

ประสิทธิภาพของหญ้าอาหารสัตว์ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยระบบบึงประดิษฐ์ ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง

Efficiency of Forage Crops for Domestic Wastewater Treatment by Vertical Subsurface Flow Constructed Wetland

พันธ์ทิพย์ กล่อมเจ๊ก¹

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้หญ้าอาหารสัตว์ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง โดยศึกษาถึงประสิทธิภาพในการบำบัดมลสารของหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด ได้แก่ หญ้าแพงโกล่า (*Digitaria decumbens*) หญ้าอะตราตัม (*Paspalum atratum*) และหญ้ายาน (*Brachiaria mutica*) ที่ปลูกในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง รวมถึงศึกษาการเจริญเติบโต อัตราการสะสมธาตุอาหาร และผลผลิตหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิดในแต่ละระยะเก็บเกี่ยว ระบบบำบัดน้ำเสียประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่งที่ทำการศึกษา ซึ่งมีอัตราการบรรทุกทางชลศาสตร์ เท่ากับ 20 cm/day หรือ 100.6 l/day มีศักยภาพในการบำบัดน้ำเสียชุมชน โดยมีประสิทธิภาพในการบำบัด COD, TSS, TKN, NH₃N, NO_xN และ TP เท่ากับ 36.59-92.50, -325.00-100.00, 19.40-97.62, -378.95-97.84, -3,421.00-60.00 และ -151.80-72.15 % ตามลำดับ แม้ระบบที่ปลูกหญ้าอะตราตัม จะมีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการบำบัด COD, TKN และ NO_xN และหญ้ายาน มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการบำบัด TSS, TP และ NH₃N แต่การวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าประสิทธิภาพของหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิดในการบำบัดมลสารแต่ละประเภท มีค่าไม่แตกต่างกัน ($P \geq 0.05$) อัตราการสะสมธาตุอาหารในรากของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตัม และหญ้ายาน มีค่า 0.0032-0.0090, 0.0111-0.0172 และ 0.0081-0.0139 g N/m²/d และ 0.0031-0.0055, 0.0034-0.0135 และ 0.0033-0.0062 g P/m²/d ตามลำดับ โดยอัตราการสะสมธาตุอาหารในรากของหญ้าแต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ค่าเฉลี่ยอัตราการสะสมธาตุอาหารในเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตัม และหญ้ายาน มีค่า 0.0273-0.0285, 0.0410-0.0496 และ 0.0238-0.0423 g N/m²/d และ 0.0146-0.0208, 0.0220-0.0326 และ 0.0167-0.0216 g P/m²/d ตามลำดับ ทั้งนี้ พบว่าเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 และ 2 มีอัตราการสะสมไนโตรเจนแตกต่างกันระหว่างชนิดพืช ขณะที่เนื้อเยื่อส่วนเหนือดินที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 และ 3 มีอัตราการสะสมฟอสฟอรัสแตกต่างกันระหว่างชนิดพืช และพบว่าอัตราการสะสมไนโตรเจนของหญ้ายานและอัตราการสะสมฟอสฟอรัสของหญ้าแพงโกล่า มีค่าแตกต่างกันระหว่างระยะเก็บเกี่ยว ($P < 0.05$) อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (RGR) ของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตัม และหญ้ายาน มีค่า 0.096-0.154, 0.106-0.178 และ 0.108-0.163 per day ตามลำดับ ไม่พบความแตกต่างของค่า RGR ระหว่างพืชแต่ละชนิด และระหว่างระยะเก็บเกี่ยว ($P \geq 0.05$) ค่าเฉลี่ยผลผลิตแห้งของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตัม และหญ้ายาน ในระยะที่ 1 ของการเก็บเกี่ยว มีค่า 372.2, 608.8 และ 673.0 kg/rai ในระยะที่ 2 และ 3 ของการเก็บเกี่ยวมีค่า 388.9, 560.3 และ 429.9 kg/rai และ 318.4, 965.5 และ 602.0 kg/rai ตามลำดับ

คำสำคัญ: บึงประดิษฐ์, การบำบัดน้ำเสียชุมชน, หญ้าอาหารสัตว์, ธาตุอาหาร, ผลผลิต

¹ ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร
อ. เมือง จ. พิษณุโลก 65000 Email: pantipk@nu.ac.th

Abstract

The objective of this study was to investigate application of forage crop for domestic wastewater treatment using vertical subsurface flow constructed wetland (VSF CW). Pangolar grass (*Digitaria decumbens*), Atratum grass (*Paspalum atratum*) and Buffalo grass (*Brachiaria mutica*) were planted in VSF CW. Efficiencies of these grass species for pollutant removal were evaluated. In addition, growth, nutrient accumulation rate and yield of each species were also examined at each harvest period. This work gave promising result that the VSF CW fed with domestic wastewater at 20 cm/day or 100.6 l/day of HLR have potential for domestic wastewater treatment. Efficiency of the VSF CW for removal of COD, TSS, TKN, NH_3N , NO_xN and TP were 36.59-92.50, -325.00-100.00, 19.40-97.62, -378.95-97.84, -3,421.00-60.00 and -151.80-72.15 %, respectively. Atratum grass showed the highest efficiency for COD, TKN and NO_xN removal and Buffalo grass showed the highest efficiency for TSS, TP and NH_3N removal. However, statistical analysis showed that efficiency of each grass species for removal of all types of the pollutants was not significantly different at $P \geq 0.05$. Nutrient accumulation rate of root of Pangolar grass, Atratum grass and Buffalo grass was 0.0032-0.0090, 0.0111-0.0172 and 0.0081-0.0139 g N/m²/d and 0.0031-0.0055, 0.0034-0.0135 and 0.0033-0.0062 g P/m²/d, respectively. The nutrient accumulation rate of root of each grass species was not significantly different at $P \geq 0.05$. For above ground part, average nutrient accumulation rate of Pangolar grass, Atratum grass and Buffalo grass was 0.0273-0.0285, 0.0410-0.0496 and 0.0238-0.0423 g N/m²/d, and 0.0146-0.0208, 0.0220-0.0326 and 0.0167-0.0216 g P/m²/d, respectively. There were significantly different between studied species at 1st and 2nd harvest for nitrogen accumulation rate, and 1st and 3rd harvest for phosphorus accumulation rate ($P < 0.05$). Moreover, there were significantly different between harvest period for nitrogen accumulation rate of Buffalo grass and phosphorus accumulation rate of Pangolar grass ($P < 0.05$). Relative growth rate (RGR) of Pangolar grass, Atratum grass and Buffalo grass throughout experimental period was 0.096-0.154, 0.106-0.178 and 0.108-0.163 per day, respectively. There were not significantly difference between RGR of each studied species and RGR of each harvest period. Average dry yield of Pangolar grass, Atratum grass and Buffalo grass at 1st harvest was 372.2, 608.8 and 673.0 kg/rai, respectively. The average dry yield of those at 2nd and 3rd harvest was 388.9, 560.3 and 429.9 kg/rai, and 318.4, 965.5 and 602.0 kg/rai, respectively.

