



ประสิทธิภาพของหญ้าอาหารสัตว์ในการบำบัดน้ำเสียชุมชน  
ด้วยระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวตั้ง

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

พันธ์ทิพย์ กล่อมเจ็ก<sup>1</sup>

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้หญ้าอาหารสัตว์ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวตั้ง โดยศึกษาถึงประสิทธิภาพในการลดมลสารของหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด ได้แก่ หญ้าแพงโกล่า (*Digitaria decumbens*) หญ้าอะตราตัม (*Paspalum atratum*) และหญ้ายาน (*Brachiaria mutica*) ที่ปลูกในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวตั้ง รวมถึงศึกษาการเจริญเติบโต อัตราการสะสมธาตุอาหาร และผลผลิตหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิดในแต่ละระยะเก็บเกี่ยว โดยพบว่าระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนที่ทำการศึกษา ซึ่งมีอัตราการบรรทุกทางชลศาสตร์ เท่ากับ 20 cm/day หรือ 100.6 l/day มีศักยภาพในการบำบัดน้ำเสียชุมชน โดยมีประสิทธิภาพในการลด COD, TSS, TKN, NH<sub>3</sub>-N, NO<sub>x</sub>-N และ TP เฉลี่ยเท่ากับ 70.42, 32.31, 80.48, 24.54, -932.48 และ 41.66% ตามลำดับ แม้แปลงหญ้าอะตราตัม จะมีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการลด COD, TKN และ NO<sub>x</sub>-N และแปลงหญ้ายาน จะมีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการลด TSS, TP และ NH<sub>3</sub>-N แต่ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าประสิทธิภาพของหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิดในการลดมลสารแต่ละประเภท มีค่าไม่แตกต่างกัน ( $P \geq 0.05$ ) อัตราการสะสมธาตุอาหารในรากของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตัม และหญ้ายาน มีค่าเฉลี่ย 0.0061, 0.0142 และ 0.0110 g N/m<sup>2</sup>/d และ 0.0041, 0.0095 และ 0.0048 g P/m<sup>2</sup>/d ตามลำดับ โดยอัตราการสะสมธาตุอาหารในรากของหญ้าแต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P \geq 0.05$ ) เนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของ หญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตัม และหญ้ายานในแต่ละระยะเก็บเกี่ยว มีอัตราการสะสมธาตุอาหารเฉลี่ย 0.0273-0.0285, 0.0410-0.0496 และ 0.0238-0.0423 g N/m<sup>2</sup>/d และ 0.0146-0.0208, 0.0220-0.0326 และ 0.0167-0.0216 g P/m<sup>2</sup>/d ตามลำดับ โดยเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 และ 2 มีอัตราการสะสมไนโตรเจนแตกต่างกันระหว่างชนิดพืช ขณะที่เนื้อเยื่อส่วนเหนือดินที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1

<sup>1</sup>ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

และ 3 มีอัตราการสะสมฟอสฟอรัสแตกต่างกันระหว่างชนิดพืช และพบว่าอัตราการสะสมไนโตรเจนของหญ้าขน และอัตราการสะสมฟอสฟอรัสของหญ้าแพงโกล่า มีค่าแตกต่างกันระหว่างระยะเก็บเกี่ยว ( $P < 0.05$ ) อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (RGR) ของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตัม และหญ้าขนในแต่ละระยะเก็บเกี่ยว มีค่าเฉลี่ย 0.098-0.149, 0.107-0.171 และ 0.109-0.160 per day ตามลำดับ ไม่พบความแตกต่างของ ค่า RGR ระหว่างชนิดพืช และระหว่างระยะเก็บเกี่ยว ( $P \geq 0.05$ ) ค่าเฉลี่ยผลผลิตแห้งของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตัม และหญ้าขน ในระยะที่ 1 ของการเก็บเกี่ยวมีค่า 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 ซึ่งไม่แตกต่างกันระหว่างชนิดพืชและระหว่างระยะเก็บเกี่ยว ( $P \geq 0.05$ )

### 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 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 had potential for domestic wastewater treatment. Average efficiencies of the VSF CW for removal of COD, TSS, TKN,  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_x\text{-N}$  and TP were 70.42, 32.31, 80.48, 24.54, 932.48 and 41.66 %, respectively. Atratum grass showed the highest efficiency for COD, TKN and  $\text{NO}_x\text{-N}$  removal and Buffalo grass showed the highest efficiency for TSS, TP and  $\text{NH}_3\text{-N}$  removal. However, statistical analysis showed that efficiency of each grass species for removal of all types of the pollutants was not significantly different at  $P \geq 0.05$ . Average nutrient accumulation rate of root of Pangolar grass, Atratum grass and Buffalo grass was 0.0061, 0.0142 and 0.0110 g  $\text{N}/\text{m}^2/\text{d}$  and 0.0041, 0.0095 and 0.0048 g  $\text{P}/\text{m}^2/\text{d}$ , 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 at each harvest period was 0.0273-0.0285, 0.0410-0.0496 and 0.0238-0.0423 g  $\text{N}/\text{m}^2/\text{d}$ , and 0.0146-0.0208, 0.0220-0.0326 and 0.0167-0.0216 g  $\text{P}/\text{m}^2/\text{d}$ , respectively. There were significant differences between studied species at 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> harvest for nitrogen accumulation rate, and 1<sup>st</sup> and 3<sup>rd</sup> harvest for phosphorus accumulation rate ( $P < 0.05$ ). Moreover, there were significant differences between harvest period for nitrogen accumulation rate of Buffalo grass and phosphorus accumulation rate of Pangolar grass ( $P < 0.05$ ). Average relative growth rate (RGR) of Pangolar grass, Atratum grass and Buffalo grass at each harvest

period was 0.098-0.149, 0.107-0.171 and 0.109-0.160 per day, respectively. There were not significant differences between RGR of each studied species and RGR of each harvest period. Average dry yield of Pangolar grass, Atratum grass and Buffalo grass at 1<sup>st</sup> harvest was 372.2, 608.8 and 673.0 kg/rai, respectively. The average dry yield of those at 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> harvest was 388.9, 560.3 and 429.9 kg/rai, and 318.4, 965.5 and 602.0 kg/rai, respectively. It was found that average dry yield was not significantly different ( $P \geq 0.05$ ) between studied species and also harvest period.

**คำสำคัญ:** บึงประดิษฐ์ การบำบัดน้ำเสียชุมชน หลุมอาหารสัตว์ ธาตุอาหาร ผลผลิต

**Keywords:** Constructed wetland, Domestic wastewater treatment, Forage crops, Nutrient, Yield

## บทนำ

มลพิษน้ำเป็นปัญหาสำคัญที่ก่อให้เกิดผลกระทบในหลายทิศทาง ทั้งผลกระทบต่อระบบนิเวศ โดยเฉพาะระบบนิเวศน้ำ ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของผู้ใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำ และผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจจากการสูญเสียค่าใช้จ่ายในการจัดหาหรือปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อให้มีคุณภาพดีสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ การป้องกันการเกิดปัญหาถือเป็นแนวทางที่ดีที่สุดในการจัดการปัญหามลพิษ ซึ่งปัญหามลพิษน้ำนี้ มีสาเหตุหลักจากการระบายน้ำเสียที่มีมลสารปนเปื้อนลงสู่แหล่งรองรับตามธรรมชาติ ทั้งนี้กิจกรรมในชีวิตประจำวันที่เกิดน้ำเสียชุมชนจัดเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษน้ำที่สำคัญประการหนึ่ง เนื่องจากน้ำเสียชุมชนเป็นน้ำเสียที่มีการผลิตเป็นประจำอย่างต่อเนื่อง

