Executive summary

การบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยหญ้าอาหารสัตว์ในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง

1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบัน มลพิษน้ำเป็นปัญหาสำคัญประการหนึ่งที่ก่อให้เกิดผลกระทบในหลายทิศทาง ทั้งผลกระทบต่อระบบนิเวศ โดยเฉพาะระบบนิเวศน้ำ ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของผู้ใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำ และผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจจากการสูญเสียค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงคุณภาพน้ำเพื่อให้อยู่ในสภาพที่สามารถนำมาใช้ในชีวิตประจำวันหรือใช้ประโยชน์ในกระบวนการผลิตได้ รวมถึงการสูญเสียค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลผู้ที่เจ็บป่วยจากภาวะมลพิษน้ำ การป้องกันการเกิดปัญหาถือเป็นแนวทางที่ดีที่สุดในการจัดการปัญหามลพิษ ซึ่งปัญหามลพิษน้ำนี้ มีสาเหตุหลักจากการระบายน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนมลสาร ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งกิจกรรมในชีวิตประจำวันที่ก่อให้เกิดน้ำเสียชุมชนก็เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่สำคัญ เนื่องจากน้ำเสียชุมชนเป็นน้ำเสียประเภทที่มีการผลิตเป็นประจำในปริมาณมากน้อยขึ้นกับอัตราการผลิตและจำนวนผู้ผลิต ซึ่งทำให้เมืองใหญ่ที่มีระบบสาธารณูปโภคดี มีความหนาแน่นประชากรสูงเป็นพื้นที่ที่มีอัตราการผลิตน้ำเสียต่อวันสูง

การลดมลสารในน้ำเสียชุมชน อันได้แก่ สารอินทรีย์ ของแข็งละลายน้ำ ของแข็งแขวนลอย ธาตุอาหาร และอื่นๆ หรือการบำบัดน้ำเสียชุมชนนั้น เป็นวิธีการหนึ่งในการป้องกันและลดปัญหาจากน้ำเสียชุมชน ซึ่งวิธีการในการบำบัดนั้นมีหลายวิธีด้วยกัน การบำบัดน้ำเสียด้วยระบบบึงประดิษฐ์เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถลดมลสารในน้ำเสียชุมชนได้จริง และมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ เพราะเป็นระบบบำบัดที่มีราคาในการก่อสร้างและดำเนินการต่ำ ดูแลรักษาง่าย และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การนำระบบบึงประดิษฐ์มาใช้ในการบำบัดน้ำเสีย จึงมีความเป็นไปได้สูง ทั้งนี้ กระบวนการบำบัดที่เกิดขึ้นภายในระบบบึงประดิษฐ์ส่วนหนึ่งเป็นผลจากพืชที่นำมาใช้ ซึ่งถือเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งของระบบ การคัดเลือกชนิดพืชมาใช้ในระบบนั้น นอกจากจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดของระบบแล้ว ยังส่งผลต่อการจัดการพืชในระบบเพื่อรักษาประสิทธิภาพของระบบ รวมถึงการนำพืชนั้นไปกำจัดหรือนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไปอีกด้วย

โครงการศึกษาวิจัยนี้ เป็นการนำเสนอแนวทางในการบำบัดน้ำเสียชุมชนซึ่งไม่มีการปนเปื้อนมลสารที่มีความเป็นพิษรุนแรง ด้วยระบบบึงประดิษฐ์ ทั้งนี้เป็นการศึกษาถึงประสิทธิภาพในการบำบัดมลสารของระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง โดยพืชที่ใช้ในระบบนั้นเป็นหญ้าอาหารสัตว์ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เมื่อถึงระยะเวลาที่ต้องเก็บเกี่ยวออกจากระบบ ผลการศึกษาอาจใช้เป็นทางเลือกหนึ่งในการผลิตหญ้าอาหารสัตว์ในภาวะที่มีข้อจำกัดด้านทรัพยากรน้ำ หรือต้องการลดการใช้ปุ๋ยในการผลิตหญ้าอาหารสัตว์ และสามารถใช้เป็นแนวทางในการใช้ทรัพยากรน้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุดภายใต้สถานการณ์ที่ปัญหาด้านทรัพยากรน้ำและปัญหามลพิษน้ำมีความรุนแรงเช่นในปัจจุบันนี้

2 วัตถุประสงค์งานวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียชุมชนของระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง ที่ปลูกหญ้าอาหารสัตว์ต่างชนิดกัน

2.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของหญ้าอาหารสัตว์ในการสะสมธาตุอาหารจากน้ำเสีย

2.3 เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตหญ้าอาหารสัตว์ที่ปลูกในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง

3 วิธีดำเนินการวิจัย

โครงการวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาถึงประสิทธิภาพของระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง ที่ภายในระบบทำการปลูกหญ้าอาหารสัตว์ต่างชนิดกัน ในการบำบัดมลสารประเภทต่างๆ ในน้ำเสียชุมชน และศึกษาถึงประสิทธิภาพของหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิดในการสะสมธาตุอาหาร และการเจริญเติบโต ปริมาณผลผลิตและคุณภาพของหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิดที่ใช้ในระบบ โดยมีขั้นตอนวิธีการวิจัย การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง และการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

3.1 การเตรียมหน่วยทดลอง

เตรียมระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง จากบล็อกคอนกรีตทรงกระบอก (วงคอนกรีต) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 m สูง 1 m ระดับความลาดชันที่พื้นบ่อ 1 % บรรจุวัสดุปลูกประเภทกรวดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ประมาณ 3-6 cm ลงแปลง สูง 15 cm จากก้นแปลง บรรจุทรายหยาบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.00-4.75 mm หนา 45 cm และ บรรจุทรายขนาดกลาง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1-3 mm หนา 10 cm ตามลำดับ ซึ่งวัสดุปลูกเหล่านี้ จะใช้เป็นตัวกลาง (Media) และวัสดุกรองของระบบ ติดตั้งท่อนำน้ำเสียเข้าสู่ระบบที่บริเวณผิวหน้าของตัวกลาง และติดตั้งท่อรับน้ำออกที่บริเวณก้นแปลง โดยท่อนำน้ำเสียจะกระจายน้ำเสียลงสู่ระบบ และน้ำเสียจะไหลผ่านชั้นตัวกลางและไหลเข้าสู่ท่อรวบรวมน้ำเสียที่บริเวณก้นแปลง ซึ่งจะรวบรวมน้ำเสียออกนอกระบบ

เมื่อเตรียมหน่วยทดลองแล้วเสร็จ จึงทำการปลูกหญ้าอาหารสัตว์จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ หญ้าขน (*Brachiaria mutica*) หญ้าอะตราตั้ม (*Paspalum atratum*) และหญ้าแพงโกล่า (*Digitaria decumbens*) ซึ่งเป็นหญ้าที่เติบโตได้ในพื้นที่ลุ่มที่มีน้ำท่วมขังเป็นบางช่วงเวลา ลงในหน่วยทดลอง โดยทำการปลูกชนิดละ 2 แปลง (2 replications) ที่ระยะปลูก 50 x 50 cm แล้วใช้น้ำประปารด จนกระทั่งหญ้าสามารถตั้งตัวได้ในระบบ

3.2 การดำเนินการทดลอง

เมื่อหญ้าอาหารสัตว์ ทั้ง 3 ชนิด สามารถปรับตัวและเจริญเติบโตได้ดี จึงทำการตัดให้มีความสูงเท่ากันที่ระดับ 25 cm เหนือวัสดุปลูก แล้วจึงระบายน้ำเสียชุมชนซึ่งรวบรวมจากอาคารโรงอาหาร ลงสู่ระบบด้วยอัตราภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ (Hydraulic loading rate: HLR) 20 cm/day หรือ 100.6 l/day เพื่อให้น้ำเสียได้ถูกบำบัดด้วยกระบวนการบำบัดที่เกิดขึ้นภายในระบบ ดำเนินระบบอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 4.5 เดือน โดยในระหว่างดำเนินระบบ จะทำการเก็บเกี่ยวหญ้าออกจากระบบ 3 ครั้ง โดยทำการเก็บเกี่ยวครั้งแรกภายหลังจากที่ระบบเริ่มบำบัดเป็นระยะเวลา 60 วัน ทำการเก็บเกี่ยว ครั้งที่ 2 ที่

ระยะ 40 วัน หลังการเก็บเกี่ยวในครั้งแรก และทำการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 ที่ระยะ 40 วัน หลังการเก็บเกี่ยวในครั้งที่ 2 ซึ่งเป็นช่วงเวลาของการเก็บเกี่ยวหญ้าอาหารสัตว์ของเกษตรกรโดยทั่วไป

3.3 การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง

1) ตัวอย่างน้ำ

เริ่มทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียและน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว หลังจากระบบได้เริ่มกระบวนการบำบัดแล้วเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ โดยจะทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่ระบายลงสู่แปลง (Influent) และน้ำที่ผ่านการบำบัด (Effluent) จากจุดระบายน้ำออก (Outlet point) ของทุกแปลง ภายหลังจากที่น้ำเสียได้ถูกบำบัดภายในระบบ ทั้งนี้จะทำการเก็บตัวอย่างน้ำทุกๆ สัปดาห์ ตลอดระยะเวลาดำเนินระบบ นำตัวอย่างน้ำที่ได้ ไปทำการวิเคราะห์ค่าดัชนีคุณภาพน้ำ ได้แก่ DO, pH, COD, TSS, TKN, NH_3N, NO_xN และ TP โดยบางดัชนีจะทำการตรวจวัดในภาคสนาม ณ จุดเก็บตัวอย่าง บางดัชนีจะทำการตรวจวัดที่ห้องปฏิบัติการของคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยใช้วิธีการในการเก็บตัวอย่าง รักษาตัวอย่าง และวิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างตามที่ได้กำหนดไว้ใน Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA, WPCF, 1992)

