งที่ระยะ 0, 6, 12, 18 และ 24 เมตร พบว่า ประสิทธิภาพการลดค่าเหล็กในน้ำทิ้งนาุ้งของหญ้าแฝกเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ระยะ 24 เมตร ในทุกสัปดาห์ที่ทำการเก็บตัวอย่าง (ตารางผนวกที่ 12)

2.15 ทองแดง (Copper, Cu)

ในสัปดาห์ที่ 8, 10, 12, 14 และ 16 ค่าทองแดงในน้ำทิ้งนาุ้งก่อนการบำบัด มีค่าเท่ากับ 6.96, 7.42, 4.14, 4.95 และ 6.35 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ภายหลังจากการบำบัด พบว่า ค่าทองแดงในน้ำทิ้งนาุ้งลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำทิ้งก่อนบำบัด (ตารางที่ 7-11)

สัปดาห์ที่ 8, 10, 12 และ 14 ค่าทองแดงในน้ำทิ้งนาุ้งภายหลังจากการบำบัดด้วย หญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ในสัปดาห์ที่ 8 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 ทำให้ค่าทองแดงในน้ำทิ้งนาุ้ง ลดลงได้ดี มีค่าเท่ากับ 5.31 และ 5.32 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แตกต่างทางสถิติกับ หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน (5.45 มิลลิกรัมต่อลิตร) และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี (5.55 มิลลิกรัมต่อลิตร) ตามลำดับ สัปดาห์ที่ 10 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน และหญ้าแฝก แหล่งพันธุ์ศรีลังกา ทำให้ค่าทองแดงในน้ำทิ้งนาุ้งลดลงได้ดี มีค่าเท่ากับ 5.03 และ 5.08 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แตกต่างทางสถิติกับหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี (5.31 มิลลิกรัม ต่อลิตร) และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 (5.35 มิลลิกรัมต่อลิตร) ตามลำดับ (ตารางที่ 7-8)

สัปดาห์ที่ 12 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา ทำให้ค่าทองแดงในน้ำทิ้งนาุ้งลดลงได้ดี ที่สุด มีค่าเท่ากับ 2.38 มิลลิกรัมต่อลิตร แตกต่างทางสถิติกับหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน (2.51 มิลลิกรัมต่อลิตร) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี (2.56 มิลลิกรัมต่อลิตร) และหญ้าแฝก แหล่งพันธุ์สงขลา 3 (2.60 มิลลิกรัมต่อลิตร) ตามลำดับ ในสัปดาห์ที่ 14 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ สุราษฎร์ธานี ทำให้ค่าทองแดงในน้ำทิ้งนาุ้งลดลงได้ดี มีค่าเท่ากับ 2.97 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมา คือ หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 (2.98 มิลลิกรัมต่อลิตร) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา (3.12 มิลลิกรัมต่อลิตร) และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน (3.20 มิลลิกรัมต่อลิตร) ตามลำดับ (ตารางที่ 9-10)

ส่วนสัปดาห์ที่ 16 ค่าทองแดงในน้ำทิ้งน้ำกึ่งภายหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 มีแนวโน้มทำให้ค่าทองแดงในน้ำทิ้งน้ำกึ่งต่ำกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น โดยมีค่าเท่ากับ 3.55 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 11)

ประสิทธิภาพในการลดค่าทองแดงในน้ำทิ้งน้ำกึ่ง พบว่า สัปดาห์ที่ 8 และ 12 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา มีประสิทธิภาพในการลดค่าทองแดงในน้ำทิ้งน้ำกึ่งได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 23.59 และ 42.44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สัปดาห์ที่ 10 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทานมีประสิทธิภาพในการลดค่าทองแดงได้ดี มีค่าเท่ากับ 32.20 เปอร์เซ็นต์ สัปดาห์ที่ 14 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีประสิทธิภาพในการลดค่าทองแดงในน้ำทิ้งน้ำกึ่งได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 39.96 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสัปดาห์ที่ 16 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 มีประสิทธิภาพในการลดค่าทองแดงในน้ำทิ้งน้ำกึ่งได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 44.14 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 8 และตารางผนวกที่ 13)

เมื่อเปรียบเทียบระยะทางการบำบัดน้ำทิ้งน้ำกึ่งที่ระยะ 0, 6, 12, 18 และ 24 เมตร พบว่า ประสิทธิภาพการลดค่าทองแดงในน้ำทิ้งน้ำกึ่งของหญ้าแฝกเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ระยะ 24 เมตร ในทุกสัปดาห์ที่ทำการเก็บตัวอย่าง (ตารางผนวกที่ 13)

2.16 ซัลเฟต (Sulphates, SO_4^{-2})

ในสัปดาห์ที่ 8, 10, 12, 14 และ 16 ค่าซัลเฟตในน้ำทิ้งน้ำกึ่งก่อนการบำบัดมีค่าเท่ากับ 75.00, 35.00, 70.00, 65.00 และ 75.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ภายหลังการบำบัด พบว่า ค่าซัลเฟตในน้ำทิ้งน้ำกึ่งลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำทิ้งก่อนบำบัด (ตารางที่ 7-11)

สัปดาห์ที่ 8 ค่าซัลเฟตในน้ำทิ้งน้ำกึ่งภายหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 ทำให้ค่าซัลเฟตในน้ำทิ้งน้ำกึ่งลดลงได้ดีที่สุด มีค่าเท่ากับ 62.80 มิลลิกรัมต่อลิตร แตกต่างทางสถิติกับหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี (64.60 มิลลิกรัมต่อลิตร) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา (64.80 มิลลิกรัมต่อลิตร) และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน (66.00 มิลลิกรัมต่อลิตร) ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

สัปดาห์ที่ 10 และ 12 ค่าซัลเฟตในน้ำทิ้งนากุ้งภายหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝก ทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 10 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ สงขลา 3 และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีแนวโน้มทำให้ค่าซัลเฟตในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงได้ดีกว่าหญ้าแฝกทั้ง 2 แหล่งพันธุ์ โดยมีค่าเท่ากับ คือ 24.10 มิลลิกรัมต่อลิตร สัปดาห์ที่ 12 หญ้าแฝก แหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีแนวโน้มทำให้ค่าซัลเฟตในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงได้ดีกว่าหญ้าแฝก แหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ คือ 41.60 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 8-9)

สัปดาห์ที่ 14 และ 16 ค่าซัลเฟตในน้ำทิ้งนากุ้งภายหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝก ทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ในสัปดาห์ที่ 14 หญ้าแฝก แหล่งพันธุ์สงขลา 3 และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี ทำให้ค่าซัลเฟตในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงได้ดี มีค่าเท่ากับ 34.80 และ 35.40 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แตกต่างกับหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ ศรีลังกา (37.40 มิลลิกรัมต่อลิตร) และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน (38.80 มิลลิกรัมต่อลิตร) ตามลำดับ ส่วนสัปดาห์ที่ 16 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 ทำให้ค่าซัลเฟตในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงได้ดี ที่สุด มีค่าเท่ากับ 31.10 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมา คือ หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา (34.70 มิลลิกรัมต่อลิตร) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน (36.60 มิลลิกรัมต่อลิตร) และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ สุราษฎร์ธานี (38.40 มิลลิกรัมต่อลิตร) ตามลำดับ (ตารางที่ 10-11)

ประสิทธิภาพการลดค่าซัลเฟตในน้ำทิ้งนากุ้ง พบว่า ในสัปดาห์ที่ 8, 14 และ 16 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 มีประสิทธิภาพในการลดค่าซัลเฟตได้ดี มีค่าเท่ากับ 16.27, 46.46 และ 58.53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สัปดาห์ที่ 10 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 และแหล่งพันธุ์ สุราษฎร์ธานี มีประสิทธิภาพในการลดค่าซัลเฟตในน้ำทิ้งนากุ้งได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ คือ 31.14 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสัปดาห์ที่ 12 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มี ประสิทธิภาพในการลดค่าซัลเฟตในน้ำทิ้งนากุ้งได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 40.57 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 8 และตารางผนวกที่ 13)

เมื่อเปรียบเทียบระยะทางการบำบัดน้ำทิ้งนากุ้งที่ระยะ 0, 6, 12, 18 และ 24 เมตร พบว่า ประสิทธิภาพการลดค่าซัลเฟตในน้ำทิ้งนากุ้งของหญ้าแฝกเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ระยะ 24 เมตร ในทุก สัปดาห์ที่ทำการเก็บตัวอย่าง (ตารางผนวกที่ 13)

2.17 โครเมียม (Chromium, Cr^{+6})

ในสัปดาห์ที่ 8, 10, 12, 14 และ 16 ค่าโครเมียมในน้ำทิ้งนากุ้งก่อนการบำบัด มีค่าเท่ากับ 0.070, 0.080, 0.080, 0.080 และ 0.070 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ภายหลังการบำบัด พบว่า ค่าโครเมียมในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำทิ้งก่อนบำบัด (ตารางที่ 7-11)

สัปดาห์ที่ 8 ค่าโครเมียมในน้ำทิ้งนากุ้งภายหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี ทำให้อำนาจโครเมียมในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงได้ดี มีค่าเท่ากับ 0.040 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมา คือ หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน (0.044 มิลลิกรัมต่อลิตร) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา (0.046 มิลลิกรัมต่อลิตร) และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 (0.048 มิลลิกรัมต่อลิตร) ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

สัปดาห์ที่ 10 ค่าโครเมียมในน้ำทิ้งนากุ้งภายหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีแนวโน้ม ทำให้อำนาจโครเมียมในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงได้ดีกว่าการใช้หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น โดยมีค่าเท่ากับ 0.039 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 8)

สัปดาห์ที่ 12 และ 14 ค่าโครเมียมในน้ำทิ้งนากุ้งภายหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ในสัปดาห์ที่ 12 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน ทำให้อำนาจโครเมียมในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 0.035 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนสัปดาห์ที่ 14 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา ทำให้อำนาจโครเมียมในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงได้ดี มีค่าเท่ากับ 0.036 มิลลิกรัมต่อลิตร รองลงมา หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี (0.038 มิลลิกรัมต่อลิตร) และ หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน (0.043 มิลลิกรัมต่อลิตร) และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 (0.044 มิลลิกรัมต่อลิตร) ตามลำดับ (ตารางที่ 9-10)

ส่วนสัปดาห์ที่ 16 ค่าโครเมียมในน้ำทิ้งนากุ้งภายหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 มีแนวโน้ม ทำให้อำนาจโครเมียมในน้ำทิ้งนากุ้งลดลงได้ดีกว่าการใช้หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น โดยมีค่าเท่ากับ 0.040 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 11)

ประสิทธิภาพการลดค่าโครเมียมในน้ำทิ้งนาุ้ง พบว่า ในสัปดาห์ที่ 8 กล้วยาแฝก แหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานีมีประสิทธิภาพในการลดค่าโครเมียมได้ดี มีค่าเท่ากับ 42.86 เปอร์เซ็นต์ สัปดาห์ที่ 10 และ 12 กล้วยาแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีประสิทธิภาพในการลดค่าโครเมียมใน น้ำทิ้งนาุ้งได้ดีกว่ากล้วยาแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 51.25 และ 76.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สัปดาห์ที่ 14 กล้วยาแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา มีประสิทธิภาพในการลดค่าโครเมียมในน้ำทิ้งนาุ้งได้ ดีกว่ากล้วยาแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 55.00 เปอร์เซ็นต์ และสัปดาห์ที่ 16 กล้วยาแฝกแหล่งพันธุ์ สงขลา 3 มีประสิทธิภาพในการลดค่าโครเมียมในน้ำทิ้งนาุ้งได้ดีกว่ากล้วยาแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 42.86 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 8 และตารางผนวกที่ 13)

เมื่อเปรียบเทียบระยะทางการบำบัดน้ำทิ้งนาุ้งที่ระยะ 0, 6, 12, 18 และ 24 เมตร พบว่า ประสิทธิภาพการลดค่าโครเมียมในน้ำทิ้งนาุ้งของกล้วยาแฝกเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ระยะ 24 เมตร ในทุก สัปดาห์ที่ทำการเก็บตัวอย่าง (ตารางผนวกที่ 13)

ตารางที่ 7 โลหะหนักในน้ำทิ้งนาุ้ง ก่อนและหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน ศรีลังกา สงขลา 3 และสุราษฎร์ธานี เมื่อครบ 8 สัปดาห์ (หลังปลูก)

คุณภาพน้ำ	ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ¹					CV (%)	LSD (95%)	LSD (99%)	F test
	แหล่งพันธุ์								
	ก่อนบำบัด	พระ	ศรี	สงขลา	สุราษฎร์				
		ราชทาน	ลังกา	3	ธานี				
Fe ⁺² (mg/l)	0.280	0.152 a ²	0.156 a	0.157 a	0.153 a	10.4	0.034	0.046	ns
Cu (mg/l)	6.96	5.45 b	5.31 a	5.32 a	5.55 c	0.4	0.049	0.067	**
SO ₄ ⁻² (mg/l)	75.00	66.00 b	64.80 b	62.80 a	64.60 b	1.5	1.986	2.714	**
Cr ⁺⁶ (mg/l)	0.070	0.044 ab	0.046 b	0.048 b	0.040 a	11.8	0.011	0.015	**

ตารางที่ 8 โลหะหนักในน้ำทิ้งนาุ้ง ก่อนและหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน ศรีลังกา สงขลา 3 และสุราษฎร์ธานี เมื่อครบ 10 สัปดาห์ (หลังปลูก)

คุณภาพน้ำ	ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ¹					CV (%)	LSD (95%)	LSD (99%)	F test
	แหล่งพันธุ์								
	ก่อนบำบัด	พระ	ศรี	สงขลา	สุราษฎร์				
		ราชทาน	ลังกา	3	ธานี				
Fe ⁺² (mg/l)	0.200	0.079 a ²	0.075 a	0.079 a	0.076 a	11.8	0.019	0.026	ns
Cu (mg/l)	7.42	5.03 a	5.08 a	5.35 b	5.31 b	1.9	0.205	0.281	**
SO ₄ ⁻² (mg/l)	35.00	25.30 a	24.90 a	24.10 a	24.10 a	6.8	3.500	4.800	ns
Cr ⁺⁶ (mg/l)	0.080	0.039 a	0.040 a	0.046 a	0.044 a	14.6	0.013	0.018	ns

หมายเหตุ ¹ = ค่าเฉลี่ยจาก 2 ซ้ำ

² = ตัวอักษรเหมือนกันในแนวดิ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 %

ตารางที่ 9 โลหะหนักในน้ำทิ้งนาุ้ง ก่อนและหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน ศรีลังกา สงขลา 3 และสุราษฎร์ธานี เมื่อครบ 12 สัปดาห์ (หลังปลูก)

คุณภาพน้ำ	ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ¹					CV (%)	LSD (95%)	LSD (99%)	F test
	แหล่งพันธุ์								
	ก่อนบำบัด	พระ	ศรี	สงขลา	สุราษฎร์				
		ราชทาน	ลังกา	3	ธานี				
Fe ⁺² (mg/l)	0.400	0.153 b ²	0.133 a	0.135 ab	0.140 ab	8.8	0.026	0.035	**
Cu (mg/l)	4.14	2.51 b	2.38 a	2.60 b	2.56 b	1.7	0.088	0.120	**
SO ₄ ⁻² (mg/l)	70.00	44.60 a	44.10 a	42.80 a	41.60 a	7.1	6.469	8.842	ns
Cr ⁺⁶ (mg/l)	0.080	0.035 a	0.045 b	0.046 b	0.042 b	14.6	0.013	0.017	**

ตารางที่ 10 โลหะหนักในน้ำทิ้งนาุ้ง ก่อนและหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน ศรีลังกา สงขลา 3 และสุราษฎร์ธานี เมื่อครบ 14 สัปดาห์ (หลังปลูก)

คุณภาพน้ำ	ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ¹					CV (%)	LSD (95%)	LSD (99%)	F test
	แหล่งพันธุ์								
	ก่อนบำบัด	พระ	ศรี	สงขลา	สุราษฎร์				
		ราชทาน	ลังกา	3	ธานี				
Fe ⁺² (mg/l)	0.160	0.069 a ²	0.079 a	0.079 a	0.078 a	11.8	0.019	0.026	ns
Cu (mg/l)	4.95	3.20 c	3.12 bc	2.98 ab	2.97 a	3.1	0.202	0.276	**
SO ₄ ⁻² (mg/l)	65.00	38.80 b	37.40 ab	34.80 a	35.40 a	5.2	4.00	5.500	**
Cr ⁺⁶ (mg/l)	0.080	0.043 ab	0.036 a	0.044 b	0.038 ab	12.1	0.010	0.0014	**

หมายเหตุ ¹ = ค่าเฉลี่ยจาก 2 ซ้ำ

² = ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 %

ตารางที่ 11 โลหะหนักในน้ำทิ้งนาุ้ง ก่อนและหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน ศรีลังกา สงขลา 3 และสุราษฎร์ธานี เมื่อครบ 16 สัปดาห์ (หลังปลูก)

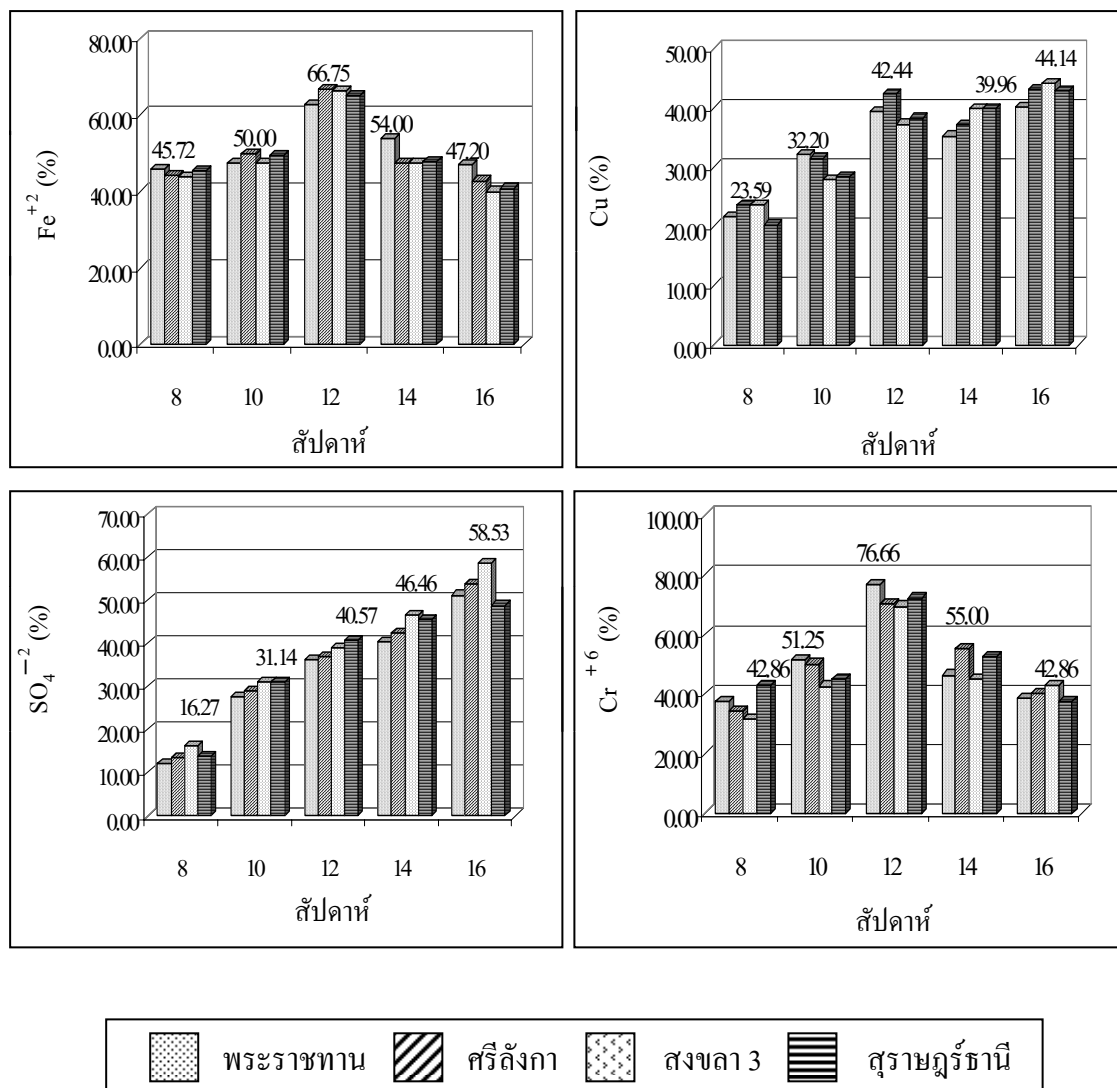
คุณภาพน้ำ	ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ¹					CV (%)	LSD (95%)	LSD (99%)	F test
	แหล่งพันธุ์								
	ก่อนบำบัด	พระ	ศรี	สงขลา	สุราษฎร์				
		ราชทาน	ลังกา	3	ธานี				
Fe ⁺² (mg/l)	0.250	0.132 a ²	0.143 ab	0.150 b	0.148 b	7.1	0.021	0.029	**
Cu (mg/l)	6.35	3.81 a	3.61 a	3.55 a	3.63 a	6.6	0.506	0.691	ns
SO ₄ ⁻² (mg/l)	75.00	36.60 bc	34.70 ab	31.10 a	38.40 c	7.0	5.140	7.026	**
Cr ⁺⁶ (mg/l)	0.070	0.043 a	0.042 a	0.040 a	0.044 a	12.7	0.011	0.015	ns

หมายเหตุ ¹ = ค่าเฉลี่ยจาก 2 ซ้ำ

² = ตัวอักษรเหมือนกันในแนวนอนไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 %



ภาพที่ 8 ประสิทธิภาพการลดค่า Fe^{+2} (%) Cu (%) SO_4^{-2} (%) และ Cr^{+6} (%) ในน้ำทิ้งนาุ้ง ด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ในสัปดาห์ที่ 8-16

วิจารณ์

จากการปลูกหญ้าแฝกกลุ่ม 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี ในสภาพนาที่ขังน้ำทิ้งไว้ในแปลง ศึกษาการเจริญเติบโต การดูดซับธาตุอาหาร และประสิทธิภาพการบำบัดน้ำทิ้งนาขัง

การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกในน้ำทิ้งนาขัง ซึ่งมีค่าบีโอดี (17.40-20.40 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไนโตรเจนทั้งหมด (6.72-10.64 มิลลิกรัมต่อลิตร) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (0.115-0.185 มิลลิกรัมต่อลิตร) ความเป็นกรด-ด่าง (8.25-8.84) และความเค็มของน้ำ (4.00-4.80 ส่วนในพัน) ก่อนข้างสูงเป็นไปในลักษณะ sigmoid growth curve ในระยะแรกภายหลังการปลูกหญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตค่อนข้างช้า (สัปดาห์ที่ 8 และ 10) เนื่องจากหญ้าแฝกมีการปรับตัวให้เจริญเติบโตในสภาพน้ำทิ้งนาขังที่ค่อนข้างเค็ม พบว่า หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา ทนเค็มได้ต่ำ มีการเจริญเติบโตน้อยกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น อาจเป็นเพราะความเค็มของน้ำทิ้งนาขังมีผลทำให้การเจริญเติบโตลดลง เนื่องจากหญ้าแฝกมีการดูดน้ำที่มีเกลือละลายอยู่มาก จึงมีการสะสมเกลืออยู่ในเซลล์เพิ่มขึ้น ทำให้ความเต่งของเซลล์ลดลง และการขยายขนาดของเซลล์เป็นไปได้น้อย เป็นผลให้การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกเป็นไปได้ช้า หญ้าแฝกจึงต้องมีการปรับตัวเพื่อลดระดับความเข้มข้นของเกลือในเซลล์ให้ลดลง และสามารถอยู่รอดในน้ำเค็มได้ เพราะเมื่อระดับความเข้มข้นของน้ำเพิ่มขึ้นมีผลทำให้หญ้าแฝกดูดน้ำไปใช้ได้น้อยลงด้วย (ไพรัช, 2542) จากการที่รากหญ้าแฝกสัมผัสกับดินที่มีสารละลายเกลือในความเข้มข้นสูง ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างแรงดันออสโมติกของสารละลายในดินกับสารละลายในเซลล์พืช โดยสารละลายในเซลล์พืชมีค่าแรงดันออสโมติกน้อยกว่าพืชจะดูดน้ำได้น้อยกว่าอัตราการคายน้ำ (สมศรี, 2539) ทำให้หญ้าแฝกขาดน้ำ เเฉ ลำต้นแคระแกร็น ขอบใบไหม้ ใบเป็นสีน้ำตาล ลำเรียง (2532) ศึกษาการถ่ายทอดลักษณะการทนดินเค็มในข้าว ซึ่งเป็นพืชในวงศ์เดียวกับหญ้าแฝก (Family Gramineae) พบว่า อาการผิดปกติของข้าวที่มีค่าความเค็มประมาณ 6 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีลักษณะเหี่ยวที่ขอบใบ จากปลายใบเป็นรูปตัววีเข้ามาหาโคนใบ และม้วนตามความยาว จากปลายใบที่แห้งเข้ามาหาโคนใบ ใบอ่อนก็จะแสดงอาการคล้ายใบแก่ แต่รุนแรงน้อยกว่า ข้าวจัดเป็นพืชที่สามารถทนเค็มได้ปานกลาง เป็นผลจากข้าวสามารถปรับความเข้มข้นของสารละลายภายในเซลล์ได้ หรืออาจควบคุมให้สารละลายเกลือในรูปออสโมไลต์เคลื่อนย้ายไปในอัตราที่ต่ำ หรืออาจมีกรรมวิธีในการเก็บกักสารละลายเกลือไว้ในที่จำกัด ไม่ให้เข้าไปเกี่ยวข้องกับกิจกรรมของเอนไซม์ ซึ่งเกิดขึ้นในข้าวบางพันธุ์ที่สามารถ

ทนเค็มได้ ไพรซ์ (2542) รายงานว่า หนุ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา และแหล่งพันธุ์สงขลา 3 มีเปอร์เซ็นต์การอยู่รอดในสภาพดินเค็ม ที่มีระดับความเค็ม 12 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ได้ต่ำ (33.3 เปอร์เซ็นต์) ส่วนมนพ (2538) ปลุกหนุ้าแฝกในดินเค็มที่รดด้วยน้ำทิ้งชุมชนจังหวัดเพชรบุรี พบว่า ค่าความเค็มของดินมีผลต่อการเจริญเติบโตของหนุ้าแฝกแหล่งพันธุ์ราชบุรี และบราซิล ทำให้การเจริญเติบโตไม่ดี และมีการตายสูง เนื่องจากดินที่นำมาถมบริเวณที่ปลุกหนุ้าแฝกมีค่าความเค็มสูงโดยพบคราบเกลือบนผิวดินเป็นหย่อมๆ ในสัปดาห์ที่ 12 หลังการปลุกหนุ้าแฝกในน้ำทิ้งนาุ้ง หนุ้าแฝกทุกแหล่งพันธุ์มีการปรับตัวให้เจริญอยู่ในน้ำทิ้งนาุ้งได้ดีเพิ่มขึ้น การเจริญเติบโตของหนุ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว มีการแตกหน่อใหม่จากลำต้นใต้ดินทดแทนหน่อเก่าอยู่เสมอ ทำให้กอหนุ้าแฝกมีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งเป็นระยะ logphase โดยมีค่าเฉลี่ยของหนุ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ ดังนี้ ค่าเฉลี่ยความสูงต้น (120.60 เซนติเมตร) จำนวนหน่อ (10.5 หน่อต่อกอ) และมวลชีวภาพ (62.11 กรัมต่อกอ) เพิ่มขึ้นมากกว่าหนุ้าแฝกระยะ 8 สัปดาห์หลังการปลุกหนุ้าแฝกในน้ำทิ้งนาุ้ง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของหนุ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ ดังนี้ ความสูงต้น (97.35 เซนติเมตร) จำนวนหน่อ (2.6 หน่อต่อกอ) และมวลชีวภาพ (20.64 กรัมต่อกอ) โดยสัปดาห์ที่ 12 มีค่าการเจริญเติบโตด้านความสูงต้น จำนวนหน่อ และมวลชีวภาพสูงกว่าระยะ 8 สัปดาห์ 1.24, 4.04, และ 3.01 เท่า ตามลำดับ เนื่องจากหนุ้าแฝกดูดธาตุอาหารจากนาุ้ง ธาตุอาหารเหล่านี้มาจากอาหารเลี้ยงกุ้งที่มีโปรตีนสูง และการขับถ่ายของเสียจากกุ้ง ทำให้มีธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูง หนุ้าแฝกสามารถใช้ไนโตรเจนในรูปเกลือไนเตรต และแอมโมเนียมไอออนเป็นส่วนใหญ่ หนุ้าแฝกจะดูดไนเตรตขึ้นไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของพืชโดยผ่านทางท่อน้ำ โดยไนเตรตที่พืชดูดจะถูกรีดิวส์เป็นแอมโมเนีย แอมโมเนียจะรวมตัวกับสารอินทรีย์ที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบเกิดสารประกอบไนโตรเจน ได้แก่ กรดอะมิโน โปรตีน คลอโรฟิลล์ เอนไซม์ และฮอร์โมนทำให้ใบมีสีเขียวและแข็งแรง ส่วนฟอสฟอรัส มีบทบาทอย่างมากในด้านเมแทบอลิซึมของพลังงาน โดยเฉพาะเป็นองค์ประกอบของ ADP, ATP, NADP และเป็นองค์ประกอบในสารอินทรีย์ที่สำคัญต่อพืช เช่น นิวคลีโอโปรตีน กรดไฟติก ฟอสโฟลิพิด และโคเอนไซม์ (สมบุญ, 2548) หนุ้าแฝกสามารถปรับตัวในสภาพแวดล้อมที่มีน้ำท่วมขังได้ เนื่องจากหนุ้าแฝกมี aerenchyma ทำหน้าที่ในการเก็บสะสมออกซิเจนจึงช่วยให้เจริญเติบโตได้ในน้ำ (สมบุญ, 2548) Xia *et al.*, 2003 รายงานว่าหนุ้าแฝกลุ่มสามารถปรับตัวให้เจริญเติบโตในสภาพน้ำท่วมขังได้ 100 วัน หรือมากกว่านั้น จะเห็นได้ว่าหลังจากปลุกหนุ้าแฝก 12 สัปดาห์ หนุ้าแฝกมีการเจริญเติบโตขึ้นเรื่อยๆ จนถึงระยะ 14 สัปดาห์ เริ่มมีการสร้างดอกในส่วนปลายยอด การเจริญเติบโตของหนุ้าแฝกจะเพิ่มขึ้นช้าๆ โดยมีค่าเฉลี่ยของหนุ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ ดังนี้ ความสูง (129.65 เซนติเมตร) จำนวนหน่อ (15.4 หน่อต่อกอ) และมวลชีวภาพ (91.13 กรัมต่อกอ)

ก) และในสัปดาห์ที่ 16 ของการทดลอง หนุ้าแฝกมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นน้อยหรือค่อนข้างคงที่ โดยมีค่าเฉลี่ยความสูงต้น (141.75 เซนติเมตร) จำนวนหน่อ (18.4 หน่อต่อกอ) และมวลชีวภาพ (104.72 กรัมต่อกอ) 1.09, 1.19, และ 1.15 เท่า ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับสัปดาห์ที่ 14 หลังการปลูกหนุ้าแฝกในน้ำทิ้งนาุ้ง ระยะนี้ถือว่าอยู่ในระยะ stationary phase ก่อนเข้าสู่ระยะเสื่อมคือใบเริ่มเหลืองมาก หน่อเริ่มใกล้ตายหลังการสร้างดอกเต็มที่แล้ว ถ้ามีการตัดใบของหนุ้าแฝกให้สั้นลง จะทำให้หนุ้าแฝกสามารถเจริญเติบโตได้ใหม่ มีการแตกหน่อเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับมนพ (2538) ปลูกหนุ้าแฝก 5 แหล่งพันธุ์ โดยใช้น้ำธรรมชาติเป็นเวลา 6 เดือน หลังจากนั้นทำการตัดใบหนุ้าแฝกออกให้มีความสูงเหลือ 6 เซนติเมตร จากพื้นดิน แล้วรดด้วยน้ำทิ้งชุมชนจังหวัดเพชรบุรี พบว่า หนุ้าแฝกสามารถเจริญเติบโตได้อีก ในขณะที่ปัญจพล (2547) พบว่า หนุ้าแฝกลุ่มที่มีการตัดใบหลังจากปลูก 60 วัน มีการเจริญเติบโตและมีประสิทธิภาพในการลดค่าโครเมียมในระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ดินได้มากกว่าหนุ้าแฝกลุ่มที่ไม่มีการตัดใบ

การปลูกหนุ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ โดยใช้ตอซังในน้ำทิ้งนาุ้ง พบว่า ระยะ 16 สัปดาห์ภายหลังการปลูกหนุ้าแฝก หนุ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี สามารถเจริญเติบโตได้ดีกว่าหนุ้าแฝกทั้ง 3 แหล่งพันธุ์ โดยมีความสูงต้น (150.00 เซนติเมตร) การแตกหน่อ (20.6 หน่อต่อกอ) น้ำหนักต้น (93.55 กรัมต่อกอ) และน้ำหนักมวลชีวภาพ (112.54 กรัมต่อกอ) สูง อาจเนื่องจากหนุ้าแฝกแหล่งพันธุ์นี้สามารถทนสภาพแวดล้อมที่มีค่าบีโอดี ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าความเค็มของน้ำทิ้งนาุ้งค่อนข้างสูงได้ดีกว่าหนุ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น ศิริลักษณ์ (2540) รายงานว่า แคลลัสของหนุ้าแฝกแหล่งพันธุ์กำแพงเพชร 1 และแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานีในสภาพหลอดทดลอง สามารถทนเค็มได้สูงถึง 3.32 และ 3.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพัฒนาไปเป็นต้นได้ ในขณะที่ไพรัช (2542) รายงานว่า หนุ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีเปอร์เซ็นต์การอยู่รอดในสภาพดินเค็ม ที่มีระดับความเค็ม 12 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ได้สูงสุด 88.9 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับแหล่งพันธุ์กำแพงเพชร ส่วนแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีเปอร์เซ็นต์การอยู่รอดเท่ากับ 77.8 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ฐิติณัฐ (2549) ปลูกหนุ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ หนุ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี หนุ้าแฝกแหล่งพันธุ์อินโดนีเซีย หนุ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 และหนุ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา ในน้ำเสียชุมชนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยใช้ระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า หนุ้าแฝกแหล่งพันธุ์อินโดนีเซียมีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด โดยมีความสูง (150.20 เซนติเมตร) ความยาวราก (10.20 เซนติเมตร) น้ำหนักต้น (19.99 กรัมต่อกอ) น้ำหนักมวลชีวภาพ (27.95 กรัมต่อกอ) และจำนวนหน่อ (7.00 หน่อต่อกอ) สูงสุด ส่วนหนุ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีการเจริญเติบโตน้อยกว่าหนุ้าแฝกแหล่งพันธุ์อินโดนีเซีย โดยมีความ

สูง (143.00 เซนติเมตร) ความยาวราก (8.50 เซนติเมตร) น้ำหนักต้น (18.47 กรัมต่อน้ำหนัก) น้ำหนักมวลชีวภาพ (26.66 กรัมต่อน้ำหนัก) และจำนวนหน่อ (6.40 หน่อต่อน้ำหนัก) ซึ่งแตกต่างจากการปลูกหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานีในน้ำตื้นนาทุ่ง ที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น

การเจริญของรากหญ้าแฝก พบว่า หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทานที่ปลูกในน้ำตื้นนาทุ่ง มีการเจริญเติบโตในส่วนรากมากกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าความยาวราก (44.00 เซนติเมตร) และน้ำหนักราก (21.71 กรัมต่อน้ำหนัก) มากกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี ตามลำดับ เช่นเดียวกับผลการทดลองของมนพ (2538) ปลูกหญ้าแฝกในดินเค็มที่รดด้วยน้ำทิ้งชุมชน จังหวัดเพชรบุรี พบว่า หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีน้ำหนักราก (30.6 กรัมต่อน้ำหนัก) สูงกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์บราซิล ศรีลังกา ราชนบุรี และอินโดนีเซีย ในขณะที่ลิตธิ์ (2549) ปลูกหญ้าแฝกในน้ำเสียชุมชนภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยใช้หญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ เก็บตัวอย่างพืชที่ 16 สัปดาห์ พบว่า หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกามีน้ำหนักราก (8.28 กรัมต่อน้ำหนัก) สูงสุด รองลงมา คือ หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี (8.19 กรัมต่อน้ำหนัก) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อินโดนีเซีย (7.96 กรัมต่อน้ำหนัก) และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 (7.84 กรัมต่อน้ำหนัก) ตามลำดับ

การที่หญ้าแฝกซึ่งปลูกในนาทุ่งมีการเจริญเติบโตได้ดี เป็นเพราะในดินที่ปลูกหญ้าแฝก มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 6.9 มีธาตุอาหารต่างๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น มีอินทรีย์วัตถุ (organic matter) 0.55 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) 24.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total K) 292 มิลลิกรัมต่อลิตร โซเดียม (Na) 23 มิลลิกรัมต่อลิตร แคลเซียม (Ca) 19.45 มิลลิกรัมต่อลิตร ซัลเฟต (SO_4^{2-}) 40 มิลลิกรัมต่อลิตร และ คลอไรด์ (Cl) 20 มิลลิกรัมต่อลิตร นอกจากนี้ในน้ำตื้นนาทุ่งมีธาตุอาหารไนโตรเจน (6.72-10.64 มิลลิกรัมต่อลิตร) ค่อนข้างสูง ฟอสฟอรัส (0.115-0.185 มิลลิกรัมต่อลิตร) และธาตุอาหารอื่นๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชละลายอยู่ ธาตุเหล่านี้บางส่วนเกิดจากการเน่าสลายของสารอินทรีย์จากเศษอาหารเหลือและของเสียจากทุ่ง (วัลลภ, 2536) รากพืชสามารถดูดซึมธาตุอาหารเหล่านี้เพื่อนำมาใช้ในการเจริญเติบโต ทั้งนี้เพราะไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของโปรตีน กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิก คลอโรฟิลล์ ฮอร์โมนบางชนิด และสารประกอบอื่นๆ ของพืช ส่วนฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบในสารอินทรีย์สำคัญ เช่น นิวคลีโอโปรตีน กรดไฟติก ฟอสโฟลิพิด และโคเอนไซม์ นอกจากนี้ยังมีบทบาทอย่างมากในด้านเมแทบอลิซึม

ของพลังงาน โดยเฉพาะองค์ประกอบของ ATP, ADP และ NADP (สมบุญ, 2548) จึงทำให้หญ้าแฝกเจริญเติบโตได้ดี

หญ้าแฝกเป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตแบบสิ้นสุด (determinative growth) คือ มีการเจริญเติบโตไประยะหนึ่งจนถึงมีความพร้อมในการออกดอก (สัปดาห์ที่ 12 ภายหลังการปลูก) ระยะนี้หญ้าแฝกมีการดูดซับ และสะสมธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตในส่วน ของต้นและรากมาก ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชมีความต้องการในปริมาณมาก มีความสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสง และส่งเสริมการเจริญเติบโตของยอดอ่อน ใบ กิ่ง ก้าน และลำต้น ถ้าขาดไนโตรเจนจะทำให้พืชใบเหลือง ลำต้นแคระแกรน การเจริญเติบโตหยุดชะงัก แต่ถ้าพืชได้รับในปริมาณที่มากเกินไปเกินความต้องการ จะทำให้พืชมีใบเขียวเข้ม ขนาด ใบใหญ่ ระบบรากจะถูกจำกัด (สมบุญ, 2548) จากการทดลอง พบว่า สัปดาห์ที่ 12 หญ้าแฝก มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในส่วนต้น อยู่ในช่วง 0.79-0.88 เปอร์เซ็นต์ และค่าเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในส่วนราก อยู่ในช่วง 0.68-0.74 เปอร์เซ็นต์ โดยหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ พระราชทาน มีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในส่วนต้นสูงสุด เท่ากับ 0.88 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในราก มีค่าเท่ากับ 0.72 เปอร์เซ็นต์ และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนใน ส่วนรากสูงสุด เท่ากับ 0.74 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าสูงกว่าหญ้าแฝกในสัปดาห์ที่ 16 ซึ่งมีค่าเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในส่วนต้น เท่ากับ 0.67-0.80 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนใน ราก เท่ากับ 0.58-0.69 เปอร์เซ็นต์ โดยหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีเปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนในส่วนต้นและรากสูงสุด เท่ากับ 0.80 และ 0.69 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจาก สัปดาห์ที่ 16 เป็นระยะที่หญ้าแฝกเริ่มออกดอก ธาตุอาหารจะถูกดึงไปสร้างดอกและผลอย่าง รวดเร็วทำให้ธาตุอาหารที่สะสมส่วนต้นและรากของหญ้าแฝกทุกแหล่งพันธุ์มีค่าลดลง ซึ่งหลังจากนี้จะเริ่มเข้าสู่ระยะเสื่อม อัตราการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกจะลดลง สำหรับ ปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในส่วนต้นและรากของหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำทิ้งนาทุ่ง พบว่า สัปดาห์ที่ 16 ปริมาณไนโตรเจนของหญ้าแฝกมีค่าสูงกว่าปริมาณไนโตรเจนของหญ้าแฝกใน สัปดาห์ที่ 12 เนื่องจากปริมาณการสะสมธาตุอาหารในพืชขึ้นอยู่กับน้ำหนักต้นและรากที่ เพิ่มขึ้น ในสัปดาห์ที่ 16 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีปริมาณไนโตรเจนสูงทั้งส่วนต้น (692.24 มิลลิกรัมต่อต้น) และราก (150.42 มิลลิกรัมต่อต้น) ในขณะที่สัปดาห์ที่ 12 หญ้าแฝก แหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีปริมาณการสะสมไนโตรเจนสูงสุดในส่วนต้น (452.54 มิลลิกรัมต่อ ต้น) และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีปริมาณการสะสมไนโตรเจนสูงสุดในราก (77.83 มิลลิกรัมต่อต้น) เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองของมนพ (2538) ซึ่งใช้หญ้าแฝกที่รดด้วยน้ำทิ้ง

ชุมชน จังหวัดเพชรบุรี ในน้ำทิ้งมีค่าไนโตรเจนเท่ากับ 35.64 มิลลิกรัมต่อลิตร ระยะการปลูก 9 เดือนหญ้าแฝกมีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในดิน 0.353-0.866 เปอร์เซ็นต์ และมีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในราก 0.238-0.346 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำทิ้งนาทุ่ง อาจเนื่องจากดินที่นำมาปลูกหญ้าแฝกที่รดด้วยน้ำทิ้งชุมชน จ. เพชรบุรี เป็นดินที่น้ำทะเลท่วมถึง และใช้ทำนาเกลือมาก่อนทำให้ค่าความเค็มมากกว่าดินที่ใช้เลี้ยงกุ้ง เมื่อดินมีปริมาณโซเดียม (Na^+) คลอไรด์ (Cl^-) แมกนีเซียม (Mg^{+2}) แคลเซียม (Ca^{+2}) และ ซัลเฟต (SO_4^{-2}) มาก จะทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืช พืชขาดธาตุอาหารบางชนิด และทำให้โครงสร้างของดินเสีย (สมศรี, 2539) หญ้าแฝกจะมีการเจริญเติบโตช้าลง ทำให้ปริมาณไนโตรเจนสะสมทั้งในดินและรากน้อยกว่าหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำทิ้งนาทุ่ง และเมื่อเปรียบเทียบกับปิยวรรณ (2546) ปลูกหญ้าแฝกในน้ำทิ้งชุมชน กรมชลประทาน (ไนโตรเจนในน้ำทิ้ง มีค่า 2.741-4.457 มิลลิกรัมต่อลิตร) พบว่า ในระยะเก็บเกี่ยว (4 เดือน) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อินโดนีเซีย มีเปอร์เซ็นต์และปริมาณไนโตรเจนในดินสูงสุด เท่ากับ 1.182 เปอร์เซ็นต์ และ 33.21 มิลลิกรัมต่อดิน ตามลำดับ ส่วนหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 มีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในรากสูง เท่ากับ 1.310 เปอร์เซ็นต์ และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ม่อนโต มีปริมาณไนโตรเจนในรากสูง เท่ากับ 21.36 มิลลิกรัมต่อดิน เมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำทิ้งนาทุ่ง จะพบว่า เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในส่วนลำต้นและรากมีค่าต่ำกว่าหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำทิ้งชุมชน กรมชลประทาน อาจเนื่องจากหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำทิ้งนาทุ่ง มีการเจริญเติบโตดี มีน้ำหนักรากและน้ำหนักรากมากกว่าหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำทิ้งชุมชน เมื่อรากหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำทิ้งนาทุ่งดูดธาตุไนโตรเจนนำไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของหญ้าแฝกทำให้เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในพืชเฝือจากลง ทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนทั้งในส่วนต้นและรากต่ำกว่าหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำทิ้งชุมชน ที่มีขนาดต้นหญ้าแฝกเล็กกว่า ส่วนปริมาณการสะสมของไนโตรเจนทั้งในส่วนต้นและรากของหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำทิ้งนาทุ่ง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักราก (85.63 กรัมต่อกอ) และน้ำหนักราก (19.09 กรัมต่อกอ) สูงกว่าหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำทิ้งชุมชน ซึ่งมีน้ำหนักราก เท่ากับ 20.9 กรัมต่อกอ และน้ำหนักราก เท่ากับ 16.61 กรัมต่อกอ ตามลำดับ ทำให้หญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำทิ้งนาทุ่งมีปริมาณไนโตรเจนทั้งในส่วนต้นและรากมากกว่าหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำทิ้งชุมชน เนื่องจากปริมาณการสะสมไนโตรเจนในส่วนต้นและรากหญ้าแฝกขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน น้ำหนักราก และน้ำหนักรากของหญ้าแฝกด้วย