Key words: Constructed wetland, Domestic wastewater treatment, Forage crops, Nutrient, Yield

บทนำ

มลพิษน้ำเป็นปัญหาสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้เกิดผลกระทบในหลายทิศทาง ทั้งผลกระทบต่อระบบนิเวศ โดยเฉพาะระบบนิเวศน้ำ ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของผู้ใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำ และผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจ จากการสูญเสียค่าใช้จ่ายในการจัดหาหรือปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อให้คุณภาพดีสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ การป้องกันการเกิดปัญหาถือเป็นแนวทางที่ดีที่สุดในการจัดการปัญหามลพิษ ซึ่งปัญหามลพิษน้ำนี้ มีสาเหตุหลักจากการระบายน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนมลสาร ทั้งนี้ กิจกรรมในชีวิตประจำวันที่ทำให้เกิดน้ำเสียชุมชน ก็เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่สำคัญ เนื่องจากน้ำเสียชุมชนเป็นน้ำเสียที่มีการผลิตเป็นประจำอย่างต่อเนื่อง

การลดมลสารในน้ำเสียชุมชน อันได้แก่ สารอินทรีย์ ของแข็งแขวนลอย และธาตุอาหาร หรือการบำบัดน้ำเสียชุมชนนั้น เป็นวิธีการหนึ่งในการป้องกันและลดปัญหาจากน้ำเสียชุมชน ซึ่งการบำบัดมลสารในน้ำเสียนั้นมีหลายวิธีด้วยกัน การบำบัดด้วยระบบบึงประดิษฐ์เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถลดมลสารในน้ำเสียชุมชนได้จริง และมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ เนื่องจากบึงประดิษฐ์เป็นระบบบำบัดที่มีราคาในการก่อสร้างและดำเนินการต่ำ ดูแลรักษาง่าย และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การนำระบบบึงประดิษฐ์มาใช้ในการบำบัดน้ำเสีย จึงมีความเป็นไปได้สูง ทั้งนี้ พืชที่ใช้ในระบบบึงประดิษฐ์เป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งของกระบวนการบำบัดที่เกิดขึ้นภายในระบบ ซึ่งการคัดเลือกชนิดพืชที่นำมาใช้ในระบบนั้น นอกจากจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดของระบบแล้ว ยังส่งผลต่อการจัดการพืชในระบบเพื่อรักษาประสิทธิภาพของระบบ รวมถึงการนำพืชนั้นไปกำจัดหรือนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไปอีกด้วย

การศึกษาวิจัยนี้ เป็นการนำเสนอแนวทางในการบำบัดน้ำเสียชุมชนซึ่งไม่มีการปนเปื้อนมลสารที่มีความเป็นพิษรุนแรง ด้วยระบบบึงประดิษฐ์ โดยศึกษาถึงประสิทธิภาพในการบำบัดมลสารของระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลได้ผิวในแนวคิดที่ใช้หญ้าอาหารสัตว์เป็นพืชในระบบ ซึ่งหญ้าอาหารสัตว์ดังกล่าวนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เมื่อทำการเก็บเกี่ยวออกจากระบบ ผลการศึกษานี้สามารถใช้เป็นทางเลือกหนึ่งในการลดผลกระทบจากปัญหามลพิษน้ำ พร้อมกับเป็นทางเลือกหนึ่งในการผลิตหญ้าอาหารสัตว์เมื่อมีข้อจำกัดด้านทรัพยากรน้ำ หรือต้องการลดการใช้ปุ๋ยในการผลิตหญ้าอาหารสัตว์ นอกจากนี้ ยังเป็นแนวทางในการใช้ทรัพยากรน้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด ภายใต้สถานการณ์ที่ปัญหาด้านทรัพยากรน้ำและปัญหามลพิษน้ำมีความรุนแรงเช่นในปัจจุบันนี้

วิธีดำเนินงาน

เตรียมระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลได้ผิวในแนวคิด จากถ่อกคอนกรีตทรงกระบอก (วงคอนกรีต) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 m สูง 1 m ระดับความลาดชันที่พื้นบ่อ 1 % บรรจุวัสดุปลูก ประเภทกรวดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ประมาณ 3-6 cm ลงแปลง สูง 15 cm จากก้นแปลง บรรจุทรายหยาบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.00-4.75 mm หนา 45 cm และบรรจุทรายขนาดกลาง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1-3 mm หนา 10 cm ตามลำดับ ซึ่งวัสดุปลูกเหล่านี้ จะใช้เป็นตัวกลาง (Media) และวัสดุรองของระบบ ติดตั้งท่อน้ำเสียเข้าสู่ระบบที่บริเวณผิวหน้าของตัวกลาง และติดตั้งท่อน้ำออกที่บริเวณก้นแปลง โดยท่อน้ำน้ำเสียจะกระจายน้ำเสียลงสู่ระบบ และน้ำเสียจะไหลผ่านชั้นตัวกลางและไหลเข้าสู่ท่รวมน้ำเสียที่บริเวณก้นแปลง ซึ่งจะรวมน้ำเสียออกจากระบบ

ปลูกหญ้าอาหารสัตว์ ได้แก่ หญ้าขน (*Brachiaria mutica*) หญ้าอะตราตัม (*Paspalum atratum*) และหญ้าแพงโกล่า (*Digitaria decumbens*) ซึ่งเป็นหญ้าที่เติบโตได้ในพื้นที่ลุ่มที่มีน้ำท่วมขังเป็นบางช่วงเวลา (กรมปศุสัตว์, 2539; กรมปศุสัตว์, 2545ก; กรมปศุสัตว์, 2545ข) ลงในหน่วยทดลอง ที่ระยะปลูก 50 x 50 cm โดยปลูกหน่วยทดลองละหนึ่งชนิด รดด้วยน้ำประปา จนกระทั่งหญ้าอาหารสัตว์ สามารถปรับตัวและเจริญเติบโตได้ จึงตัดให้มีความสูงเท่ากันที่ระดับ 25 cm เหนือวัสดุปลูก แล้วจึงระบายน้ำเสียชุมชนซึ่งรวบรวมจากอาคาร โรงอาหาร ลงสู่ระบบบำบัดอย่างต่อเนื่องด้วยอัตราการบรรทุกทางชลศาสตร์ (Hydraulic loading rate: HLR) 20 cm/day หรือ 100.6 l/day โดยในระหว่างการบำบัดของระบบ ได้ทำการเก็บเกี่ยวหญ้าอาหารสัตว์ออกจากระบบ 3 ครั้ง คือ เก็บเกี่ยวครั้งแรกภายหลังจากที่ระบบเริ่มบำบัดเป็นระยะเวลา 60 วัน เก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 ที่ระยะ 40 วัน หลังการเก็บเกี่ยวครั้งแรก และเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 ที่ระยะ 40 วัน หลังการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 ซึ่งเป็นระยะเวลาการเก็บเกี่ยวหญ้าอาหารสัตว์ของเกษตรกรโดยทั่วไป

เก็บตัวอย่างน้ำเสียที่ระบายลงสู่แปลง (Influent) และน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด (Effluent) จากทุกแปลง ทุกๆ สัปดาห์ ตลอดระยะเวลาดำเนินระบบ นำตัวอย่างน้ำที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำ ได้แก่ DO, pH, COD, TSS, TKN, NH₃N, NO_xN และ TP โดยใช้วิธีการเก็บตัวอย่าง การรักษาตัวอย่างและวิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างตามที่ได้

กำหนดไว้ใน Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA, WPCF, 1992) และทำการเก็บตัวอย่างพืช โดยเก็บตัวอย่างพืชก่อนเริ่มระบายน้ำเสียลงสู่ระบบ ซึ่งใช้เป็นตัวแทนของพืชก่อนการบำบัด และทำการเก็บตัวอย่างพืชทุกครั้งเมื่อมีการเก็บเกี่ยวพืชออกจากระบบ โดยมีค่าดัชนีที่ทำการวิเคราะห์ คือ อัตราการเติบโต สัมพัทธ์ อัตราการสะสมธาตุอาหาร และผลผลิตน้ำหนัสดและผลผลิตน้ำหนักแห้ง

ทำการวิเคราะห์ถึงประสิทธิภาพของระบบในการบำบัดมลสารในน้ำเสีย ความแตกต่างทางสถิติระหว่างประสิทธิภาพการบำบัดมลสารในน้ำเสียชุมชนและคุณภาพของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากระบบที่ปลูกหญ้าอาหารสัตว์ ต่างชนิดกัน ด้วยสถิติ One-Way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 วิเคราะห์อัตราการสะสมธาตุอาหาร อัตราการเติบโต สัมพัทธ์ และปริมาณผลผลิตของหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิดในแต่ละระยะเก็บเกี่ยว โดยวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติระหว่างชนิดของหญ้าอาหารสัตว์ และระหว่างระยะเก็บเกี่ยว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วย Nonparametric statistic