การลดมลสาร อันได้แก่ สารอินทรีย์ ของแข็งแขวนลอย และธาตุอาหารในน้ำเสียชุมชน หรือการบำบัดน้ำเสียชุมชน เป็นวิธีการหนึ่งในการป้องกันและลดปัญหาจากน้ำเสียชุมชน ซึ่งการลดมลสารในน้ำเสียนั้นมีหลายวิธีการด้วยกัน การบำบัดด้วยระบบบึงประดิษฐ์เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถลดมลสารในน้ำเสียชุมชนได้จริง และมีความเหมาะสมในการนำไปใช้

เนื่องจากบึงประดิษฐ์เป็นระบบบำบัดที่มีราคาในการก่อสร้างและดำเนินการต่ำ ดูแลรักษาง่าย และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การนำระบบบึงประดิษฐ์มาใช้ในการบำบัดน้ำเสีย จึงมีความเป็นไปได้สูง ทั้งนี้ พืชที่ปลูกในระบบบึงประดิษฐ์เป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งของกระบวนการบำบัดที่เกิดขึ้นภายในระบบ ซึ่งการคัดเลือกชนิดพืชที่นำมาใช้ในระบบนั้น นอกจากจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดของระบบแล้ว ยังส่งผลต่อการจัดการพืชในระบบเพื่อรักษาประสิทธิภาพของระบบ รวมถึงการนำพืชนั้นไปกำจัดหรือนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไปอีกด้วย

การศึกษานี้เป็นการนำเสนอแนวทางในการบำบัดน้ำเสียชุมชนซึ่งไม่มีการปนเปื้อนของมลสารที่มีความเป็นพิษรุนแรงด้วยระบบบึงประดิษฐ์ โดยศึกษาถึงประสิทธิภาพในการลดมลสารของระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลได้ผิวในแนวตั้งที่ใช้หญ้าอาหารสัตว์เป็นพืชในระบบ ซึ่งหญ้าอาหารสัตว์ดังกล่าวนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เมื่อทำการเก็บเกี่ยวออกจากระบบ ผลการศึกษาสามารถใช้เป็นทางเลือกหนึ่งในการลดผลกระทบจากปัญหามลพิษน้ำ พร้อมกับเป็นทางเลือกหนึ่งในการผลิตหญ้าอาหารสัตว์ เมื่อมีข้อจำกัดด้านทรัพยากรน้ำ หรือเมื่อต้องการลดการใช้ปุ๋ยในการผลิตหญ้าอาหารสัตว์ นอกจากนั้น ยังเป็น

แนวทางในการใช้ทรัพยากรน้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด ภายใต้สถานการณ์ที่ปัญหาด้านทรัพยากรน้ำและปัญหามลพิษน้ำมีความรุนแรงเช่นในปัจจุบันนี้

### วิธีดำเนินงาน

เตรียมระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลได้ผิวในแนวตั้ง จากบล็อกคอนกรีตทรงกระบอก (วงคอนกรีต) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 เมตร สูง 1 เมตร บรรจุวัสดุปลูก ประเภทกรวดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3-6 เซนติเมตร ลงสู่ก้นแปลง สูง 15 เซนติเมตร จากนั้น บรรจุทรายหยาบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.00-4.75 มิลลิเมตรหนา 45 เซนติเมตร และทรายขนาดกลาง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1-3 มิลลิเมตรหนา 10 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งวัสดุปลูกเหล่านี้ จะถูกใช้เป็นตัวกลาง (media) รวมถึงเป็นวัสดุกรองของระบบ ติดตั้งท่อนำน้ำเสียเข้าสู่ระบบที่บริเวณผิวหน้าของตัวกลาง และติดตั้งท่อรับน้ำออกที่บริเวณก้นแปลง โดยท่อนำน้ำเสียจะกระจายน้ำเสียลงสู่ระบบ น้ำเสียจะไหลผ่านชั้นตัวกลางเข้าสู่ท่อรับน้ำ ซึ่งจะรวบรวมน้ำออกนอกระบบ

ปลูกหญ้าอาหารสัตว์ ได้แก่ หญ้าขน (*Brachiaria mutica*) หญ้าอะตราตัม (*Paspalum atratum*) และ หญ้าแพงโกล่า (*Digitaria decumbens*) ซึ่งเป็นหญ้าที่เติบโตได้ในพื้นที่ลุ่มที่มีน้ำท่วมขังเป็นบางช่วงเวลา (กรมปศุสัตว์, 2539; กรมปศุสัตว์, 2545ก; กรมปศุสัตว์, 2545ข) หน่วยทดลองละหนึ่งชนิด จำนวน 10 plants/m<sup>2</sup> รดด้วยน้ำประปาจนกระทั่งหญ้าอาหารสัตว์สามารถปรับตัวและเจริญเติบโตได้ จึงระบายน้ำเสียซึ่งรวบรวมจากอาคารโรงอาหารลงสู่ระบบบำบัดอย่างต่อเนื่อง (continuous flow) ด้วยปั๊มขนาดเล็กที่อัตราการระบายทุกทางชลศาสตร์ (hydraulic loading rate: HLR) 20 cm/day หรือ 100.6 V/day ในระหว่างการบำบัดของระบบ ได้

ทำการเก็บเกี่ยวหญ้าอาหารสัตว์ออกจากระบบ 3 ครั้ง คือ เก็บเกี่ยวครั้งแรกหลังจากระบบเริ่มทำการบำบัดเป็นระยะเวลา 60 วัน เก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 ที่ระยะ 40 วัน หลังการเก็บเกี่ยวครั้งแรก และเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 ที่ระยะ 40 วัน หลังการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 ซึ่งเป็นระยะเวลาการเก็บเกี่ยวหญ้าอาหารสัตว์ของเกษตรกรโดยทั่วไป

เก็บตัวอย่างน้ำเสียที่ระบายลงสู่แปลง (influent) และน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด (effluent) จากทุกแปลง ด้วยวิธีแบบจ้วง (grab sampling) ทุก ๆ สัปดาห์ ตลอดระยะเวลาดำเนินระบบ ทำการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำ ได้แก่ DO, pH, COD, TSS, TKN, NH<sub>3</sub>-N, NO<sub>x</sub>-N และ TP โดยใช้วิธีการเก็บตัวอย่าง การรักษาตัวอย่างและวิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างตามที่ได้กำหนดไว้ใน standard methods for the examination of water and wastewater (APHA, AWWA, WEF, 1992) และทำการเก็บตัวอย่างพืช โดยเก็บตัวอย่างพืชก่อนเริ่มระบายน้ำเสียลงสู่ระบบ ซึ่งเป็นตัวแทนของพืชก่อนการบำบัด และทำการเก็บตัวอย่างพืชทุกครั้งเมื่อมีการเก็บเกี่ยวพืชออกจากระบบ โดยมีค่าดัชนีที่ทำกรวิเคราะห์ คือ อัตราการเติบโต สัมพัทธ์ อัตราการสะสมธาตุอาหาร และผลผลิต น้ำหนักสดและผลผลิตน้ำหนักแห้ง

วิเคราะห์ถึงประสิทธิภาพของระบบในการลดมลสารในน้ำเสีย ความแตกต่างทางสถิติระหว่างประสิทธิภาพการลดมลสารในน้ำเสียชุมชนและปริมาณมลสารในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดที่ปลูกหญ้าอาหารสัตว์ต่างชนิดกัน ด้วยสถิติ Duncan's multiple range test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 วิเคราะห์อัตราการสะสมธาตุอาหาร อัตราการเติบโต สัมพัทธ์ และปริมาณผลผลิตของหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิดในแต่ละระยะเก็บเกี่ยว โดยวิเคราะห์ความ