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการในปริมาณมากในการเจริญเติบโต พืชดูดฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ในรูปสารอนินทรีย์พวกไดไฮโดรเจนฟอสเฟตไอออน (H_2PO_4^-) และไฮโดรเจนฟอสเฟตไอออน (HPO_4^{-2}) มีบทบาทในด้านเมแทบอลิซึมของ ส่งเสริมการเจริญเติบโต

ของรากทำให้ลำต้นแข็งแรงไม่ล้มง่าย ช่วยสร้างดอกและเมล็ด ถ้าพืชขาดฟอสฟอรัสจะทำให้ใบมีสีเขียวเข้ม ก้านใบและลำต้นอาจมีสีม่วงแดง เกิดจากการสะสมแอนโทไซยานิน (สมบุญ, 2548) จากการทดลองเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในรากมีค่าสูงกว่าในต้น ในสัปดาห์ที่ 12 ฟอสฟอรัสในต้นหญ้าแฝก มีค่าอยู่ในช่วง 0.117-0.139 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในราก มีค่าอยู่ในช่วง 0.141-0.165 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่า ในสัปดาห์ที่ 16 ซึ่งมีค่าฟอสฟอรัสในต้น อยู่ในช่วง 0.106-0.128 เปอร์เซ็นต์ และในราก มีค่าอยู่ในช่วง 0.122-0.148 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากระยะสัปดาห์ที่ 16 เป็นระยะที่หญ้าแฝกมีการสร้างดอกและผล ธาตุอาหารจะถูกดึงไปใช้ในการเจริญเติบโต การสร้างดอกและผล ทำให้ฟอสฟอรัสส่วนต้นและรากของหญ้าแฝกมีค่าลดลงเช่นเดียวกับไนโตรเจน ในด้านปริมาณฟอสฟอรัสที่สะสมในส่วนต้นและรากของหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำทิ้งนาทุ่ง พบว่า สัปดาห์ที่ 16 ปริมาณฟอสฟอรัสของหญ้าแฝกมีค่าสูงกว่าปริมาณฟอสฟอรัสของหญ้าแฝกในสัปดาห์ที่ 12 เนื่องจากปริมาณการสะสมธาตุอาหารขึ้นอยู่กับน้ำหนักต้นและรากที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับไนโตรเจน ในสัปดาห์ที่ 12 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 มีปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนของต้นเพียง (76.512 มิลลิกรัมต่อต้น) และราก (18.158 มิลลิกรัมต่อต้น) ในขณะที่สัปดาห์ที่ 16 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 มีปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนต้น (106.125 มิลลิกรัมต่อต้น) และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนราก (28.637 มิลลิกรัมต่อต้น) สูง เมื่อเปรียบเทียบกับงานทดลองของมนพ (2538) พบว่า หญ้าแฝกที่รดด้วยน้ำทิ้งชุมชน จังหวัดเพชรบุรี (น้ำทิ้งมีค่าฟอสฟอรัส 9.01 มิลลิกรัมต่อลิตร) ระยะการปลูก 9 เดือน พบว่า มีเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในต้น อยู่ในช่วง 0.079-0.185 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำทิ้งนาทุ่ง และมีเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในราก อยู่ในช่วง 0.038-0.092 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำทิ้งนาทุ่ง อาจเป็นเพราะความเค็มในดินที่มีค่าสูงจึงส่งผลทำให้การดูดสะสมธาตุฟอสฟอรัสของรากหญ้าแฝกได้ต่ำกว่า จากการทดลองครั้งนี้หญ้าแฝกมีการสะสมฟอสฟอรัสในรากมากกว่าต้นทั้งสัปดาห์ที่ 12 และ 16 เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของราก (ขงยุทธ, 2546) ปิยวรรณ (2546) ปลูกหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ในน้ำทิ้งชุมชน กรมชลประทาน (ในน้ำทิ้งมีค่าฟอสฟอรัส 0.684-1.570 มิลลิกรัมต่อลิตร) พบว่า ในระยะเก็บเกี่ยว (4 เดือน) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 มีเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในส่วนราก (0.367 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น โดยมีค่ามากกว่าในส่วนต้น (มีฟอสฟอรัส 0.182 เปอร์เซ็นต์) ส่วนหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อินโดนีเซีย มีปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนต้น (7.310 มิลลิกรัมต่อต้น) สูงสุด และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์มอนโต มีปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนราก (6.886 มิลลิกรัมต่อลิตร) สูงสุด ส่วนจิตินันท์ (2549) ปลูกหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์

ศรีลังกา แหล่งพันธุ์สงขลา 3 แหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี และแหล่งพันธุ์อินโดนีเซียในน้ำเสียชุมชน ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ฟอสฟอรัสในน้ำทิ้ง มีค่า 0.388-0.684 มิลลิกรัมต่อลิตร) พบว่า ในระยะเก็บเกี่ยว 4 เดือน หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสสูงสุดทั้งในต้น (0.274 เปอร์เซ็นต์) และราก (0.358 เปอร์เซ็นต์) ส่วนหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงสุดทั้งในส่วนต้น (5.019 มิลลิกรัมต่อต้น) และในส่วนราก (2.983 มิลลิกรัมต่อลิตร) เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสทั้งในส่วนต้นและรากหญ้าแฝก จากรายงานของปิยวรรณ (2546) และฐิติณัฐ (2549) พบว่า หญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำทิ้งชุมชน มีเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสสูงกว่าหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำทิ้งนาทุ่ง เนื่องจากค่าฟอสฟอรัสในน้ำเสียชุมชนส่วนใหญ่มาจากกิจกรรมในชีวิตประจำวันของมนุษย์ โดยการใช้ผงซักฟอก น้ำยาล้างจาน และสารทำความสะอาดต่างๆ สิ่งดังกล่าวทำให้เกิดสารฟอสเฟตจำนวนมาก โดยน้ำทิ้งชุมชนกรมชลประทาน มีค่าฟอสฟอรัสก่อนการบำบัด อยู่ในช่วง 0.684-1.570 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนในน้ำเสียชุมชน ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีค่าอยู่ในช่วง 0.388-0.684 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่น้ำทิ้งนาทุ่งมีค่าฟอสฟอรัสก่อนบำบัดเพียง 0.115-0.185 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนปริมาณการสะสมของฟอสฟอรัสทั้งในส่วนต้นและรากของหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำทิ้งนาทุ่งจะมีค่าสูงกว่าหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำทิ้งชุมชนกรมชลประทาน และหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำทิ้งชุมชนภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เนื่องจากปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสในส่วนต้นและรากหญ้าแฝกขึ้นอยู่กับน้ำหนักรากและรากหญ้าแฝกเช่นเดียวกับการสะสมไนโตรเจนในต้นและรากหญ้าแฝก เมื่อพืชมีการดูดน้ำที่มีธาตุอาหารขึ้นไปใช้ในกระบวนการต่างๆ ผ่านทางต้นและรากพืชจึงสามารถดูดธาตุอาหารต่างๆ เข้าสู่พืชได้ในรูปของเกลือแร่ ที่ละลายน้ำ มีการเคลื่อนย้ายของน้ำในลักษณะนี้เป็นการเคลื่อนย้ายโดยกระบวนการระเหยคายน้ำ (evapotranspiration) Wagner *et al.* (2003) รายงานว่า หญ้าแฝกสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสถานะที่มีไนโตรเจน 6,000 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อปี แต่ฟอสฟอรัสจะต้องไม่เกิน 250 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อปี แสดงให้เห็นว่าหญ้าแฝกต้องการธาตุไนโตรเจนมากกว่าฟอสฟอรัสในส่วนของต้นและรากของหญ้าแฝกจึงมีเปอร์เซ็นต์และปริมาณไนโตรเจนสะสมอยู่มากกว่าเปอร์เซ็นต์และปริมาณฟอสฟอรัส

น้ำทิ้งนาทุ่ง คือ น้ำที่ได้จากการทำกิจกรรมต่างๆ ของบ่อเลี้ยงกุ้ง ซึ่งจะมีเศษอาหารของเสียจากกุ้ง และสิ่งมีชีวิตในบ่อ หลงเหลืออยู่ เมื่อสิ่งเหล่านี้มีการสะสมเป็นจำนวนมาก มีผลทำให้คุณสมบัติของน้ำทางกายภาพและทางเคมีเปลี่ยนไปจากเดิม เช่น มีความขุ่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส บีโอดี ค่าความนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น และออกซิเจนละลายในน้ำลดลง เมื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ จะมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมธรรมชาติ (คณิต และพุทธ, 2535) โดยทั่วไป

น้ำที่จากการเลี้ยงกุ้งจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นตะกอนหรือดินเลน และอีกส่วนเป็นน้ำที่เกิดจากการเปลี่ยนถ่ายน้ำ ประกอบด้วยสารอินทรีย์ แพลงก์ตอน สารพิษ โลหะหนัก และสารเคมีอื่น ๆ (วัลลภ, 2536) Boyd (1970) รายงานว่า ตัวการทำให้เกิดน้ำเสียขึ้น เป็นเพราะปริมาณสารอินทรีย์ โดยเฉพาะไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่มีมากเกินไปในน้ำ

การบำบัดน้ำที่นาุ้งด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ พบว่า ค่าออกซิเจนละลายน้ำในน้ำที่นาุ้งก่อนการบำบัด อยู่ในช่วง 3.52-4.05 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ประเภทที่ 3 (แหล่งน้ำเพื่อการเกษตร) ที่กำหนดค่าออกซิเจนละลายน้ำต้องมีค่ามากกว่า 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นค่าที่ทำให้แหล่งน้ำธรรมชาติสามารถฟื้นตัวเองได้ น้ำที่นาุ้งได้รับออกซิเจนจาก 2 แหล่งใหญ่ คือ การละลายลงสู่ผิวน้ำของออกซิเจนจากบรรยากาศ และการสังเคราะห์ด้วยแสงของหญ้าแฝก แต่ในทางกลับกัน การหายใจของหญ้าแฝกก็ทำให้ปริมาณออกซิเจนลดลง ถ้าปล่อยน้ำที่นาุ้งที่มีค่าออกซิเจนละลายน้ำต่ำกว่า 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติจะก่อให้เกิดปัญหาคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมได้ เนื่องจากสัตว์น้ำ และพืชน้ำต้องใช้ออกซิเจนในการหายใจ ถ้าออกซิเจนมีไม่เพียงพอจะทำให้สิ่งมีชีวิตในน้ำตาย ส่งผลให้แหล่งน้ำไม่สามารถฟื้นตัวเองได้ ภายหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝกค่าออกซิเจนละลายน้ำในน้ำที่นาุ้งเพิ่มขึ้น อยู่ในช่วง 4.37-6.03 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ในสัปดาห์ที่ 16 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีประสิทธิภาพในการเพิ่มออกซิเจนละลายน้ำสูงสุด เท่ากับ 35.92 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากหญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น เมื่อเกิดขบวนการสังเคราะห์แสง ทำให้ได้ออกซิเจนจากการสังเคราะห์แสง ออกซิเจนที่ได้จะถูกเคลื่อนย้ายจากยอดไปยังรากแพร่สู่ชั้นน้ำ ซึ่งส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเพิ่มมากขึ้น (Hammer and Bastian, 1989)

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำ คือ ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand) ซึ่งใช้เป็นดัชนีชี้วัดความสกปรกของน้ำ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545) ค่าบีโอดีในน้ำที่นาุ้งก่อนการบำบัด มีค่าอยู่ในช่วง 17.40-20.40 มิลลิกรัมต่อลิตร สูงกว่าค่ามาตรฐานน้ำที่จากการเลี้ยงกุ้งของกรมประมง (กลุ่มสิ่งแวดล้อมแหล่งเพาะสัตว์เลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง, 2537) ที่กำหนดไว้ว่าน้ำที่ปล่อยจากการเลี้ยงกุ้งต้องมีค่าบีโอดีไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำที่จากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กำหนดน้ำที่ปล่อยจากการเลี้ยงกุ้งต้องมีค่าบีโอดีไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าค่าบีโอดีในน้ำที่นาุ้งมีค่าเกินมาตรฐานเพียงเล็กน้อย เนื่องจากการเลี้ยงกุ้ง มีการให้อาหารเศษอาหารที่เหลือตกค้าง สิ่งขับถ่ายของกุ้ง ล้วนเป็นสารอินทรีย์ เมื่อมีปริมาณสารอินทรีย์มากทำ

ให้จุลินทรีย์ต้องการออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์มากตามไปด้วย ทำให้ค่าออกซิเจนละลายน้ำต่ำลง ส่งผลให้ค่าบีโอดีสูงขึ้น ภายหลังการบำบัดน้ำทิ้งนาุ้งด้วยหญ้าแฝก พบว่าค่าบีโอดีลดลง เนื่องจากหญ้าแฝก มีการสังเคราะห์แสง ทำให้ได้ออกซิเจน ออกซิเจนที่ได้จะถูกเคลื่อนย้ายมายังรากแพร่สู่ชั้นน้ำ แบคทีเรียที่เกาะติดอยู่กับพืชน้ำ โดยเฉพาะส่วนรากของพืช และที่แขวนลอยอยู่ จะนำออกซิเจนไปใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์ ทำให้สารอินทรีย์ในน้ำทิ้งนาุ้งลดลง ค่าบีโอดี ลดลงในช่วง 8.01-11.93 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งและมาตรฐานน้ำทิ้งลงคลองชลประทาน ในสัปดาห์ที่ 16 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน สามารถลดค่าบีโอดีในน้ำทิ้งนาุ้งได้ดีที่สุด มีประสิทธิภาพการลดค่าบีโอดี 57.89 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา (57.35 เปอร์เซ็นต์) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี (57.16 เปอร์เซ็นต์) และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 (54.41 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ โดยหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ ทำให้ค่าบีโอดีในน้ำทิ้งนาุ้งลดลงใกล้เคียงกัน สอดคล้องกับพัฒน์ (2536) รายงานว่า พืชน้ำบางชนิด เช่น ผักตบชวา และใบบัวบก มีความสามารถในการส่งผ่านออกซิเจนได้สูง โดยส่งผ่านลงมาตามใบ ลำต้น และ ราก ปริมาณออกซิเจนที่ส่งผ่านมานี้ บางส่วนรากจะนำไปใช้ในการหายใจ ขณะที่ออกซิเจนส่วนที่เหลือจะส่งผ่านมาที่ชั้นน้ำเสีย ซึ่งแบคทีเรียสามารถนำไปใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ทำให้ปริมาณสารแขวนลอยในน้ำลดลง สำหรับออกซิเจนที่ส่งผ่านลงมาทางรากของผักตบชวา และใบบัวบก พบว่า แบคทีเรียสามารถนำไปใช้และลดค่าบีโอดี ได้ถึงร้อยละ 90 Boonsong and Chansiri (2006) ปลูกรูหญ้าแฝก 2 แหล่งพันธุ์ คือ สงขลา 3 และ สุราษฎร์ธานี ในน้ำเสียชุมชน โดยใช้ระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ระดับความเข้มข้นของน้ำเสียมีผลต่อการลดค่าบีโอดี โดยหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดี (91.46 เปอร์เซ็นต์) สูงสุด ในน้ำเสียความเข้มข้นสูง (มีค่าบีโอดี ระหว่าง 61.13 ถึง 115.50 มิลลิกรัมต่อลิตร) Njau and Mlay (2003) รายงานว่า หญ้าแฝกลุ่ม มีประสิทธิภาพการลดค่าบีโอดีในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ได้ดีกว่ากก มีค่าเท่ากับ 67.47 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กก มีประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดีในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมได้ 61.85 เปอร์เซ็นต์ ส่วน Scavo *et al.* (2006) ใช้หญ้าแฝกบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำอัดลม (Pepsicola) พบว่า ระยะเวลาในการกักเก็บน้ำเสีย 20 วัน และอัตราการไหล 30 ลิตรต่อวัน มีประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดีได้สูงสุด 96.86 เปอร์เซ็นต์ Liao *et al.* (2003) ปลูกรูหญ้าแฝกร่วมกับต้นกก เพื่อบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกร พบว่า หญ้าแฝกมีประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดี เท่ากับ 68.66 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ต้นกกมีประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดี เท่ากับ 76.06 เปอร์เซ็นต์ การบำบัดบีโอดีในพื้นที่ลุ่มและร่วมกับแฝก เป็นการบำบัดโดยธรรมชาติซึ่งจะทำการบำบัดร่วมกันของดิน พืช และจุลินทรีย์ ในสถานะที่ดินถูกน้ำขังจะทำให้

เกิดสภาพไร้ออกซิเจนในดิน ทำให้คุณสมบัติของดินเปลี่ยนไป redox potential ลดลง เกิดปฏิกิริยารีดักชัน ดินที่มีการท่วมขังของน้ำอยู่ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน หรือสภาพรีดักชันจุลินทรีย์ในดินกลุ่มที่อยู่ได้ทั้งสภาวะที่มีและไม่มีออกซิเจน และกลุ่มที่มีอยู่ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน จะมีการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยใช้สารประกอบอินทรีย์ของ Mn^{4+} และ Fe^{3+} ในดินเป็นตัวรับอิเล็กตรอนแทนออกซิเจน ทำให้ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียลดลง (ทัศนีย์, 2534 : สุรัสวดี, 2542)

หญ้าแฝกสามารถลดปริมาณธาตุอาหาร ที่มีอยู่ในน้ำที่น้ำกึ่งลงได้ โดยมีระบบรากฝอยที่แผ่กระจายเป็นแผงลงไปในดิน รากจะดูดซึมธาตุอาหารในรูปไอออนเพื่อนำมาใช้ในการเจริญเติบโต เป็นกลไกที่สำคัญในการจัดธาตุอาหาร สิทธิชัย (2538) รายงานว่า พืชในพื้นที่ชุ่มน้ำจะดูดธาตุอาหารออกไปจากระบบในรูปมวลชีวภาพ หญ้าแฝกช่วยเพิ่มออกซิเจนละลายในน้ำ และลดปริมาณธาตุต่างๆ โดยเฉพาะไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในน้ำ ทำให้ไม่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์ eutrophication ในโตรเจน เป็นมหธาตุ (macronutrients) พืชต้องการในปริมาณมากในการเจริญเติบโต พืชใช้ไนโตรเจนได้ในรูปแอมโมเนียม (NH_4^+) และไนเตรด (NO_3^-) ในสภาพที่มีน้ำท่วมขัง สารประกอบอินทรีย์ในโตรเจนจะสลายตัวเกิดเป็นแอมโมเนียมไอออนแพร่กระจายไปยังชั้นน้ำที่ขังอยู่เหนือดินซึ่งมีก๊าซออกซิเจนละลายอยู่ในน้ำ แอมโมเนียมไอออนจะถูกออกซิไดซ์ไปเป็นไนเตรด ซึ่งจะยังคงตัวอยู่ในชั้นที่มีออกซิเจนนี้ (ทัศนีย์, 2534) หญ้าแฝกจึงสามารถดูดดึงแอมโมเนียม (NH_4^+) และไนเตรด (NO_3^-) ที่ละลายอยู่ในน้ำที่น้ำกึ่งไปใช้ในการเจริญเติบโต ทำให้ไนโตรเจนในน้ำที่น้ำกึ่งลดลง จากการทดลอง พบว่า ค่าไนโตรเจนทั้งหมด ไนเตรด และไนไตรต์ ก่อนการบำบัดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.72-10.64, 0.120-0.200 และ 0.0063-0.0325 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กำหนดน้ำทิ้งที่ปล่อยจากการเลี้ยงกุ้งต้องมีค่าไนโตรเจนทั้งหมดไม่เกิน 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าน้ำที่น้ำกึ่งมีค่าไนโตรเจนทั้งหมดเกินมาตรฐาน ส่วนค่ามาตรฐานน้ำผิวดินประเภทที่ 3 (เพื่อการเกษตร) กำหนดค่าไนเตรดไว้ไม่เกิน 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร แสดงว่าไนโตรเจนในน้ำที่น้ำกึ่ง อาจอยู่ในรูปอื่นนอกเหนือจากไนเตรด และไนไตรต์ ทำให้ค่าไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำที่น้ำกึ่งมีค่าสูง ซึ่งไนโตรเจนในน้ำที่น้ำกึ่งเกิดจากกิจกรรมในการเลี้ยงกุ้ง คือ จากอาหารสำหรับเลี้ยงกุ้ง เนื่องจากมีโปรตีนสูงถ้าให้อาหารมากเกินไปจะมีเศษอาหารเหลือและถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรีย และเกิดจากระบบขับถ่ายของกุ้ง ซึ่งมักจะเป็นสารจำพวกแอมโมเนีย โดยสารเหล่านี้ เมื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำจะถูกย่อยสลายกลายเป็นไนไตรต์ และไนเตรด ถ้ามีค่าสูงเกินมาตรฐานจะส่งผลเสียต่อคุณภาพน้ำเนื่องจากไนเตรดเป็นธาตุอาหารของสาหร่าย ทำให้เกิดการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว เกิด