ผลการวิเคราะห์

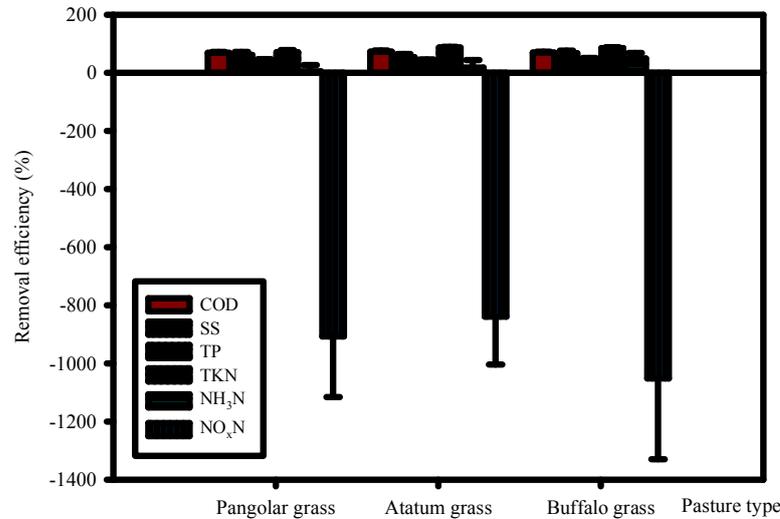
1. ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบ

น้ำเสียที่ทำการศึกษา เป็นน้ำเสียจากกิจกรรมการประกอบอาหารและกิจกรรมในชีวิตประจำวัน การตรวจวัดคุณสมบัติของน้ำ พบว่าน้ำเสียก่อนบำบัดมีค่า Temp, pH, DO, TSS, COD, NH₃N, NO₃N, TKN และ TP เท่ากับ 20.8-37.7 °C, 6.6-7.7, 0.34-3.16 mg/l, 2.0-114.0 mg/l, 89.4-427.5 mg/l, 1.30-21.10 mg/l, 0.04-1.01 mg/l, 9.80-27.44 mg/l และ 0.56-1.35 mg/l ตามลำดับ เนื่องจากน้ำเสียได้ถูกนำมาพักไว้ในถังรวบรวมน้ำก่อนการระบายลงสู่ระบบบำบัด โดยทำการควบคุมอัตราการไหลลงสู่ระบบด้วยสายยางขนาดเล็ก ทำให้ของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียมีโอกาสเกิดการตกตะกอนลงสู่ก้นถังรวบรวมน้ำเสีย จึงทำให้ค่าของของแข็งแขวนลอย รวมถึงค่า COD และค่าของธาตุอาหารอื่นๆ ในน้ำเสียที่ทำการบำบัด มีค่าต่ำกว่าค่าของมลสารดังกล่าวเหล่านี้ ที่พบในน้ำเสียสดที่ถูกระบายออกจากโรงอาหาร ค่าสารอินทรีย์ในรูปของ COD ค่า TSS ค่า TKN และ ค่า TP ที่พบในน้ำเสียที่ทำการบำบัด มีความเข้มข้นจัดอยู่ในเกณฑ์น้ำเสียชุมชนที่มีค่าความเข้มข้นระดับต่ำ (Metcalf and Eddy, 1991) อย่างไรก็ตาม การลดปริมาณการปนเปื้อนของมลสารที่มีในน้ำเสียก่อนการระบายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ไม่ว่าน้ำเสียนั้นจะมีค่าความเข้มข้นของมลสารที่ปนเปื้อนในระดับใดก็ตาม จะเป็นการช่วยลดผลกระทบต่อแหล่งน้ำและสิ่งแวดล้อมโดยรอบ

น้ำเสียหลังการบำบัด มีอุณหภูมิระหว่าง 20.10-32.00 °C มีค่า pH ระหว่าง 6.21-8.01 ซึ่งพบว่า ค่า pH ของน้ำเสียก่อนและหลังการบำบัด มีค่าไม่แตกต่างกัน น้ำเสียหลังการบำบัด มี ค่า DO สูงขึ้น โดย มีค่าเท่ากับ 3.57-7.24 mg/l ทั้งนี้ พบว่ามีค่าแตกต่างจากค่าเฉลี่ยของค่า DO ในน้ำเสียก่อนการบำบัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลได้ผลในแนวตั้งที่ทำการศึกษานี้มีประสิทธิภาพในการบำบัด COD, TSS, TKN, NH₃N, NO_xN และ TP เท่ากับ 36.59-92.50, -325.00-100.00, 19.40-97.62, -378.95-97.84, -3,421.00-60.00 และ -151.80-72.15 % ตามลำดับ (รูปที่ 1) โดยแปลงหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราดัม และหญ้าขน มีประสิทธิภาพในการลดค่า COD ในน้ำเสีย เท่ากับ 40.95-88.27, 36.59-92.50 และ 36.82-86.51 % ตามลำดับ ทั้งนี้ พบว่า แปลงหญ้าอะตราดัมสามารถบำบัด COD ได้ดีกว่า แปลงหญ้าขน และแปลงหญ้าแพงโกล่า ซึ่งมีประสิทธิภาพการบำบัด COD ใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพการบำบัด COD ของแปลงหญ้าแต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ดังแสดงในรูปที่ 1 น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์ มีค่า COD ระหว่าง 7.27-98.82 mg/l โดยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอะตราดัม มีค่า COD โดยเฉลี่ยต่ำกว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าขน และแปลง

หญ้าแพงโกล่า ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของ COD ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าแต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติ ($P \geq 0.05$)



รูปที่ 1 ประสิทธิภาพการบำบัดมลสาร ของระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลได้ผิวในแนวตั้ง

แปลงหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตัม และหญ้าขน มีประสิทธิภาพในการลดค่า TSS ในน้ำเสีย เท่ากับ -300.00-100.00, -325-100.00 และ -300.00-100.00 % ตามลำดับ โดยแปลงหญ้าขนมีประสิทธิภาพในการบำบัด TSS สูงกว่าแปลงหญ้าแพงโกล่า และแปลงหญ้าอะตราตัม ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพการบำบัด TSS ของแปลงหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์ มีค่า TSS ระหว่าง 0.00-22.00 mg/l โดยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าขน มีค่า TSS ปนเปื้อนโดยเฉลี่ยต่ำกว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าแพงโกล่า และแปลงหญ้าอะตราตัม ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของ TSS ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

แปลงหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตัม และหญ้าขน มีประสิทธิภาพในการลดค่าความเข้มข้นของ TP เท่ากับ 18.51-72.15, -151.80-66.17 และ 6.54-67.67 % ตามลำดับ โดยพบว่า แปลงหญ้าขนสามารถบำบัด TP ได้ดีกว่า แปลงหญ้าแพงโกล่า และแปลงหญ้าอะตราตัม ตามลำดับ ทั้งนี้ ประสิทธิภาพการบำบัด TP ของแปลงหญ้าแต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) แม้บางขณะค่า TP ในน้ำเสียหลังการบำบัดจะมีค่าสูงกว่าค่า TP ในน้ำเสียก่อนการบำบัด แต่จะพบว่าค่าเฉลี่ยของ TP ในน้ำเสียหลังการบำบัด มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ TP ในน้ำเสียก่อนการบำบัดและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์ มีค่า TP ระหว่าง 0.20-1.42 mg/l ทั้งนี้ น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าขน มีค่า TP ปนเปื้อนโดยเฉลี่ยต่ำกว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าแพงโกล่า และแปลงหญ้าอะตราตัม ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของ TP ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าแต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

แปลงหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตัม และหญ้าขน มีประสิทธิภาพในการลดค่า TKN ในน้ำเสียเท่ากับ 19.40-97.14, 55.67-97.62 และ 52.04-97.14 % ตามลำดับ มีประสิทธิภาพในการลดค่า NH₃N ในน้ำเสียเท่ากับ -300.00-96.40, -378.95-97.26 และ -310.53-97.84 % ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพในการลดค่าความเข้มข้นของ NO_xN ในน้ำเสีย