แตกต่างทางสถิติระหว่างชนิดของหมู้อาหารสัตว์ และระหว่างระยะเก็บเกี่ยว ด้วย nonparametric statistic

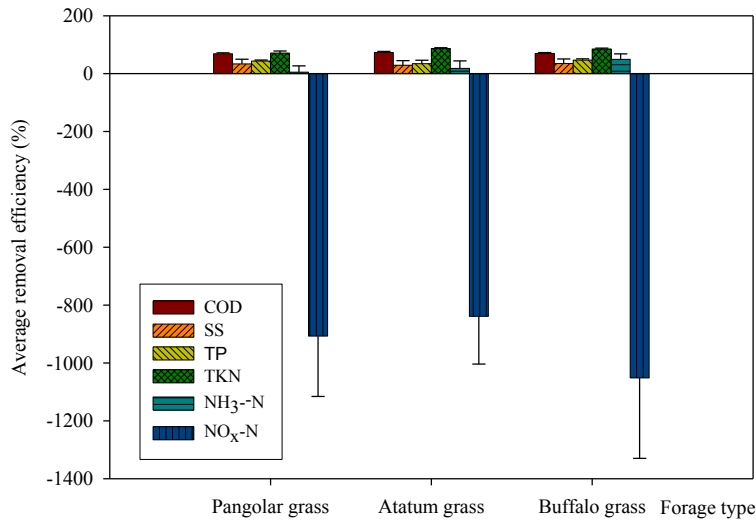
## ผลการวิเคราะห์

### 1. ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบ

น้ำเสียที่ทำการบำบัด เป็นน้ำเสียจากกิจกรรมการประกอบอาหารเป็นหลัก ผลการตรวจวัดพบว่า น้ำเสียที่รวบรวมไว้ในถังรวบรวมน้ำเสียก่อนทำการบำบัดมีค่าของ Temp, pH, DO, TSS, COD, NH<sub>3</sub>-N, NO<sub>x</sub>-N, 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 เนื่องจากน้ำเสียได้ถูกพักไว้ในถังรวบรวมน้ำก่อนระบายลงสู่ระบบบำบัด โดยควบคุมอัตราการไหลด้วยสายยางขนาดเล็ก ดังนั้น ของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียจึงเกิดการตกตะกอนลงสู่ก้นถังรวบรวมน้ำเสีย ทำให้มลสารที่ปนเปื้อนในน้ำเสียที่ถูกบำบัดส่วนใหญ่เป็นมลสารในรูปของสารละลายและสารแขวนลอยขนาดเล็ก ค่าของ TSS รวมถึงค่า COD และค่าของธาตุอาหารอื่น ๆ ในน้ำเสียที่ทำการบำบัด จึงมีค่าต่ำกว่าค่าของมลสารดังกล่าวในน้ำเสียสดที่ถูกระบายออกจากโรงอาหาร ส่งผลให้ค่าสารอินทรีย์ในรูปของ COD ค่าของ TSS, TKN และ TP ที่พบในน้ำเสียที่ทำการบำบัด มีค่าความเข้มข้นจัดอยู่ในเกณฑ์น้ำเสียชุมชนที่มีความเข้มข้นระดับต่ำเท่านั้น (Metcalf and Eddy, 1991) อย่างไรก็ตาม การลดปริมาณมลสารที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย ก่อนการระบายน้ำนั้นลงสู่แหล่งรองรับตามธรรมชาติ ไม่ว่าจะน้ำเสียนั้นจะมีมลสารปนเปื้อนในระดับใดก็ตาม จะเป็นการช่วยลดผลกระทบต่อแหล่งน้ำและสิ่งแวดล้อมโดยรอบ

น้ำเสียหลังการบำบัด มีอุณหภูมิระหว่าง 20.1-32.0 °C มีค่า pH ระหว่าง 6.2-8.0 ซึ่งพบว่า ค่า pH ของน้ำเสียก่อนและหลังการบำบัด มีค่าไม่แตกต่างกัน น้ำเสียหลังการบำบัด มีค่า DO สูงขึ้น โดยมีค่าเท่ากับ 3.57-7.24 mg/l ทั้งนี้ พบว่ามีค่าแตกต่างจากค่าเฉลี่ยของค่า DO ในน้ำเสียก่อนการบำบัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

ระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลได้ผิวในแนวคิดที่ทำการศึกษานี้ มีอัตราการบรรทุกมลสารในรูปของ COD, SS, TKN และ TP โดยเฉลี่ยเท่ากับ 37.0, 4.1, 3.7 และ 0.2 g/m<sup>2</sup>/d และมีประสิทธิภาพในการลดความเข้มข้นของ COD, TSS, TKN, NH<sub>3</sub>-N, NO<sub>x</sub>-N และ TP เท่ากับ 36.59-92.50, (-325.00)-99.10, 19.40-97.62, (-378.95)-97.84, (-3,421.00)-60.00 และ (-151.80)-72.15% ตามลำดับ (รูปที่ 1) โดยแปลงหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตัม และหญ้าขน มีประสิทธิภาพในการลดค่า COD ในน้ำเสีย เท่ากับ 40.95-88.27, 36.59-92.50 และ 36.82-86.51% ตามลำดับ (รูปที่ 1) ทั้งนี้ พบว่าแปลงหญ้าอะตราตัมสามารถลด COD ได้ดีกว่าแปลงหญ้าขน และแปลงหญ้าแพงโกล่า ซึ่งมีประสิทธิภาพในการลด COD ใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพการลด COD ของแปลงหญ้าแต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \geq 0.05$ ) น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์ มีค่า COD ระหว่าง 7.3-98.8 mg/l โดยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอะตราตัม มีค่า COD โดยเฉลี่ยต่ำกว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าขน และแปลงหญ้าแพงโกล่า ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของ COD ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าแต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \geq 0.05$ )



รูปที่ 1 ประสิทธิภาพการลดมลสารของหญ้าอาหารสัตว์ในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวตั้ง

แปลงหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตัม และหญ้าขน มีประสิทธิภาพในการลด ค่า TSS ในน้ำเสียเท่ากับ (-300.00)-99.10, (-325.00)-98.10 และ (-300.00)-97.40 % ตามลำดับ (รูปที่ 1) โดยแปลงหญ้าขนมีประสิทธิภาพในการลด TSS สูงกว่าแปลงหญ้าแพงโกล่า และแปลงหญ้าอะตราตัม ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพการลด TSS ของแปลงหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P \geq 0.05$ ) น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์ มีค่า TSS ระหว่าง 1.0-22.0 mg/l โดยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าแพงโกล่า มีค่า TSS ปนเปื้อนโดยเฉลี่ยต่ำกว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าขน 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 (รูปที่ 1) โดยพบว่า แปลงหญ้าขนสามารถลด TP ได้ดีกว่า แปลงหญ้าแพงโกล่า และแปลงหญ้าอะตราตัม ตามลำดับ ทั้งนี้ ประสิทธิภาพการลด 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 ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \geq 0.05$ )

แปลงหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตัม และหญ้าขน มีประสิทธิภาพในการลด ค่า TKN ในน้ำเสียเท่ากับ 19.40-97.14, 55.67-97.62 และ 52.04-97.14 % ตามลำดับ มีประสิทธิภาพในการลดค่า  $\text{NH}_3\text{-N}$  เท่ากับ (-300.00)-96.40, (-378.95)-97.26 และ (-310.53)-97.84% ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพในการลดค่าความเข้มข้นของ  $\text{NO}_x\text{-N}$  เท่ากับ (-3,077.70)-(-60.20), (-2,095.00)-(-98.60) และ (-3,421.00)-60.00% ตามลำดับ (รูปที่ 1) ทั้งนี้พบว่าแปลงหญ้าอะตราตัม สามารถลด TKN ได้ดีกว่าแปลงหญ้าขน และแปลงหญ้าแพงโกล่า ตามลำดับ ส่วนแปลงหญ้าขน สามารถลด  $\text{NH}_3\text{-N}$  ได้ดีกว่าแปลงหญ้าอะตราตัม และแปลงหญ้าแพงโกล่า ตามลำดับ ขณะที่แปลงหญ้าอะตราตัม สามารถลด  $\text{NO}_x\text{-N}$  ได้ดีกว่าแปลงหญ้าแพงโกล่า และแปลงหญ้าขน ตามลำดับ โดยประสิทธิภาพการลด TKN,  $\text{NH}_3\text{-N}$  และ  $\text{NO}_x\text{-N}$  ของแปลงหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P \geq 0.05$ ) ความเข้มข้นของ TKN,  $\text{NH}_3\text{-N}$  และ  $\text{NO}_x\text{-N}$  ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์ มีค่าระหว่าง 0.28-15.68 mg/l ( $n=48$ ), 0.28-19.04 mg/l ( $n=100$ ) และ 0.06-3.40 mg/l ( $n=54$ ) โดยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอะตราตัม มีค่า TKN ปนเปื้อนโดยเฉลี่ยต่ำกว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าขน และแปลงหญ้าแพงโกล่า ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม พบว่าความเข้มข้นของ TKN ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P \geq 0.05$ ) น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าขนมีค่า  $\text{NH}_3\text{-N}$  ปนเปื้อนโดยเฉลี่ยต่ำกว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอะตราตัม และแปลงหญ้าแพงโกล่า ตามลำดับ โดยความเข้มข้นเฉลี่ยของ  $\text{NH}_3\text{-N}$  ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าขน มีค่าต่ำกว่า

ค่าเฉลี่ยของ  $\text{NH}_3\text{-N}$  ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าแพงโกล่า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ความเข้มข้นของ  $\text{NO}_x\text{-N}$  ในน้ำเสียหลังการบำบัดมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของ  $\text{NO}_x\text{-N}$  ในน้ำเสียก่อนการบำบัด โดยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์ มีค่า  $\text{NO}_x\text{-N}$  ระหว่าง 0.06-3.40 mg/l ทั้งนี้ พบว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอะตราตัม มีค่า  $\text{NO}_x\text{-N}$  ปนเปื้อนโดยเฉลี่ยต่ำกว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าแพงโกล่า และแปลงหญ้าขน ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของ  $\text{NO}_x\text{-N}$  ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \geq 0.05$ )

## 2. อัตราการสะสมธาตุอาหาร

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ความเข้มข้นของไนโตรเจนในรากของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตัม และหญ้าขน มีค่า 2.677-6.500, 3.911-4.094 และ 3.933-5.328 g/kg ตามลำดับ ทั้งนี้ พบว่ารากของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตัม และหญ้าขน มีอัตราการสะสมไนโตรเจน เท่ากับ 0.0032-0.0090, 0.0111-0.0172 และ 0.0081-0.0139  $\text{g/m}^2/\text{d}$  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/m<sup>2</sup>/d ตามลำดับ (ตารางที่ 1) โดยที่ระยะเก็บเกี่ยวนี้ ลำต้นและใบของหญ้าขน มีอัตราการสะสมไนโตรเจนโดยเฉลี่ย สูงกว่าลำต้นและใบของหญ้าอะตราตัม และหญ้าแพงโกล่า ตามลำดับ และพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ดังแสดงในตารางที่ 1

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/m<sup>2</sup>/d ตามลำดับ โดยพบว่า ค่าความเข้มข้น

และอัตราการสะสมไนโตรเจนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ระหว่างชนิดพืช (ตารางที่ 1)

ในระยะที่ 3 ของการเก็บเกี่ยว เนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตัม 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/m<sup>2</sup>/d ตามลำดับ โดยที่ระยะเก็บเกี่ยวนี้ ค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) ระหว่างชนิดพืช (ตารางที่ 1)

**ตารางที่ 1** ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของธาตุอาหารและอัตราการสะสมธาตุอาหารในเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าอาหารสัตว์ในระบบปศุสัตว์ประเภทน้ำไหลได้ผิวในแนวตั้ง

Nutrient/Forage type	Nitrogen			Phosphorus		
	Pangolar grass	Atatum grass	Buffalo grass	Pangolar grass	Atatum grass	Buffalo grass
<b>Concentration (g/kg)</b>						
1 <sup>st</sup> harvest (60 day after operation startup)	7.72±0.79 <sup>a</sup>	6.73±0.17 <sup>a</sup>	6.28±0.74 <sup>a</sup>	3.96±0.20 <sup>A</sup>	3.86±0.31 <sup>Aa</sup>	2.48±0.39 <sup>B</sup>
2 <sup>nd</sup> harvest (40 day after 1 <sup>st</sup> harvest)	4.69±0.71 <sup>ABb</sup>	5.79±0.67 <sup>Aa</sup>	3.70±0.63 <sup>Bb</sup>	3.65±0.42	2.61±0.42 <sup>b</sup>	3.04±0.59
3 <sup>rd</sup> harvest (40 day after 2 <sup>nd</sup> harvest)	6.16±0.81 <sup>Aab</sup>	3.43±0.83 <sup>Bb</sup>	3.36±0.76 <sup>Bb</sup>	3.52±0.38 <sup>A</sup>	2.25±0.11 <sup>Bb</sup>	2.39±0.08 <sup>B</sup>
<b>Accumulation rate (g/m<sup>2</sup>/d)</b>						
1 <sup>st</sup> harvest (60 day after operation startup)	0.0285±0.0048 <sup>B</sup>	0.0410±0.0023 <sup>A</sup>	0.0423±0.0053 <sup>Aa</sup>	0.0146±0.0021 <sup>Bb</sup>	0.0235±0.0012 <sup>A</sup>	0.0167±0.0024 <sup>B</sup>
2 <sup>nd</sup> harvest (40 day after 1 <sup>st</sup> harvest)	0.0273±0.0075 <sup>B</sup>	0.0487±0.0068 <sup>A</sup>	0.0238±0.0039 <sup>Bb</sup>	0.0208±0.0026 <sup>a</sup>	0.0220±0.0042	0.0197±0.0042
3 <sup>rd</sup> harvest (40 day after 2 <sup>nd</sup> harvest)	0.0294±0.0052	0.0496±0.0207	0.0304±0.0082 <sup>b</sup>	0.0167±0.0003 <sup>Bab</sup>	0.0326±0.0108 <sup>A</sup>	0.0216±0.0022 <sup>B</sup>

**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 harvest period at  $P \geq 0.05$ .

-Sample size (n) = 4



นอกจากอัตราการสะสมไนโตรเจนในเนื้อเยื่อของหญ้าอาหารสัตว์ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 และ 2 จะมีค่าแตกต่างกันระหว่างชนิดพืชแล้ว ( $P<0.05$ ) ยังพบว่า อัตราการสะสมไนโตรเจนของหญ้าขน มีค่าแตกต่างกันระหว่างระยะเก็บเกี่ยวด้วย ( $P<0.05$ )