2) ตัวอย่างพืช

ทำการตรวจวัดตัวอย่างพืชในภาคสนามและเก็บตัวอย่างพืชแต่ละชนิด มาทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยจะทำการตัดเก็บตัวอย่างพืชมาทำการวิเคราะห์ จำนวน 4 ครั้ง ดังนี้ ครั้งแรก ทำการเก็บตัวอย่างพืชก่อนเริ่มระบายน้ำเสียลงสู่ระบบ ซึ่งจะใช้เป็นตัวแทนของพืชก่อนการบำบัด ครั้งที่ 2 เป็นการเก็บตัวอย่าง ขณะที่ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตพืชครั้งแรก คือภายหลังจากระบบได้ทำการบำบัดน้ำเสียเป็นระยะเวลา 60 วัน ครั้งที่ 3 ทำการเก็บตัวอย่าง ขณะที่ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตพืชครั้งที่ 2 คือ ที่ระยะ 40 วัน หลังการเก็บเกี่ยวครั้งแรก และทำการเก็บตัวอย่างพืช ครั้งที่ 4 ขณะที่ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตพืชครั้งที่ 3 คือ ที่ระยะ 40 วัน หลังการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 ทั้งนี้ทำการเก็บตัวอย่างพืชที่ระดับความสูง 20 ซม. ในทุกๆ แปลงทดลอง ซึ่งมีดัชนีในการวิเคราะห์พืช ได้แก่ Relative growth rate, Fresh yield, Dry yield, Dry matter, Crude protein, Crude fiber และ Phosphorus

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

1) การบำบัดน้ำเสีย

นำผลการตรวจวัดมาทำการวิเคราะห์ถึงประสิทธิภาพของระบบ ในการบำบัดมลสารในน้ำเสีย ในแต่ละค่าดัชนีคุณภาพน้ำ ในรูปร้อยละของประสิทธิภาพการบำบัด (Removal) และเปรียบเทียบค่าความเข้มข้น (Concentration) ของมลสารในน้ำเสียหลังการบำบัด กับค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง รวมถึงเปรียบเทียบและวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติระหว่างประสิทธิภาพการบำบัดมลสารในน้ำเสียชุมชนของหญ้าอาหารสัตว์ ทั้ง 3 ชนิด และเปรียบเทียบคุณภาพของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากระบบที่ปลูกหญ้าต่างชนิดกัน

2) การสะสมธาตุอาหารของหญ้าอาหารสัตว์

วิเคราะห์ความสามารถของหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิดในการสะสมธาตุอาหาร (ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส) และปริมาณการสะสมในส่วนต่างๆ ของพืช (ส่วนเหนือดิน และส่วนใต้ดิน) ซึ่งจะวิเคราะห์ถึงค่าความแตกต่าง และความแตกต่างทางสถิติของดัชนีที่ทำการตรวจวัดในพืช ทั้ง 3 ชนิด ซึ่งจะบ่งชี้ถึงความสามารถในการบำบัดธาตุอาหารในน้ำเสียของหญ้าอาหารสัตว์ที่ทำการทดลอง

3) การเจริญเติบโต ปริมาณผลผลิต และคุณภาพผลผลิตหญ้าอาหารสัตว์

วิเคราะห์การเจริญเติบโตของหญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิด ที่ปลูกในระบบ โดยทำการวิเคราะห์อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (Relative growth rate) ทำการวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตของหญ้าอาหารสัตว์ และคุณภาพของผลผลิตหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิดในแต่ละระยะเก็บเกี่ยว ทั้งนี้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างและความแตกต่างทางสถิติในด้านการเจริญเติบโต ปริมาณผลผลิต และคุณภาพของผลผลิตหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด และในแต่ละระยะเก็บเกี่ยวด้วย

4 ผลการทดลอง

4.1 ประสิทธิภาพของระบบในการบำบัดน้ำเสียชุมชน

1) ลักษณะน้ำเสียก่อนการบำบัด

น้ำเสียที่ทำการศึกษา เป็นน้ำเสียจากกิจกรรมการประกอบอาหารและกิจกรรมในชีวิตประจำวัน ผลการตรวจวัดคุณสมบัติของน้ำ พบว่าน้ำเสียก่อนบำบัดมีค่า Temp, pH, DO, TSS, COD, NH_3N, NO_3N, TKN และ TP เท่ากับ 20.8-37.7 ^{o}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 ทั้งนี้ พบว่าน้ำเสียก่อนการบำบัด มีค่า pH เป็นกลางถึงกรดเล็กน้อย ค่าของของแข็งแขวนลอยมีช่วงกว้าง เนื่องจากน้ำเสียได้ถูกนำมาพักไว้ในถังรวบรวมน้ำก่อนการระบายลงสู่ระบบบำบัด โดยทำการควบคุมอัตราการไหลลงสู่ระบบด้วยสายยางขนาดเล็ก ทำให้ของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียมีโอกาสเกิดการตกตะกอนลงสู่ก้นถังรวบรวมน้ำเสีย จึงทำให้ค่าของของแข็งแขวนลอย รวมถึงค่า COD และค่าของธาตุอาหารอื่นๆ ในน้ำเสียที่นำมาบำบัด มีค่าต่ำกว่าค่าของมลสารดังกล่าวเหล่านี้ ที่พบในน้ำเสียสดที่ถูกระบายออกจากโรงอาหาร ค่าสารอินทรีย์ในรูปของ COD ค่า TSS ค่า TKN และ ค่า TP ที่พบในน้ำเสียที่ทำการบำบัด มีค่าความเข้มข้นจัดอยู่ในเกณฑ์น้ำเสียชุมชนที่มีค่าความเข้มข้นระดับต่ำ (Metcalf and Eddy, 1991) อย่างไรก็ตาม การลดปริมาณการปนเปื้อนของมลสารที่มีในน้ำเสียก่อนการระบายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ไม่ว่าน้ำเสียนั้นจะมีค่าความเข้มข้นของมลสารที่ปนเปื้อนในระดับใดก็ตาม จะเป็นการช่วยลดผลกระทบต่อแหล่งน้ำและสิ่งแวดล้อมโดยรอบ และหากเป็นการลดความเข้มข้นของ มลสารที่ปนเปื้อนในน้ำเสียนั้นโดยการนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในรูปของธาตุอาหารพืช ก็จะยิ่งเป็นการใช้ทรัพยากรน้ำรวมถึงธาตุอาหารที่ปนเปื้อนในน้ำนั้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการบำบัดน้ำเสียที่มีค่าความเข้มข้นของมลสารปนเปื้อนในระดับต่ำด้วยระบบบำบัดขนาดเล็ก ยังเป็นแนวทางในการประยุกต์นำรูปแบบของการบำบัดไปใช้สำหรับการบำบัดน้ำเสียที่มีค่าความเข้มข้นสูงขึ้นด้วยระบบที่มีขนาดใหญ่ขึ้นหรือมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

2) คุณสมบัติของน้ำเสียหลังการบำบัด และประสิทธิภาพการบำบัดของระบบ

2.1) คุณสมบัติโดยทั่วไปของน้ำเสียหลังการบำบัด

น้ำเสียหลังการบำบัด มีอุณหภูมิระหว่าง 20.10-32.00 °C อุณหภูมิของน้ำเสียก่อนและหลังการบำบัดมีค่าไม่แตกต่างกันนัก โดยจะพบว่าอุณหภูมิของน้ำเสียก่อนการบำบัดมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำเสียหลังการบำบัดเล็กน้อย ทั้งนี้ เนื่องจากน้ำเสียได้ถูกรวบรวมไว้ในถังเก็บรวบรวมน้ำเสียก่อนการบำบัด และในขณะที่น้ำเสียถูกระบายเข้าสู่ระบบบำบัดนั้น น้ำเสียจะไหลลงสู่ชั้นวัสดุกรองจึงไม่ได้สัมผัสกับแสงหรือความร้อนมากนัก จึงทำให้อุณหภูมิของน้ำก่อนและหลังการบำบัดไม่แตกต่างกัน โดยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าแพงโกล่า แปลงหญ้าอะตราตั้ม และแปลงหญ้าขน มีค่าอุณหภูมิระหว่าง 20.10-31.90, 20.10-31.90 และ 20.20-32.00 °C ตามลำดับ ซึ่งจะพบว่าอุณหภูมิของน้ำเสียที่ถูกบำบัดด้วยแปลงหญ้าต่างชนิดกัน มีค่าไม่แตกต่างกัน โดยอุณหภูมิของน้ำเสียหลังการบำบัด มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 25.64-25.77 °C

ค่า pH ของน้ำเสียหลังการบำบัด มีค่าระหว่าง 6.21-8.01 ซึ่งพบว่า น้ำเสียหลังการบำบัด มีค่าเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นด่างเล็กน้อย โดยค่า pH ของน้ำเสียก่อนและหลังการบำบัด มีค่าไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเสียชุมชนที่ผ่านการบำบัดจากระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว พบว่ามีความแตกต่างกัน โดย ค่า pH ของน้ำเสียชุมชนที่ผ่านการบำบัดจากระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว มักจะพบว่ามีค่าของ pH สูงขึ้น เมื่อเทียบกับ ค่า pH ของน้ำเสียก่อนการบำบัด (พันธ์ทิพย์, 2550; พันธ์ทิพย์, 2551) ซึ่งเป็นผลจากกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชสีเขียวในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว ที่ได้รับแสงแดดและได้รับธาตุอาหารจากน้ำเสีย ทำให้มีสภาพที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์แสง จึงเกิดการใช้ CO_2 ในน้ำ ทำให้ CO_2 อิสระในน้ำลดลง ซึ่งจะทำให้ค่า pH ของน้ำ มีค่าสูงขึ้น (ประเทือง, 2534) ทั้งนี้ น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าแพงโกล่า แปลงหญ้าอะตราตั้ม และแปลงหญ้าขน ในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง มีค่า pH ระหว่าง 6.21-8.01, 6.55-7.98 และ 6.75-7.83 ตามลำดับ ซึ่งพบว่า pH ของน้ำ มีค่าไม่แตกต่างกันระหว่างชนิดหญ้าที่ใช้ในการบำบัด โดยน้ำเสียหลังการบำบัด มีค่า pH เฉลี่ย เท่ากับ 7.11-7.26