เท่ากับ -3,077.70(-60.20), -2,095.00(-98.60) และ -3,421.00-60.00 % ตามลำดับ ทั้งนี้ พบว่าแปลงหญ้าอะตราตัม สามารถบำบัด TKN ได้ดีกว่าแปลงหญ้าขน และแปลงหญ้าแพงโกล่า ตามลำดับ ส่วนแปลงหญ้าขน สามารถบำบัด NH_3N ได้ดีกว่า แปลงหญ้าอะตราตัม และแปลงหญ้าแพงโกล่า ตามลำดับ ขณะที่ แปลงหญ้าอะตราตัม สามารถบำบัด NO_xN ได้ดีกว่า แปลงหญ้าแพงโกล่า และแปลงหญ้าขน ตามลำดับ โดยประสิทธิภาพการบำบัด TKN, NH_3N และ NO_xN ของแปลงหญ้าแต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ดังแสดงในรูปที่ 1 ความเข้มข้นของ TKN, NH_3N และ NO_xN ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์ มีค่า ระหว่าง 0.28-15.68, 0.28-19.04 และ 0.06-3.40 mg/l โดยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอะตราตัม มีค่า TKN ปนเปื้อนโดยเฉลี่ยต่ำกว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าขน และแปลงหญ้าแพงโกล่า ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม พบว่าความเข้มข้นของ TKN ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดของแปลงหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าขนมีค่า NH_3N ปนเปื้อน โดยเฉลี่ยต่ำกว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอะตราตัม และแปลงหญ้าแพงโกล่า ตามลำดับ โดยความเข้มข้นเฉลี่ยของ NH_3N ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าขน มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ NH_3N ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าแพงโกล่า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ความเข้มข้นของ NO_xN ในน้ำเสียหลังการบำบัด มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของ NO_xN ในน้ำเสียก่อนการบำบัด โดยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์ มีค่า NO_xN ระหว่าง 0.06-3.40 mg/l ทั้งนี้ พบว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอะตราตัม มีค่า NO_xN ปนเปื้อนโดยเฉลี่ยต่ำกว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าแพงโกล่า และแปลงหญ้าขน ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของ NO_xN ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดของแปลงหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

2. อัตราการสะสมธาตุอาหาร

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ความเข้มข้นของไนโตรเจนในรากของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตัม และหญ้าขน มีค่า 2.677-6.500, 3.911-4.094 และ 3.933-5.328 g/kg ตามลำดับ ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา รากของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตัม และหญ้าขน มีอัตราการสะสมไนโตรเจน เท่ากับ 0.0032-0.0090, 0.0111-0.0172 และ 0.0081-0.0139 g/m²/d ตามลำดับ โดยรากของหญ้าอะตราตัม มีอัตราการสะสมไนโตรเจนเฉลี่ยสูงกว่ารากของหญ้าขน และรากของหญ้าแพงโกล่า ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม อัตราการสะสมไนโตรเจนในรากของหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

ในระยะที่ 1 ของการเก็บเกี่ยว เนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตัม และหญ้าขน มีค่าความเข้มข้นของไนโตรเจน เท่ากับ 6.542-8.140, 6.530-6.917 และ 5.185-6.750 g/kg ตามลำดับ และมีอัตราการสะสมไนโตรเจน เท่ากับ 0.0250-0.0353, 0.0386-0.0433 และ 0.0345-0.0460 g/m²/d ตามลำดับ (ตารางที่ 1) โดยที่ระยะเก็บเกี่ยวนี้ ลำต้นและใบของหญ้าขน มีอัตราการสะสมไนโตรเจนโดยเฉลี่ย สูงกว่าลำต้นและใบของหญ้าอะตราตัม และหญ้าแพงโกล่า ตามลำดับ และพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$)

ในระยะที่ 2 ของการเก็บเกี่ยว เนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตัม และหญ้าขน มีค่าความเข้มข้นของไนโตรเจน เท่ากับ 4.023-5.385, 5.400-6.783 และ 2.756-4.050 g/kg ตามลำดับ และมีอัตราการสะสมไนโตรเจน เท่ากับ 0.0187-0.0366, 0.0440-0.0587 และ 0.0180-0.0260 g/m²/d ตามลำดับ (ตารางที่ 1) โดยพบว่า ค่าความเข้มข้นและอัตราการสะสมไนโตรเจนมีค่าแตกต่างกัน ($P < 0.05$) ระหว่างชนิดพืช

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของธาตุอาหารและอัตราการสะสมธาตุอาหารในเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าอาหารสัตว์ในระบบบึงประดิษฐ์

Nutrient/ Grass type	Nitrogen			Phosphorus		
	Pangolar grass	Atatum grass	Buffalo grass	Pangolar grass	Atatum grass	Buffalo grass
Concentration (g/kg)						
1 st harvest ^{1/}	7.72±0.79 ^a	6.73±0.17 ^a	6.28±0.74 ^a	3.96±0.20 ^A	3.86±0.31 ^{Aa}	2.48±0.39 ^B
2 nd harvest ^{2/}	4.69±0.71 ^{ABb}	5.79±0.67 ^{Aa}	3.70±0.63 ^{Bb}	3.65±0.42	2.61±0.42 ^b	3.04±0.59
3 rd harvest ^{3/}	6.16±0.81 ^{Aab}	3.43±0.83 ^{Bb}	3.36±0.76 ^{Bb}	3.52±0.38 ^A	2.25±0.11 ^{Bb}	2.39±0.08 ^B
Accumulation rate (g/m ² /d)						
1 st harvest ^{1/}	0.0285±0.0048 ^B	0.0410±0.0023 ^A	0.0423±0.0053 ^{Aa}	0.0146±0.0021 ^{Bb}	0.0235±0.0012 ^A	0.0167±0.0024 ^B
2 nd harvest ^{2/}	0.0273±0.0075 ^B	0.0487±0.0068 ^A	0.0238±0.0039 ^{Bb}	0.0208±0.0026 ^a	0.0220±0.0042	0.0197±0.0042
3 rd harvest ^{3/}	0.0294±0.0052	0.0496±0.0207	0.0304±0.0082 ^b	0.0167±0.0003 ^{Bab}	0.0326±0.0108 ^A	0.0216±0.0022 ^B

Note: Mean values±SD are shown for species treatment.

Mean values within each row followed by the same letter (capital letter) are not significantly different for tested species at $P \geq 0.05$.

Mean values within each column followed by the same letter (small letter) are not significantly different for each parameter at $P \geq 0.05$.

Sample size (n) = 4

^{1/} Harvest at 60 day after operation startup

^{2/} Harvest at 40 day after first harvest

^{3/} Harvest at 40 day after second harvest

ในระยะที่ 3 ของการเก็บเกี่ยว เนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าแฝงโกล่า หญ้าอะตราดัม และหญ้าขน มีค่าความเข้มข้นของไนโตรเจน เท่ากับ 5.405-6.917, 2.654-4.158 และ 2.695-4.110 g/kg ตามลำดับ และมีอัตราการสะสมไนโตรเจน เท่ากับ 0.0232-0.0358, 0.0284-0.0776 และ 0.0218-0.0410 g/m²/d ตามลำดับ (ตารางที่ 1) โดยที่ระยะเก็บเกี่ยวนี้ ค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนมีค่าแตกต่างกัน ($P < 0.05$) ระหว่างชนิดพืช

นอกจาก อัตราการสะสมไนโตรเจนในเนื้อเยื่อของหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิดที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 และ 2 มีค่าแตกต่างกันแล้ว ($P < 0.05$) ยังพบว่า อัตราการสะสมไนโตรเจนของหญ้าขน ที่มีระยะเก็บเกี่ยวต่างกัน มีค่าแตกต่างกันด้วย ($P < 0.05$)