ปรากฏการณ์ algae bloom ภายหลังการบำบัดน้ำทิ้งนาุ้งด้วยหญ้าแฝกในสัปดาห์ที่ 8-16 พบว่า ค่าไนเตรด และค่าไนไตรต์ มีค่าลดลงอยู่ในช่วง 0.077-0.117 และ 0.0040-0.0178 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนค่าไนโตรเจนในน้ำทิ้งนาุ้งในสัปดาห์ที่ 8, 10 และ 12 มีค่าไนโตรเจนในน้ำทิ้งก่อนการบำบัด เท่ากับ 8.40, 8.40 และ 10.64 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ภายหลังการบำบัด มีค่าอยู่ในช่วง 5.21-5.77, 5.10-5.82 และ 6.27-6.61 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยมีค่าลดลงเพียงเล็กน้อยซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง อาจเนื่องมาจากก่อนการบำบัดน้ำทิ้งนาุ้งมีค่าไนโตรเจนทั้งหมดสูง และในสัปดาห์ที่ 8-12 การเจริญเติบโตของระบบรากหญ้าแฝกน้อยทำให้การดูดธาตุไนโตรเจนของหญ้าแฝกได้น้อยด้วย ส่วนในสัปดาห์ที่ 14 และ 16 ค่าไนโตรเจนในน้ำทิ้งนาุ้งภายหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝกมีค่าลดลงอยู่ในช่วง 3.92-4.14 และ 3.81-4.09 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง เนื่องจากระบบรากของหญ้าแฝกมีความสมบูรณ์เต็มที่ ทำให้การดูดธาตุไนโตรเจนในน้ำทิ้งนาุ้งเพื่อไปใช้ในการเจริญเติบโตได้มากขึ้น เห็นได้จากการสะสมไนโตรเจนในส่วนต้นและรากหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำทิ้งนาุ้งเพิ่มขึ้น ในสัปดาห์ที่ 16 มีการสะสมปริมาณไนโตรเจนในส่วนต้น (570.58-692.24 มิลลิกรัมต่อต้น) และส่วนราก (100.75-150.42 มิลลิกรัมต่อต้น) เพิ่มขึ้นกว่าหญ้าแฝกจากสัปดาห์ที่ 12 ซึ่งมีปริมาณไนโตรเจนสะสมในส่วนต้น (414.58-452.54 มิลลิกรัมต่อต้น) และส่วนราก (71.79-77.83 มิลลิกรัมต่อต้น) โดยหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีประสิทธิภาพการลดค่าไนโตรเจนสูงสุดในสัปดาห์ที่ 16 (43.33 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือ หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน (42.50 เปอร์เซ็นต์) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 (40.83 เปอร์เซ็นต์) และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา (39.17 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากงานของ Wantawin *et al.* (2006) พบว่า หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกามีประสิทธิภาพในการลดค่าไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำเสียชุมชน และน้ำเสียจากการเกษตร ในคลองกรุงเทพฯ ได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี อาจเนื่องจากหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกาที่ปลูกในน้ำทิ้งนาุ้งมีสภาพไม่ทนต่อน้ำค่อนข้างเค็ม ทำให้การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกาน้อยกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจึงลดลง จิตินันท์ (2549) ปลูกหญ้าแฝกในน้ำเสียชุมชนภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยใช้ระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อินโดนีเซีย มีประสิทธิภาพในการลดค่าไนโตรเจนทั้งหมดได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 66.26 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับงานทดลองของปิยวรรณ (2546) ปลูกหญ้าแฝกในน้ำทิ้งชุมชน กรมชลประทาน ใช้ระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อินโดนีเซีย มีประสิทธิภาพในการลดค่าไนโตรเจนทั้งหมดได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 68.15 เปอร์เซ็นต์ อาจเนื่องจากหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์

อินโดนีเซียมีการเจริญเติบโตในน้ำทิ้งชุมชนได้ดี จึงทำให้สามารถดูดธาตุไนโตรเจนที่ปนเปื้อนในน้ำเสียได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น

ฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบสารอินทรีย์ที่สำคัญ เช่น นิวคลีโอโปรตีน กรดไฟติก ฟอสโฟลิพิด และโคเอนไซม์ มีบทบาทในด้านเมแทบอลิซึมของพลังงาน ฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำทิ้งนากุ้ง ก่อนการบำบัด มีค่าอยู่ในช่วง 0.115-0.185 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กำหนดน้ำทิ้งที่ปล่อยจากการเลี้ยงกุ้งต้องมีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดไม่เกิน 0.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายหลังการบำบัดค่าฟอสฟอรัสลดลงจากเดิมมาก มีค่าเท่ากับ 0.016-0.073 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากหญ้าแฝกดูดธาตุฟอสฟอรัสไปใช้ในการเจริญเติบโต ในสัปดาห์ที่ 16 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีประสิทธิภาพการลดค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงสุด เท่ากับ 86.13 เปอร์เซ็นต์ เห็นได้จากการสะสมฟอสฟอรัสในส่วนต้นและรากหญ้าแฝก ในสัปดาห์ที่ 16 ซึ่งมีปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนต้น (87.284-106.125 มิลลิกรัมต่อต้น) และในราก (22.505-28.637 มิลลิกรัมต่อต้น) เพิ่มขึ้นกว่าสัปดาห์ที่ 12 ซึ่งมีปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนต้น (55.282-76.512 มิลลิกรัมต่อต้น) และปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนราก (13.894-18.158 มิลลิกรัมต่อต้น) แสดงว่าในระยะ 16 สัปดาห์ หญ้าแฝกมีการดูดฟอสฟอรัสจากน้ำทิ้งไปใช้ในการเจริญเติบโตได้มาก เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่ส่งเสริมการสร้างดอก และผลในพืช หญ้าแฝกจึงต้องการดูด สะสม และลำเลียง ฟอสฟอรัสไปใช้มากในระยะนี้ ปิยวรรณ (2546) ปลูกหญ้าแฝกในน้ำทิ้งชุมชน กรมชลประทาน ระยะ 16 สัปดาห์ ภายหลังการปลูก พบว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ม่อนโต มีประสิทธิภาพการลดค่าฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งชุมชนได้สูงสุด เท่ากับ 46.18 เปอร์เซ็นต์ ส่วนจิตติณัฐ (2549) ปลูกหญ้าแฝกในน้ำเสียชุมชน ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อินโดนีเซีย มีประสิทธิภาพการลดค่าฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งชุมชนได้สูงสุด เท่ากับ 34.86 เปอร์เซ็นต์ Danh *et al.* (2006) พบว่าหญ้าแฝกในระยะ 5 เดือน มีประสิทธิภาพในการลดค่าไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสทั้งหมด ได้น้อยกว่าหญ้าแฝกระยะ 7 เดือน โดยในระยะ 5 เดือน หญ้าแฝกสามารถลดไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสทั้งหมดได้ 63 และ 72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่หญ้าแฝกอายุ 7 เดือน สามารถลดค่าไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสทั้งหมดได้ 91 และ 82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากในระยะ 7 เดือน ระบบรากของหญ้าแฝกมีความสมบูรณ์ จึงทำให้สามารถดูดคิ่งธาตุอาหารในปริมาณที่มากกว่าระยะ 5 เดือน ประสิทธิภาพของหญ้าแฝกในการลดค่าไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ไนเตรท ในน้ำทิ้งนากุ้ง ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักของพืช มีประสิทธิภาพสูงสุดในสัปดาห์ที่ 16 ซึ่งเป็นสัปดาห์ที่พืชมีการเจริญเติบโตเต็มที่เช่นกัน การบำบัดฟอสฟอรัส

ในพื้นที่ชุ่มน้ำร่วมกับแฟก พบว่าในดินที่มีน้ำขังอยู่นาน ฟอสฟอรัสจะละลายออกมาอยู่ในรูปฟอสเฟต การละลายเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัสในดินที่มีน้ำขังนั้น ทำให้เกิดการรัดชั้นของเฟอร์ริกฟอสเฟต ไปเป็นเฟอร์ริฟอสเฟต ซึ่งละลายน้ำได้ดีกว่าและพืชสามารถดูดนำไปใช้ในการเจริญเติบโต ทำให้ฟอสฟอรัสในน้ำทิ้งลดลง

ความเค็มในน้ำทิ้งนาุ้ง เกิดจากการนำน้ำทะเลที่ประกอบไปด้วย โซเดียม (Na) แมกนีเซียม (Mg) ซัลเฟต (SO_4^{2-}) และคลอไรด์ (Cl^-) เป็นหลัก รวมทั้งมีธาตุแคลเซียม (Ca) เหล็ก (Fe) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) และธาตุอื่นๆ ประปนด้วย มีความเค็มประมาณ 200-300 ส่วนในพัน มาผสมกับน้ำจืด ความเค็มเริ่มต้นในการเลี้ยงกุ้ง อยู่ในช่วง 7-11 ส่วนในพัน ในระหว่างเลี้ยงจะมีการเติมน้ำจืดลงไปจนถึงระยะจับกุ้งขาย ค่าความเค็มในบ่อเลี้ยงกุ้งจะเหลือประมาณ 2-4 ส่วนในพัน (วิทยา, 2540) จากการทดลอง พบว่า ค่าความเค็มในน้ำทิ้งนาุ้งก่อนการบำบัด มีค่าอยู่ในช่วง 4.0-4.8 ส่วนในพัน ถ้าปล่อยออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติจะทำให้กุ้งไม่สามารถนำไปใช้ในการอุปโภค บริโภค และทำการเกษตรได้ เนื่องจากความเค็มมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เกิดความเป็นพิษของธาตุบางชนิด เช่น โซเดียมและคลอไรด์ที่เพิ่มขึ้น โซเดียม ที่สะสมมากเกินไปในใบพืช มีผลทำให้ใบไหม้ เนื้อเยื่อตามขอบใบแห้งตาย ในสภาพอากาศร้อนและแห้งจะแสดงความเสียหายรวดเร็ว เกิดที่ใบแก่ก่อน เริ่มที่ปลายใบ ขอบใบ แล้วลามมาที่เส้นกลางใบ ส่วนคลอไรด์ เป็นธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช มีความสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงโดยเฉพาะเกี่ยวข้องกับการแตกตัวของน้ำในปฏิกิริยาแสงส่งเสริมการเปลี่ยนรูปในเทรต และแอมโมเนีย เป็นอินทรีย์สาร และเป็นองค์ประกอบของสารที่สำคัญหลายชนิดช่วยในการเจริญเติบโตของยอดและราก ตลอดจนการสร้างน้ำตาลในพืช และรักษาสมดุลของน้ำ (สมบุญ, 2548) ถ้าพืชขาดธาตุคลอไรด์ จะทำให้ปลายใบเหี่ยว เหลือง เนื้อเยื่อใบแห้งตายเป็นหย่อมๆ ใบอาจเปลี่ยนเป็นสีบรอนซ์ ลำต้นแคระแกรน ปลายรากพองบวมออกเป็นกระบอง แต่ถ้าพืชได้รับในปริมาณที่มากเกินไป มีผลทำให้ปลายใบและขอบใบไหม้ ใบเหลือง ขนาดใบเล็กลง จึงต้องมีการบำบัดก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ภายหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฟก พบว่า ค่าความเค็มในน้ำทิ้งนาุ้งมีค่าลดลง อยู่ในช่วง 3.19-4.01 ส่วนในพัน ซึ่งหญ้าแฟกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีประสิทธิภาพในการลดค่าความเค็มได้ดีกว่าหญ้าแฟกทั้ง 3 แหล่งพันธุ์ มีค่าเท่ากับ 24.05 เปอร์เซ็นต์ ส่วนหญ้าแฟกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา มีประสิทธิภาพในการลดค่าความเค็มได้เท่ากับ 21.43 เปอร์เซ็นต์ สำหรับปิยวรรณ (2546) พบว่า หญ้าแฟกแหล่งพันธุ์มอนด์ สามารถลดค่าความเค็ม (73.02 เปอร์เซ็นต์) ในน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลังได้ดี รองลงมา คือ หญ้าแฟกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี (72.50 เปอร์เซ็นต์)

ค่าความนำไฟฟ้า เป็นการวัดความสามารถของน้ำที่จะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ค่านี้ไม่บอกให้ทราบถึงชนิดของสารในน้ำ บอกเพียงว่ามีการเพิ่มหรือลดของไอออนที่ละลายในน้ำเท่านั้น น้ำที่น้ำกึ่งก่อนการบำบัดมีค่าความนำไฟฟ้าสูง (อยู่ในช่วง 6.50-11.58 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร) ภายหลังการบำบัดด้วยหญ้าแฝก พบว่า ค่าความนำไฟฟ้าในน้ำที่น้ำกึ่งลดลงเพียงเล็กน้อย อยู่ในช่วง 6.03-11.26 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ซึ่งมีค่าเกินค่ามาตรฐานการปล่อยน้ำทิ้งลงคลองชลประทาน (ค่าความนำไฟฟ้าต้องมีค่าไม่เกิน 2,000 ไมโครโมลต์ต่อเซนติเมตร) จากการทดลองหญ้าแฝกมีประสิทธิภาพลดค่าความนำไฟฟ้าได้เพียงเล็กน้อยแต่เมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งพันธุ์หญ้าแฝก พบว่า หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 มีประสิทธิภาพในการลดค่าความนำไฟฟ้า (12.81 เปอร์เซ็นต์) ได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น สอดคล้องกับการทดลองของฐิติณัฐ (2549) รายงานว่า หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 ที่ปลูกในน้ำเสียชุมชนภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าความนำไฟฟ้า เท่ากับ 35.34 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำที่น้ำกึ่งสามารถลดค่าความนำไฟฟ้าได้น้อยกว่าหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำเสียชุมชนภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เนื่องจากน้ำที่น้ำกึ่งมีความเค็มที่มาจากกร่น้ำน้ำทะเลมาเจือจางทำให้มีไอออนของโซเดียม (Na^+) และ คลอไรด์ (Cl^-) สูง ซึ่งแตกตัวให้ไอออนบวก (Na^+) และลบ (Cl^-) เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีส่งผลให้ค่าความนำไฟฟ้าในน้ำที่น้ำกึ่งสูง

การบำบัดน้ำที่น้ำกึ่งโดยระบบพื้นที่ชุ่มน้ำร่วมกับการใช้หญ้าแฝก พบว่า มีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) ซึ่งหมายถึงของแข็งที่ไม่ละลายน้ำและสามารถแขวนลอยอยู่ในน้ำได้ ตะกอนมีขนาดเล็ก น้ำที่น้ำกึ่งมีค่าของแข็งแขวนลอยก่อนการบำบัด อยู่ในช่วง 75.00-133.00 มิลลิกรัมต่อลิตร สูงกว่าค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กำหนดน้ำทิ้งที่ปล่อยจากการเลี้ยงกุ้งต้องมีค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดไม่เกิน 70 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายหลังการบำบัด ค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำที่น้ำกึ่งมีค่าลดลงโดยสัปดาห์ที่ 8-14 (มีค่าอยู่ในช่วง 33.50-72.10 มิลลิกรัมต่อลิตร) ซึ่งมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานเนื่องจากของแข็งแขวนลอยในน้ำที่น้ำกึ่ง ส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ที่เกิดจากอาหารที่ใช้เลี้ยงกุ้งเหลือตกค้าง และสิ่งขับถ่ายของกุ้ง การลดลงของค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำที่น้ำกึ่ง เป็นเพราะจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนย่อยสลายสารอินทรีย์ และเกิดการตกตะกอน แต่สัปดาห์ที่ 16 ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำที่น้ำกึ่ง ก่อนการบำบัดมีค่า 133.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายหลังการบำบัด ค่าของแข็งแขวนลอย มีค่าเท่ากับ 71.80-77.00 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งยังมีค่าเกินมาตรฐาน ถ้าของแข็งแขวนลอยมีปริมาณมากเกินไปในแหล่งน้ำจะกั้นแสงอาทิตย์ไม่ให้ส่องถึงสิ่งมีชีวิตในน้ำ มีผลให้การสังเคราะห์แสงลดลง มีผลกระทบต่อระบบนิเวศของแหล่งน้ำ อย่างไรก็ตามจากการ

ทดลองในสัปดาห์ที่ 12 พบว่า หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา มีประสิทธิภาพในการลดค่าของแข็งแขวนลอยได้สูงสุด เท่ากับ 58.24 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนจิตินันท์ (2549) พบว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานีที่ปลูกในน้ำเสียชุมชน ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีประสิทธิภาพในการลดค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำสูงสุด เท่ากับ 78.33 เปอร์เซ็นต์ Njau and Mlay (2003) รายงานว่าหญ้าแฝกลุ่มมีประสิทธิภาพในการลดค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียอุตสาหกรรม มีค่าเท่ากับ 81.42 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กก มีประสิทธิภาพในการลดค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียอุตสาหกรรมได้น้อยกว่าหญ้าแฝกลุ่ม มีค่าเท่ากับ 79.40 เปอร์เซ็นต์ Scavo *et al.* (2006) ใช้หญ้าแฝกบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมน้ำอัดลม(Pepsicola) ระยะเวลาในการกักเก็บน้ำเสีย 15 วัน และอัตราการไหลของน้ำเสีย 40 ลิตรต่อวัน มีประสิทธิภาพในการลดค่าของแข็งทั้งหมดได้สูงสุด 78.03 เปอร์เซ็นต์ Summerfelt *et al.* (1999) พบว่า หญ้าแฝกลุ่มในพื้นที่ชุ่มน้ำแบบไหลผ่านได้ผิวดักกลางสามารถลดค่าสารแขวนลอยได้ 98 เปอร์เซ็นต์

ของแข็งละลายน้ำ หรือค่า TDS ได้แก่ เกลือ อนินทรีย์สาร หรืออินทรีย์สาร ที่ละลายในน้ำได้ น้ำที่นำกึ่งก่อนการบำบัดมีค่าอยู่ในช่วง 3.30-5.95 กรัมต่อลิตร ภายหลังการบำบัดค่าของแข็งละลายน้ำลดลงเพียงเล็กน้อย มีค่าอยู่ในช่วง 3.07-5.71 กรัมต่อลิตร สูงกว่าค่ามาตรฐานการทิ้งน้ำลงสู่คลองชลประทาน (ค่าของแข็งละลายน้ำ มีค่าไม่เกิน 1,300 มิลลิกรัมต่อลิตร) เนื่องจากน้ำที่นำกึ่งเป็นน้ำที่มีค่าความเค็มค่อนข้างสูง ซึ่งมีเกลือโซเดียม คลอไรด์ โซเดียมซัลเฟต แมกนีเซียมคลอไรด์ และแมกนีเซียมซัลเฟต อยู่เป็นจำนวนมาก ประกอบกับการเลี้ยงกุ้งทำให้เกิดสารอินทรีย์ จากอาหารเลี้ยงกุ้งที่เหลือและสิ่งขับถ่ายของกุ้งสิ่งเหล่านี้ส่งผลให้ค่าของแข็งละลายน้ำในน้ำที่นำกึ่งสูง โดยในสัปดาห์ที่ 16 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 มีประสิทธิภาพลดค่าของแข็งละลายน้ำได้ดีกว่าหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์อื่น มีค่าเท่ากับ 12.37 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของจิตินันท์ (2549) ในสัปดาห์ที่ 12 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 มีประสิทธิภาพในการลดค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมดได้ดี มีค่าเท่ากับ 35.10 เปอร์เซ็นต์

สิ่งแขวนลอยที่กั้นทางเดินแสงในน้ำ อาจเป็นพวกอินทรีย์สาร อนินทรีย์สาร แพลงก์ตอน และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก จะทำให้เกิดการกระจัดกระจาย และการดูดซึมของแสงแทนที่จะปล่อยให้แสงผ่านไปเป็นเส้นตรง (มันสิน, 2538) น้ำมีความขุ่นส่งผลกระทบทางลบกับพืชน้ำโดยไปขัดขวางการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำและแพลงก์ตอนพืช (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545) ในน้ำที่นำกึ่งก่อนการบำบัด มีค่าเฉลี่ยความขุ่นในช่วง 15.00-38.00 FTU ภายหลังการบำบัดพบว่าค่าความขุ่นมีค่าลดลง อยู่ในช่วง 6.90-30.20 FTU โดยในสัปดาห์ที่ 8-10 น้ำที่นำกึ่งก่อนการบำบัดมี

ค่าความขุ่น เท่ากับ 29.00 และ 38.00 FTU ตามลำดับ ภายหลังการบำบัดค่าความขุ่นลดลงได้น้อย อยู่ในช่วง 23.30-30.20 FTU เนื่องจากหญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตน้อย การดูดอินทรียสาร และ อนินทรียสารในน้ำที่นาุ้งเป็นไปได้น้อย และในสัปดาห์ที่ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ มีฝนตกลงมา ทำให้ความขุ่นที่ตกตะกอนฟุ้งกระจายกลับขึ้นมาใหม่ ส่วนสัปดาห์ที่ 12 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ ศรีลังกา มีประสิทธิภาพในการลดค่าความขุ่นได้ดีสุดเมื่อเปรียบเทียบกับทุกสัปดาห์ที่เก็บตัวอย่าง มีค่าเท่ากับ 54.00 เปอร์เซ็นต์ ส่วนหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีประสิทธิภาพในการลดค่าความขุ่นได้ 47.44, 47.33 และ 46.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนสัปดาห์ที่ 16 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีประสิทธิภาพ ในการลดค่าความขุ่นได้ เท่ากับ 33.20 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา (30.00 เปอร์เซ็นต์) หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 (29.20 เปอร์เซ็นต์) และหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน (28.40 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ เนื่องจากการบำบัดน้ำที่นาุ้งด้วยพื้นที่ชุ่มน้ำร่วมกับดินแฝก มีระยะเวลาในการเก็บกักน้ำที่นาุ้ง 7 วัน ก่อนนำน้ำไปวิเคราะห์ จึงทำให้สิ่งแขวนลอยในน้ำที่นาุ้งเกิดการตกตะกอน ค่าความขุ่นจึงลดลง