น้ำเสียหลังการบำบัด มี ค่า DO สูงขึ้น และมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของค่า DO ในน้ำเสียก่อนการบำบัด โดยน้ำเสียหลังการบำบัด มีค่า DO ระหว่าง 3.57-7.24 mg/l ทั้งนี้ เนื่องจากน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดมีปริมาณการปนเปื้อนมลสารลดลง โดยเฉพาะการลดลงของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ซึ่งจะทำให้ออกซิเจนในน้ำที่จะถูกใช้ไปโดยจุลินทรีย์ในการย่อยหรือใช้ในการเปลี่ยนรูปของของเสียนั้นๆ มีปริมาณลดลง ทั้งนี้ จะพบว่าเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับค่าดัชนีคุณภาพน้ำอื่นๆ ของน้ำเสียหลังการบำบัด ที่พบว่ามีปริมาณการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ในรูปของ COD ลดลง ปริมาณ DO ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าแพงโกล่า แปลงหญ้าอะตราตั้ม และแปลงหญ้าขน มีค่าระหว่าง 3.57-6.82, 3.99-7.24 และ 4.02-6.83 mg/l ตามลำดับ โดยพบว่าน้ำเสียหลังการบำบัด มีค่า DO เฉลี่ย เท่ากับ 5.49-5.66 mg/l ซึ่งพบว่าไม่แตกต่างกันระหว่างชนิดหญ้าที่ใช้ในการบำบัด

2.2) ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบและปริมาณการปนเปื้อนมลสาร

ผลการศึกษาถึงประสิทธิภาพของระบบบำบัดบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง ที่ทำการปลูกหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด ในการบำบัดมลสารในน้ำเสียชุมชน และผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดของระบบที่ทำการศึกษานี้ กับประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนของระบบบำบัดบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว ที่ทำการปลูกหญ้าอาหารสัตว์ชนิดเดียวกันนี้ ซึ่ง

ทำการศึกษา โดย พันธ์ทิพย์ (2551) ซึ่งในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิวนั้น น้ำเสียชุมชนที่ทำการบำบัดได้ถูกกักพักไว้ในระบบที่ระดับความสูง 15 ซม. จากระดับผิวหน้าวัสดุปลูก เป็นระยะเวลาต่อเนื่องกัน 5 วัน แล้วจึงระบายน้ำเสียออกจากระบบ และปล่อยระบบไว้ให้แห้ง เป็นระยะเวลาต่อเนื่องกัน 2 วัน โดยระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว มีอัตราภาระบรรทุกทางชลศาสตร์เท่ากับ 0.09 ลบ.ม/วัน มีดังนี้

(1) การบำบัดสารอินทรีย์

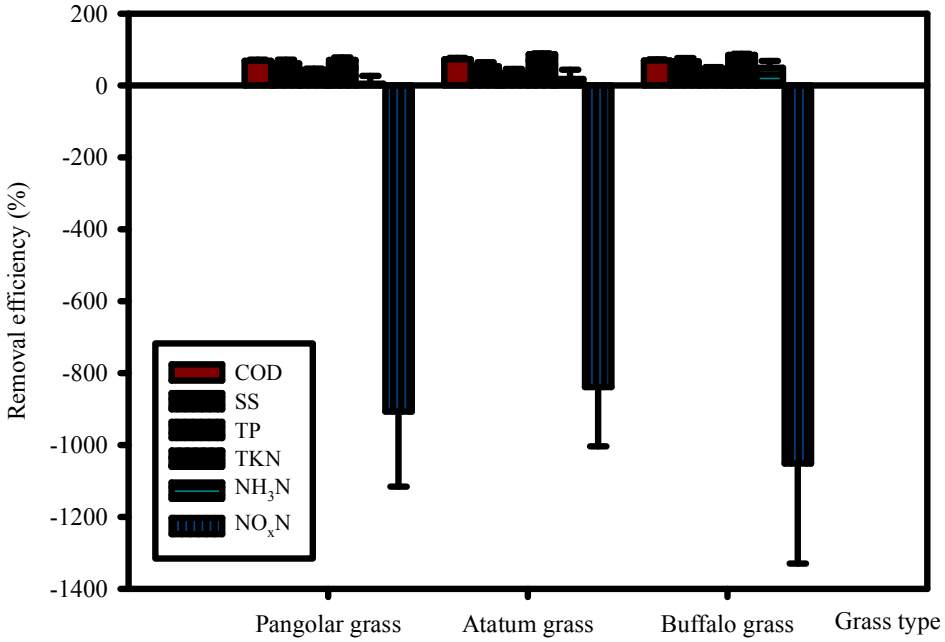
ประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์ในรูปความเข้มข้นของ COD ของระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่งที่ทำการศึกษา พบว่า มีค่าระหว่าง 36.59-92.50 % โดยหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน มีประสิทธิภาพในการลดค่าความเข้มข้นของ COD ในน้ำเสียเท่ากับ 40.95-88.27, 36.59-92.50 และ 36.82-86.51 % ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดโดยเฉลี่ย พบว่า แปลงหญ้าอะตราตั้ม สามารถบำบัด COD ได้ดีกว่า แปลงหญ้าขน และแปลงหญ้าแพงโกล่า ซึ่งมีประสิทธิภาพการบำบัด COD ใกล้เคียงกัน โดยประสิทธิภาพการบำบัด COD ของแปลงหญ้าอาหารสัตว์เฉลี่ย เท่ากับ 69.0-72.9 % ซึ่งพบว่าประสิทธิภาพการบำบัด COD ของแปลงหญ้าทุกชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 (ภาพที่ 1)

ค่าความเข้มข้นของ COD ในน้ำเสียหลังการบำบัดมีค่าลดลงและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อเทียบกับค่าของ COD ในน้ำเสียก่อนการบำบัด โดยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์ มีค่า COD ระหว่าง 7.27-98.82 mg/l ทั้งนี้ พบว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอะตราตั้ม มีค่า COD โดยเฉลี่ยต่ำกว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าขน และแปลงหญ้าแพงโกล่า ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของ COD ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าทุกชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05

เมื่อเปรียบเทียบกับการบำบัดของระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิวที่ทำการปลูกหญ้าอาหารสัตว์ชนิดเดียวกัน ซึ่งมีประสิทธิภาพในการบำบัด COD เฉลี่ย ระหว่าง 36.3-42.9 % นั้น (พันธ์ทิพย์, 2551) จะพบว่าบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง มีประสิทธิภาพในการบำบัด COD สูงกว่า โดยในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิวนั้น แปลงหญ้าขน สามารถบำบัด COD ได้ดีกว่า แปลงหญ้าอะตราตั้ม และแปลงหญ้าแพงโกล่า ตามลำดับ ทั้งนี้ ประสิทธิภาพในการบำบัด COD ของแปลงหญ้าแต่ละชนิดในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P\geq$0.05) เช่นเดียวกับที่พบในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง

(2) การบำบัดของแข็ง

ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็ง ในรูปความเข้มข้นของ TSS ของระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่งที่ทำการศึกษา พบว่า มีค่าระหว่าง -325.00 ถึง 100.00 % โดยหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน มีประสิทธิภาพในการลดค่าความเข้มข้นของ TSS ในน้ำเสียเฉลี่ยเท่ากับ 61.69, 53.49 และ 67.42 % ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดโดยเฉลี่ย พบว่าแปลงหญ้าขนสามารถบำบัด TSS ได้ดีกว่าแปลงหญ้าแพงโกล่า และแปลงหญ้าอะตราตั้ม ตามลำดับ โดยประสิทธิภาพการบำบัด TSS ของแปลงหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ประสิทธิภาพการบำบัดมลสาร ของระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง

ค่าความเข้มข้นของ TSS ในน้ำเสียหลังการบำบัดมีค่าลดลงและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อเทียบกับค่าของ TSS ในน้ำเสียก่อนการบำบัด โดยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงพืชอาหารสัตว์ มีค่า TSS ระหว่าง 0.00-22.00 mg/l ทั้งนี้ พบว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าขน จะมีค่า TSS ปนเปื้อนโดยเฉลี่ยต่ำกว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าแพงโกล่าและแปลงหญ้าอะตราตั้ม ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของ TSS ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05

เมื่อเปรียบเทียบกับการบำบัดของระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิวที่ทำการปลูกหญ้าอาหารสัตว์ชนิดเดียวกัน ซึ่งพบว่ามีประสิทธิภาพในการบำบัด TSS เฉลี่ย ระหว่าง (-17.4) ถึง (-16.5) % นั้น (พันธ์ทิพย์, 2551) จะพบว่าระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง มีประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยได้ดีกว่า เนื่องจากในกระบวนการบำบัดนั้น น้ำเสียได้ไหลผ่านชั้นของตัวกรอง ทำให้ของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียได้ถูกกรองไว้ด้วยวัสดุกรอง ดังนั้น ของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจึงมีปริมาณลดลงอย่างชัดเจน ในขณะที่ น้ำเสียในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิวนั้น ของแข็งแขวนลอยจะถูกบำบัดโดยกระบวนการตกตะกอน การกรองและดูดซับไว้โดยลำต้นของพืชที่จมอยู่ในน้ำ อย่างไรก็ตาม นอกจากจะเป็นระบบที่ได้รับน้ำเสียซึ่งมีธาตุอาหารปนเปื้อนอยู่ในปริมาณสูงแล้ว ระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว ยังเป็นระบบที่น้ำเสียมีโอกาสได้รับแสงจากดวงอาทิตย์ จึงทำให้พืชน้ำสีเขียวขนาดเล็กในระบบสามารถเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างมากมาย ซึ่งจะเป็นการเพิ่มปริมาณของสารอินทรีย์ รวมถึงปริมาณของของแข็งแขวนลอยให้กับระบบด้วยเช่นกัน ดังนั้น จึงพบว่าระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิว มักจะมีประสิทธิภาพในการบำบัด TSS สูงกว่าระบบ

บึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ พันธ์ทิพย์ (2550) ซึ่งพบว่า ระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวราบ (Horizontal subsurface flow constructed wetland) มีประสิทธิภาพในการบำบัด TSS สูงกว่าระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ทั้งนี้ พบว่าในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิวที่ทำการปลูกหญ้าอาหารสัตว์ชนิดเดียวกันนั้น แปลงหญ้าอะตราตั้ม สามารถบำบัด TSS ได้ดีกว่า แปลงหญ้าแพงโกล่า และแปลงหญ้าขน ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพในการบำบัด TSS ของแปลงหญ้าแต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 เช่นเดียวกับที่พบในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง

(3) การบำบัดธาตุอาหารฟอสฟอรัส

ประสิทธิภาพการบำบัดธาตุอาหารฟอสฟอรัส ในรูปความเข้มข้นของ TP ของระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่งที่ทำการศึกษา พบว่า มีค่าระหว่าง -151.80 ถึง 72.15 % โดยหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน มีประสิทธิภาพในการลดค่าความเข้มข้นของ TP ในน้ำเสียเท่ากับ 18.51-72.15, -151.80-66.17 และ 6.54-67.67 % ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดโดยเฉลี่ย พบว่า แปลงหญ้าขน สามารถบำบัด TP ได้ดีกว่า แปลงหญ้าแพงโกล่า และแปลงหญ้าอะตราตั้ม ตามลำดับ โดยประสิทธิภาพการบำบัด TP ของแปลงหญ้าแต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 (ภาพที่ 1)

จากการศึกษาจะพบว่า แม้บางขณะค่าความเข้มข้นของ TP ในน้ำเสีย หลังการบำบัดจะมีค่าสูงกว่าค่าความเข้มข้นของ TP ในน้ำเสียก่อนการบำบัด แต่ค่าความเข้มข้นของ TP ในน้ำเสียหลังการบำบัดโดยเฉลี่ย พบว่ามีค่าต่ำกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของ TP ในน้ำเสียก่อนการบำบัด โดยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์ มีค่าความเข้มข้นของ TP ระหว่าง 0.20-1.42 mg/l ทั้งนี้ พบว่า TP ที่เหลือปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียภายหลังการบำบัด จะมีปริมาณเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับประสิทธิภาพการบำบัด คือ น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าขน มีค่า TP ปนเปื้อนโดยเฉลี่ยต่ำกว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าแพงโกล่า และแปลงหญ้าอะตราตั้ม ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของ TP ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าแต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05

เมื่อเปรียบเทียบกับการบำบัดของระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิวที่ทำการปลูกหญ้าอาหารสัตว์ชนิดเดียวกัน ซึ่งพบว่ามีประสิทธิภาพในการบำบัด TP เฉลี่ย ระหว่าง 11.9-26.7 % นั้น (พันธ์ทิพย์, 2551) จะพบว่าประสิทธิภาพการบำบัด TP ของระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง มีค่าเฉลี่ยสูงกว่า โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 34.69-46.90 % ทั้งนี้ ส่วนหนึ่งเป็นผลจากลักษณะการไหลของน้ำเสียในระบบที่มีการไหลที่แตกต่างกัน

(4) การบำบัดธาตุอาหารไนโตรเจน

ประสิทธิภาพการบำบัดธาตุอาหารไนโตรเจน ในรูปความเข้มข้นของ TKN, NH_3N และ NO_xN ของระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่งที่ทำการศึกษา พบว่า มีค่า 19.40-97.62, -378.95-97.84 และ -3,421.00-60.00 % ตามลำดับ โดยหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน มีประสิทธิภาพในการลดค่าความเข้มข้นของ TKN ในน้ำเสียเท่ากับ 19.40-97.14, 55.67-97.62 และ 52.04-97.14 % ตามลำดับ มีประสิทธิภาพในการลดค่าความเข้มข้นของ NH_3N ในน้ำเสียเท่ากับ -300.00-96.40, -378.95-97.26 และ -310.53-97.84 % ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพใน

การลดค่าความเข้มข้นของ NO_xN ในน้ำเสีย เท่ากับ -3,077.70-(-60.20), -2,095.00-(-98.60) และ -3,421.00-60.00 % ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดโดยเฉลี่ย จะพบว่า แปลงหญ้าอะตราตั้ม สามารถบำบัด TKN ได้ดีกว่าแปลงหญ้าขน และแปลงหญ้าแพงโกล่า ตามลำดับ ส่วนแปลงหญ้าขน สามารถบำบัด NH_3N ได้ดีกว่า แปลงหญ้าอะตราตั้ม และแปลงหญ้าแพงโกล่า ตามลำดับ ขณะที่แปลงหญ้าอะตราตั้ม สามารถบำบัด NO_xN ได้ดีกว่า แปลงหญ้าแพงโกล่า และแปลงหญ้าขน ตามลำดับ โดยประสิทธิภาพการบำบัด TKN, NH_3N และ NO_xN ของแปลงหญ้าแต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 (ภาพที่ 1)

ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของ TKN ในน้ำเสียหลังการบำบัดมีค่าลดลงและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของ TKN ในน้ำเสียก่อนการบำบัด โดยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์ มีค่า TKN ระหว่าง 0.28-15.68 mg/l ทั้งนี้ พบว่า TKN ที่เหลือปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียหลังการบำบัด มีปริมาณเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับประสิทธิภาพการบำบัด คือ น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอะตราตั้ม มีค่า TKN ปนเปื้อนโดยเฉลี่ยต่ำกว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าขน และแปลงหญ้าแพงโกล่า ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของ TKN ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดของแปลงหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 เช่นเดียวกันกับค่า TKN ค่าความเข้มข้นของ NH_3N ในน้ำเสียหลังการบำบัดมีค่าลดลงและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับค่าของ NH_3N ในน้ำเสียก่อนการบำบัด โดยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์ มีค่า NH_3N ระหว่าง 0.28-19.04 mg/l ซึ่งจะพบว่าค่า TKN ที่ตรวจพบในน้ำเสียหลังการบำบัดนั้น โดยส่วนใหญ่เป็นค่าของ NH_3N ทั้งนี้ พบว่า NH_3N ที่เหลือปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียหลังการบำบัด มีปริมาณเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับประสิทธิภาพการบำบัด NH_3N คือ น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าขนมีค่า NH_3N ปนเปื้อนโดยเฉลี่ยต่ำกว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอะตราตั้ม และแปลงหญ้าแพงโกล่า ตามลำดับ โดยความเข้มข้นเฉลี่ยของ NH_3N ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าขน มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ NH_3N ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าแพงโกล่า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

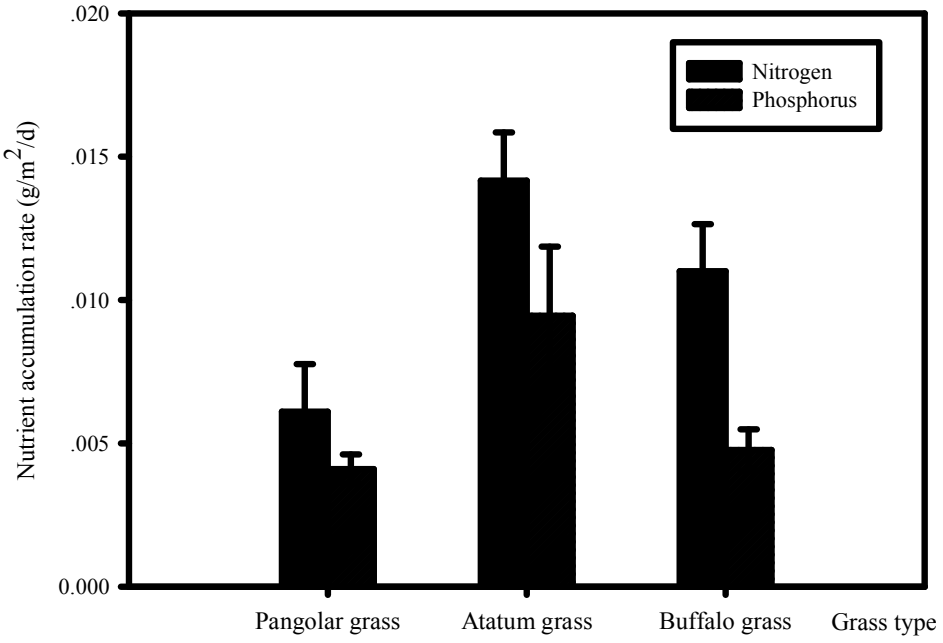
ความเข้มข้นของ NO_xN ในน้ำเสียหลังการบำบัด มีค่าโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับค่าของ NO_xN ในน้ำเสียก่อนการบำบัด โดยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์ มีค่า NO_xN ระหว่าง 0.06-3.40 mg/l ทั้งนี้ พบว่า NO_xN ที่เหลือปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียหลังการบำบัด มีปริมาณเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับประสิทธิภาพการบำบัด NO_xN คือ น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอะตราตั้ม มีค่า NO_xN ปนเปื้อนโดยเฉลี่ยต่ำกว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าแพงโกล่า และแปลงหญ้าขน ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของ NO_xN ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดของแปลงหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05

เมื่อเปรียบเทียบกับการบำบัดของระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิวที่ทำการปลูกหญ้าอาหารสัตว์ชนิดเดียวกัน ซึ่งพบว่ามีประสิทธิภาพในการบำบัด NH_3N เฉลี่ยระหว่าง 77.1-89.1 % นั้น (พันธ์ทิพย์, 2551) จะพบว่าประสิทธิภาพการบำบัด NH_3N ในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง โดยเฉลี่ยมีค่าต่ำกว่ามาก โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 5.16-49.49 %