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในรากของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตัม และหญ้าขน มีค่า เท่ากับ 2.565-3.958, 1.202-3.221 และ 1.601-2.385 g/kg ตามลำดับ ทั้งนี้ พบว่ารากของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตัม และหญ้าขน มีอัตราการสะสมธาตุอาหารฟอสฟอรัส เท่ากับ 0.0031-0.0055, 0.0034-0.0135 และ 0.0033-0.0062 g/m<sup>2</sup>/d ตามลำดับ โดยรากของหญ้าอะตราตัม มีอัตราการสะสมฟอสฟอรัสโดยเฉลี่ยสูงกว่ารากของหญ้าขน และหญ้าแพงโกล่า ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P\geq 0.05$ )

ในระยะเวลาที่ 1 ของการเก็บเกี่ยว เนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตัม 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/m<sup>2</sup>/d ตามลำดับ ในระยะเก็บเกี่ยวนี้ พบว่าความเข้มข้นและอัตราการสะสมฟอสฟอรัส มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) ระหว่างชนิดพืช (ตารางที่ 1)

ในระยะเวลาที่ 2 ของการเก็บเกี่ยว เนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตัม 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/m<sup>2</sup>/d ตามลำดับ (ตารางที่ 1) โดยพบว่าความเข้มข้นและอัตราการสะสมฟอสฟอรัสของหญ้าแต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P\geq 0.05$ )

ในระยะเวลาที่ 3 ของการเก็บเกี่ยว เนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตัม 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/m<sup>2</sup>/d ตามลำดับ (ตารางที่ 1) โดยพบว่าค่าความเข้มข้นและอัตราการสะสมฟอสฟอรัสของหญ้าแต่ละชนิด มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ )

นอกจากจะพบว่า อัตราการสะสมฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อของหญ้าอาหารสัตว์ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 และ 3 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชนิดพืชแล้ว ยังพบว่า อัตราการสะสมฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อของหญ้าแพงโกล่า มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างระยะเก็บเกี่ยวด้วย ( $P<0.05$ )

### 3. อัตราการเติบโตสัมพัทธ์และปริมาณผลผลิต

อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (RGR) ของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตัม และหญ้าขน ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา มีค่า 0.096-0.154, 0.106-0.178 และ 0.108-0.163 per day ตามลำดับ ซึ่งพบว่า ค่า RGR ของหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิดในระยะเก็บเกี่ยวเดียวกัน มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P\geq 0.05$ ) ขณะที่ ค่า RGR ของหญ้าอาหารสัตว์ชนิดเดียวกัน ที่มีระยะเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P\geq 0.05$ ) เช่นเดียวกัน

ตารางที่ 2 ผลผลิตมวลชีวภาพของหญ้าอาหารสัตว์

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

การผลิตมวลชีวภาพในรูปผลผลิตน้ำหนัสดของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตัม 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 ของการเก็บเกี่ยว 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)

ทั้งนี้พบว่าหญ้าอะตราตัม มีปริมาณผลผลิตน้ำหนัสดและผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงกว่าหญ้าขน และหญ้าแพงโกล่า ตามลำดับ ในทุกระยะเก็บเกี่ยว ยกเว้นใน

การเก็บเกี่ยวครั้งแรก ซึ่งพบว่า หญ้าขนมีปริมาณผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงกว่าหญ้าอะตราตัมเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม การผลิตมวลชีวภาพทั้งในรูปผลผลิตน้ำหนัสดและผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิด ในแต่ละระยะเก็บเกี่ยว มีปริมาณไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \geq 0.05$ ) ในขณะที่ การผลิตมวลชีวภาพทั้งในรูปผลผลิตน้ำหนัสดและผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าอาหารสัตว์ชนิดเดียวกัน ที่ระยะเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกันนั้น พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \geq 0.05$ ) เช่นเดียวกัน (ตารางที่ 2)

## สรุปและวิจารณ์

### 1. ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบ

น้ำเสียภายหลังการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณความเข้มข้นของมลสารปนเปื้อนลดลง โดยน้ำเสียหลังการบำบัด มีค่าอุณหภูมิเป็นไปตามสภาพธรรมชาติ และไม่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติของน้ำและสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ในแหล่งรองรับ ทั้งนี้ รวมถึงค่า pH ซึ่งพบว่ามีค่าระหว่าง 6.21-8.01 และอยู่ภายใต้เกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคาร (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2547) ซึ่ง

กำหนดให้มีค่า 5-9 น้ำเสียหลังการบำบัด มีค่า DO สูงขึ้น และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) เมื่อเทียบกับ ค่า DO ในน้ำเสียก่อนการบำบัด ซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของปริมาณสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย ทั้งนี้ ปริมาณ DO ในน้ำเสียหลังการบำบัด ได้บ่งชี้ถึงการลดลงของปริมาณความต้องการออกซิเจนในการย่อยสลายหรือเปลี่ยนรูปมลสารของ aerobic microorganism ซึ่งหมายถึงการลดลงของมลสารโดยเฉพาะสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำเสียนั้นเอง นอกจากนี้ ยังแสดงถึงสภาพแวดล้อมของระบบบำบัดที่เอื้ออำนวยให้ aerobic microorganism สามารถทำหน้าที่ในการบำบัดได้อย่างเต็มที่

น้ำเสียหลังการบำบัด มีค่า COD ลดลง ซึ่งเป็นผลจากการลดลงของสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย ซึ่งการลดลงนี้ เกิดขึ้นได้จากกระบวนการบำบัดหลายกระบวนการด้วยกัน ได้แก่ กระบวนการกรองที่เกิดขึ้นขณะน้ำเสียไหลผ่านชั้นกรองและรากพืช โดยวัสดุกรองและรากพืชจะช่วยกรองและดูดซับสารแขวนลอยไว้ ทั้งนี้ สารอินทรีย์ส่วนหนึ่งจะอยู่ในรูปของสารแขวนลอย ดังนั้นการกรองที่เกิดในระบบจึงช่วยลดทั้ง ค่า TSS ค่า COD และค่าสารอินทรีย์แขวนลอยรูปอื่น ๆ ในน้ำเสียด้วย (Klomjek and Nitisoravut, 2005) นอกเหนือจากการกรองแล้ว กระบวนการย่อยสลายหรือเปลี่ยนรูปโดยจุลินทรีย์ภายในระบบ ก็เป็นกระบวนการที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ช่วยลดปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำ โดยการย่อยของจุลินทรีย์โดยเฉพาะกลุ่มที่ใช้ออกซิเจนในการทำงาน จะทำการเปลี่ยนสารอินทรีย์แล้วได้ผลผลิตเป็นสารประกอบซึ่งส่วนใหญ่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งสารประกอบเหล่านั้น ได้แก่  $H_2O$ ,  $CO_2$  และอื่น ๆ เช่น  $NH_3-N$  ซึ่งจะเปลี่ยนรูปไปเป็นไนโตรเจนรูปอื่นต่อไป เมื่ออยู่ในสภาพที่เหมาะสม

ระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลได้ผิวในแนวตั้งที่ทำการศึกษา มีค่าของประสิทธิภาพในการลด TSS อยู่ในช่วงกว้างระหว่าง -325.00 ถึง 99.10% ซึ่งหมายถึง ในบางขณะจะพบว่า TSS ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด มีค่าสูงกว่าค่าของ TSS ในน้ำเสียก่อนการบำบัด ขณะที่บางขณะจะพบว่าระบบสามารถลด TSS ที่ปนเปื้อนในน้ำเสียได้เกือบทั้งหมด ทั้งนี้ เนื่องจากการไหลของน้ำเสียภายในระบบในแนวตั้งทำให้ TSS ในน้ำเสียถูกกรองไว้ด้วยรากของพืชและวัสดุกรองหลากหลายขนาดที่บรรจุไว้ในระบบ ในขณะที่ของแข็งที่ถูกกรองไว้บางส่วนอาจเกิดการหลุดลอดออกจากระบบในขณะใดขณะหนึ่งซึ่งเป็นการเพิ่มค่าของ TSS ให้กับน้ำเสีย และส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดมีค่าเป็นลบได้ โดยเฉพาะในช่วงที่ค่าของของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียก่อนการบำบัดมีค่าต่ำ อย่างไรก็ตาม จะพบว่าค่าความเข้มข้นที่สูงที่สุดของ TSS ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิดนั้น มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารและเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน ซึ่งกำหนดให้มีค่า TSS ไม่เกิน 30 mg/L (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2547) โดยพบว่า TSS ในน้ำเสียหลังการบำบัดมีค่าระหว่าง 1.0-22.0 mg/L ทั้งนี้ ค่าเฉลี่ยของ TSS ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด มีค่าระหว่าง 2.5-3.8 mg/L ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \geq 0.05$ )

บึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลได้ผิวในแนวตั้ง มีประสิทธิภาพในการลด TP ระหว่าง -151.80 ถึง 72.15% โดยประสิทธิภาพในการลดค่าความเข้มข้นของ TP ในน้ำเสีย ของแปลงหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \geq 0.05$ ) แม้บางขณะ ค่าของ TP ในน้ำเสียหลังการ

บำบัดจะมีค่าสูงกว่า ค่าของ TP ในน้ำเสียก่อนการบำบัด แต่จะพบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ TP ในน้ำเสียหลังการบำบัด มีค่าต่ำกว่า ค่าเฉลี่ยของ TP ในน้ำเสียก่อนการบำบัด และมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์ มีค่าความเข้มข้นของ TP ระหว่าง 0.20-1.42 mg/L ซึ่งอยู่ภายใต้เกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน ที่กำหนดให้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน ต้องมีค่าของ TP ไม่เกิน 2 mg/L (กรมควบคุมมลพิษ, 2547) โดยพบว่า ความเข้มข้นของ TP ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \geq 0.05$ ) ทั้งนี้ การตรวจพบประสิทธิภาพการลด TP ที่มีค่าติดลบนั้น เป็นผลเนื่องมาจากการลด TP ของระบบบึงประดิษฐ์นั้น เป็นการลดด้วยกระบวนการทางกายภาพ เคมี และชีวภาพที่ไม่เสถียรนัก โดย TP ที่ถูกกำจัดสามารถคืนสภาพสู่น้ำเสียได้ โดยเฉพาะเมื่อมีการใช้ระบบบำบัดเป็นระยะเวลายาวนาน หรือมีการจัดการพืชในระบบอย่างไม่เหมาะสม (U.S. EPA, 2000; Kadlec and Knight, 1996)

ระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวตั้ง มีประสิทธิภาพในการลด 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 โดยประสิทธิภาพการลด TKN,  $\text{NH}_3\text{-N}$  และ  $\text{NO}_x\text{-N}$  ของแปลงหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \geq 0.05$ ) ความเข้มข้นของ TKN ในน้ำเสียหลังการบำบัดมีค่าลดลงและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) เมื่อเทียบกับค่า TKN ในน้ำเสียก่อนการบำบัด โดยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์ มีค่า TKN ระหว่าง 0.28-15.68 mg/L ซึ่ง

ไม่เกินค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด สำหรับอาคารประเภท ก ที่กำหนดให้มีค่าไม่เกิน 30 mg/L และไม่เกินค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนที่กำหนดให้มีค่าไม่เกิน 20 mg/L (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2547) โดยความเข้มข้นของ TKN ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \geq 0.05$ ) เช่นเดียวกัน

ค่าความเข้มข้นของ  $\text{NH}_3\text{-N}$  ในน้ำเสียหลังการบำบัดมีค่าลดลงและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) 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  $\text{NH}_3\text{-N}$  มากกว่า organic nitrogen (ON) ทั้งนี้ พบว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าขรมีค่า  $\text{NH}_3\text{-N}$  ต่ำกว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอะตราดัม และแปลงหญ้าแพงโกล่า ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยของ  $\text{NH}_3\text{-N}$  ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าขรมีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ  $\text{NH}_3\text{-N}$  ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าแพงโกล่า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ )

ค่าความเข้มข้นของ  $\text{NO}_x\text{-N}$  ในน้ำเสียหลังการบำบัด มีค่าโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของ  $\text{NO}_x\text{-N}$  ในน้ำเสียก่อนการบำบัด ทำให้พบว่าคุณสมบัติประสิทธิภาพในการลด  $\text{NO}_x\text{-N}$  ของระบบมีค่าติดลบ ซึ่งโดยแท้จริงแล้วเป็นผลจากกระบวนการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนนั่นเอง ทั้งนี้ น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์ มีค่า  $\text{NO}_x\text{-N}$  ระหว่าง 0.06-3.40

mg/l โดยความเข้มข้นของ  $\text{NO}_x\text{-N}$  ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P \geq 0.05$ )

การบำบัดไนโตรเจนโดยระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ เป็นกระบวนการบำบัดทั้งทางด้านกายภาพ เช่น กระบวนการกรองและตกตะกอนของสารอินทรีย์แขวนลอย ซึ่งมีอินทรีย์ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ การระเหยของแอมโมเนียและก๊าซไนโตรเจน และกระบวนการทางชีวภาพโดยการดูดซึมไปใช้โดยพืช และการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนโดยจุลินทรีย์ทั้งประเภทที่ใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจน (Vymazal, 2007; Kootatep and Polprasert, 1997) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมของระบบ โดยไนโตรเจนที่ปนเปื้อนในน้ำเสียนั้น จะถูกเปลี่ยนรูปไปตามลำดับของการย่อยสลายหรือการเปลี่ยนรูป โดยการทำหน้าที่ของจุลินทรีย์ ซึ่งมีลำดับการเปลี่ยนรูปจากอินทรีย์ไนโตรเจนไปเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจน หรือมีลำดับการเปลี่ยนรูปจากค่าดัชนีที่ทำการตรวจวัดในการศึกษาครั้งนี้ คือ จากค่า TKN ไปเป็น  $\text{NH}_3\text{-N}$  และ  $\text{NO}_x\text{-N}$  ตามลำดับ ดังนั้น จากผลการศึกษาจึงพบว่า ค่าของ TKN ในน้ำเสียหลังการบำบัดมีค่าลดลง ซึ่งเป็นผลจากการลดลงของทั้งอินทรีย์ไนโตรเจน (ON) และ  $\text{NH}_3\text{-N}$  ทำให้ประสิทธิภาพการลด TKN ของระบบมีค่าเป็นบวก เช่นเดียวกับประสิทธิภาพในการลด  $\text{NH}_3\text{-N}$  ซึ่งพบว่าค่าโดยเฉลี่ยเป็นบวก และทำให้ค่าของ  $\text{NH}_3\text{-N}$  ในน้ำเสียหลังการบำบัดโดยเฉลี่ยมีค่าลดลง แม้ น้ำเสียในระบบจะได้รับ  $\text{NH}_3\text{-N}$  เพิ่มจากการเปลี่ยนรูปของ ON ไปเป็น  $\text{NH}_3\text{-N}$  ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบมีประสิทธิภาพสูงในการลด  $\text{NH}_3\text{-N}$  ทั้ง  $\text{NH}_3\text{-N}$  ที่มีอยู่เดิมในน้ำเสียก่อนการบำบัด และ  $\text{NH}_3\text{-N}$  ที่เปลี่ยนรูปมาจากกระบวนการย่อยสลาย ON ในน้ำเสีย ขณะที่ประสิทธิภาพการลด  $\text{NO}_x\text{-N}$  ของแปลงหญ้าอาหารสัตว์