การเลี้ยงกุ้งมีการใช้ CuSO_4 ในการป้องกันและควบคุมการเจริญเติบโตของสาหร่ายใน บ่อเลี้ยงกุ้ง มีผลทำให้น้ำที่นาุ้งมีค่าทองแดง (อยู่ในช่วง 4.14-7.42 มิลลิกรัมต่อลิตร) และซัลเฟต (อยู่ในช่วง 35.00-75.00 มิลลิกรัมต่อลิตร) สูง ภายหลังการบำบัด พบว่า ค่าทองแดง ในน้ำที่นาุ้งมีค่าลดลง อยู่ในช่วง 2.36-5.55 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่สูงกว่ามาตรฐานการทิ้งน้ำลงสู่ คลองชลประทาน (ค่าทองแดง มีค่าไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร) เนื่องจากในน้ำที่นาุ้งมีค่า ทองแดงสูง ทองแดงเป็นจุลธาตุ (micronutrients) ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการเพื่อการ เจริญเติบโตในปริมาณเล็กน้อย เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์หลายชนิด เป็นองค์ประกอบของ พลาสโตไซยานิน เกี่ยวข้องกับกระบวนการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน และเป็นโคแฟกเตอร์ของ เอนไซม์ออกซิเดส แต่ถ้าพืชได้รับทองแดงในปริมาณมากเกินไป จะเป็นพิษต่อพืชทำให้ต้นแคระแกรน การแตกกิ่งลดลง ใบเหลือง (สมบุญ, 2548) ด้วยเหตุนี้หญ้าแฝกจึงดูดซับทองแดงในน้ำที่นาุ้งได้ไม่มากนัก โดยในสัปดาห์ที่ 16 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 มีประสิทธิภาพในการลด ค่าทองแดงได้สูงสุด มีค่าเท่ากับ 44.14 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ Kong *et al.* (2003) ปลูกหญ้าแฝก เพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรซึ่งเป็นน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของโลหะหนักสูง โดยปลูก หญ้าแฝกในลักษณะแพไม่ไหลลอยน้ำ พบว่า หญ้าแฝกสามารถลดค่าทองแดง (Cu) ได้มากกว่าร้อยละ 90 จิตินันท์ (2549) ปลูกหญ้าแฝกในน้ำเสียชุมชน ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พบว่า หญ้าแฝก แหล่งพันธุ์ศรีลังกา มีประสิทธิภาพในการลดค่าทองแดงสูงสุด เท่ากับ 85.01 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่า

ซัลเฟต ภายหลังการบำบัด มีค่าลดลงอยู่ในช่วง 24.10-62.80 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งยังมีค่าสูงมาก โดยในสัปดาห์ที่ 16 หย้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 มีประสิทธิภาพในการลดค่าซัลเฟตได้สูงสุด มีค่า เท่ากับ 58.53 เปอร์เซ็นต์

เหล็กเป็นจุลธาตุ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช พืชต้องการในปริมาณเพียงเล็กน้อย ในน้ำทิ้งนาุ้งก่อนการบำบัดมีค่าเหล็กอยู่ในช่วง 0.160-0.400 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายหลังการบำบัดด้วยหย้าแฝก มีค่าลดลงอยู่ในช่วง 0.069-0.157 มิลลิกรัมต่อลิตร เนื่องจากหย้าแฝกมีการดูดธาตุเหล็กเพื่อไปใช้ในการเจริญเติบโต เหล็กเป็นองค์ประกอบไซโทโครม เฟอร์ริดอกซิน และเหล็กพอร์ไฟริน การเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในการสังเคราะห์แสง การตรึงไนโตรเจน และการหายใจ (สมบุญ, 2548) แต่ถ้าพืชได้รับเหล็กในปริมาณมาก จะเป็นพิษต่อพืช ทำให้ใบแก่ เนื้อเยื่อแห้งตายเป็นหย่อมๆ หรือเป็นสีเงิน นอกจากนี้อาจส่งผลทำให้พืชแสดงอาการขาดธาตุ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และสังกะสีได้ เหล็กในน้ำทิ้งก่อปัญหาให้กับผู้ใช้น้ำประปา ทำให้น้ำมีสีแดง ขุ่น ในสัปดาห์ที่ 12 หย้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา มีประสิทธิภาพในการลดค่าเหล็กในน้ำทิ้งนาุ้งสูงสุด เท่ากับ 66.75 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ หย้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 (66.25 เปอร์เซ็นต์) หย้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี (65.00 เปอร์เซ็นต์) และหย้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน (62.75 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ ส่วนวิดิณัฐ (2549) ปลูกร้อยกรองในน้ำเสียชุมชนภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พบว่า หย้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 ลดค่าเหล็กได้สูงสุด เท่ากับ 80.51 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ หย้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา (79.24 เปอร์เซ็นต์) หย้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี (77.12 เปอร์เซ็นต์) และหย้าแฝกแหล่งพันธุ์อินโดนีเซีย (76.69 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าหย้าแฝกสามารถดูดธาตุเหล็กจากน้ำทิ้งนาุ้งไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ ทำให้ค่าเหล็กในน้ำทิ้งนาุ้งลดลง

โครเมียมเป็นธาตุที่พบตามธรรมชาติในดิน หิน พืช สัตว์ ฝุ่นจากปล่องภูเขาไฟ โครเมียมที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำ ส่วนใหญ่เกิดจากอุตสาหกรรมการเคลือบโลหะ ชุบโลหะ ซึ่งในน้ำทิ้งนาุ้งก่อนการบำบัดมีค่าโครเมียม อยู่ในช่วง 0.080-0.070 มิลลิกรัมต่อลิตร ภายหลังการบำบัดมีค่าอยู่ในช่วง 0.035-0.048 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐานการทิ้งน้ำลงสู่คลองชลประทาน (ค่าโครเมียม มีค่าไม่เกิน 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร) โดยในสัปดาห์ที่ 12 หย้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีประสิทธิภาพในการลดค่าโครเมียมได้สูงสุด เท่ากับ 76.66 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ หย้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี (72.00 เปอร์เซ็นต์) หย้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา (70.00 เปอร์เซ็นต์) และหย้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 (69.33 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ เมื่อปล่อยสู่แหล่ง

น้ำธรรมชาติและถ้ามีการนำไปใช้ในการอุปโภคบริโภค จะก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ได้ ส่วน วงศ์พงา (2544) พบว่า หล้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีประสิทธิภาพในการลดค่าโครเมียม ในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้น เพื่อการบำบัดน้ำเสียขั้นสุดท้ายจากโรงฟอกหนัง ที่มีระดับความลึกน้ำเสีย 0.10 เมตรได้ดี มีค่าเท่ากับ 89.29 เปอร์เซ็นต์

ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำที่นาุ้งด้วยหล้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ เพิ่มขึ้นตามอายุ การเจริญเติบโตของหล้าแฝก เมื่ออายุหล้าแฝกเพิ่มมากขึ้น ประสิทธิภาพการบำบัดจะเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการบำบัดจะเริ่มคงที่ และค่อยๆ ลดลง เมื่อหล้าแฝกเริ่มเข้าสู่ระยะเสื่อม จากการ ทดลอง พบว่า หล้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน และหล้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี น่าจะ นำไปใช้ในการบำบัดน้ำที่จากนาุ้งได้เป็นอย่างดี เนื่องจากในระยะสัปดาห์ที่ 16 สามารถลดค่า ไนโตรเจน (43.33 เปอร์เซ็นต์) ฟอสฟอรัส (86.13 เปอร์เซ็นต์) บีโอดี (57.89 เปอร์เซ็นต์) ความเค็ม (24.05 เปอร์เซ็นต์) และเพิ่มค่าออกซิเจนละลายน้ำ (35.92 เปอร์เซ็นต์) ได้ดีกว่าหล้าแฝกอีก 2 แหล่งพันธุ์ หล้าแฝกมีส่วนในการช่วยส่งผ่านออกซิเจนที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสง ออกซิเจนจะถูกส่งผ่านจากใบสู่ลำต้น และราก แพร่สู่ชั้นน้ำ เมื่อหล้าแฝกมีการเจริญเติบโต เพิ่มขึ้น การสังเคราะห์แสงมีมากขึ้น ทำให้การเคลื่อนย้ายออกซิเจนทำได้มากขึ้น ประสิทธิภาพ การลดค่าสารอินทรีย์ในน้ำที่จึงดีขึ้นตามลำดับ เมื่อการเจริญเติบโตของหล้าแฝกมีค่าสูงสุดและ ระบบรากของหล้าแฝกสมบูรณ์เต็มที่ในสัปดาห์ที่ 16 หล้าแฝกจะมีประสิทธิภาพบำบัดน้ำที่ นาุ้งได้ดีที่สุด โดยรากหล้าแฝกจะดูดน้ำและธาตุอาหารซึ่งอยู่ในรูปสารละลาย เข้ามาทางขนราก (root hair) เข้าสู่เนื้อเยื่อลำเลียงน้ำ (xylem) หล้าแฝกจะลำเลียงน้ำและธาตุอาหารจากรากขึ้นสู่ใบ โดยอาศัยแรงดึงจากการคายน้ำ (transpiration pull) ซึ่งการคายน้ำเป็นกระบวนการที่พืชสูญเสีย น้ำโดยการระเหยเป็นไอน้ำส่วนใหญ่จะออกไปทางปากใบ น้ำที่ระเหยออกไปจะถูกแทนที่ด้วยน้ำและ ธาตุอาหารที่อยู่ในเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำขึ้นมาเป็นทอดๆ ไปจนถึงราก (สมบุญ, 2548) หล้าแฝก สามารถนำธาตุอาหารที่ถูกดูดดึงพร้อมกับน้ำมาใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโต ทำให้ปริมาณธาตุ อาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส เหล็ก และธาตุอื่นๆ ในน้ำที่นาุ้งมีค่าลดลงได้อีกด้วย สอดคล้อง กับการทดลองของปิยวรรณ (2546) พบว่า หล้าแฝกมีประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดี และเพิ่มค่า ออกซิเจนละลายน้ำ ในน้ำที่ขุมชนได้ดีที่สุดในเดือนที่ 4 ที่ทำการทดลอง ซึ่งเป็นระยะที่หล้าแฝกมี การเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว

การเพิ่มระยะทางการบำบัดทำให้หญ้าแฝกมีประสิทธิภาพบำบัดน้ำทิ้งนาุ้งได้ดี ระยะทางการบำบัดที่มีประสิทธิภาพการบำบัดดีที่สุด คือ 24 เมตร หญ้าแฝกสามารถลดค่าไนโตรเจนทั้งหมด (43.33 เปอร์เซ็นต์) ในเทรต (43.50 เปอร์เซ็นต์) ไนไทรต์ (64.42 เปอร์เซ็นต์) ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด (86.13 เปอร์เซ็นต์) ค่าบีโอดี (57.89 เปอร์เซ็นต์) ค่าความเค็ม (24.05 เปอร์เซ็นต์) ค่าความขุ่น (54.00 เปอร์เซ็นต์) และค่าของแข็งแขวนลอย (58.24 เปอร์เซ็นต์) ได้ดี เนื่องจากการบำบัดน้ำเสียในระบบพื้นที่ลุ่มชื้นแฉะ จะปล่อยให้น้ำเสียไหลผ่านพื้นที่แปลงที่มีความลาดเอียงซึ่งปลูกหญ้าแฝก น้ำเสียจะไหลผ่านผิวดินและต้นหญ้าแฝก ในระหว่างที่น้ำเสียไหลผ่านแปลงจะเกิดกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางธรรมชาติ ซึ่งน้ำเสียจะได้รับการบำบัดให้มีคุณภาพดีขึ้น โดยการให้น้ำเสียไหลผ่านแปลงในลักษณะเลื่อนไหลไปในแนวระดับ (horizontal) น้ำเสียจะได้รับการบำบัดทั้งในแนวระดับและในแนวตั้ง (vertical) เนื่องจากน้ำเสียจะมีการซึมลงสู่ชั้นใต้ดินโดยผ่านการกรองและบำบัดของระบบดิน จุลินทรีย์ และพืช องค์ประกอบทั้ง 3 จะทำหน้าที่ร่วมกัน โดยอาศัยกลไก ทางกายภาพ เคมี และชีวภาพในการบำบัด ด้วยเหตุนี้จึงทำให้น้ำเสียมีคุณภาพดีขึ้นตามระยะทางการบำบัดที่เพิ่มขึ้น

การใช้หญ้าแฝกในการบำบัดน้ำทิ้งจากนาุ้ง เป็นวิธีการบำบัดซึ่งง่าย ประหยัด มีขั้นตอนที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน อาศัยกระบวนการทางธรรมชาติในการบำบัด เนื่องจากน้ำทิ้งจากนาุ้งมีมลสารปนเปื้อนเป็นจำนวนมาก จากเศษอาหารที่ตกค้าง สิ่งขับถ่ายของกุ้ง ความเค็ม และมีสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ในน้ำ เมื่อมีการปล่อยสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ก่อให้เกิดปัญหามลพิษน้ำตามมา ไม่สามารถนำน้ำไปใช้อุปโภคบริโภคได้ ดังนั้นการบำบัดน้ำทิ้งจากนาุ้งโดยใช้หญ้าแฝกน่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งในการลดปัญหาน้ำทิ้งที่มีความเค็ม และมลสารเจือปนอยู่สูงได้ ทำให้น้ำมีคุณภาพดีขึ้นสามารถปล่อยสู่คลองชลประทาน หรือแม่น้ำ คูคลอง เพื่อใช้ประโยชน์ในการเกษตร และปลูกพืชต่อไปได้

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การบำบัดน้ำทิ้งนาุ้ง ตำบลบางระกำ อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม โดยใช้หญ้าแฝกกลุ่ม 4 แหล่งพันธุ์ คือ แหล่งพันธุ์พระราชทาน แหล่งพันธุ์ศรีลังกา แหล่งพันธุ์สงขลา 3 และแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี ด้วยวิธีระบายน้ำทิ้งนาุ้งจากบ่อกักน้ำเข้าสู่แปลงทดลอง จนได้ระดับประมาณ 25-30 เซนติเมตร จากพื้นดิน ชั่งน้ำไว้ในแปลง 7 วัน และปล่อยออก 7 วัน สลับกันเป็นเวลา 3 เดือน เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโต การดูดซับธาตุอาหาร และประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งนาุ้งของหญ้าแฝกทั้ง 4 แหล่งพันธุ์ พบว่า

1. การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำทิ้งนาุ้ง พบว่า ในสัปดาห์ที่ 16 หญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตมากที่สุด โดยหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีความสูงต้น (150.00 เซนติเมตร) จำนวนหน่อตอก (20.6 หน่อตอก) น้ำหนักต้น (93.55 กรัมตอก) และน้ำหนักมวลชีวภาพ (112.54 กรัมตอก) มากที่สุด ส่วนหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีความยาวราก (44.00 เซนติเมตร) และน้ำหนักราก (21.71 กรัมตอก) มากที่สุด

2. การดูดซับธาตุไนโตรเจนของหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ พบว่า ในสัปดาห์ที่ 12 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทานมีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้น (0.88 เปอร์เซ็นต์) และมีปริมาณไนโตรเจนในราก (77.83 มิลลิกรัมตอดิน) สูง ส่วนหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในรากสูง (0.74 เปอร์เซ็นต์) และมีปริมาณไนโตรเจนในต้น (452.54 มิลลิกรัมตอดิน) ในสัปดาห์ที่ 16 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทานมีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้น (0.80 เปอร์เซ็นต์) และราก (0.69 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณไนโตรเจนในต้น (692.24 มิลลิกรัมตอดิน) และราก (150.42 มิลลิกรัมตอดิน) สูงเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าแฝกทั้ง 3 แหล่งพันธุ์ที่ใช้ในการทดลอง

3. การดูดซับธาตุฟอสฟอรัสของหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ พบว่า ในสัปดาห์ที่ 12 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 มีเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในต้น (0.139 เปอร์เซ็นต์) ในราก (0.165 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งในส่วนต้น (76.512 มิลลิกรัมตอดิน) และราก (18.158 มิลลิกรัมตอดิน) สูง ในสัปดาห์ที่ 16 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 มีเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในต้น (0.128 เปอร์เซ็นต์) ในราก (0.148 เปอร์เซ็นต์) และปริมาณฟอสฟอรัสในต้น (106.125 มิลลิกรัม

ต่อต้าน) สูงส่วนหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทานมีปริมาณฟอสฟอรัสในราก (28.637 มิลลิกรัมต่อตัน) สูงเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าแฝกทั้ง 3 แหล่งพันธุ์อื่นที่ใช้ในการทดลอง

4. ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำทิ้งนาุ้ง โดยใช้หญ้าแฝกลุ่ม 4 แหล่งพันธุ์

ในสัปดาห์ที่ 12 ของการทดลอง หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีประสิทธิภาพในการลดค่าโครเมียมได้สูงสุด มีค่าเท่ากับ 76.66 เปอร์เซ็นต์ หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์ศรีลังกา มีประสิทธิภาพในการลดค่าของแอมโมเนียไนโตรเจน ค่าความขุ่น และค่าเหล็กได้ดี มีค่าเท่ากับ 58.24, 54.00 และ 66.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ส่วนสัปดาห์ที่ 14 หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีประสิทธิภาพในการลดค่าความเค็มได้ดี มีค่าเท่ากับ 24.05 เปอร์เซ็นต์

ในสัปดาห์ที่ 16 พบว่า หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์พระราชทาน มีประสิทธิภาพในการเพิ่มค่าออกซิเจนละลายน้ำได้สูงสุด มีค่าเท่ากับ 35.92 เปอร์เซ็นต์ และมีประสิทธิภาพในการลดค่าไนเตรต ไนไตรต์ ฟอสฟอรัสทั้งหมด และบีโอดี ได้สูง มีค่าเท่ากับ 43.50, 64.42, 86.13 และ 57.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ หญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สงขลา 3 มีประสิทธิภาพในการลดค่าความนำไฟฟ้า ค่าของแข็งละลายน้ำ ค่าทองแดง และ ซัลเฟตได้ดี มีค่าเท่ากับ 12.81, 12.37, 44.14 และ 58.53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนหญ้าแฝกแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีประสิทธิภาพในการลดค่าไนโตรเจนทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 43.33 เปอร์เซ็นต์

ระยะทางการบำบัดที่ 24 เมตรในแปลงทดลอง มีประสิทธิภาพการบำบัดน้ำทิ้งจากนาุ้งได้สูงสุด

ข้อเสนอแนะ

1. หูฉลามแหล่งพันธุ์พระราชทาน และหูฉลามแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งนากุ้ง และเจริญเติบโตในสภาพน้ำท่วมขังที่มีค่าความเค็มได้ดี จึงน่าจะนำหูฉลามทั้ง 2 แหล่งพันธุ์นี้ ไปใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งนากุ้งในพื้นที่จริง

2. หูฉลามอายุ 12 – 16 สัปดาห์ มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งนากุ้งได้ดีที่สุด จึงเป็นช่วงที่เหมาะสมในการนำมาใช้บำบัดน้ำเสีย

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. 2537. มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน. มาตรฐานคุณภาพน้ำ.
แหล่งที่มา: http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water05.html, 15 เมษายน 2550.
- _____. 2547. มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง.
มาตรฐานคุณภาพน้ำ. แหล่งที่มา: http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water04.html#s11, 15 เมษายน 2550.
- กรมประมง. 2535. คุณสมบัติของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง. การเลี้ยงกุ้งทะเล. แหล่งที่มา:
<http://www.fisheries.go.th/itnetwork/knowledge/giant%20tiger%20shrimp%20talay/giant%20tiger%20shrimp%20talay.htm>, 9 พฤษภาคม 2549.
- _____. 2548. จำนวนผู้เลี้ยง เนื้อที่และผลผลิตของกุ้งทะเล ปี 2537-2546. สถิติการเกษตรของ
ประเทศไทย ปีเพาะปลูก 2548. แหล่งที่มา: <http://www.oae.go.th/statistic/yearbook48/Section10/sec10table113.pdf>, 21 ธันวาคม 2549.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2535. หญ้าแฝก (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash.). กระทรวงเกษตรและ
สหกรณ์, กรุงเทพฯ. 61 น.
- _____. 2537. คู่มือดำเนินงานเกี่ยวกับแฝก. กรมพัฒนาที่ดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์,
กรุงเทพฯ. 93 น.
- _____. 2541. ความรู้เรื่องแฝก. กรมพัฒนาที่ดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
115 น.
- กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2545. ตำราระบบบำบัดมลพิษน้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 1. สมาคมวิศวกรรม
สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ. 442 น.

กลุ่มสิ่งแวดล้อมแหล่งเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. 2537. คุณภาพน้ำเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง จ. สงขลา. มงคลการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 185 น.

คณิต ไชยคำ และพุทธ ส่องแสงจินดา. 2535. คุณสมบัติและปริมาณน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา อำเภอรโนด จังหวัดสงขลา. เอกสารวิชาการฉบับที่ 5/2535. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง กรมประมง. 26 น.

จินตนา จินดาลิขิต. 2530. การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติ. จุลสารสถานะแวดล้อม 11(5) : 17-24.

ชนินทร์ อัมพรสถิต. 2536. ผลกระทบของการทำนาุ้งต่อคุณภาพน้ำบริเวณป่าชายเลน อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิตินันท์ ศักรานุกิจ. 2549. การใช้หญ้าแฝก *Vetiveria zizanioides* (L.) Nash. บำบัดน้ำเสียชุมชนภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดีพร้อม ไชยวงศ์เกียรติ. 2531. ระบบน้ำและของเสียในบ่อเลี้ยง. ศรีการเมืองการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 72 น.

ดุสิต ต้นวิไลย และคณิต ไชยคำ. 2537. คุณภาพน้ำในบริเวณแหล่งเลี้ยงกุ้งโครงการจัดระบบน้ำเดิมเพื่อการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเลในเขตป่าดอนนา จังหวัดปัตตานี. เอกสารวิชาการฉบับที่ 8/2537. สถาบันวิจัยเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. กรมประมง, กรุงเทพฯ. 21 น.

_____, _____, ยงยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร และเชาว์ ศรีวิชัย. 2537. การตรวจและติดตามคุณภาพน้ำ และดินจากฟาร์มเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จังหวัดปัตตานี. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 5/2537. สถาบันวิจัยเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. กรมประมง, กรุงเทพฯ. 18 น.