4.2 ประสิทธิภาพของหญ้าอาหารสัตว์ในการสะสมธาตุอาหาร

1) อัตราการสะสมธาตุอาหารไนโตรเจน

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ความเข้มข้นของไนโตรเจนในรากของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน มีค่า 2.677-6.500, 3.911-4.094 และ 3.933-5.328 g/kg ตามลำดับ ซึ่งพบว่าค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในรากของหญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิด มีค่าสูงขึ้นเมื่อเทียบกับค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในรากก่อนการบำบัด ทั้งนี้ พบว่าตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา รากของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน มีอัตราการสะสมธาตุอาหารไนโตรเจนไว้ในส่วนของราก (ต่อหน่วยพื้นที่ต่อเวลา) เท่ากับ 0.0032-0.0090, 0.0111-0.0172 และ 0.0081-0.0139 $g/m^2/d$ ตามลำดับ โดยรากของหญ้าอะตราตั้ม มีอัตราการสะสมไนโตรเจนเฉลี่ยสูงกว่ารากของหญ้าขน และรากของหญ้าแพงโกล่า ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม พบว่าอัตราการสะสมไนโตรเจนโดยรากของหญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 อัตราการสะสมธาตุอาหารในรากของหญ้าอาหารสัตว์ ในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง

เนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน ที่ทำการเก็บเกี่ยวครั้งแรก คือภายหลังจากระบบเริ่มทำการบำบัดเป็นระยะเวลา 60 วัน มีค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนเท่ากับ 6.542-8.140, 6.530-6.917 และ 5.185-6.750 g/kg ตามลำดับ โดยที่ระยะเก็บเกี่ยวนี้ เนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าแพงโกล่า มีค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงกว่าหญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขนตามลำดับ อย่างไรก็ตาม พบว่า ค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด ที่ทำการเก็บเกี่ยวครั้งแรก มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของธาตุอาหารและอัตราการสะสมธาตุอาหารในเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าอาหารสัตว์ในระบบบึงประดิษฐ์

Nutrient/ Grass type	Nitrogen			Phosphorus		
	Pangolar grass	Atatum grass	Buffalo grass	Pangolar grass	Atatum grass	Buffalo grass
Concentration (g/kg)						
1st 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]
2nd 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
3rd 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 ($g/m^2/d$)						
1st 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]
2nd 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
3rd 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

การสะสมธาตุอาหารไนโตรเจนในเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าอาหารสัตว์ ซึ่งได้จากการดูดซึมของรากพืชแล้วลำเลียงไนโตรเจนไปสะสมไว้ในเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินนั้น พบว่า อัตราการสะสมธาตุอาหารไนโตรเจนในเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งแรก มีค่า 0.0250-0.0353, 0.0386-0.0433 และ 0.0345-0.0460 g/m^2/d ตามลำดับ ทั้งนี้ พบว่า เนื้อเยื่อส่วนเหนือดิน คือลำต้นและใบของหญ้าขน มีอัตราการสะสมไนโตรเจนโดยเฉลี่ย สูงกว่าเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าอะตราตั้ม และหญ้าแพงโกล่า ตามลำดับ โดยพบว่ามีค่าแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 (ตารางที่ 1)

ความเข้มข้นของไนโตรเจนในเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 คือภายหลังจากการเก็บเกี่ยวครั้งแรก เป็นระยะเวลา 40 วัน มีค่า 4.023-5.385, 5.400-6.783 และ 2.756-4.050 g/kg ตามลำดับ โดยที่ระยะเก็บเกี่ยวนี้ เนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าอะตราตั้ม มีค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงกว่าหญ้าแพงโกล่า และหญ้าขน ตามลำดับ และพบว่ามีค่าแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 (ตารางที่ 1)

อัตราการสะสมธาตุอาหารไนโตรเจนในเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 มีค่า 0.0187-0.0366, 0.0440-0.0587 และ 0.0180-0.0260 g/m^2/d ตามลำดับ ทั้งนี้ พบว่าในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 นี้ เนื้อเยื่อส่วนเหนือดิน ของหญ้าอะตราตั้ม มีอัตราการสะสมไนโตรเจนโดยเฉลี่ยสูงกว่าหญ้าแพงโกล่า และหญ้าขน ตามลำดับ และพบว่า มีค่าแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 (ตารางที่ 1)

ความเข้มข้นของไนโตรเจนในเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 คือภายหลังจากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 เป็นระยะเวลา 40 วัน มีค่า 5.405-6.917, 2.654-4.158 และ 2.695-4.110 g/kg ตามลำดับ โดยที่ระยะเก็บเกี่ยวนี้ เนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าแพงโกล่า มีค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงกว่าหญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน ตามลำดับ และพบว่ามีค่าแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 (ตารางที่ 1)

อัตราการสะสมธาตุอาหารไนโตรเจนในเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 มีค่า 0.0232-0.0358, 0.0284-0.0776 และ 0.0218-0.0410 g/m^2/d ตามลำดับ ทั้งนี้ พบว่าในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 นี้ เนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าอะตราตั้ม มีอัตราการสะสมไนโตรเจนโดยเฉลี่ย สูงกว่าหญ้าขน และหญ้าแพงโกล่า อย่างไรก็ตาม พบว่า มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 (ตารางที่ 1)

ทั้งนี้ พบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิดที่ทำการเก็บเกี่ยวออกจากระบบในแต่ละระยะเก็บเกี่ยวนั้น มีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในเนื้อเยื่อพืช ช่วงก่อนการบำบัด และมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ยกเว้นหญ้าขน ซึ่งพบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในเนื้อเยื่อส่วนเหนือดิน ในระยะก่อนการบำบัดมีค่าสูงกว่าเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 และ 3 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากในการเก็บเกี่ยวระยะที่ 2 และ 3 นี้ ปริมาณการผลิตหญ้าขนในรูปของมวลชีวภาพ มีปริมาณสูงกว่ามวลชีวภาพของหญ้าขนในช่วงก่อนการบำบัดอย่างมาก ดังนั้น ไนโตรเจนที่หญ้าขนได้ดูดซึมไว้จึงกระจายไปตามส่วนต่างๆ ของหญ้า ส่งผลให้ค่าของความเข้มข้นลดลงเนื่องจากปริมาณของมวลชีวภาพที่เพิ่มมากขึ้น และเนื่องจากวัสดุที่ใช้เป็นวัสดุปลูกนั้นเป็นหิน กรวด และทรายที่มีธาตุอาหารอยู่น้อย ดังนั้น ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนที่หญ้าได้รับเกือบทั้งหมด จึงเป็นธาตุไนโตรเจนที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียที่

ระบายลงสู่ระบบบำบัดนั่นเอง ดังนั้น การดูดซึมธาตุอาหารดังกล่าวไปใช้ในการเจริญเติบโตของหญ้าอาหารสัตว์ จึงเป็นการลดปริมาณธาตุอาหารที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียด้วย

นอกจาก ค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในเนื้อเยื่อของหญ้าอาหารสัตว์ จะเพิ่มขึ้นจากช่วงก่อนการบำบัดแล้ว ยังพบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในหญ้าอาหารสัตว์ชนิดเดียวกัน ยังมีความแตกต่างกันในแต่ละระยะเก็บเกี่ยว โดยเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าแพงโกล่าที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งแรก มีความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงกว่า เนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าแพงโกล่าในระยะที่ 3 และ 2 ของการเก็บเกี่ยว ตามลำดับ และพบว่ามีค่าแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 (ตารางที่ 1) ส่วนความเข้มข้นของไนโตรเจนในเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขนที่ได้จากการเก็บเกี่ยวในแต่ละระยะ มีค่าเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ เนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขนที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งแรก มีความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงกว่าเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขนที่เก็บเกี่ยวในครั้งที่ 2 และ 3 ตามลำดับ และพบว่ามีค่าแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 (ตารางที่ 1)

นอกจากจะพบว่า อัตราการสะสมไนโตรเจนในเนื้อเยื่อของหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิดที่ได้จากการเก็บเกี่ยวแต่ละครั้ง มีค่าแตกต่างกันแล้ว (P<0.05) ทั้งนี้ ยกเว้นระยะที่ 3 ของการเก็บเกี่ยว ยังพบว่า อัตราการสะสมไนโตรเจนในเนื้อเยื่อของหญ้าขน ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวแต่ละระยะ มีค่าแตกต่างกันด้วย (P<0.05) อย่างไรก็ตาม พบว่า อัตราการสะสมไนโตรเจนในเนื้อเยื่อของหญ้าแพงโกล่า และหญ้าอะตราตั้ม ในแต่ละระยะเก็บเกี่ยว มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 (ตารางที่ 1)

2) อัตราการสะสมธาตุอาหารฟอสฟอรัส

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในรากของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน มีค่า 2.565-3.958, 1.202-3.221 และ 1.601-2.385 g/kg ตามลำดับ ซึ่งพบว่าค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในรากของหญ้าอาหารสัตว์ ทั้ง 3 ชนิด มีค่าสูงขึ้นเมื่อเทียบกับค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในรากก่อนการบำบัด ทั้งนี้ พบว่าตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา รากของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน มีอัตราการสะสมธาตุอาหารฟอสฟอรัสไว้ในส่วนของราก เท่ากับ 0.0031-0.0055, 0.0034-0.0135 และ 0.0033-0.0062 g/m^2/d ตามลำดับ โดยอัตราการสะสมฟอสฟอรัสของรากเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการสะสมไนโตรเจน คือ รากของหญ้าอะตราตั้ม มีอัตราการสะสมฟอสฟอรัสเฉลี่ย สูงกว่ารากของหญ้าขน และหญ้าแพงโกล่า ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม พบว่าอัตราการสะสมฟอสฟอรัสโดยรากของหญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 (ภาพที่ 2)

ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งแรก มีค่า 3.753-4.198, 3.611-4.273 และ 2.034-2.886 g/kg ตามลำดับ โดยในระยะเก็บเกี่ยวนี้ เนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าแพงโกล่า มีค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสสูงกว่าหญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน ตามลำดับ และ พบว่าค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าขน ต่ำกว่าหญ้าชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ตารางที่ 1)

อัตราการสะสมธาตุอาหารฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน ที่ทำการเก็บเกี่ยวครั้งแรก มีค่า 0.0126-0.0166, 0.0226-0.0253 และ 0.0139-0.0192 g/m^2/d ตามลำดับ ทั้งนี้ พบว่าเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าอะตราตั้ม มีอัตราการสะสมฟอสฟอรัสโดยเฉลี่ยสูงกว่าเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าขน และหญ้าแพงโกล่า ตามลำดับ และพบว่ามีค่าแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 (ตารางที่ 1)

ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน ที่ทำการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 มีค่า 3.203-4.072, 2.255-3.212 และ 2.511-3.674 g/kg ตามลำดับ โดยที่ระยะเก็บเกี่ยวนี้ เนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าแพงโกล่า มีค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสสูงกว่า หญ้าขน และหญ้าอะตราตั้ม ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 (ตารางที่ 1)

อัตราการสะสมธาตุอาหารฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน ในระยะที่ 2 ของการเก็บเกี่ยว มีค่า 0.0183-0.0237, 0.0184-0.0278 และ 0.0159-0.0241 g/m^2/d ตามลำดับ ทั้งนี้ พบว่าในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 นี้ เนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าอะตราตั้ม มีอัตราการสะสมฟอสฟอรัสโดยเฉลี่ยสูงกว่าหญ้าแพงโกล่า และหญ้าขน ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 (ตารางที่ 1)

ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน ในระยะที่ 3 ของการเก็บเกี่ยว มีค่า 3.134-3.886, 2.156-2.373 และ 2.308-2.507 g/kg ตามลำดับ โดยที่ระยะเก็บเกี่ยวนี้ เนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าแพงโกล่า มีค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสสูงกว่าหญ้าขน และหญ้าอะตราตั้ม ตามลำดับ และพบว่ามีค่าแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 (ตารางที่ 1)

อัตราการสะสมธาตุอาหารฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน ในระยะที่ 3 ของการเก็บเกี่ยว มีค่า 0.0163-0.0171, 0.0222-0.0435 และ 0.0191-0.0238 g/m^2/d ตามลำดับ ทั้งนี้ พบว่าในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 นี้ เนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าอะตราตั้ม มีอัตราการสะสมฟอสฟอรัสโดยเฉลี่ยสูงกว่าหญ้าขน และหญ้าแพงโกล่า ตามลำดับ และพบว่า มีค่าแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 (ตารางที่ 1)

ทั้งนี้ พบว่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิดที่ทำการเก็บเกี่ยวออกจากระบบในแต่ละระยะเก็บเกี่ยวนั้น โดยส่วนใหญ่มีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อของหญ้าอาหารสัตว์ ช่วงก่อนการบำบัด ยกเว้นความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าขนที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 ซึ่งพบว่ามีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าขน ช่วงก่อนบำบัดเล็กน้อย จากผลการศึกษา พบว่าค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าอาหารสัตว์ชนิดเดียวกัน ในแต่ละระยะเก็บเกี่ยวนั้น มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติที่ระดับ 0.05 ยกเว้นหญ้าอะตราตั้ม ซึ่งพบว่า ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าอะตราตั้มที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งแรกมีค่าสูงที่สุดและแตกต่างจากความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าอะตราตั้มที่ได้จากการเก็บเกี่ยวระยะอื่นๆ อย่างมีนัยทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งนี้ปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่ตรวจพบในเนื้อเยื่อของหญ้าอาหารสัตว์โดยส่วนใหญ่เป็นธาตุอาหารที่พืชดูดซึมจากน้ำเสียที่ระบายลงสู่ระบบบึงประดิษฐ์นั่นเอง

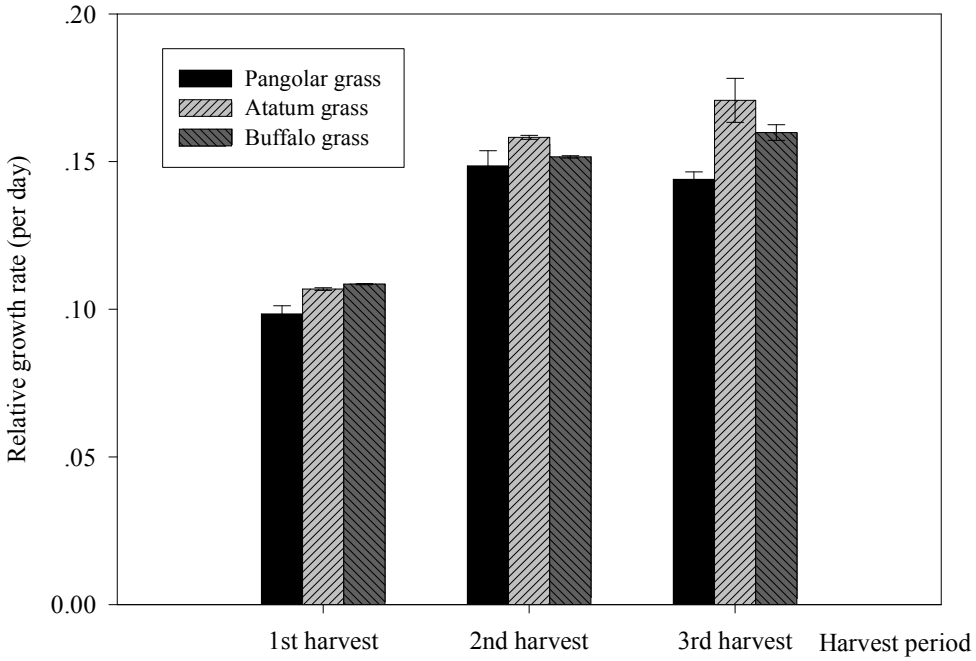
นอกจากจะพบว่า อัตราการสะสมฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อของหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิดที่ได้จากการเก็บเกี่ยวแต่ละครั้งมีค่าแตกต่างกันแล้ว (P<0.05) ยกเว้นหญ้าอาหารสัตว์ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 ยังพบว่า อัตราการสะสมฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อของหญ้าแพงโกล่า ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวแต่ละระยะ มีค่าแตกต่างกันด้วย (P<0.05) อย่างไรก็ตาม พบว่า อัตราการสะสมฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อของหญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน ในแต่ละระยะเก็บเกี่ยวมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 (ตารางที่ 1)

4.3 ปริมาณและคุณภาพของผลผลิตหญ้าอาหารสัตว์

1) อัตราการเติบโตสัมพัทธ์

อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (Relative growth rate: RGR) ของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 มีค่า 0.096-0.101, 0.106-0.107 และ 0.108-0.109 per day ตามลำดับ ในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 ค่า RGR มีค่า 0.143-0.154, 0.157-0.159 และ 0.151-0.152 per day ตามลำดับ และในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 ค่า RGR มีค่า 0.141-0.147, 0.163-0.178 และ 0.157-0.163 per day ตามลำดับ (ภาพที่ 3) ซึ่งพบว่า ค่า RGR ของหญ้าแต่ละชนิดในระยะเก็บเกี่ยวเดียวกัน มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ขณะที่ ค่า RGR ของหญ้าชนิดเดียวกัน ในแต่ละระยะเก็บเกี่ยว มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$) เช่นเดียวกัน

เมื่อเปรียบเทียบกับ ค่า RGR ของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน ในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว จะพบว่า ค่า RGR ของหญ้าแพงโกล่าในทั้งสองระบบ มีค่าใกล้เคียงกัน ขณะที่ ค่า RGR ของหญ้าขนในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว มีค่าสูงกว่าเล็กน้อย ส่วนค่า RGR ของหญ้าอะตราตั้มในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว มีค่าสูงกว่า อย่างไรก็ตาม พบว่าค่า RGR ของหญ้าแต่ละชนิดมีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกันคือ หญ้าอะตราตั้มมี ค่า RGR สูงกว่าหญ้าขน และหญ้าแพงโกล่า ตามลำดับ โดยในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 หญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน ในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว มีค่า RGR เฉลี่ยเท่ากับ 0.098, 0.131 และ 0.110 per day ในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 หญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน ในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว มีค่า RGR เฉลี่ยเท่ากับ 0.148, 0.181 และ 0.167 per day (พันธ์ทิพย์, 2551) อย่างไรก็ตาม พบว่า ค่า RGR ของหญ้าอาหารสัตว์ในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว มีค่าแตกต่างกันระหว่างชนิดหญ้า และระยะเก็บเกี่ยวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพที่ 3 อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของหญ้าอาหารสัตว์ ในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง

2) ผลผลิตมวลชีวภาพของหญ้าอาหารสัตว์

อัตราการผลิตมวลชีวภาพในรูปของผลผลิตน้ำหนักสดของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม 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)

ตารางที่ 2 ผลผลิตมวลชีวภาพของหญ้าอาหารสัตว์

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

อัตราการผลิตมวลชีวภาพในรูปของผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม 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 จะพบว่าหญ้าอะตราตั้ม มีปริมาณผลผลิตน้ำหนักสดและผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงกว่าหญ้าขน และหญ้าแพงโกล่า ตามลำดับ ในทุกระยะเก็บเกี่ยว ยกเว้นในการเก็บเกี่ยวครั้งแรก ซึ่งพบว่าหญ้าขนมีปริมาณผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงกว่าหญ้าอะตราตั้มเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม พบว่าการผลิตมวลชีวภาพทั้งในรูปผลผลิตน้ำหนักสดและผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิด ในแต่ละระยะเก็บเกี่ยว มีปริมาณไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ในขณะที่ การผลิตมวลชีวภาพทั้งในรูปผลผลิต