ทุกชนิดมีค่าเป็นลบ และพบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ  $\text{NO}_x\text{-N}$  ในน้ำเสียหลังการบำบัดมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งไม่ได้หมายถึงระบบบึงประดิษฐ์ไม่มีกระบวนการลด  $\text{NO}_x\text{-N}$  ในน้ำเสีย แต่เป็นผลเนื่องมาจากการเปลี่ยนรูปของ  $\text{NH}_3\text{-N}$  ไปเป็น  $\text{NO}_x\text{-N}$  ในปริมาณที่สูงกว่าการลดนั่นเอง ทั้งนี้ ปริมาณของ  $\text{NO}_x\text{-N}$  เป็นผลรวมของ  $\text{NO}_3\text{-N}$  และ  $\text{NO}_2\text{-N}$  ซึ่งเป็นรูปที่ไมเสถียรและมีการเปลี่ยนรูปผันกลับไปมาระหว่าง  $\text{NO}_3\text{-N}$  และ  $\text{NO}_2\text{-N}$  อยู่ตลอดเวลา สำหรับกระบวนการในการลด  $\text{NO}_x\text{-N}$  ของระบบบึงประดิษฐ์ คือการนำไปใช้โดยพืช และการเปลี่ยนรูปไปเป็นไนโตรเจนแก๊ส ด้วยกระบวนการ denitrification โดยการทำงานของ denitrifying bacteria ซึ่งเป็น anaerobic microorganism อย่างไรก็ตาม เนื่องจากตรวจพบว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดมีค่า DO ค่อนข้างสูง จึงคาดว่า anaerobic microorganism ในระบบไม่สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพนัก ทำให้การเปลี่ยนรูปของ  $\text{NO}_x\text{-N}$  ไปเป็นไนโตรเจนแก๊สเกิดขึ้นได้น้อย

โดยสรุปจะพบว่าระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลได้ผลในแนวตั้ง ที่ปลูกหญ้าอาหารสัตว์ที่แตกต่างกัน 3 ชนิด คือ หญ้าขน (*Brachiaria mutica*) หญ้าอะตราตัม (*Paspalum atratum*) และหญ้าแพงโกล่า (*Digitaria decumbens*) มีประสิทธิภาพในการลดมลสารในน้ำเสียซึ่งเป็นน้ำทิ้งจากอาคารโภชนาการ โดยคุณสมบัติทั่วไปของน้ำเสียภายหลังการบำบัด ยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้ พบว่าประสิทธิภาพในการลด COD, TSS, TKN,  $\text{NH}_3\text{-N}$ ,  $\text{NO}_x\text{-N}$  และ TP ในน้ำเสียของแปลงหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \geq 0.05$ ) ขณะที่ น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด มีค่า TSS, TKN และ TP อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งที่

เกี่ยวข้อง ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าระบบบึงประดิษฐ์ที่ทำการศึกษานี้ สามารถใช้ประโยชน์ในการลดมลสารที่ปนเปื้อนในน้ำเสียชุมชนได้ โดยประสิทธิภาพในการลดมลสารของแปลงหญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิด มีค่าไม่แตกต่างกัน ( $P \geq 0.05$ ) จึงสามารถเลือกใช้ได้ โดยการพิจารณาปัจจัยความเหมาะสมอื่น ๆ ประกอบ เช่น ความยากง่ายในการจัดหาพันธุ์ ความต้องการหญ้าอาหารสัตว์ไปใช้ประโยชน์ ปริมาณและคุณภาพของหญ้าอาหารสัตว์ที่เก็บเกี่ยวได้จากระบบ เหล่านี้เป็นต้น

## 2. อัตราการสะสมธาตุอาหาร

ความเข้มข้นของธาตุอาหารและอัตราการสะสมธาตุอาหารในเนื้อเยื่อของหญ้าอาหารสัตว์ที่ตรวจพบ สามารถบ่งชี้ได้ถึงการทำหน้าที่ของพืชภายในระบบบึงประดิษฐ์ในการลดปริมาณธาตุอาหารที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสีย ทั้งนี้เนื่องจากการดำเนินระบบบำบัดไม่ได้มีการเติมปุ๋ยหรือสารเคมีประเภทใด นอกจากนั้น วัสดุปลูกที่ใช้ในระบบยังเป็นกรวดและทราย ที่มีปริมาณธาตุอาหารอยู่ต่ำ ดังนั้น ปริมาณธาตุอาหารที่พบในพืชและทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนได้ จึงเป็นธาตุอาหารที่ปนเปื้อนมากับน้ำเสียเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนั้น ความสามารถในการสะสมธาตุอาหารของหญ้าอาหารสัตว์ ยังบ่งชี้ถึงสถานะของการปนเปื้อนมลสารอื่นในน้ำเสีย คุณสมบัติอื่น ๆ ของน้ำเสีย และการดำเนินระบบบำบัดเป็นไปในลักษณะที่หญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิดนี้ สามารถดำรงชีวิตและสามารถดูดซึมธาตุอาหารในน้ำเสียไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาถึงประสิทธิภาพของระบบที่พบว่าแปลงหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด มีความสามารถในการลดปริมาณธาตุอาหารที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย ทั้งนี้ จะพบว่าระยะของการเก็บเกี่ยวมีผลต่อค่าความเข้มข้นของธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืชอยู่บ้าง โดยเฉพาะค่าของไนโตรเจนซึ่งมีค่าสูงในการเก็บเกี่ยวครั้งแรก ซึ่งพืชมี

ระยะเวลาในการเจริญเติบโตก่อนทำการเก็บเกี่ยวยาวนานกว่าระยะอื่น ๆ ของการเก็บเกี่ยว ขณะที่ชนิดของหญ้าอาหารสัตว์ส่งผลต่ออัตราการสะสมธาตุอาหารต่อพื้นที่ต่อช่วงเวลา โดยหญ้าอะตราตัมมีอัตราการสะสมทั้งไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงกว่าชนิดอื่น

## 3. อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ และปริมาณผลผลิต

อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตัม และหญ้าขน ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวแต่ละครั้ง มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม พบว่า ค่า RGR ของหญ้าอาหารสัตว์ชนิดเดียวกัน ในแต่ละระยะเก็บเกี่ยว มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \geq 0.05$ ) ขณะที่ ในระยะเก็บเกี่ยวเดียวกันนั้น หญ้าอะตราตัมจะมีค่า RGR สูงกว่า แต่พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างชนิดของหญ้าอาหารสัตว์ ( $P \geq 0.05$ ) เช่นเดียวกัน

ค่า RGR ที่ตรวจพบ สามารถบ่งชี้ถึงความเป็นไปได้ของหญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิด ในการดำรงอยู่ เจริญเติบโต และเพิ่มผลผลิตได้ในระบบบึงประดิษฐ์ที่ทำการศึกษา ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการใช้หญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิดนี้ ในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือฝว ซึ่งพบว่าหญ้าสามารถเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตได้เช่นกัน (พันธ์ทิพย์, 2551) ทั้งนี้ เนื่องจากหญ้าอาหารสัตว์ในระบบบึงประดิษฐ์ที่ทำการศึกษานี้ ได้รับปัจจัยที่สำคัญในการดำรงชีวิตและเจริญเติบโต คือแสงตามสภาพธรรมชาติ และได้รับธาตุอาหารจากน้ำเสีย โดยน้ำเสียชุมชนที่ระบายลงสู่ระบบนั้น มีคุณสมบัติทั่วไปอยู่ในเกณฑ์ที่หญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิด สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ประกอบกับวิธีการในการดำเนินการบำบัดของระบบ ที่ไม่ทำให้รากของหญ้าถูกน้ำท่วมขังอยู่ตลอดเวลา จึงทำให้หญ้าสามารถดำรงชีวิตและเจริญเติบโตได้