ทรงพล รักษ์เฝ้า. 2541. การศึกษาประสิทธิภาพของพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นเพื่อบำบัดน้ำเสียจากระบบบำบัดของโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางข้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- ทัศนีย์ อัดตะนันท์. 2534. **ดินที่ใช้ปลูกข้าว**. ภาควิชาปฐพี คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 420 น.
- เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม. 2537. ทางเลือกใหม่ของการบำบัดน้ำเสีย. **วิศวกรรมสาร ฉบับ ว.ศ.ท. เทคโนโลยี**. 47 (9) : 83-84.
- รัชฎ์ลักษณ์ แต่บรรพกุล. 2539. **ประสิทธิภาพของดีปลีน้ำ (*Potamogeton malaianus*) และสาหร่ายหางกระรอก (*Hydrilla verticillata*) ในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บรรจง เทียนส่งรัมย์. 2530. **การเพาะเลี้ยงกุ้ง**. สำนักพิมพ์อักษรเจริญทัศน์, กรุงเทพฯ. 101 น.
- ปัญญาพล พิชญ์จรัส. 2547. **การตัดใบหญ้าแฝก *Vetiveria zizanioides* ต่อความสามารถในการบำบัดโครเมียมในระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำไหลใต้ดิน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปิยนุช บุญศิริชัย. 2547. **การศึกษาความเป็นไปได้ของการบำบัดคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำโดยใช้ผักกระเฉด**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันพัฒนบริหารศาสตร์.
- ปิยวรรณ โกชนพันธ์. 2546. **ประสิทธิภาพการใช้แฝกบำบัดน้ำเสียจากชุมชน และโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พัฒนา มุลพุกษ์. 2539. **อนามัยสิ่งแวดล้อม**. หจก. เอ็นเอสแอล พรินติ้ง, กรุงเทพฯ. 545 น.
- พัฒน์ จันทรโรทัย. 2536. **ข้อพิจารณาในการใช้พืชปรับปรุงคุณภาพน้ำ**. **วารสารวิทยาศาสตร์ ม. ก.** 11(3): 154-157.
- ไพรัช พงษ์วิเชียร, ปราโมทย์ แยมคลี, อกันตริ พุกยพงส์ และปรีชา โพธิ์ปาน. 2542. **อิทธิพลของความเค็มที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแฝก**. **ผลงาน/ข้อมูลวิชาการ**
แหล่งที่มา: http://www.ldd.go.th/Lddwebsite/web_ord/Research/Full_Research_pdf/Full_Research_gr03/R4203F227.pdf, 9 เมษายน 2550.

- แฟรดาซ์ มาเหล็ม. 2536. การศึกษาปริมาณ BOD คุณภาพน้ำและดินบางประการจากบ่อเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนาที่มีความหนาแน่นต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยมหิดล.
- มนพ รุ่งสุข. 2538. การเจริญเติบโตของหญ้าแฝกหอม *Vetiveria zizanioides* (L.) Nash ที่รอดด้วยน้ำทิ้งจากชุมชน จังหวัดเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- มันสิน ดันทุลเวศม์. 2538. คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 351 น.
- ขยยุทธ โอสธสกา. 2546. ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 424 น.
- ขยยุทธ ปรีดาลัมพะบุตร, เพิ่มศักดิ์ เฟิงมาก, พุทธ ส่องแสงจินดา, สุภโชค สุวรรณิ และ วิชาญ ชูสุวรรณ. 2532. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนา. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 10/2532. สถาบันวิจัยเพาะเลี้ยงสัตว์ชายฝั่ง. กรมประมง, กรุงเทพฯ. 18 น.
- รัตนา ตริรัตน์ภรณ์. 2542. การกำจัดแคดเมียมจากน้ำเสียโดยใช้ระบบบำบัดบึงประดิษฐ์แบบน้ำขังใต้ดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ลักขมี คณานิธินันท์. 2539. ประสิทธิภาพของกกกลม *Cyperus corymbosus* ธูปฤาษี *Typha angustifolia* อ้อ *Phragmites australis* และแห้วทรงกระเทียม *Eleocharis dulcis* ในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นเพื่อการบำบัดโครเมียมในน้ำเสีย จากโรงงานอุตสาหกรรมชุบโลหะ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วงศ์พงา เสี่ยงสาย. 2544. ประสิทธิภาพของหญ้าแฝกหอม *Vetiveria zizanioides* (L.) Nash และหญ้าแฝกดอน *Vetiveria nemoralis* A. Camus ในการกำจัดโครเมียมในพื้นที่ชุ่มน้ำที่สร้างขึ้นเพื่อการบำบัดน้ำเสียขั้นสุดท้ายจากโรงฟอกหนัง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วัลลภ คงเพิ่มพูน. 2536. กุ้งกุลาดำ. โรงพิมพ์เพรสโปรดักส์, กรุงเทพฯ. 136 น.

- วิทยา วุ่นชุม. 2543. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำและดินในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาในเขตพื้นที่น้ำจืด จังหวัดนครปฐม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วีระชัย ณ นคร. 2535. หญ้าแฝก (*Vetiveria sp.*) สายพันธุ์ในประเทศไทย, น. 1-20. ใน เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องการพัฒนาและรณรงค์การใช้หญ้าแฝก อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ประจำปี 2536, เชียงราย.
- ศิริพร วรกุลดำรงชัย. 2540. อิทธิพลของน้ำและดินตะกอนของน้ำทิ้งนาุ้งต่อโครงสร้างและการเจริญเติบโตของไม้ป่าชายเลน บริเวณอ่าวคุ้งกระเบน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ศิริลักษณ์ สุวรรณจิตร. 2540. การคัดแยกและคัดเลือกหญ้าแฝกทนเค็มในสภาพหลอดทดลอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมบุญ เดชะภิญญาวัฒน์. 2548. สรีรวิทยาของพืช. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์จามจุรีโปรดักท์, กรุงเทพฯ. 252 น.
- สมศรี อรุณินท์. 2539. ดินเค็มในประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ. 276 น.
- สำเร็จ แซ่ตัน. 2532. การถ่ายทอดลักษณะการทนดินเค็มในข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สิทธิชัย ดันธนะสฤยดี. 2538. การใช้ดินตะกอนภาคพื้นสมุทรในสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืชเป็นต้นแบบในการบำบัดน้ำเสียชุมชน. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สิริ ทุกษ์วินาส, เพิ่มศักดิ์ เฟิงมาก และเจิดแสง บุญแท้. 2531. ผลการศึกษาภาวะสิ่งแวดล้อมบางประการของน้ำและตะกอนดิน บริเวณบ่อเลี้ยงกุ้งทะเล จังหวัดนครศรีธรรมราช. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 12/2531. สถาบันวิจัยเพาะเลี้ยงสัตว์ชายฝั่ง. กรมประมง, กรุงเทพฯ. 29 น.

สุรัสวดี นุบพะเรณู. 2542. การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัด บีโอดี และ ซีโอดี ในน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรี โดยวิธีห้ำกรองน้ำเสีย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ห้สนัย กองแก้ว. 2531. หลักการสร้างบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. วารสารการประมง 41(4): 371-378.

อนันต์ ชัมภรัตน์ และ วรรณ โกศลวิตร. 2545. การบำบัดน้ำเสียด้วยบัวหลวง. สถาบันราชภัฏอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

อรุณ พงษ์กาญจนะ. 2549. ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของหญ้าแฝก. ภูมิวารินอนุรักษ 21: 18-21.

อารีย์ สิทธิมั่ง. 2530. เอกสารประกอบการบรรยายเรื่องวิวัฒนาการการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในประเทศไทย. คณะกรรมการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, สำนักนายกรัฐมนตรี, กรุงเทพฯ. 10 น.

American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation (APHA, AWWA and WEF). 2005. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. American Public Health Association Washington, D.C. 1321p.

Boonsong, K. and M. Chansiri. 2006. Efficiency of Vetiver Grass Cultivated with Floating Platform Technique in Domestic Wastewater Treatment. **Vetiver Systems: International Vetiver Conference ICV4**. Available Source: <http://www.vetiver.org/ICV4pdfs/BA02.pdf>, Feb 3, 2007.

Boyd, C.E. 1970. Vascular aquatic plants for mineral nutrient removal from polluted waters. **Econ. Bot.** 21: 95-103.

Chapman, H.D. and P.F. Pratt. 1978. **Methods of Analysis for Soils, Plants and Waters**. Division of Agricultural Sciences. University of California. U.S.A. 309 p.

Cowardin, L.M., V. Carter, F.C. Golet and E.T. Laroe. 1979. **Classification of Wetland and Deepwater Habitats of the United States**. U.S. Department of the Interior. Fish and Wildlife Service, Washington, D.C. 890 p.

Cull, R., H. Hunter, M. Hunter, and P. Truong. 2000. **Tolerance to herbicide under selected wetland conditions**. Available Source: <http://www.vetiver.org/ICV2-Proceedings/AUS.pdf>, September 29, 2006.

Danh, L.T., L. Phong, L. Dung and P. Truong. 2006. Wastewater Treatment at a Seafood Processing Factory in the Mekong Delta, Vietnam. **Vetiver Systems: International Vetiver Conference ICV4**. Available Source: <http://www.vetiver.org/ICV4pdfs/BA25.pdf>, Feb 3, 2007.

Hammer, D.A. and R.K. Bastian. 1989. Wetland ecosystem : Natural water purifiers, pp.5-19. In D.A. Hammer, ed. **Constructed Wetland for Wastewater Treatment : Municipal, Industrial and Agricultural**. Lewis Publishers ,Inc.,Michigan.

Kanabkaew, T. and U. Puetpaiboon. 2004. Aquatic Plants for Domestic Wastewater Treatment: Lotus (*Nelumbo nucifera*) and Hydrilla (*Hydrilla verticillata*) Systems. **Songklanakarin: Sci Technology**. Available Source: <http://www2.psu.ac.th/PresidentOffice/EduService/journal/26-5.pdf/14wastewater-treat.pdf#search=%22kanabkaew%22>, October 26, 2006.

- Kong, X., W. Lin, B. Wang and F. Luo. 2003. Study on vetiver's purification for wastewater from pig farm, pp. 170-173. *In* **The Third International Conference on Vetiver and Exhibition – Vetiver and Water**. Guangdong Academy of Agricultural Sciences, South China Institute of Botany, Chinese Academy Sciences, South China Agricultural University, Guangdong Association of Grass Industry and Environment, Guangzhou.
- Liao, X., S. Luo, Y. Wu and Z. Wang. 2003. Studies on the abilities of *Vetiveria zizanioides* and *Cyperus alternifolius* for pig farm wastewater treatment, pp. 174-181. *In* **The Third International Conference on Vetiver and Exhibition – Vetiver and Water**. Guangdong Academy of Agricultural Sciences, South China Institute of Botany, Chinese Academy Sciences, South China Agricultural University, Guangdong Association of Grass Industry and Environment, Guangzhou.
- Lowe, N.R. 1990. The need for hydrophyte-based system in treatment of wastewater from small community. pp. 1-9. *In* **Constructed Wetland in Water Pollution Control. Proceedings of the International Conference on the Use of Constructed Wetland in Water Pollution Control**, Cambridge UK, England.
- Njau, K. N. and H. Mlay. 2003. Wastewater treatment and other research initiatives with vetiver grass, pp. 231-240. *In* **The Third International Conference on Vetiver and Exhibition – Vetiver and water**. Guangdong Academy of Agricultural Sciences, South China Institute of Botany, Chinese Academy Sciences, South China Agricultural University, Guangdong Association of Grass Industry and Environment, Guangzhou.
- Scavo, M., O. Rodriguez and O. Luque. 2006. Study of a Complementary Wastewater Treatment System with Vetiver Grass (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash) Proceeding from a Gaseous Beverages Industry, (Venezuela). **Vetiver Systems: International Vetiver Conference ICV4**. Available Source: [http:// www.vetiver.org/ICV4pdfs/BA17.pdf](http://www.vetiver.org/ICV4pdfs/BA17.pdf), Feb 3, 2007.

- Stowell, L.J., M.E. Stanghellini and I.J. Misaghi. 1981. The bacteriostatic activity of the fluorescent pigment of *Pseudomonas fluorescens*. **Phytopath.** 71: 906.
- Summerfelt, S.T., P.R. Adler, D.M. Glenn, and R.N. Kretschmann. 1999. Aquaculture sludge removal and stabilization within created wetlands. **Aquacultural Engineering.** 19: 81-92.
- United States Environmental Protection Agency. 2000. **Manual Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewater.** EPA/625/R-99/010. Cincinnati, Ohio: Office of Research and Development.
- Wagner, S., P. Truong, A. Vieritz and C. Smeal. 2003. Response of vetiver grass to extreme nitrogen and phosphorus supply, pp. 100-108. *In* **The Third International Conference on Vetiver and Exhibition – Vetiver and water.** Guangdong Academy of Agriculture Sciences, South China Institute of Botany, Chinese Academy Sciences, South China Agricultural University, Guangdong Association of Grass Industry and Environment, Guangzhou.
- Wantawin, C., W. Nittaya, I. Udomsak, B. Tavicha and P. Padungsak. 2006. Water Quality Improvement in Canal like Water Body by Hydroponic Vetiver. **Vetiver Systems: International Vetiver Conference ICV4.** Available Source: <http://www.vetiver.org/ICV4pdfs/BA26.pdf>, Feb 3, 2007.
- William, M. and W.M. Patrick. 1994. From wasteland to wetland. **J. Environ. Qual.** 23 : 292-296.
- World Bank. 1987. **Vetiver Grass (*Vetiveria zizanioides* (L.) Nash.), A Method of Vegetative Soil and Moisture Conservation.** Technical Handbook, New Delhi. 72 p.

Xia, H. 1999. **Vetiver and Its Use to Control Effluent from China's Pig Farms.**

Available Source: <http://www.Vetiver for Pig Related Wetland Improvement Selection and Evaluation of Plants.Html>, April 29, 2006

_____, X. Lu, H. Ao and S. Liu. 2003. A preliminary report on tolerance of vetiver to submergence, pp. 531-535. *In* **The Third International Conference on Vetiver and Exhibition – Vetiver and Water**. Guangdong Academy of Agricultural Sciences, South China Institute of Botany, Chinese Academy Sciences, South China Agricultural University, Guangdong Association of Grass Industry and Environment, Guangzhou.

ภาคผนวก



ภาพผนวกที่ 1 แปลงหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำตึงจากนาข้าง ในระยะเริ่มต้น



ภาพผนวกที่ 2 แปลงหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำตึงจากนาข้าง ในระยะสัปดาห์ที่ 8



ภาพผนวกที่ 3 แปลงหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำตึงจากนาทุ่ง ในระยะสัปดาห์ที่ 10



ภาพผนวกที่ 4 แปลงหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำตึงจากนาทุ่ง ในระยะสัปดาห์ที่ 12



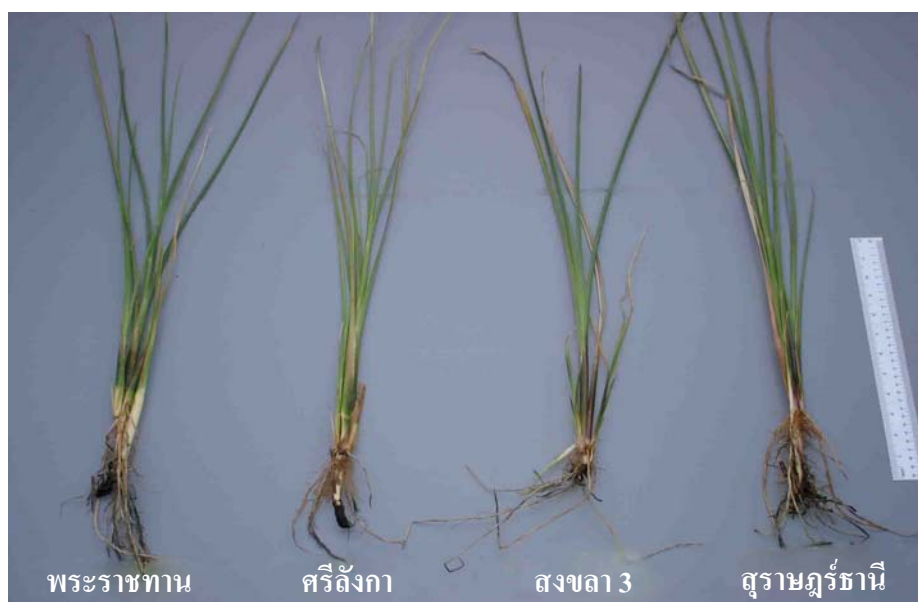
ภาพผนวกที่ 5 แปลงหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำทิ้งจากนากุ้ง ในระยะสัปดาห์ที่ 14



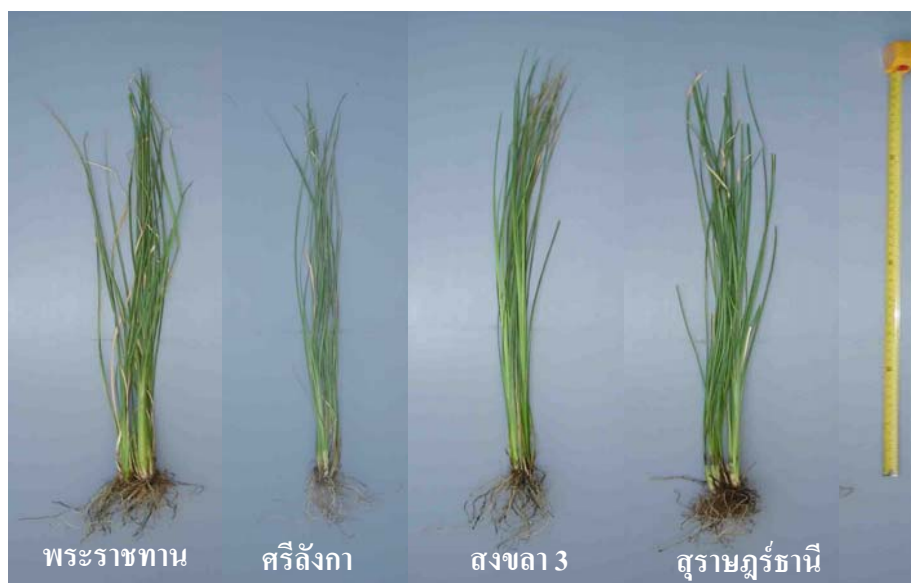
ภาพผนวกที่ 6 แปลงหญ้าแฝกที่ปลูกในน้ำทิ้งจากนากุ้ง ในระยะสัปดาห์ที่ 16



ภาพผนวกที่ 7 หู้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน แหล่งพันธุ์ศรีลังกา แหล่งพันธุ์สงขลา 3 และแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี อายุ 8 สัปดาห์ หลังปลูก ในน้ำที่นิ่ง



ภาพผนวกที่ 8 หู้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน แหล่งพันธุ์ศรีลังกา แหล่งพันธุ์สงขลา 3 และแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี อายุ 10 สัปดาห์ หลังปลูก ในน้ำที่นิ่ง



ภาพผนวกที่ 9 หวี้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน แหล่งพันธุ์ศรีลังกา แหล่งพันธุ์สงขลา 3 และแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี อายุ 12 สัปดาห์ หลังปลูก ในน้ำที่นิ่ง



ภาพผนวกที่ 10 หวี้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน แหล่งพันธุ์ศรีลังกา แหล่งพันธุ์สงขลา 3 และแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี อายุ 14 สัปดาห์ หลังปลูก ในน้ำที่นิ่ง



ภาพผนวกที่ 11 หญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ได้แก่ แหล่งพันธุ์พระราชทาน แหล่งพันธุ์ศรีลังกา แหล่งพันธุ์สงขลา 3 และแหล่งพันธุ์สุราษฎร์ธานี อายุ 16 สัปดาห์ หลังปลูก ในน้ำที่นิ่งๆ

ตารางผนวกที่ 1 ความสูงต้นหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ที่เจริญเติบโตในน้ำที่นิ่งในสัปดาห์ที่ 8, 10, 12, 14 และ 16 ของการทดลอง

แหล่งพันธุ์	ความสูงต้น (เซนติเมตร) ¹				
	สัปดาห์				
	8	10	12	14	16
พระราชทาน	98.60 a ²	106.60 a	120.60 a	126.40 b	138.60 b
ศรีลังกา	97.20 a	106.20 a	119.20 a	122.40 b	138.40 b
สงขลา3	97.80 a	107.20 a	120.80 a	133.00 a	140.00 b
สุราษฎร์ธานี	95.80 a	110.00 a	121.80 a	136.80 a	150.00 a
เฉลี่ย	97.35	107.50	120.60	129.65	141.75
CV(%)	8.4	6.8	3.6	2.9	3.3
F-test	ns	ns	ns	**	**

ตารางผนวกที่ 2 ความยาวรากหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ที่เจริญเติบโตในน้ำที่นิ่งในสัปดาห์ที่ 8, 10, 12, 14 และ 16 ของการทดลอง

แหล่งพันธุ์	ความยาวราก (เซนติเมตร) ¹				
	สัปดาห์				
	8	10	12	14	16
พระราชทาน	16.40 a ²	22.20 a	26.20 a	37.80 a	44.00 a
ศรีลังกา	12.40 a	18.20 b	26.20 a	34.20 a	37.60 a
สงขลา3	14.60 a	24.60 a	31.80 a	39.40 a	42.80 a
สุราษฎร์ธานี	13.60 a	22.00 a	28.80 a	36.00 a	39.60 a
เฉลี่ย	14.25	21.75	28.25	36.85	41.00
CV(%)	19.9	17.7	18.2	11.0	15.0
F-test	ns	**	ns	ns	ns

หมายเหตุ ¹ = ค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ

² = ตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 %

ตารางผนวกที่ 3 จำนวนหน่อต่อกอของหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ที่เจริญเติบโตในน้ำที่นิ่งในถัง
ในสัปดาห์ที่ 8, 10, 12, 14 และ 16 ของการทดลอง

แหล่งพันธุ์	จำนวนหน่อ (หน่อ/กอ) ¹				
	สัปดาห์				
	8	10	12	14	16
พระราชทาน	2.6 a ²	5.2 b	10.2 b	14.4 a	18.0 a
ศรีลังกา	1.8 a	4.8 b	10.0 b	14.6 a	16.6 a
สงขลา 3	2.8 a	4.4 b	10.8 b	16.6 a	18.4 a
สุราษฎร์ธานี	3.2 a	7.6 a	15.8 a	16.0 a	20.6 a
เฉลี่ย	2.6	5.5	10.5	15.4	18.4
CV(%)	32.7	22.3	18.6	20.8	15.2
F-test	ns	**	**	ns	ns

ตารางผนวกที่ 4 น้ำหนักต้นหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ที่เจริญเติบโตในน้ำที่นิ่งในถัง ในสัปดาห์ที่
8, 10, 12, 14 และ 16 ของการทดลอง

แหล่งพันธุ์	น้ำหนักต้น (กรัม/กอ) ¹				
	สัปดาห์				
	8	10	12	14	16
พระราชทาน	15.35 a ²	29.35 a	46.94 a	73.97 a	85.66 a
ศรีลังกา	16.47 a	30.47 a	51.99 a	72.79 a	80.67 b
สงขลา 3	15.05 a	29.05 b	54.53 a	76.27 a	82.65 b
สุราษฎร์ธานี	18.51 a	31.51 a	53.41 a	79.81 a	93.55 a
เฉลี่ย	16.35	30.10	51.72	75.71	85.63
CV(%)	15.9	14.5	15.2	7.5	8.6
F-test	ns	*	ns	ns	*

หมายเหตุ ¹ = ค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ

² = ตัวอักษรเหมือนกันในแนวดิ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น
95 % โดยวิธี DMRT

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 %

ตารางผนวกที่ 5 น้ำหนักรากหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ที่เจริญเติบโตในน้ำที่นิ่งในสัปดาห์ที่ 8, 10, 12, 14 และ 16 ของการทดลอง