น้ำหนักสดและผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าชนิดเดียวกัน ที่ระยะเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกันนั้น พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยทางสถิติ ($P \geq 0.05$) เช่นเดียวกัน (ตารางที่ 2)

เมื่อเทียบกับปริมาณผลผลิตมวลชีวภาพในรูปผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขนในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว พบว่ามีทิศทางเช่นเดียวกับอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ คือ ผลผลิตมวลชีวภาพในรูปผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าแพงโกล่าในทั้งสองระบบมีค่าใกล้เคียงกัน ขณะที่ ปริมาณผลผลิตมวลชีวภาพในรูปผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าอะตราตั้มและหญ้าขนในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว พบว่ามีค่าสูงกว่า (พันธ์ทิพย์, 2551)

3) คุณภาพของผลผลิตหญ้าอาหารสัตว์

(1) ค่าวัตถุแห้ง (Dry matter: DM)

ค่าวัตถุแห้งของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน ในระยะที่ 1 ของการเก็บเกี่ยว มีค่าเท่ากับ 23.0-23.7, 18.4-19.6 และ 29.2-31.2 % ตามลำดับ ในระยะ ที่ 2 ของการเก็บเกี่ยว มีค่าเท่ากับ 21.9-24.7, 20.9-21.4 และ 29.6-29.8 % ตามลำดับ และในระยะที่ 3 ของการเก็บเกี่ยว มีค่าเท่ากับ 51.6-53.1, 23.6-25.4 และ 46.3-50.5 % ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ทั้งนี้ พบว่าหญ้าขน มีค่า DM สูงสุดในทุกระยะเกี่ยว ขณะที่ หญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิด มีค่า DM สูงสุดในระยะเก็บเกี่ยวที่ 3 อย่างไรก็ตาม พบว่า ค่า DM ของหญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิด ในแต่ละระยะเก็บเกี่ยว มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ขณะที่ ค่า DM ของหญ้าอาหารสัตว์ชนิดเดียวกัน ในแต่ละระยะเก็บเกี่ยว มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) เช่นเดียวกัน (ตารางที่ 3)

ทั้งนี้ พบว่าค่าเฉลี่ยของ ค่า DM ของหญ้าแพงโกล่าที่ได้จากการเก็บเกี่ยวระยะที่ 1 มีค่าต่ำกว่าค่า DM ของหญ้าแพงโกล่าที่อายุตัดมากกว่า 59 วัน ตามตารางคุณค่าทางโภชนะ ซึ่งระบุค่าของ DM ไว้เท่ากับ 42.51 % ขณะที่ ค่า DM ของหญ้าแพงโกล่า ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวระยะที่ 2 มีค่าต่ำกว่าค่า DM ของหญ้าแพงโกล่าที่อายุตัด 45 วัน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 31.80 % ตามตารางคุณค่าทางโภชนะ (กรมปศุสัตว์, 2547) อย่างไรก็ตาม พบว่า ค่าเฉลี่ยของค่า DM ของหญ้าแพงโกล่าที่ได้จากการเก็บเกี่ยวระยะที่ 3 มีค่าสูงกว่าค่า DM ของหญ้าแพงโกล่าที่อายุตัด 45 วัน

หญ้าอะตราตั้ม ที่เก็บเกี่ยวในระยะที่ 1 และ 2 มีค่าเฉลี่ยของค่า DM ต่ำกว่าค่า DM ที่กำหนดในตารางคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์ ซึ่งระบุว่า หญ้าอะตราตั้มที่อายุการตัด 60 และ 45 วัน มีค่า DM เท่ากับ 27.60 และ 25.06 % (กรมปศุสัตว์, 2547) อย่างไรก็ตาม หญ้าอะตราตั้มที่เก็บเกี่ยวในระยะที่ 3 มีค่า DM ใกล้เคียงกับค่า DM ของหญ้าอะตราตั้มที่อายุการตัด 45 วัน

ค่าเฉลี่ยของค่า DM ของหญ้าขนที่ได้จากการเก็บเกี่ยวระยะที่ 1 และ 2 มีค่าใกล้เคียงกับค่า DM ของหญ้าขนที่อายุตัด 60 และอายุตัด 45 วัน ตามตารางคุณค่าทางโภชนะ ซึ่งมีค่าของ DM เท่ากับ 29.88 และ 28.45 % (กรมปศุสัตว์, 2547) ขณะที่ ค่า DM ของหญ้าขนที่ได้จากการเก็บเกี่ยวระยะที่ 3 มีค่าสูงกว่า 28.45 % ซึ่งเป็นค่า DM ของหญ้าขนที่อายุตัด 45 วัน ตามตารางคุณค่าทางโภชนะ

ตารางที่ 3 คุณภาพของผลผลิตพืชอาหารสัตว์

Parameters (unit)	Grass type		
	Pangola grass (*Digitaria decumbens*)	Atratum grass (*Paspalum atratum*)	Buffalo grass (*Brachiaria mutica*)
Dry matter (%)[1/]			
- 1st harvest (60 day after operation startup)	23.3±0.5	19.0±0.8	30.2±1.4
- 2nd harvest (40 d after 1st harvest)	23.3±2.0	21.1±0.3	29.7±0.1
- 3rd harvest (40 d after 2nd harvest)	52.3±1.0	24.5±1.3	48.4±3.0
Crude protein (% on dry basis)[2/]			
- 1st harvest (60 day after operation startup)	4.83±0.49^{a}	4.20±0.10^{a}	3.93±0.46^{a}
- 2nd harvest (40 d after 1st harvest)	2.93±0.45^{ABc}	3.62±0.42^{Ab}	2.31±0.39^{Bb}
- 3rd harvest (40 d after 2nd harvest)	3.85±0.51^{Ab}	2.15±0.52^{Bb}	2.10±0.48^{Bb}
Crude fiber (% on dry basis) [2/]			
- 1st harvest (60 day after operation startup)	30.18±1.28^{A}	25.95±0.77^{B}	27.62±0.81A^{Ba}
- 2nd harvest (40 d after 1st harvest)	26.76±0.65	25.45±0.57	25.22±0.63^{b}
- 3rd harvest (40 d after 2nd harvest)	29.95±0.93^{A}	26.64±1.52^{B}	26.24±0.57^{Bb}
P (% on dry basis) [2/]			
- 1st harvest (60 day after operation startup)	0.396±0.020^{A}	0.386±0.031^{Aa}	0.248±0.039^{B}
- 2nd harvest (40 d after 1st harvest)	0.365±0.042	0.261±0.042^{b}	0.304±0.060
- 3rd harvest (40 d after 2nd harvest)	0.352±0.038^{A}	0.226±0.011^{Bb}	0.239±0.008^{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 $P \geq 0.05$.

[1/] Sample size (n) = 2

[2/] Sample size (n) = 4

เมื่อเปรียบเทียบ ค่า DM ของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขนในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง กับค่า DM ของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขนในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว พบว่าค่า DM ของหญ้าแพงโกล่า ในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว มีค่าสูงกว่า โดยมีค่าเฉลี่ยวัตถุแห้งของหญ้าแพงโกล่า ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวในระยะที่ 1 และ 2 เท่ากับ 27.3 และ 32.4 % (พันธ์ทิพย์, 2552) ค่า DM ของหญ้าอะตราตั้มในระบบบึงประดิษฐ์ทั้งสองประเภท คือประเภทน้ำไหลเหนือผิวและประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่งที่ทำการศึกษานี้ มีค่าใกล้เคียงกัน โดยค่าเฉลี่ยวัตถุแห้งของหญ้าอะตราตั้ม ในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว ในระยะที่ 1 และ 2 ของการเก็บเกี่ยว มีค่าเท่ากับ 22.6 และ 18.3 % ส่วนค่า DM ของหญ้าขนในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิวดิน ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวในระยะที่ 1 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 36.4 % นั้น (พันธ์ทิพย์, 2552) มีค่าสูงกว่าค่า DM ของหญ้าขนในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง ที่ได้จากระยะเก็บเกี่ยวเดียวกัน ในขณะที่ ค่า DM ของหญ้าขนในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวในระยะที่ 2 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 22.6 % นั้น มีค่าต่ำกว่าค่า DM ของหญ้าขนในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง ที่ได้จากระยะเก็บเกี่ยวเดียวกัน ทั้งนี้ ค่า DM ของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน ในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว ที่ระยะเก็บเกี่ยวเดียวกัน มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (พันธ์ทิพย์, 2552)

(2) โปรตีนหยาบ (Crude protein: CP)

ปริมาณโปรตีนหยาบต่อน้ำหนักแห้งในผลผลิตหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งแรก มีค่าเท่ากับ 4.09-5.09, 4.08-4.32 และ 3.24-4.22 % ตามลำดับ การเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 มีค่าเท่ากับ 2.51-3.37, 3.38-4.24 และ 1.72-2.53 % ตามลำดับ และในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 มีค่าเท่ากับ 3.38-4.32, 1.66-2.60 และ 1.68-2.57 % ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ทั้งนี้ พบว่า ปริมาณของ CP ในผลผลิตหญ้าอาหารสัตว์ชนิดเดียวกัน มีค่าแตกต่างกันระหว่างระยะเก็บเกี่ยวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งจะพบว่าผลผลิตหญ้าอาหารสัตว์ ทั้ง 3 ชนิด ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งแรกมีปริมาณ CP สูงสุด ขณะที่ผลผลิตที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 และ 3 มีปริมาณของ CP ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P\geq0.05$) ยกเว้นผลผลิตหญ้าแพงโกล่า ซึ่งพบว่าผลผลิตที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 มีปริมาณ CP สูงกว่าปริมาณ CP ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 นอกจากนั้นยังพบว่าปริมาณ CP ในผลผลิตหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิดที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 และ 3 มีปริมาณแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของ CP ในผลผลิตหญ้าอาหารสัตว์ ที่ระบุในตารางคุณค่าทางโภชนะ จะพบว่าค่าเฉลี่ยของ CP ในหญ้าแพงโกล่าที่ได้จากการเก็บเกี่ยวในระยะที่ 1 มีค่าต่ำกว่าค่า CP ของหญ้าแพงโกล่าที่อายุตัดมากกว่า 59 วัน ตามตารางคุณค่าทางโภชนะ ซึ่งระบุค่าของ CP ไว้เท่ากับ 5.18 % ขณะที่ ค่า CP ของหญ้าแพงโกล่า ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวระยะที่ 2 และ 3 มีค่าต่ำกว่าค่า CP ของหญ้าแพงโกล่าที่อายุตัด 45 วัน และอายุตัด 30 วัน ตามตารางคุณค่าทางโภชนะซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.88 และ 12.27 % (กรมปศุสัตว์, 2547) เช่นเดียวกัน