จากการศึกษาอัตราการผลิตมวลชีวภาพทั้งในรูปของผลผลิตน้ำหนักรากและผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตัม และหญ้าขน พบว่าหญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิด สามารถเพิ่มผลผลิตมวลชีวภาพได้ภายหลังจากการเก็บเกี่ยวแต่ละครั้ง ทั้งนี้ โดยส่วนใหญ่จะพบว่าหญ้าอะตราตัมสามารถสร้างผลผลิตมวลชีวภาพได้สูงกว่าหญ้าชนิดอื่น ซึ่งความสามารถในดำรงอยู่ เจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณผลผลิตได้ของหญ้าอาหารสัตว์เหล่านี้ ภายใต้ปัจจัยแวดล้อมที่กำหนดสามารถบ่งชี้ได้ด้วย ค่า RGR และปริมาณของผลผลิตซึ่งมีค่าเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

มวลชีวภาพในรูปผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตัม และหญ้าขนที่ได้จากการเก็บเกี่ยว รวมทั้ง 3 ครั้ง ในระยะเวลา 140 วัน หรือ 4.5 เดือน มีค่าเฉลี่ย 1,079.52, 2,134.60 และ 1,704.88 kg/rai ซึ่งพบว่าผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าอะตราตัมที่ผลิตได้ในระยะเวลา 4.5 เดือนนี้ มีค่าใกล้เคียงกับผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าอะตราตัมต่อปี ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.5-3.5 ton/rai/yr (กรมปศุสัตว์, 2553) สำหรับหญ้าแพงโกลานั้น คาดว่าหากมีการดำเนินระบบบำบัดอย่างต่อเนื่องและทำการเก็บเกี่ยวหญ้าจนครบรอบปี จะมีปริมาณผลผลิตน้ำหนักแห้งโดยประมาณเท่ากับ 3.0 ton/rai/yr ซึ่งต่ำกว่าปริมาณการผลิตหญ้าแพงโกล่าโดยทั่วไป ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.0-7.0 ton/rai/yr (กรมปศุสัตว์, 2553) ส่วนหญ้าขนนั้น คาดว่าหากมีการดำเนินระบบอย่างต่อเนื่องและทำการเก็บเกี่ยวหญ้าจนครบรอบปี จะมีปริมาณผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าขนโดยประมาณเท่ากับ 4.5 ton/rai/yr ซึ่งสูงกว่าผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าขนที่ปลูกในพื้นที่ ดินเหนียวที่ไม่มีการให้ปุ๋ย ซึ่งหญ้าขนจะให้ผลผลิตเท่ากับ 3.1 ton/rai/yr และสูงกว่าผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าขนที่ผลิตโดยเกษตรกรทั่วไป ซึ่ง

หญ้าขนจะให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง เท่ากับ 1.4-3.7 ton/rai/yr (กรมปศุสัตว์, 2539) จากการศึกษาจะพบว่า แม้หญ้าแพงโกล่าจะให้ผลผลิตต่ำกว่าปริมาณการผลิตหญ้าแพงโกล่าด้วยวิธีการของเกษตรกร โดยทั่วไป แต่ผลผลิตที่ได้มีน้ำจากกระบวนการผลิตที่สามารถให้ประโยชน์ในรูปของการบำบัดน้ำเสีย โดยไม่ได้มีการให้ธาตุอาหารเพิ่มเติมแก่หญ้าอาหารสัตว์แต่อย่างใด ในขณะที่ หญ้าอะตราตัม และหญ้าขนสามารถให้ผลผลิตสูงกว่าการผลิตด้วยวิธีการของเกษตรกรทั่วไป ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากหญ้าอาหารสัตว์ได้รับน้ำและธาตุอาหารจากน้ำเสีย ได้รับแสงแดดจากสภาพพื้นที่ที่เปิดโล่ง จึงอยู่ในสภาพที่หญ้าอาหารสัตว์พร้อมใช้ธาตุอาหารเหล่านั้นในการเจริญเติบโต

### กิตติกรรมประกาศ

ผู้ศึกษาขอขอบคุณมหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้การสนับสนุนด้านงบประมาณ และพื้นที่ศึกษาวิจัย และขอขอบคุณ ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และคณะสัตวศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่เอื้อเพื่อให้การสนับสนุนห้องปฏิบัติการ และอำนวยความสะดวกอื่น ๆ อันทำให้การศึกษานี้ สามารถดำเนินการควอดัมจนสำเร็จจุล่งลงได้ด้วยดี

### เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. (2547). พ.ร.บ. กฎหมาย และมาตรฐาน ที่เกี่ยวกับ การควบคุมมลพิษ. สืบค้นเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2554, จาก [http://www.pcd.go.th/info\\_serv/reg\\_std\\_water04.html](http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water04.html)
- กรมปศุสัตว์. (2539). หญ้าขน. รายงานผลงานวิชาการ กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ: กรมปศุสัตว์. 3-13.
- กรมปศุสัตว์. (2545ก). หญ้าอะตราตัม. เอกสารคำแนะนำ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ: โรง

- พิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย  
จำกัด. 1-9.
- กรมปศุสัตว์. (2545ข). หญ้าแพงโกล่า. เอกสารคำแนะนำ กรม  
ปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ: โรง  
พิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย  
จำกัด. 1-13.
- กรมปศุสัตว์. (2553). พืชอาหารสัตว์พันธุ์ดี. กรมปศุสัตว์  
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์  
ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. 8-  
17.
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2547). พระราชบัญญัติ  
ส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.  
๒๕๓๕ และกฎกระทรวง ประกาศกฎกระทรวง  
ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ออกตาม  
ความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพ  
สิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ เล่มที่ ๑ (พ.ศ.  
๒๕๓๕ - พ.ศ. ๒๕๔๑). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ดอกเบญจ.  
41-44.
- พันธ์ทิพย์ กล่อมเจ็ก. (2551). การประยุกต์ใช้หญ้าอาหารสัตว์ใน  
การบำบัดน้ำเสียในระบบบึงประดิษฐ์. วารสาร  
วิทยาศาสตร์ มข. 36(4): 312-326.
- APHA, AWWA, WEF. (1992). Standard Methods for the  
Examination of Water and Wastewater, 18<sup>th</sup>  
edition. Washington D.C, USA: American  
Public Health Association Inc.
- Kadlec, R.H. and Knight, R.L. (1996). Treatment  
Wetlands. Florida: Lewis Publishers. 443-480.
- Klomjek, P and Nitisoravut, 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): 1-8.
- Metcalf & Eddy, Inc. (1991). Wastewater engineering  
treatment, disposal, and reuse. New York:  
McGraw-Hill, Inc. 47-119.
- U.S. EPA (United States Environmental Protection  
Agency). (2000). Constructed Wetland  
Treatment of Municipal Wastewaters.  
Cincinnati, Ohio. 30-54.
- Vymazal, J. (2007). Removal of nutrients in various  
types of constructed wetlands. Science of  
The Total Environment 380(1-3): 48-65.