แหล่งพันธุ์	น้ำหนักราก (กรัม/กอ) ¹				
	สัปดาห์				
	8	10	12	14	16
พระราชทาน	4.31 a ²	5.01 a	10.96 a	16.40 a	21.71 a
ศรีลังกา	4.26 a	4.38 a	9.74 a	13.99 a	18.45 a
สงขลา 3	4.10 a	5.09 a	11.00 a	16.28 a	17.22 a
สุราษฎร์ธานี	4.53 a	5.21 a	9.86 a	15.00 a	18.98 a
เฉลี่ย	4.30	4.92	10.39	15.42	19.09
CV(%)	18.2	23.5	18.0	13.7	17.5
F-test	ns	ns	ns	ns	ns

ตารางผนวกที่ 6 น้ำหนักมวลชีวภาพหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ที่เจริญเติบโตในน้ำที่นิ่งในสัปดาห์ที่ 8, 10, 12, 14 และ 16 ของการทดลอง

แหล่งพันธุ์	น้ำหนักมวลชีวภาพ (กรัม/กอ) ¹				
	สัปดาห์				
	8	10	12	14	16
พระราชทาน	19.66 a ²	34.36 a	57.90 a	90.37 a	107.36 a
ศรีลังกา	20.73 a	34.79 a	61.73 a	86.77 a	99.12 b
สงขลา 3	19.15 a	34.14 a	65.54 a	92.55 a	99.87 b
สุราษฎร์ธานี	20.04 a	36.72 a	63.27 a	94.81 a	112.54 a
เฉลี่ย	20.64	35.00	62.11	91.13	104.72
CV(%)	13.3	13.6	14.8	6.0	9.5
F-test	ns	ns	ns	ns	*

หมายเหตุ ¹ = ค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ

² = ตัวอักษรเหมือนกันในแนวดังนี้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 %

ตารางผนวกที่ 7 เปอร์เซ็นต์และปริมาณไนโตรเจน ของหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ที่เจริญเติบโตในน้ำที่งอกในสัปดาห์ที่ 12 และ 16 ของการทดลอง

แหล่งพันธุ์	สัปดาห์ที่ 12				สัปดาห์ที่ 16			
	เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน		ปริมาณไนโตรเจน		เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน		ปริมาณไนโตรเจน	
	(เปอร์เซ็นต์) ¹		(มิลลิกรัมต่อต้น) ¹		(เปอร์เซ็นต์)		(มิลลิกรัมต่อต้น)	
	ต้น	ราก	ต้น	ราก	ต้น	ราก	ต้น	ราก
พระราชทาน	0.88 a ²	0.72 a	414.58 a	77.83 a	0.80 a	0.69 a	692.24 a	150.42 a
ศรีลังกา	0.83 a	0.73 a	438.87a	71.79 a	0.74 ab	0.66 a	592.46 b	122.65 a
สงขลา 3	0.79 a	0.68 a	425.96 a	74.63 a	0.69 b	0.58 a	570.58 b	100.75 a
สุราษฎร์ธานี	0.85 a	0.74 a	452.54 a	73.09 a	0.67 b	0.61 a	630.47 a	118.58 a
CV	8.3	12.3	18.8	22.2	10.8	13.3	16.8	26.8
F-test	ns	ns	ns	ns	*	ns	**	ns

หมายเหตุ ¹ = ค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ

² = ตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 %

** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 %

ตารางผนวกที่ 8 เปอร์เซ็นต์และปริมาณฟอสฟอรัส ของหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ที่เจริญเติบโตในน้ำที่งอกในสัปดาห์ที่ 12 และ 16 ของการทดลอง

แหล่งพันธุ์	สัปดาห์ที่ 12				สัปดาห์ที่ 16			
	เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัส		ปริมาณฟอสฟอรัส		เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัส		ปริมาณฟอสฟอรัส	
	(เปอร์เซ็นต์) ¹		(มิลลิกรัมต่อต้น) ¹		(เปอร์เซ็นต์)		(มิลลิกรัมต่อต้น)	
	ต้น	ราก	ต้น	ราก	ต้น	ราก	ต้น	ราก
พระราชทาน	0.117 a ²	0.156 a	55.282 a	17.106 a	0.107 a	0.133 a	91.741 a	28.637 a
ศรีลังกา	0.136 a	0.157 a	72.461 a	15.238 a	0.116 a	0.122 a	87.284 a	22.505 a
สงขลา 3	0.139 a	0.165 a	76.512 a	18.158 a	0.128 a	0.148 a	106.125 a	25.487 a
สุราษฎร์ธานี	0.125 a	0.141 a	67.017 a	13.894 a	0.106 a	0.126 a	99.556 a	23.863 a
CV	10.4	9.8	23.3	20.4	8.3	7.4	12.8	17.8
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ ¹ = ค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ

² = ตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยวิธี DMRT

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 9 ประสิทธิภาพการลดค่า Total Nitrogen, NO₃⁻ และ NO₂⁻ ในน้ำทิ้งน้ำกึ่งด้วยห้วยน้ำแฟก 4 แหล่งพันธุ์ ในระยะเวลาที่ต่างกัน (สัปดาห์ที่ 8-16)

สัปดาห์	ระยะทาง เมตร	ประสิทธิภาพการบำบัด (%)														
		Total Nitrogen					NO ₃ ⁻					NO ₂ ⁻				
		พระ ราชทาน	ศรี ลังกา	สงขลา 3	สุราษฎร์ ธานี	เฉลี่ย	พระ ราชทาน	ศรี ลังกา	สงขลา 3	สุราษฎร์ ธานี	เฉลี่ย	พระ ราชทาน	ศรี ลังกา	สงขลา 3	สุราษฎร์ ธานี	เฉลี่ย
8	0	30.00	23.33	16.67	13.33	20.83	3.33	6.67	3.33	3.33	4.17	16.22	13.51	21.62	21.62	18.24
	6	40.00	30.00	33.33	26.67	32.50	16.67	23.33	16.67	20.00	19.17	21.62	20.27	27.03	29.73	24.66
	12	36.67	33.33	33.33	30.00	33.33	26.67	20.00	33.33	26.67	26.67	24.32	27.03	31.08	35.14	29.39
	18	40.00	43.33	43.33	40.00	41.67	33.33	40.00	36.67	33.33	35.83	33.78	36.49	35.14	39.19	36.15
	24	43.33	46.67	43.33	46.67	45.00	40.00	46.67	40.00	40.00	41.67	40.54	44.59	39.19	40.54	41.22
	เฉลี่ย	38.00	35.33	34.00	31.33	34.67	24.00	27.33	26.00	24.67	25.50	27.30	28.38	30.81	33.24	29.93
10	0	16.67	13.33	23.33	16.67	17.50	12.50	12.50	16.67	20.83	15.63	25.40	20.63	19.05	17.46	20.64
	6	30.00	20.00	33.33	36.67	30.00	20.83	26.17	29.17	25.00	25.29	33.33	22.22	26.98	25.40	26.98
	12	43.33	23.33	40.00	43.33	37.50	33.33	33.33	33.33	37.50	34.37	36.51	26.98	36.51	28.57	32.14
	18	53.33	43.33	43.33	46.67	46.67	45.83	50.00	33.33	37.50	41.67	42.86	34.92	34.92	36.51	37.30
	24	53.33	53.33	46.67	50.00	50.83	51.17	54.17	45.83	54.17	51.34	41.27	49.21	46.03	47.62	46.03
	เฉลี่ย	39.33	30.66	37.33	38.67	36.50	32.73	35.23	31.67	35.00	33.66	35.87	30.79	32.70	31.11	32.62

ตารางผนวกที่ 9 (ต่อ)

สถานี	ระยะทาง เมตร	ประสิทธิภาพการบำบัด (%)														
		Total Nitrogen					NO ₃ ⁻					NO ₂ ⁻				
		พระ ราชทาน	ศรี ลังกา	สงขลา 3	สุราษฎร์ ธานี	เฉลี่ย	พระ ราชทาน	ศรี ลังกา	สงขลา 3	สุราษฎร์ ธานี	เฉลี่ย	พระ ราชทาน	ศรี ลังกา	สงขลา 3	สุราษฎร์ ธานี	เฉลี่ย
12	0	21.05	15.79	18.42	15.79	17.76	13.33	16.67	6.67	20.00	14.17	11.11	29.17	12.50	29.17	20.49
	6	31.58	36.84	23.68	26.32	29.61	16.67	33.33	26.67	26.67	25.84	30.56	34.72	22.22	34.72	30.56
	12	42.11	44.74	36.84	47.37	42.77	40.00	26.67	26.67	30.00	30.84	37.50	31.94	33.33	41.67	36.11
	18	55.26	47.37	52.63	55.26	52.63	46.67	33.33	46.67	46.67	43.34	51.39	41.67	43.06	48.61	46.18
	24	55.26	60.53	57.89	55.26	57.24	56.67	53.33	50.00	46.67	51.67	59.72	58.33	58.33	50.00	56.60
	เฉลี่ย	41.05	41.05	37.89	40.00	40.00	34.67	32.67	31.34	34.00	33.17	38.06	39.17	33.89	40.83	37.99
14	0	25.00	16.67	29.17	25.00	23.96	27.78	30.56	27.78	25.00	27.78	34.77	37.85	37.23	34.77	36.16
	6	29.17	29.17	33.33	33.33	31.25	30.56	36.11	30.56	36.11	33.34	48.62	43.08	44.92	56.92	48.39
	12	41.67	41.67	37.50	45.83	41.67	33.33	44.44	38.89	30.56	36.81	53.54	49.85	37.54	56.31	49.31
	18	54.17	45.83	45.83	45.83	47.92	44.44	50.00	44.44	50.00	47.22	52.92	57.23	48.62	57.54	54.08
	24	58.33	58.33	58.33	54.17	57.29	52.78	50.00	50.00	55.56	52.09	58.46	64.00	57.85	58.77	59.77
	เฉลี่ย	41.67	38.33	40.83	40.83	40.42	37.78	42.22	38.33	39.45	39.45	49.66	50.40	45.23	52.86	49.54

ตารางผนวกที่ 9 (ต่อ)

สถานี	ระยะทาง	ประสิทธิภาพการบำบัด (%)														
		Total Nitrogen					NO ₃ ⁻					NO ₂ ⁻				
		พระ	ศรี	สงขลา	สุราษฎร์	เฉลี่ย	พระ	ศรี	สงขลา	สุราษฎร์	เฉลี่ย	พระ	ศรี	สงขลา	สุราษฎร์	เฉลี่ย
		ราชทาน	ลังกา	3	ธานี		ราชทาน	ลังกา	3	ธานี		ราชทาน	ลังกา	3	ธานี	
16	0	29.17	20.83	25.00	20.83	23.96	30.00	25.00	30.00	25.00	27.50	56.07	60.75	50.47	57.94	56.31
	6	37.50	33.33	29.17	37.50	34.38	37.50	50.00	37.50	37.50	40.63	61.68	61.68	61.68	58.57	60.90
	12	41.67	37.50	50.00	45.83	43.75	47.50	35.00	42.50	42.50	41.88	67.60	64.17	64.49	59.50	63.94
	18	50.00	50.00	50.00	54.17	51.04	52.50	50.00	45.00	55.00	50.63	66.98	65.11	65.73	65.42	65.81
	24	54.17	54.17	50.00	58.33	54.17	50.00	52.50	52.50	55.00	52.50	69.78	67.29	67.29	71.65	69.00
เฉลี่ย		42.50	39.17	40.83	43.33	41.46	43.50	42.50	41.50	43.00	42.63	64.42	63.80	61.93	62.62	63.19

ตารางผนวกที่ 10 ประสิทธิภาพการลดค่า Total Phosphorus, BOD และ DO ในน้ำที่กักด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ในระยะเวลาดังกล่าว (สัปดาห์ที่ 8-16)

สัปดาห์	ระยะทาง	ประสิทธิภาพการบำบัด (%)									
		Total Phosphorus					BOD				
		เมตร	พระ	ศรี	สงขลา	สุราษฎร์	พระ	ศรี	สงขลา	สุราษฎร์	เฉลี่ย
			ราชทาน	ลังกา	3	ธานี	ราชทาน	ลังกา	3	ธานี	
8	0		55.64	55.82	43.90	49.11	27.71	29.85	25.87	26.87	27.58
	6		61.95	60.40	53.35	57.13	40.05	30.35	30.95	35.57	34.23
	12		65.96	65.04	52.38	69.11	45.52	41.39	40.05	47.01	43.49
	18		70.83	70.26	68.83	75.13	48.01	48.76	51.24	49.25	49.32
	24		78.85	76.96	72.66	79.08	56.97	56.97	55.22	60.20	57.34
	เฉลี่ย		66.65	65.70	58.22	65.91	43.65	41.46	40.67	43.78	42.39
10	0		57.44	58.74	57.39	56.53	48.56	52.87	37.36	47.70	46.26
	6		64.67	65.21	60.36	61.49	41.67	40.34	42.64	35.17	41.55
	12		67.58	63.54	63.05	65.10	40.34	36.03	44.25	28.74	40.21
	18		70.50	74.60	68.02	70.50	45.98	48.97	50.86	36.49	48.60
	24		77.08	70.06	71.31	68.66	56.72	53.74	55.75	54.14	55.40
	เฉลี่ย		67.45	66.43	64.03	64.46	46.65	46.39	46.17	40.45	46.41
	0		11.78	12.59	8.62	14.92	11.78	12.59	8.62	14.92	11.98
	6		13.38	13.38	4.98	14.54	13.38	13.38	4.98	14.54	11.57
	12		16.04	13.96	15.30	24.36	16.04	13.96	15.30	24.36	17.42
	18		21.24	22.98	19.58	20.58	21.24	22.98	19.58	20.58	21.10
	24		21.88	22.04	12.59	15.30	21.88	22.04	12.59	15.30	17.95
	เฉลี่ย		16.86	16.99	12.21	17.94	16.86	16.99	12.21	17.94	16.00
	0		9.74	8.81	8.57	7.12	9.74	8.81	8.57	7.12	8.56
	6		15.18	17.76	17.56	12.87	15.18	17.76	17.56	12.87	15.84
	12		25.27	26.36	25.89	19.63	25.27	26.36	25.89	19.63	24.29
	18		33.71	30.16	30.98	28.31	33.71	30.16	30.98	28.31	30.79
	24		40.03	35.53	35.65	33.33	40.03	35.53	35.65	33.33	36.14
	เฉลี่ย		24.79	23.72	23.73	20.25	24.79	23.72	23.73	20.25	23.12

ตารางผนวกที่ 10 (ต่อ)

สัปดาห์	ระยะทาง	ประสิทธิภาพการบำบัด (%)									
		Total Phosphorus					BOD				
		เมตร	พระ	ศรี	สงขลา	สุราษฎร์	พระ	ศรี	สงขลา	สุราษฎร์	เฉลี่ย
			ราชทาน	ลังกา	3	ธานี	ราชทาน	ลังกา	3	ธานี	
12	0		65.28	62.96	63.49	60.99	40.59	38.98	38.17	31.72	36.29
	6		72.78	68.37	69.09	63.55	49.46	55.48	45.43	40.59	47.17
	12		75.28	73.38	74.03	71.29	60.75	54.30	47.42	38.98	46.90
	18		78.80	74.51	80.70	78.98	63.98	56.72	60.32	57.57	58.20
	24		81.36	79.39	83.98	81.85	67.20	59.52	59.52	55.11	58.05
เฉลี่ย			74.70	71.72	74.26	71.33	56.40	53.00	50.17	44.79	49.32
14	0		77.21	63.41	57.54	70.56	35.71	32.42	39.01	38.74	36.47
	6		76.65	72.89	68.37	74.81	47.42	39.84	56.04	45.88	47.30
	12		77.57	82.67	74.59	75.51	53.85	42.31	57.14	52.75	51.51
	18		81.53	81.17	77.21	77.42	51.65	50.93	62.91	49.18	53.67
	24		84.57	83.86	78.63	78.98	70.88	60.44	64.84	59.89	64.01
เฉลี่ย			79.51	76.80	71.27	75.46	51.90	45.19	55.99	49.29	50.59
			6.78	10.85	7.24	5.03	26.14	26.50	21.14	23.43	24.30
			19.66	23.48	11.57	16.19	30.71	28.54	20.08	27.17	26.63
			36.47	33.80	31.77	34.49	37.10	35.71	35.05	34.26	35.53
			27.68	27.68	24.86	29.57	27.68	27.68	24.86	29.57	27.45
			31.36	31.53	34.78	20.59	31.36	31.53	34.78	20.59	29.57
			28.19	20.98	33.17	30.05	28.19	20.98	33.17	30.05	28.10
			30.05	25.82	33.61	35.61	30.05	25.82	33.61	35.61	31.27
			33.72	32.61	36.92	37.21	33.72	32.61	36.92	37.21	35.12
			30.20	27.72	32.67	30.61	30.20	27.72	32.67	30.61	30.30

ตารางผนวกที่ 10 (ต่อ)

สปีดahrt	ระยะทาง	ประสิทธิภาพการบำบัด (%)														
		Total Phosphorus					BOD					DO				
		พระ	ศรี	สงขลา	สุราษฎร์	เจนี	พระ	ศรี	สงขลา	สุราษฎร์	เจนี	พระ	ศรี	สงขลา	สุราษฎร์	เจนี
		ราชทาน	ลังกา	3	ธานี		ราชทาน	ลังกา	3	ธานี		ราชทาน	ลังกา	3	ธานี	
16	0	81.45	80.31	79.01	78.66	79.86	28.19	31.37	28.43	34.31	30.58	30.70	27.42	35.66	31.21	31.25
	6	83.19	83.10	83.01	81.62	82.73	46.57	41.42	39.71	40.44	42.04	36.33	37.94	29.64	36.77	35.17
	12	86.85	85.19	86.67	83.19	85.48	67.65	63.24	53.19	58.09	60.54	34.98	37.09	34.05	29.23	33.84
	18	88.94	86.85	87.54	87.72	87.76	72.79	75.74	76.47	75.00	75.00	37.94	38.26	29.37	25.35	32.73
	24	90.24	86.85	88.59	87.72	88.35	74.26	75.00	74.26	77.94	75.37	39.67	38.56	39.27	33.69	37.80
	เฉลี่ย	86.13	84.46	84.96	83.78	84.84	57.89	57.35	54.41	57.16	56.70	35.92	35.85	33.60	31.25	34.16

ตารางผนวกที่ 11 ประสิทธิภาพการลดค่า Salinity, EC และ TDS ในน้ำที่นำกึ่งด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ในระยะเวลาที่ต่างกัน (สัปดาห์ที่ 8-16)

สัปดาห์	ระยะทาง	ประสิทธิภาพการบำบัด (%)									
		Salinity					EC				
		เมตร	พระ	ศรี	สงขลา	สุราษฎร์	พระ	ศรี	สงขลา	สุราษฎร์	เฉลี่ย
			ราชทาน	ลังกา	3	ธานี	ราชทาน	ลังกา	3	ธานี	
8	0		14.58	16.67	11.46	16.67	3.20	4.32	3.45	2.76	3.43
	6		23.96	12.50	16.67	18.75	6.48	4.84	2.85	3.11	4.32
	12		17.71	18.75	18.75	16.67	0.43	0.86	2.16	2.25	1.43
	18		20.83	17.71	16.67	18.75	3.02	1.90	3.02	2.16	2.53
	24		20.83	18.75	18.75	18.75	3.02	2.42	3.45	3.45	3.09
	เฉลี่ย		19.58	16.88	16.46	17.92	3.23	2.87	2.99	2.75	2.96
10	0		10.87	19.57	17.39	11.96	11.48	6.67	10.25	8.77	9.47
	6		15.22	8.70	7.61	15.22	7.65	7.41	8.89	8.02	7.98
	12		16.30	15.22	15.22	14.13	2.47	3.58	3.83	0.74	3.29
	18		20.65	10.87	13.04	17.39	1.11	1.48	2.10	5.31	1.56
	24		26.09	15.22	19.57	27.17	2.96	2.10	3.83	1.60	2.96
	เฉลี่ย		17.83	13.92	14.57	17.17	5.13	4.25	5.78	4.89	5.05
	0		1.68	6.22	1.18	2.69	1.68	6.22	1.18	2.69	2.94
	6		5.38	6.05	4.71	3.19	5.38	6.05	4.71	3.19	4.83
	12		3.78	1.01	3.70	2.86	3.78	1.01	3.70	2.86	2.84
	18		6.39	3.87	6.05	4.20	6.39	3.87	6.05	4.20	5.13
	24		6.47	7.23	6.89	6.89	6.47	7.23	6.89	6.89	6.87
	เฉลี่ย		4.74	4.88	4.51	3.97	4.74	4.88	4.51	3.97	4.52
	0		3.27	3.56	3.76	2.18	3.27	3.56	3.76	2.18	3.19
	6		4.36	3.96	5.55	3.37	4.36	3.96	5.55	3.37	4.31
	12		5.64	4.16	5.94	4.16	5.64	4.16	5.94	4.16	4.98
	18		5.94	4.95	6.73	6.93	5.94	4.95	6.73	6.93	6.14
	24		7.72	9.31	9.01	8.32	7.72	9.31	9.01	8.32	8.68
	เฉลี่ย		5.39	5.19	6.20	4.99	5.39	5.19	6.20	4.99	5.46

ตารางผนวกที่ 11 (ต่อ)

สปีดahrt ระยะเวลา		ประสิทธิภาพการบำบัด (%)														
		Salinity					EC					TDS				
เมตร		พระ	ศรี	สงขลา	สุราษฎร์	เฉลี่ย	พระ	ศรี	สงขลา	สุราษฎร์	เฉลี่ย	พระ	ศรี	สงขลา	สุราษฎร์	เฉลี่ย
		ราชทาน	ลังกา	3	ธานี		ราชทาน	ลังกา	3	ธานี		ราชทาน	ลังกา	3	ธานี	
12	0	16.25	13.75	15.00	15.00	15.00	3.79	4.10	5.01	3.64	4.25	3.94	4.09	4.85	5.76	4.66
	6	20.00	17.50	15.00	17.50	17.50	4.55	4.25	4.10	6.37	4.91	5.45	5.76	6.36	6.06	5.91
	12	17.50	18.75	15.00	15.00	16.56	5.31	4.07	5.16	5.31	4.85	5.61	6.06	4.39	4.55	5.15
	18	20.00	20.00	20.00	17.50	19.38	6.07	5.46	5.31	8.50	6.42	5.91	6.82	6.52	9.70	7.24
	24	20.00	21.25	20.00	20.00	20.31	6.37	5.92	6.68	6.07	6.22	6.97	6.97	9.24	6.06	7.31
	เฉลี่ย	18.75	18.25	17.00	17.00	17.75	5.22	4.76	5.25	5.98	5.33	5.58	5.94	6.27	6.43	6.05
14	0	14.29	10.71	11.90	11.90	12.20	1.23	1.38	0.31	0.46	0.85	3.92	3.31	2.41	3.61	3.31
	6	16.67	20.24	16.67	22.62	19.05	2.77	2.00	2.92	1.38	2.27	5.72	4.82	4.82	4.67	5.01
	12	21.43	20.24	20.24	26.19	22.03	6.31	4.31	6.62	3.85	5.27	5.72	7.53	8.58	5.72	6.89
	18	27.38	27.38	21.43	28.57	26.19	9.54	9.69	13.08	8.92	10.31	7.23	8.73	9.94	8.89	8.70
	24	30.95	28.57	29.76	30.95	30.06	12.62	10.62	13.08	10.46	11.70	12.50	11.90	12.35	12.20	12.24
	เฉลี่ย	22.14	21.43	20.00	24.05	21.90	6.49	5.60	7.20	5.01	6.08	7.02	7.26	7.62	7.02	7.23