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในรากของหญ้าแฝงโกล่า หญ้าอะตราดัม และหญ้าขน มีค่าเท่ากับ 2.565-3.958, 1.202-3.221 และ 1.601-2.385 g/kg ตามลำดับ ทั้งนี้ พบว่าตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา รากของหญ้าแฝงโกล่า หญ้าอะตราดัม และหญ้าขน มีอัตราการสะสมธาตุอาหารฟอสฟอรัส เท่ากับ 0.0031-0.0055, 0.0034-0.0135 และ 0.0033-0.0062 g/m²/d ตามลำดับ โดยรากของหญ้าอะตราดัม มีอัตราการสะสมฟอสฟอรัสโดยเฉลี่ย สูงกว่ารากของหญ้าขน และหญ้าแฝงโกล่า ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

ในระยะที่ 1 ของการเก็บเกี่ยว เนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าแฝงโกล่า หญ้าอะตราดัม และหญ้าขน มีค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัส เท่ากับ 3.753-4.198, 3.611-4.273 และ 2.034-2.886 g/kg ตามลำดับ และมีอัตราการสะสมฟอสฟอรัส เท่ากับ 0.0126-0.0166, 0.0226-0.0253 และ 0.0139-0.0192 g/m²/d ตามลำดับ (ตารางที่ 1) ในระยะเก็บเกี่ยวนี้ พบว่าความเข้มข้นและอัตราการสะสมฟอสฟอรัส มีค่าแตกต่างกัน ($P < 0.05$) ระหว่างชนิดพืช

ในระยะที่ 2 ของการเก็บเกี่ยว เนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าแฝงโกล่า หญ้าอะตราดัม และหญ้าขน มีค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัส เท่ากับ 3.203-4.072, 2.255-3.212 และ 2.511-3.674 g/kg ตามลำดับ และมีอัตราการสะสมฟอสฟอรัส เท่ากับ 0.0183-0.0237, 0.0184-0.0278 และ 0.0159-0.0241 g/m²/d ตามลำดับ (ตารางที่ 1) โดยพบว่าความเข้มข้นและอัตราการสะสมฟอสฟอรัสของหญ้าแต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

ในระยะที่ 3 ของการเก็บเกี่ยว เนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าแฝงโกล่า หญ้าอะตราดัม และหญ้าขน มีค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัส เท่ากับ 3.134-3.886, 2.156-2.373 และ 2.308-2.507 g/kg ตามลำดับ และมีอัตราการสะสมฟอสฟอรัส เท่ากับ 0.0163-0.0171, 0.0222-0.0435 และ 0.0191-0.0238 g/m²/d ตามลำดับ (ตารางที่ 1) โดยพบว่าค่าความเข้มข้นและอัตราการสะสมฟอสฟอรัสของหญ้าแต่ละชนิด มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

นอกจากจะพบว่า อัตราการสะสมฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อของหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 และ 3 จะมีค่าแตกต่างกันแล้ว ($P < 0.05$) ยังพบว่า อัตราการสะสมฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อของหญ้าแฝงโกล่า ที่ได้จากระยะเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน มีค่าแตกต่างกันด้วย ($P < 0.05$)

3. อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (RGR) และปริมาณผลผลิต (Yield)

อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (RGR) ของหญ้าแฝงโกล่า หญ้าอะตราดัม และหญ้าขน ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา มีค่า 0.096-0.154, 0.106-0.178 และ 0.108-0.163 per day ตามลำดับ ซึ่งพบว่า ค่า RGR ของหญ้าแต่ละชนิดในระยะเก็บเกี่ยวเดียวกัน มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ขณะที่ ค่า RGR ของหญ้าชนิดเดียวกัน ที่มีระยะเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) เช่นเดียวกัน

การผลิตมวลชีวภาพในรูปผลผลิตน้ำหนักสดของหญ้าแฝงโกล่า หญ้าอะตราดัม และหญ้าขน ในระยะที่ 1 ของการเก็บเกี่ยว มีค่าเท่ากับ 1,350.8-1,831.8, 3,198.4-3,206.4 และ 2,131.8-2,330.2 kg/rai ตามลำดับ ในระยะที่ 2 ของการ

เก็บเกี่ยว มีค่าเท่ากับ 1,417.5-1,896.8, 2,544.4-2,765.1 และ 1,430.2-1,466.7 kg/rai ตามลำดับ และในระยะที่ 3 ของการเก็บเกี่ยว มีค่าเท่ากับ 554.3-661.0, 2,907.1-4,899.6 และ 1,065.5-1,436.9 kg/rai ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

การผลิตมวลชีวภาพในรูปผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตัม และหญ้าขน ในระยะที่ 1 ของการเก็บเกี่ยว มีค่าเท่ากับ 310.7-433.7, 591.1-626.6 และ 664.6-681.4 kg/rai ตามลำดับ ในระยะที่ 2 ของการเก็บเกี่ยว มีค่าเท่ากับ 310.1-467.7, 543.6-577.0 และ 423.4-436.4 kg/rai ตามลำดับ และในระยะที่ 3 ของการเก็บเกี่ยว มีค่าเท่ากับ 286.0-350.8, 686.1-1,244.8 และ 538.5-665.5 kg/rai ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ทั้งนี้ พบว่าหญ้าอะตราตัม มีปริมาณผลผลิตน้ำหนัสดและผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงกว่าหญ้าขน และหญ้าแพงโกล่า ตามลำดับ ในทุกระยะเก็บเกี่ยว ยกเว้นในการเก็บเกี่ยวครั้งแรก ซึ่งพบว่า หญ้าขนมีปริมาณผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงกว่าหญ้าอะตราตัมเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม การผลิตมวลชีวภาพทั้งในรูปผลผลิตน้ำหนัสดและผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิดในแต่ละระยะเก็บเกี่ยว มีปริมาณไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ในขณะที่ การผลิตมวลชีวภาพทั้งในรูปผลผลิตน้ำหนัสดและผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าชนิดเดียวกัน ที่ระยะเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกันนั้น พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติ ($P \geq 0.05$) เช่นเดียวกัน (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลผลิตมวลชีวภาพของหญ้าอาหารสัตว์

Parameters	Unit	Grass type		
		Pangola grass (<i>Digitaria decumbens</i>)	Atratum grass (<i>Paspalum atratum</i>)	Buffalo grass (<i>Brachiaria mutica</i>)
Fresh yield	kg/rai			
- 1 st harvest (60 day after operation startup)		1,591.3±340.1	3,202.4±5.6	2,231.0±140.3
- 2 nd harvest (40 day after 1 st harvest)		1,657.1±339.0	2,654.8±156.0	1,448.4±25.8
- 3 rd harvest (40 day after 2 nd harvest)		607.6±75.4	3,903.4±1,408.9	1,251.2±262.6
Dry yield	kg/rai			
- 1 st harvest (60 day after operation startup)		372.2±87.0	608.8±25.1	673.0±11.8
- 2 nd harvest (40 day after 1 st harvest)		388.9±111.5	560.3±23.6	429.9±9.2
- 3 rd harvest (40 day after 2 nd harvest)		318.4±45.8	965.5±395.1	602.0±89.8

Note: Mean values±SD are shown for species treatment

Sample size (n) = 2

สรุปและวิจารณ์

1. ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบ

น้ำเสียหลังการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณความเข้มข้นของมลสารปนเปื้อนลดลง โดยน้ำเสียหลังการบำบัด มีค่าอุณหภูมิเป็นไปตามสภาพธรรมชาติ และไม่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติของน้ำและสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ในแหล่งรองรับ ทั้งนี้ รวมถึงค่า pH ซึ่งพบว่ามีค่าระหว่าง 6.21-8.01 และอยู่ภายใต้เกณฑ์มาตรฐาน

น้ำทิ้งจากอาคาร ซึ่งกำหนดให้มีค่า 5-9 น้ำเสียหลังการบำบัด มีค่า DO สูงขึ้น และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเทียบกับ ค่า DO ในน้ำเสียก่อนการบำบัด ซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของปริมาณสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย ทั้งนี้ ปริมาณ DO ในน้ำเสียหลังการบำบัด บ่งชี้ถึงการลดลงของปริมาณความต้องการออกซิเจนในการย่อยสลายหรือเปลี่ยนรูปมลสารของ Aerobic microorganism ซึ่งหมายถึงการมีมลสาร โดยเฉพาะสารอินทรีย์ปนเปื้อนในน้ำเสียลดลงนั่นเอง นอกจากนี้ ยังแสดงถึงสภาพแวดล้อมของระบบบำบัดที่เอื้ออำนวยให้ Aerobic microorganism สามารถทำหน้าที่ในการบำบัดได้อย่างเต็มที่