ตารางผนวกที่ 11 (ต่อ)

สัปดาห์	ระยะทาง	ประสิทธิภาพการบำบัด (%)														
		Salinity					EC					TDS				
		พระ	ศรี	สงขลา	สุราษฎร์	เฉลี่ย	พระ	ศรี	สงขลา	สุราษฎร์	เฉลี่ย	พระ	ศรี	สงขลา	สุราษฎร์	เฉลี่ย
		ราชทาน	ลังกา	3	ธานี		ราชทาน	ลังกา	3	ธานี		ราชทาน	ลังกา	3	ธานี	
16	0	11.63	9.30	9.30	8.14	9.59	6.35	9.05	10.95	8.11	8.62	8.28	8.74	9.66	2.76	7.36
	6	15.12	11.63	10.47	12.79	12.50	7.16	9.46	12.03	9.73	9.60	8.97	9.43	10.80	5.29	8.62
	12	16.28	18.60	13.95	15.12	15.99	7.97	10.14	12.97	10.00	10.27	8.74	9.43	10.34	12.41	10.23
	18	23.26	23.26	20.93	22.09	22.39	14.59	10.81	11.76	13.51	12.67	16.32	14.02	14.48	14.02	14.71
	24	25.58	24.42	26.74	26.74	25.87	15.81	17.16	16.35	16.35	16.42	17.47	14.71	16.55	14.71	15.86
	เฉลี่ย	18.37	17.44	16.28	16.98	17.27	10.38	11.32	12.81	11.54	11.51	11.96	11.27	12.37	9.84	11.36

ตารางผนวกที่ 12 ประสิทธิภาพการลดค่า TSS, TU และ Fe^{+2} ในน้ำที่นาุ้งด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ในระยะเวลาที่ต่างกัน (สัปดาห์ที่ 8-16)

สัปดาห์	ระยะทาง	ประสิทธิภาพการบำบัด (%)														
		TSS					TU					Fe^{+2}				
		เมตร	พระ	ศรี	สงขลา	สุราษฎร์	พระ	ศรี	สงขลา	สุราษฎร์	เฉลี่ย	พระ	ศรี	สงขลา	สุราษฎร์	เฉลี่ย
			ราชทาน	ลังกา	3	ธานี	ราชทาน	ลังกา	3	ธานี		ราชทาน	ลังกา	3	ธานี	
8	0		24.27	18.45	21.84	20.87	6.90	8.62	6.90	3.44	6.47	16.07	10.71	8.93	12.50	12.05
	6		30.58	23.79	28.16	28.16	6.90	13.79	13.79	15.52	12.50	30.36	30.36	28.57	30.36	29.91
	12		36.89	30.58	36.89	33.01	13.79	24.14	13.79	15.52	16.81	46.43	46.42	50.00	53.57	49.11
	18		42.23	34.95	31.55	39.81	22.41	24.14	22.41	27.59	24.14	64.29	60.71	58.93	62.50	61.61
	24		50.00	42.23	43.69	44.66	32.76	27.59	27.59	25.86	28.45	71.43	73.21	73.21	67.86	71.43
	เฉลี่ย		36.79	30.00	32.43	33.30	16.55	19.66	16.90	17.59	17.67	45.72	44.28	43.93	45.36	44.82
10	0		28.00	31.33	32.67	30.67	17.11	18.42	18.42	11.84	16.45	30.00	30.00	20.00	33.33	28.33
	6		40.00	43.33	52.67	40.00	15.79	22.37	23.68	22.37	21.05	30.00	43.33	33.33	33.33	35.00
	12		43.33	47.33	56.00	54.67	21.05	23.68	22.36	31.58	24.67	50.00	46.67	50.00	53.33	50.00
	18		50.00	52.00	66.00	56.67	23.68	22.37	28.95	36.84	27.96	60.00	63.33	60.00	60.00	60.83
	24		56.00	58.00	69.33	58.67	25.00	26.32	28.95	34.21	28.62	66.67	66.67	73.33	66.67	68.34
	เฉลี่ย		43.47	46.40	55.33	48.14	20.53	22.63	24.47	27.37	23.75	47.33	50.00	47.33	49.33	48.50

ตารางผนวกที่ 12 (ต่อ)

สถานี	ระยะทาง	ประสิทธิภาพการบำบัด (%)														
		TSS					TU					Fe ⁺²				
		เมตร	พระ ราชทาน	ศรี ลังกา	สงขลา 3	สุราษฎร์ ธานี	เฉลี่ย	พระ ราชทาน	ศรี ลังกา	สงขลา 3	สุราษฎร์ ธานี	เฉลี่ย	พระ ราชทาน	ศรี ลังกา	สงขลา 3	สุราษฎร์ ธานี
12	0	31.32	39.56	42.86	31.87	36.40	26.67	36.67	10.50	26.67	25.13	47.50	60.00	57.50	47.50	53.13
	6	37.91	48.90	56.59	37.36	45.19	33.33	50.00	46.67	40.00	42.50	53.75	66.25	65.00	57.50	60.63
	12	53.85	57.14	54.95	52.20	54.54	50.00	53.33	46.67	46.67	49.17	58.75	52.50	52.50	65.00	57.19
	18	60.99	68.68	66.48	60.44	64.15	56.67	63.33	66.67	60.00	61.67	72.50	72.50	73.75	75.00	73.44
	24	65.93	76.92	64.84	70.88	69.64	66.67	66.67	66.67	63.33	65.84	81.25	82.50	82.50	80.00	81.56
	เฉลี่ย	50.00	58.24	57.14	50.55	53.98	46.67	54.00	47.44	47.33	48.86	62.75	66.75	66.25	65.00	65.19
14	0	30.23	31.40	22.67	23.84	27.04	11.43	18.57	15.71	17.14	15.24	30.00	33.33	23.33	23.33	27.50
	6	40.70	37.79	40.70	38.95	39.54	21.42	30.00	28.57	27.14	26.66	53.33	36.67	40.00	46.67	44.17
	12	52.33	50.00	49.42	54.07	51.46	28.57	35.71	31.43	28.57	31.90	53.33	46.67	50.00	50.00	50.00
	18	67.44	64.53	63.95	70.35	66.57	40.00	44.29	40.00	45.71	41.43	66.67	53.33	60.00	53.33	58.33
	24	76.74	80.23	76.16	81.40	78.63	50.00	51.43	47.14	51.43	49.52	66.67	66.67	63.33	66.67	65.84
	เฉลี่ย	53.49	52.79	50.58	53.72	52.65	30.28	36.00	32.57	34.00	32.95	54.00	47.33	47.33	48.00	49.17

ตารางผนวกที่ 12 (ต่อ)

สถานี	ระยะทาง	ประสิทธิภาพการบำบัด (%)														
		TSS					TU					Fe ⁺²				
		เมตร														
		พระ	ศรี	สงขลา	สุราษฎร์	เฉลี่ย	พระ	ศรี	สงขลา	สุราษฎร์	เฉลี่ย	พระ	ศรี	สงขลา	สุราษฎร์	เฉลี่ย
		ราชทาน	ลังกา	3	ธานี		ราชทาน	ลังกา	3	ธานี		ราชทาน	ลังกา	3	ธานี	
16	0	29.32	27.44	27.07	30.45	28.57	12.00	10.00	12.00	14.00	12.00	26.00	16.00	24.00	16.26	20.57
	6	38.35	37.22	32.71	31.58	34.97	24.00	22.00	28.00	22.00	24.00	46.00	32.00	28.00	26.00	33.00
	12	42.86	43.23	45.11	34.21	41.35	30.00	38.00	26.00	32.00	31.50	40.00	44.00	38.00	44.00	41.50
	18	52.63	56.77	56.77	50.75	54.23	32.00	32.00	36.00	44.00	36.00	56.00	50.00	48.00	56.00	52.50
	24	61.28	63.91	68.42	63.53	64.29	44.00	48.00	44.00	54.00	47.50	68.00	72.00	62.00	62.00	66.00
	เฉลี่ย	44.89	45.71	46.02	42.10	44.68	28.40	30.00	29.20	33.20	30.20	47.20	42.80	40.00	40.85	42.71

ตารางผนวกที่ 13 ประสิทธิภาพการลดค่า Cu , SO_4^{-2} และ Cr^{+6} ในน้ำที่นำกึ่งด้วยหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ในระยะเวลาที่ต่างกัน (สัปดาห์ที่ 8-16)

สัปดาห์	ระยะทาง	ประสิทธิภาพการบำบัด (%)														
		Cu					SO_4^{-2}					Cr^{+6}				
		เมตร	พระ	ศรี	สงขลา	สุราษฎร์	พระ	ศรี	สงขลา	สุราษฎร์	เจดีย์	พระ	ศรี	สงขลา	สุราษฎร์	เจดีย์
			ราชทาน	ลังกา	3	ธานี	ราชทาน	ลังกา	3	ธานี		ราชทาน	ลังกา	3	ธานี	
8	0		12.14	4.67	3.29	5.32	1.33	4.00	3.33	5.33	3.50	7.14	14.29	0.00	14.29	8.93
	6		12.50	20.55	16.59	7.40	5.33	9.33	8.00	9.33	8.00	28.57	21.43	28.57	35.71	28.57
	12		18.46	21.12	23.42	14.44	11.33	14.67	17.33	14.00	14.33	42.86	28.57	28.57	50.00	37.50
	18		33.62	33.05	36.78	35.85	17.33	18.00	24.67	20.67	20.17	50.00	50.00	50.00	57.14	51.79
	24		31.47	38.58	37.79	38.29	24.67	22.00	28.00	20.00	23.67	57.14	57.14	50.00	57.14	55.36
	เฉลี่ย		21.64	23.59	23.57	20.26	12.00	13.60	16.27	13.87	13.93	37.14	34.29	31.43	42.86	36.43
10	0		5.26	11.99	8.09	7.55	17.14	8.57	11.43	5.71	10.71	37.50	18.75	0.00	18.75	18.75
	6		15.63	14.56	44.41	39.08	17.14	24.29	18.57	24.29	21.07	50.00	37.50	37.50	43.75	42.19
	12		31.67	42.39	16.58	17.52	25.71	31.43	28.57	30.00	28.93	31.25	50.00	43.75	50.00	43.75
	18		51.42	42.52	30.53	30.73	32.86	32.86	44.29	44.29	38.58	62.50	56.25	62.50	37.50	54.69
	24		57.01	46.09	40.03	47.17	45.71	47.14	52.86	51.42	49.28	75.00	87.50	68.75	75.00	76.56
	เฉลี่ย		32.20	31.51	27.93	28.41	27.71	28.86	31.14	31.14	29.71	51.25	50.00	42.50	45.00	47.19

ตารางผนวกที่ 13 (ต่อ)

สัปดาห์	ระยะทาง	ประสิทธิภาพการบำบัด (%)														
		Cu					SO ₄ ⁻²					Cr ⁺⁶				
		พระ	ศรี	สงขลา	สุราษฎร์	เฉลี่ย	พระ	ศรี	สงขลา	สุราษฎร์	เฉลี่ย	พระ	ศรี	สงขลา	สุราษฎร์	เฉลี่ย
		ราชทาน	ลังกา	3	ธานี		ราชทาน	ลังกา	3	ธานี		ราชทาน	ลังกา	3	ธานี	
12	0	25.72	27.66	23.19	36.59	28.29	30.00	20.00	20.71	27.86	24.64	63.33	60.00	53.33	60.00	59.17
	6	35.99	35.39	30.56	38.04	35.00	41.43	30.71	35.71	33.57	35.36	73.33	60.00	63.33	63.33	65.00
	12	41.43	51.09	45.05	38.41	44.00	21.43	34.29	43.57	37.14	34.11	76.67	73.33	73.33	73.33	74.17
	18	49.15	50.36	37.44	38.04	43.75	35.71	46.43	41.43	48.57	43.04	83.33	76.67	76.67	76.67	78.34
	24	44.69	47.71	50.00	40.10	45.63	52.86	53.57	52.86	55.71	53.75	86.67	80.00	80.00	86.67	83.34
	เฉลี่ย	39.40	42.44	37.25	38.24	39.33	36.29	37.00	38.86	40.57	38.18	76.66	70.00	69.33	72.00	72.00
14	0	13.13	14.34	13.54	13.13	13.54	30.00	33.85	34.62	26.92	31.35	25.00	37.50	18.75	25.00	26.56
	6	28.28	31.52	32.63	36.16	32.15	37.69	36.92	43.85	41.54	40.00	31.25	43.75	31.25	43.75	37.50
	12	36.87	44.04	42.12	44.44	41.87	47.69	42.31	46.15	47.69	45.96	43.75	50.00	37.50	50.00	45.31
	18	43.03	44.85	46.46	48.89	45.81	40.00	47.69	52.31	52.31	48.08	56.25	68.75	62.50	62.50	62.50
	24	54.95	50.30	64.65	57.17	56.77	46.15	51.54	55.38	59.23	53.08	75.00	75.00	75.00	81.25	76.56
	เฉลี่ย	35.25	37.01	39.88	39.96	38.03	40.31	42.46	46.46	45.54	43.69	46.25	55.00	45.00	52.50	49.69

ตารางผนวกที่ 13 (ต่อ)

สถานี	ระยะทาง เมตร	ประสิทธิภาพการบำบัด (%)									
		Cu					SO ₄ ⁻²				
		พระ ราชทาน	ศรี ลังกา	สงขลา 3	สุราษฎร์ ธานี	เฉลี่ย	พระ ราชทาน	ศรี ลังกา	สงขลา 3	สุราษฎร์ ธานี	เฉลี่ย
16	0	24.41	15.59	13.86	17.48	15.64	32.67	46.00	44.67	32.00	38.84
	6	16.54	25.12	27.24	29.29	27.22	69.33	56.00	58.00	50.00	58.33
	12	45.51	46.30	59.69	64.41	56.80	43.33	48.00	52.67	59.33	50.83
	18	51.81	61.42	54.25	44.68	53.45	51.33	54.67	64.00	40.00	52.50
	24	62.13	66.93	65.67	58.11	63.57	59.33	64.00	73.33	62.67	64.83
	เฉลี่ย	40.08	43.07	44.14	42.79	43.34	51.20	53.73	58.53	48.80	53.07

สถานี	ระยะทาง เมตร	Cr ⁺⁶				
		พระ ราชทาน	ศรี ลังกา	สงขลา 3	สุราษฎร์ ธานี	เฉลี่ย
		พระ ราชทาน	ศรี ลังกา	สงขลา 3	สุราษฎร์ ธานี	เฉลี่ย
16	0	14.29	28.57	14.29	14.29	17.86
	6	28.57	28.57	35.71	35.71	32.14
	12	50.00	42.86	50.00	28.57	42.86
	18	42.86	42.86	57.14	50.00	48.22
	24	57.14	57.14	57.14	57.14	57.14
	เฉลี่ย	38.57	40.00	42.86	37.14	39.64

ตารางผนวกที่ 14 มาตรฐานการระบายน้ำลงทางน้ำชลประทาน และทางน้ำที่ต่อเชื่อมกับทางน้ำ
ชลประทานในเขตพื้นที่โครงการชลประทาน

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน (เกณฑ์กำหนดสูงสุด)
ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง	-	6.5-8.5
ความนำไฟฟ้า	ไมโคร โมล/ซ.ม.	2,000
ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด	มิลลิกรัมต่อลิตร	1,300
บีโอดี	มิลลิกรัมต่อลิตร	20
สารแขวนลอย	มิลลิกรัมต่อลิตร	30
น้ำมันและไขมัน	มิลลิกรัมต่อลิตร	5.0
เปอร์แมงกานีส	มิลลิกรัมต่อลิตร	6.0
ซัลไฟด์คิดเทียบเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์	มิลลิกรัมต่อลิตร	1.0
ไซยาไนด์คิดเทียบเป็นไฮโดรเจน	มิลลิกรัมต่อลิตร	0.2
ไซยาไนด์		
ฟอร์มาลดีไฮด์	มิลลิกรัมต่อลิตร	1.0
ฟีนอลและ/หรือครีโซล	มิลลิกรัมต่อลิตร	1.0
คลอรีนอิสระ	มิลลิกรัมต่อลิตร	1.0
ขาม่าแมลง	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่มีเลข
สารกัมมันตรังสี	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่มีเลข
สี และกลิ่น	-	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ
น้ำมันทาร์	-	ไม่มีเลข
สังกะสี	มิลลิกรัมต่อลิตร	5.0
โครเมียม	มิลลิกรัมต่อลิตร	0.3
อาร์เซนิก	มิลลิกรัมต่อลิตร	0.25
ทองแดง	มิลลิกรัมต่อลิตร	1.0
ปรอท	มิลลิกรัมต่อลิตร	0.005
แคดเมียม	มิลลิกรัมต่อลิตร	0.03
แบเรียม	มิลลิกรัมต่อลิตร	1.0
ซิลิเนียม	มิลลิกรัมต่อลิตร	0.02
ตะกั่ว	มิลลิกรัมต่อลิตร	0.1
นิกเกิล	มิลลิกรัมต่อลิตร	0.2
แมงกานีส	มิลลิกรัมต่อลิตร	0.5

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2547)

ตารางผนวกที่ 15 มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน ประเภท 3 (เพื่อการเกษตร)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุด	วิธีการตรวจสอบ
1.สี กลิ่นและรส (Colour, Odour and Taste)	-	ร'	-
2.อุณหภูมิ (Temperature)	°ซ	ร'	เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermometer) วัดขณะทำการเก็บตัวอย่าง
3.ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	5-9	เครื่องวัดความเป็นกรดและด่าง ของน้ำ (pH meter) ตามวิธีหาค่า แบบ Electrometric
4.ออกซิเจนละลาย (DO) ¹	มก./ล.	4.0	Azide Modification
5.บีโอดี (BOD)	มก./ล.	2.0	Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 วัน ติดต่อกัน
6.แบคทีเรียกลุ่ม โคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)	เอ็ม.พี.เอ็น/ 100 มล.	20,000	Multiple Tube Fermentation Technique
7.แบคทีเรียกลุ่ม ฟิคอล โคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria)	เอ็ม.พี.เอ็น/ 100 มล.	4,000	Multiple Tube Fermentation Technique
8.ไนเตรต (NO ₃ ⁻) ในหน่วยไนโตรเจน	มก./ล.	5.0	Cadmium Reduction
9.แอมโมเนีย (NH ₃) ในหน่วย ไนโตรเจน	มก./ล.	0.5	Distillation Nesslerization
10.ฟีนอล (Phenols)	มก./ล.	0.005	Distillation, 4-Amino antipyrine
11.ทองแดง (Cu)	มก./ล.	0.1	Atomic Absorption -Direct Aspiration
12.นิกเกิล (Ni)	มก./ล.	0.1	Atomic Absorption -Direct Aspiration
13.แมงกานีส (Mn)	มก./ล.	1.0	Atomic Absorption -Direct Aspiration
14.สังกะสี (Zn)	มก./ล.	1.0	Atomic Absorption -Direct Aspiration

ตารางผนวกที่ 15 (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุด	วิธีการตรวจสอบ
15.แคดเมียม (Cd)	มก./ล.	0.005* 0.05**	Atomic Absorption -Direct Aspiration
16.โครเมียมชนิด เฮกซะวาเลนต์ (Cr Hexavalent)	มก./ล.	0.05	Atomic Absorption -Direct Aspiration
17.ตะกั่ว (Pb)	มก./ล.	0.05	Atomic Absorption -Direct Aspiration
18.ปรอททั้งหมด (Total Hg)	มก./ล.	0.002	Atomic Absorption-Cold Vapour Technique
19.สารหนู (As)	มก./ล.	0.01	Atomic Absorption -Direct Aspiration
20.ไซยาไนด์ (Cyanide)	มก./ล.	0.005	Pyridine-Barbituric Acid
21.กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity)	เบกเคอเรล/ ล.	0.1 1.0	Gas-Chromatography
-ค่ารังสีแอลฟา(Alpha) -ค่ารังสีเบตา(Beta)			
22.สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ ชนิดที่มีคลอรีนทั้งหมด (Total Organochlorine Pesticides)	มก./ล.	0.05	Gas-Chromatography
23.ดีดีที (DDT)	ไมโครกรัม /ล.	1.0	Gas-Chromatography
24.บีเอชซีชนิดแอลฟา (Alpha-BHC)	ไมโครกรัม /ล.	0.02	Gas-Chromatography
25.ดิลดริน (Dieldrin)	ไมโครกรัม /ล.	0.1	Gas-Chromatography
26.อัลดริน (Aldrin)	ไมโครกรัม /ล.	0.1	Gas-Chromatography

ตารางผนวกที่ 15 (ต่อ)

ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	เกณฑ์กำหนดสูงสุด	วิธีการตรวจสอบ
27.เฮปตาคลอร์และเฮปตาคลออีออกไซด์ (Heptachlor & Heptachlorepoxyde)	ไมโครกรัม/ล.	0.2	Gas-Chromatography
28.เอนดริน (Endrin)	ไมโครกรัม/ล.	ไม่สามารถตรวจพบได้ตามวิธีการตรวจสอบที่กำหนด	Gas-Chromatography

หมายเหตุ ¹ ค่าออกซิเจนละลาย (DO) เป็นเกณฑ์มาตรฐานต่ำสุด

* น้ำที่มีความกระด้างไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

** น้ำที่มีความกระด้างเกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2537)

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล

นางสาววิภาดา ปิ่นเกษร

วัน เดือน ปี ที่เกิด

วันที่ 12 กันยายน 2524

สถานที่เกิด

จังหวัดนครปฐม

ประวัติการศึกษา

วท.บ. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) สถาบันราชภัฏสวนดุสิต