น้ำเสียหลังการบำบัด มีค่า COD ลดลง ซึ่งเป็นผลจากการลดลงของสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย ซึ่งการลดลงนี้ เกิดขึ้นได้จากกระบวนการบำบัดหลายประการด้วยกัน ได้แก่ กระบวนการกรองที่เกิดขึ้นขณะน้ำเสียไหลผ่านชั้นกรองและรากพืช ซึ่งวัชศูกรองและรากพืชจะช่วยกรองและดูดซับสารแขวนลอยไว้ ซึ่งสารอินทรีย์ส่วนหนึ่งจะอยู่ในรูปของสารแขวนลอย ดังนั้นการกรองที่เกิดในระบบจึงช่วยลดทั้ง ค่า TSS ค่า COD และสารอินทรีย์แขวนลอยอื่นๆ ในน้ำเสียด้วย (Klomjek and Nitorisavut, 2005) นอกจาก การกรองแล้ว กระบวนการย่อยสลายหรือเปลี่ยนรูปโดยจุลินทรีย์ภายในระบบ เป็นกระบวนการหนึ่งซึ่งช่วยลดปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำ โดยการย่อยของจุลินทรีย์โดยเฉพาะกลุ่มที่ใช้ออกซิเจนในการทำงาน จะทำการเปลี่ยนสารอินทรีย์โดยได้ผลผลิตเป็นสารประกอบที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งสารประกอบเหล่านั้น ได้แก่ H_2O , CO_2 และอื่นๆ เช่น NH_3-N ซึ่งจะเปลี่ยนรูปไปเป็นไนโตรเจนรูปอื่นต่อไป เมื่ออยู่ในสภาพที่เหมาะสม

ประสิทธิภาพการบำบัด TSS ของระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลได้ผิวในแนวตั้ง ที่ทำการศึกษานี้ มีค่าอยู่ในช่วงกว้างระหว่าง -325.00 ถึง 100.00 % ซึ่งหมายถึง ในบางขณะจะพบค่า TSS ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด มีค่าสูงกว่าค่าของ TSS ในน้ำเสียก่อนการบำบัด ขณะที่บางขณะจะพบว่าระบบสามารถบำบัด TSS ที่ปนเปื้อนในน้ำเสียได้ทั้งหมด ทั้งนี้ เนื่องจากการไหลของน้ำเสียภายในระบบในแนวตั้งทำให้ TSS ในน้ำเสียถูกกรองไว้ด้วยรากของพืชและวัชศูกรองหลากหลายขนาดที่บรรจุไว้ในระบบ ในขณะที่ของแข็งที่ถูกกรองไว้บางส่วนอาจเกิดการหลุดล่อนออกจากระบบ ในขณะที่ขณะหนึ่งซึ่งเป็นการเพิ่มค่าของ TSS ให้กับน้ำเสีย และส่งผลทำให้ค่าประสิทธิภาพการบำบัดเป็นลบได้ โดยเฉพาะในช่วงที่ค่าของของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียก่อนการบำบัดมีค่าต่ำ อย่างไรก็ตาม จะพบว่า ค่าที่สูงที่สุดของ TSS ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์ทุกชนิดนั้น มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารและมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน ซึ่งกำหนดให้มีค่า TSS ไม่เกิน 30 mg/l (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2547) โดยค่า TSS ในน้ำเสียหลังการบำบัดมีค่าระหว่าง 0-22 mg/l ทั้งนี้ ค่าเฉลี่ยของ TSS ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด มีค่าระหว่าง 2.5-3.8 mg/l ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

ระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลได้ผิวในแนวตั้งที่ทำการศึกษานี้ มีประสิทธิภาพในการบำบัด TP ระหว่าง -151.80 ถึง 72.15 % โดยประสิทธิภาพในการลดค่าความเข้มข้นของ TP ในน้ำเสีย ของแปลงหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) แม้บางขณะ ค่าของ TP ในน้ำเสียหลังการบำบัดจะมีค่าสูงกว่าค่าของ TP ในน้ำเสียก่อนการบำบัด แต่จะพบว่าค่าความเข้มข้นของ TP ในน้ำเสียหลังการบำบัดมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่า ค่าเฉลี่ยของ TP ในน้ำเสียก่อนการบำบัด และมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์ มีค่าความเข้มข้นของ TP ระหว่าง 0.20-1.42 mg/l ซึ่งอยู่ภายใต้เกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน ที่กำหนดให้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน มีค่าของ TP ไม่เกิน 2 mg/l (กรมควบคุมมลพิษ, 2547) โดยจะพบว่า ความเข้มข้นของ TP ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าแต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ทั้งนี้ การตรวจพบประสิทธิภาพการบำบัด TP มีค่าติดลบนั้น เป็นผลเนื่องมาจากการบำบัด TP ในระบบบึงประดิษฐ์เป็นการบำบัดด้วยกระบวนการทางกายภาพ เคมี และชีวภาพที่ไม่เสถียรนัก โดย TP ที่ถูก

บำบัดสามารถคืนสภาพสู่น้ำเสียได้ โดยเฉพาะเมื่อมีการใช้ระบบบำบัดเป็นระยะเวลายาวนาน หรือมีการจัดการพืชในระบบอย่างไม่เหมาะสม (U.S. EPA, 2000; Kadlec and Knight, 1996)

ระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง มีประสิทธิภาพการบำบัด TKN, $\text{NH}_3\text{-N}$ และ $\text{NO}_x\text{-N}$ ระหว่าง 19.40-97.62, -378.95-97.84 และ -3,421.00-60.00 % ตามลำดับ โดยประสิทธิภาพการบำบัด TKN, $\text{NH}_3\text{-N}$ และ $\text{NO}_x\text{-N}$ ของแปลงหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ความเข้มข้นของ TKN ในน้ำเสียหลังการบำบัดมีค่าลดลงและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเทียบกับค่า TKN ในน้ำเสียก่อนการบำบัด โดยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์ มีค่า TKN ระหว่าง 0.28-15.68 mg/l ซึ่งไม่เกินค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน ที่กำหนดให้มีค่าไม่เกิน 20 mg/l และไม่เกินค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด สำหรับอาคารประเภท ก ที่กำหนดให้มีค่าไม่เกิน 30 mg/l (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2547) โดยความเข้มข้นของ TKN ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) เช่นเดียวกัน

ค่าความเข้มข้นของ $\text{NH}_3\text{-N}$ ในน้ำเสียหลังการบำบัดมีค่าลดลงและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเทียบกับค่าของ $\text{NH}_3\text{-N}$ ในน้ำเสียก่อนการบำบัด โดยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์ มีค่า $\text{NH}_3\text{-N}$ ระหว่าง 0.28-19.04 mg/l เมื่อเปรียบเทียบกับค่าของ TKN และ $\text{NH}_3\text{-N}$ ในน้ำเสียหลังการบำบัด จะพบว่า ค่าของ TKN ที่ตรวจพบโดยส่วนใหญ่เป็นค่าของ $\text{NH}_3\text{-N}$ ทั้งนี้ น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าชนิด $\text{NH}_3\text{-N}$ ต่ำกว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอะคราดีม และแปลงหญ้าแพงโกล่า ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยของ $\text{NH}_3\text{-N}$ ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าชนิด $\text{NH}_3\text{-N}$ มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ $\text{NH}_3\text{-N}$ ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าแพงโกล่า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ความเข้มข้นของ $\text{NO}_x\text{-N}$ ในน้ำเสียหลังการบำบัด มีค่าโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเทียบกับค่าของ $\text{NO}_x\text{-N}$ ในน้ำเสียก่อนการบำบัด ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัด $\text{NO}_x\text{-N}$ ของระบบมีค่าติดลบ โดยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์ มีค่า $\text{NO}_x\text{-N}$ ระหว่าง 0.06-3.40 mg/l โดยความเข้มข้นของ $\text{NO}_x\text{-N}$ ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

การบำบัดไนโตรเจนในระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ เป็นกระบวนการบำบัดทั้งทางด้านกายภาพ เช่น กระบวนการกรองและตกตะกอนของสารอินทรีย์แขวนลอย ซึ่งมีอินทรีย์ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ การระเหยของแอมโมเนียและก๊าซไนโตรเจน และกระบวนการทางชีวภาพโดยการดูดซึมไปใช้โดยพืช และการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนโดยจุลินทรีย์ทั้งประเภทที่ใช่และไม่ใช่ออกซิเจน (Vymaza, 2007; Koottatep and Polprasert, 1997) ทั้งนี้ ขึ้นกับสภาวะแวดล้อมของระบบ โดยไนโตรเจนที่ปนเปื้อนในน้ำเสียนั้น จะถูกเปลี่ยนรูปไปตามลำดับของการย่อยสลายหรือการเปลี่ยนรูปโดยการทำหน้าที่ของจุลินทรีย์ ซึ่งมีลำดับการเปลี่ยนรูปจากอินทรีย์ไนโตรเจนไปเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจน หรือมีลำดับการเปลี่ยนรูปจากค่าดัชนีที่ทำการตรวจวัดในการศึกษาครั้งนี้ คือ จากค่า TKN ไปเป็น $\text{NH}_3\text{-N}$ และ $\text{NO}_x\text{-N}$ ตามลำดับ ดังนั้น จากผลการศึกษาจึงพบว่า ค่าของ TKN ในน้ำเสียหลังการบำบัดมีค่าลดลง ซึ่งเป็นผลจากการลดลงของทั้งอินทรีย์ไนโตรเจน (Organic nitrogen: ON) และ $\text{NH}_3\text{-N}$ ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัด TKN ของระบบโดยมีค่าเป็นบวก เช่นเดียวกับประสิทธิภาพในการบำบัด $\text{NH}_3\text{-N}$ ของระบบ ซึ่งพบว่ามีค่าโดยเฉลี่ยเป็นบวก และค่าของ $\text{NH}_3\text{-N}$ ในน้ำเสียหลังการบำบัดโดยเฉลี่ยมีค่าลดลง แม้ระบบจะได้รับ $\text{NH}_3\text{-N}$ เพิ่มเติมจากการเปลี่ยนรูปของ ON ไปเป็น $\text{NH}_3\text{-N}$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบมีประสิทธิภาพสูงในการบำบัด $\text{NH}_3\text{-N}$ ทั้ง $\text{NH}_3\text{-N}$ ที่มีอยู่เดิมในน้ำเสียก่อนบำบัด และ $\text{NH}_3\text{-N}$ ที่เปลี่ยนรูปมาจากกระบวนการย่อยสลาย ON ในน้ำเสีย ขณะที่ ประสิทธิภาพการบำบัด $\text{NO}_x\text{-N}$ ของแปลงหญ้าอาหารสัตว์ทุกชนิดมีค่าเป็นลบ และพบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ $\text{NO}_x\text{-N}$ ในน้ำเสียหลังการบำบัดมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ซึ่ง

ไม่ได้หมายถึงระบบบึงประดิษฐ์ไม่มีกระบวนการบำบัด NO_xN ในน้ำเสีย แต่เป็นผลเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงรูปของ NH_3N ไปเป็น NO_xN ในปริมาณที่สูงกว่านั่นเอง ทั้งนี้ ปริมาณของ NO_xN เป็นผลรวมของ NO_3N และ NO_2N ซึ่งเป็นรูปที่ไม่เสถียรและมีการเปลี่ยนแปลงรูปผันกลับไปมาระหว่าง NO_3N และ NO_2N อยู่ตลอดเวลา สำหรับกระบวนการในการบำบัด NO_xN ของระบบบึงประดิษฐ์ คือการนำไปใช้โดยพืช และการเปลี่ยนแปลงรูปไปเป็นไนโตรเจนแก๊ส ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงรูปโดยการทำงานของ Anaerobic microorganism ซึ่งจากผลการศึกษา คาดว่า Anaerobic microorganism ทำงานได้ไม่ดีนัก เนื่องจากพบว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดมีค่า DO ค่อนข้างสูง

โดยสรุปจะพบว่าระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลได้ผลในแนวตั้ง ที่ปลูกหญ้าอาหารสัตว์ที่แตกต่างกัน 3 ชนิด คือ หญ้าขน (*Brachiaria mutica*) หญ้าอะตราดัม (*Paspalum atratum*) และหญ้าแพงโกล่า (*Digitaria decumbens*) มีประสิทธิภาพในการลดมลสารในน้ำเสียซึ่งเป็นน้ำทิ้งจากอาคารโภชนาการ โดยคุณสมบัติโดยทั่วไปของน้ำเสีย ภายหลังจากการบำบัด ยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้ พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัด COD, TSS, TKN, NH_3N , NO_xN และ TP ในน้ำเสีย ของแปลงหญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) และน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด มีค่า TSS, TKN และ TP อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งที่เกี่ยวข้อง ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่าระบบบึงประดิษฐ์ที่ทำการศึกษานี้ สามารถใช้ในการบำบัดมลสารที่ปนเปื้อนในน้ำเสียชุมชนได้ โดยประสิทธิภาพในการบำบัดมลสารของแปลงหญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิด ไม่แตกต่างกัน ($P \geq 0.05$) จึงสามารถเลือกใช้ได้ โดยการพิจารณาปัจจัยความเหมาะสมอื่นๆ ประกอบ เช่น ความยากง่ายในการจัดหา ท่อนพันธุ์ ความต้องการหญ้าอาหารสัตว์ไปใช้ประโยชน์ ปริมาณและคุณภาพของหญ้าอาหารสัตว์ที่เก็บเกี่ยวได้จาก ระบบ เหล่านี้เป็นต้น

2. อัตราการสะสมธาตุอาหาร

ความเข้มข้นของธาตุอาหารในเนื้อเยื่อ และอัตราการสะสมธาตุอาหารในเนื้อเยื่อของหญ้าอาหารสัตว์ที่พบนั้น บ่งชี้ได้ถึงการทำหน้าที่ของพืชภายในระบบในการลดปริมาณธาตุอาหารที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสีย เนื่องจากการดำเนินระบบนั้น ไม่มีการเพิ่มเติมปุ๋ยลงในระบบแต่อย่างใด นอกจากนี้ จะพบว่าวัชกรองที่ใช้ในระบบเป็นกวาด และทราย ที่มีธาตุอาหารอยู่ต่ำ ดังนั้น ปริมาณธาตุอาหารที่พบในพืชและทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนได้ คือธาตุอาหารที่มากับน้ำเสีย โดยอยู่ในเงื่อนไขที่มลสารอื่นที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย คุณสมบัติอื่นๆ ของน้ำเสีย และการดำเนินระบบบำบัด เป็นไปในลักษณะที่หญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิดนี้ สามารถดำรงชีวิตและสามารถดูดซึมธาตุอาหารในน้ำเสียไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาลงถึงประสิทธิภาพของระบบที่พบว่าแปลงหญ้าแต่ละชนิดมีความสามารถในการลดปริมาณธาตุอาหารที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย ทั้งนี้ จะพบว่าระยะของการเก็บเกี่ยวมีผลต่อค่าความเข้มข้นของธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืชอยู่บ้าง โดยเฉพาะค่าของไนโตรเจน ซึ่งมีค่าสูงในการเก็บเกี่ยวครั้งแรกซึ่งพืชมีระยะเวลาในการเจริญเติบโตก่อนทำการเก็บเกี่ยวยาวนานกว่าระยะอื่นๆ ของการเก็บเกี่ยว ขณะที่ ชนิดของหญ้าส่งผลต่ออัตราการสะสมธาตุอาหารต่อพื้นที่ต่อช่วงเวลา โดยหญ้าอะตราดัมมีอัตราการสะสมทั้งไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงกว่าหญ้าชนิดอื่น

3. อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (RGR) และปริมาณผลผลิต (Yield)

อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (Relative growth rate: RGR) ของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราดัม และหญ้าขน ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวแต่ละครั้ง มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม พบว่า ค่า RGR ของหญ้าชนิดเดียวกัน ในแต่ละระยะเก็บ

เกี่ยว มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ขณะที่ ในระยะเก็บเกี่ยวเดียวกันนั้น หญ้าอะตราดัมจะมีค่า RGR สูงกว่า แต่มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชนิดหญ้า ($P \geq 0.05$) เช่นเดียวกัน

ค่า RGR ที่ตรวจพบ สามารถบ่งชี้ถึงความเป็นไปได้ของหญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิด ในการดำรงอยู่ เจริญเติบโต และเพิ่มผลผลิตได้ในระบบบึงประดิษฐ์ที่ทำการศึกษานี้ ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการใช้หญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิดนี้ ในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิวดิน ซึ่งพบว่าหญ้าสามารถเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตได้เช่นกัน (พันธุพิชญ์, 2551) ทั้งนี้ เนื่องจากหญ้าอาหารสัตว์ในระบบบึงประดิษฐ์ที่ทำการศึกษานี้ ได้รับปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโต คือแสงตามสภาพธรรมชาติ และได้รับธาตุอาหารจากน้ำเสีย โดยน้ำเสียชุมชนที่ระบายลงสู่ระบบบึงนั้น มีคุณสมบัติทั่วไปอยู่ในเกณฑ์ที่หญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิด สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ประกอบกับวิธีการในการดำเนินการบำบัดของระบบที่ไม่ทำให้รากของหญ้าถูกน้ำท่วมขังอยู่ตลอดเวลา จึงทำให้หญ้าสามารถดำรงชีวิตและเจริญเติบโตได้

จากการศึกษาอัตราการผลิตมวลชีวภาพทั้งในรูปของผลผลิตน้ำหนักสดและผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราดัม และหญ้าขน พบว่าหญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิด สามารถเพิ่มผลผลิตมวลชีวภาพได้หลังจากการเก็บเกี่ยวแต่ละครั้ง โดยส่วนใหญ่แล้ว หญ้าอะตราดัมจะสร้างผลผลิตมวลชีวภาพได้สูงกว่าหญ้าชนิดอื่น ซึ่งความสามารถในการดำรงอยู่ และเจริญเติบโตเพิ่มปริมาณผลผลิตได้ของหญ้าอาหารสัตว์เหล่านี้ ภายใต้ปัจจัยแวดล้อมที่กำหนด สามารถบ่งชี้ได้ด้วย ค่า RGR และปริมาณผลผลิต (yield) ที่ได้ ซึ่งพบว่ามีค่าเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

มวลชีวภาพในรูปผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราดัม และหญ้าขน ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวทั้ง 3 ครั้ง (ในระยะเวลา 140 วัน หรือ 4.5 เดือน) มีค่าเฉลี่ย 1,079.52, 2,134.60 และ 1,704.88 kg/rai ซึ่งพบว่าผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าอะตราดัมที่ผลิตได้ในระยะเวลา 4.5 เดือนนี้ มีค่าใกล้เคียงกับผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าอะตราดัมต่อปี ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.5-3.5 ton/rai/yr (กรมปศุสัตว์, 2553) สำหรับหญ้าแพงโกลานั้น คาดว่าหากมีการดำเนินการระบบบำบัดอย่างต่อเนื่องและทำการเก็บเกี่ยวหญ้าจนครบรอบปี จะมีปริมาณผลผลิตน้ำหนักแห้ง โดยประมาณเท่ากับ 3.0 ton/rai/yr ซึ่งต่ำกว่าปริมาณการผลิตหญ้าแพงโกล่าโดยทั่วไป ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.0-7.0 ton/rai/yr (กรมปศุสัตว์, 2553) ส่วนหญ้าขนนั้น คาดว่าหากมีการดำเนินการระบบอย่างต่อเนื่องและทำการเก็บเกี่ยวหญ้าจนครบรอบปี จะมีปริมาณผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าขน โดยประมาณเท่ากับ 4.5 ton/rai/yr ซึ่งสูงกว่าผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าขนที่ปลูกในพื้นที่ดินเหนียวที่ไม่มีการให้น้ำ ซึ่งหญ้าขนจะให้ผลผลิตเท่ากับ 3.1 ton/rai/yr และสูงกว่าผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าขนที่ผลิตโดยเกษตรกรทั่วไป ซึ่งหญ้าขนจะให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง เท่ากับ 1.4-3.7 ton/rai/yr (กรมปศุสัตว์, 2539) จากการศึกษาจะพบว่า แม้หญ้าอาหารสัตว์บางชนิดจะให้ผลผลิตต่ำกว่าปริมาณการผลิตหญ้าอาหารสัตว์ด้วยวิธีการของเกษตรกรโดยทั่วไป แต่ผลผลิตที่ได้นี้มาจากกระบวนการผลิตที่สามารถให้ประโยชน์ในรูปของการบำบัดน้ำเสีย โดยไม่ได้มีการให้ธาตุอาหารเพิ่มเติมกับหญ้าแต่อย่างใด ในขณะที่ หญ้าอาหารสัตว์บางชนิดให้ผลผลิตสูงกว่าการผลิตด้วยวิธีของเกษตรกรทั่วไป ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากหญ้าอาหารสัตว์ได้รับน้ำ และธาตุอาหารจากน้ำเสีย ได้รับแสงแดดจากสภาพพื้นที่ที่เปิดโล่ง จึงอยู่ในสภาพที่หญ้าอาหารสัตว์ พร้อมใช้ธาตุอาหารเหล่านั้นในการเจริญเติบโต

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ศึกษา ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้การสนับสนุนด้านงบประมาณ และพื้นที่ศึกษาวิจัย และขอขอบคุณ ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่เอื้อเพื่อให้การสนับสนุนห้องปฏิบัติการ และอำนวยความสะดวกอื่นๆ อันทำให้การศึกษานี้ สามารถดำเนินการจนสำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กรมปศุสัตว์. (2539). **หญ้าขน**. รายงานผลงานวิชาการ กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ: กรมปศุสัตว์.
- กรมปศุสัตว์. (2545ก). **หญ้าอะตราตี้ม**. เอกสารคำแนะนำ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- กรมปศุสัตว์. (2545ข). **หญ้าแพงโกล่า**. เอกสารคำแนะนำ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- กรมปศุสัตว์. (2553). **พืชอาหารสัตว์พันธุ์ดี**. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2547). **พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ และกฎกระทรวง ประกาศกฎกระทรวง ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ เล่มที่ ๑ (พ.ศ. ๒๕๓๕ - พ.ศ. ๒๕๔๑)**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ดอกเบญจ.
- APHA, AWWA, WPCF. (1992). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 18th edition. American Public Health Association Inc., Washington D.C, USA.
- Kadlec, R.H. and Knight, R.L. (1996). **Treatment Wetlands**. Florida: Lewis Publishers.
- Klomjek, P and Nitorisavut, S. (2005). Constructed treatment wetland: a study of eight plant species under saline conditions. **Chemosphere**, 58(5), 585-593.
- Koottatep, T and Polprasert, C. (1997). Role of plant uptake on nitrogen removal in constructed wetlands located in the tropics. **Water Science and Technology**, 36(12), pp. 1-8.
- Metcalf & Eddy, Inc. (1991) **Wastewater engineering treatment, disposal reuse**. New York : McGrew-Hill, International Editions.
- U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency). (2000). **Constructed Wetland Treatment of Municipal Wastewaters**. Cincinnati, Ohio.
- Vymazal, J. (2007). Removal of nutrients in various types of constructed wetlands. **Science of The Total Environment**, 380(1-3), 48-65.