ค่าเฉลี่ยของ CP ในหญ้าอะตราตั้ม ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวในระยะที่ 1, 2 และ 3 มีค่าต่ำกว่าค่า CP ของหญ้าอะตราตั้ม ที่กำหนดในตารางคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์ ซึ่งระบุว่าหญ้าอะตราตั้มที่อายุการตัด 60 และ 45 วัน มีค่าของ CP เท่ากับ 5.91 และ 7.02 % (กรมปศุสัตว์, 2547)

ค่าเฉลี่ยของ CP ในหญ้าขน ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวในระยะที่ 1, 2 และ 3 มีค่าต่ำกว่าค่า CP ในหญ้าขนที่กำหนดในตารางคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์เช่นกัน โดยตารางคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้ระบุว่า หญ้าขนที่อายุการตัด 60 และ 45 วัน มีค่าของ CP เท่ากับ 5.85 และ 7.43 % (กรมปศุสัตว์, 2547)

เมื่อเปรียบเทียบ ค่า CP ของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขนที่ผลิตในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง กับค่า CP ของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขนในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว พบว่าค่า CP ของหญ้าแพงโกล่า ในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว มีค่าสูงกว่า โดยมีค่าเฉลี่ย CP ของหญ้าแพงโกล่า ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวในระยะที่ 1 และ 2 เท่ากับ 5.46 และ 7.43 % (พันธ์ทิพย์, 2552) ค่า CP ของหญ้าอะตราตั้มที่ได้จากการเก็บเกี่ยวในระยะที่ 1 จากระบบบึงประดิษฐ์ทั้งสองประเภท คือประเภทน้ำไหลเหนือผิวและประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่งที่ทำการศึกษานี้ มีค่าใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม พบว่าหญ้าอะตราตั้มที่ได้จากการเก็บเกี่ยวในระยะที่ 2 จากระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว จะมีค่า CP สูงกว่า โดยค่าเฉลี่ย CP ของหญ้าอะตราตั้ม ในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว ในระยะที่ 1 และ 2 ของการเก็บเกี่ยว มีค่าเท่ากับ 3.60 และ 6.58 % ขณะที่ ค่า CP ของหญ้าขนในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว มีค่าสูงกว่าค่า CP ของหญ้าขนในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่งเช่นกัน โดยค่าเฉลี่ย CP ของหญ้าขน ในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิวดิน ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวในระยะที่ 1 และ 2 มีค่าเท่ากับ 5.42 และ 6.62 % ทั้งนี้ ค่า CP ของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน ในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวในระยะที่ 1 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (พันธ์ทิพย์, 2552)

(3) เยื่อใยหยาบ (Crude fiber: CF)

ปริมาณเยื่อใยหยาบต่อน้ำหนักแห้งในผลผลิตหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งแรก มีค่าเท่ากับ 29.03-31.88, 24.88-26.64 และ 26.41-28.13 % ตามลำดับ การเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 มีค่าเท่ากับ 25.83-27.35, 24.70-25.90 และ 24.55-25.90 % ตามลำดับ และในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 มีค่าเท่ากับ 29.35-31.32, 25.29-28.31 และ 25.83-27.03 % ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ทั้งนี้ พบว่าปริมาณของ CF ในผลผลิตหญ้าแพงโกล่า และหญ้าอะตราตั้ม มีค่าไม่แตกต่างกันระหว่างระยะเก็บเกี่ยว ($P \geq 0.05$) ขณะที่หญ้าขนที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งแรก มีปริมาณ CF สูงกว่าหญ้าขนที่เก็บเกี่ยวในระยะที่ 2 และ 3 ตามลำดับ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชนิดหญ้าที่มีระยะเก็บเกี่ยวเดียวกัน จะพบว่าผลผลิตหญ้าแพงโกล่าที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 และ 3 จะมีปริมาณ CF สูงที่สุดและแตกต่างจากหญ้าชนิดอื่น ($P<0.05$) ส่วนผลผลิตหญ้าที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 มีปริมาณ CF ไม่แตกต่างกันระหว่างชนิดหญ้า ($P \geq 0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของ CF ในผลผลิตหญ้าอาหารสัตว์ ที่ระบุในตารางคุณค่าทางโภชนะ จะพบว่าค่าเฉลี่ยของ CF ในหญ้าแพงโกล่าที่ได้จากการเก็บเกี่ยวในระยะที่ 1 มีค่าสูงกว่าค่า CF ของหญ้าแพงโกล่าที่อายุตัดมากกว่า 59 วัน ตามตารางคุณค่าทางโภชนะ ซึ่งระบุค่าของ CF ไว้เท่ากับ 27.89 % เล็กน้อย ขณะที่ CF ของหญ้าแพงโกล่า ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวระยะที่ 2 มีค่าต่ำกว่าค่า CF ของหญ้าแพงโกล่าที่อายุตัด 45 วัน ตามตารางคุณค่าทางโภชนะ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 29.57 % (กรมปศุสัตว์, 2547) เล็กน้อย โดยหญ้าแพงโกล่า ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวระยะที่ 3 มีค่า CF ใกล้เคียงกับค่า CF ของหญ้าแพงโกล่าที่อายุตัด 45 วัน

ค่าเฉลี่ยของ CF ในหญ้าอะตราตั้ม ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวในระยะที่ 1, 2 และ 3 มีค่าต่ำกว่าค่า CF ของหญ้าอะตราตั้ม ที่กำหนดในตารางคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์ ซึ่งระบุว่าหญ้าอะตราตั้มที่อายุการตัด 60 และ 45 วัน จะมีค่าของ CF เท่ากับ 32.73 และ 27.95 % (กรมปศุสัตว์, 2547)

ค่าเฉลี่ยของ CF ในหญ้าขน ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวในระยะที่ 1, 2 และ 3 มีค่าต่ำกว่าค่า CF ในหญ้าขนที่กำหนดในตารางคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์เล็กน้อย โดยตารางคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้ระบุว่า หญ้าขนที่อายุการตัด 60 และ 45 วัน มีค่าของ CF เท่ากับ 27.85 และ 29.71 % (กรมปศุสัตว์, 2547)

เมื่อเปรียบเทียบ ค่า CF ของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขนในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง กับค่า CF ของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขนในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว พบว่าค่า CF ของหญ้าแพงโกล่า ในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว มีค่าต่ำกว่า โดยมีค่าเฉลี่ยเยื่อใยหยาบของหญ้าแพงโกล่า ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวในระยะที่ 1 และ 2 เท่ากับ 28.23 และ 24.13 % (พันธ์ทิพย์, 2552) หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขนที่เก็บเกี่ยวจากระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว มีค่า CF สูงกว่าหญ้าทั้งสองชนิดนี้ที่เก็บเกี่ยวจากระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่งที่ทำการศึกษานี้ โดย CF ของหญ้าอะตราตั้มและหญ้าขนที่เก็บเกี่ยวจากระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว ในระยะที่ 1 ของการเก็บเกี่ยวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34.16 และ 33.28 % และในระยะที่ 2 ของการเก็บเกี่ยวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34.02 และ 33.30 % ตามลำดับ โดยในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว หญ้าอะตราตั้มจะมีค่า CF สูงที่สุดในทุกระยะเก็บเกี่ยว และค่า CF ของหญ้าทั้ง 3 ชนิดที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งแรกจะมีค่าสูงกว่าค่า CF ของหญ้าที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 โดยเฉพาะหญ้าแพงโกล่า ซึ่งพบว่าค่า CF ของหญ้าที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งแรกสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (พันธ์ทิพย์, 2552)

(4) ฟอสฟอรัส (Phosphorus: P)

ปริมาณฟอสฟอรัสต่อน้ำหนักแห้งในผลผลิตหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งแรก มีค่าเท่ากับ 0.38-0.42, 0.36-0.43 และ 0.20-0.29 % ตามลำดับ การเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.32-0.41, 0.23-0.32 และ 0.25-0.37 % ตามลำดับ และในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 มีค่าเท่ากับ 0.31-0.39, 0.22-0.24 และ 0.23-0.25 % ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ทั้งนี้ พบว่า ปริมาณของฟอสฟอรัสในผลผลิตหญ้าอาหารสัตว์ชนิดเดียวกัน มีค่าไม่แตกต่างกันระหว่างระยะเก็บเกี่ยว ($P \geq 0.05$) ยกเว้นหญ้าอะตราตั้ม ซึ่งพบว่าผลผลิตที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งแรกมีค่าฟอสฟอรัสสูงที่สุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยในการเก็บเกี่ยวครั้งแรกและครั้งที่ 3 ผลผลิตหญ้าแพงโกล่าจะมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงที่สุดเมื่อเทียบกับหญ้าชนิดอื่น และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ขณะที่ผลผลิตของหญ้าแต่ละชนิดที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 มีปริมาณของฟอสฟอรัสไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของฟอสฟอรัสในผลผลิตหญ้าอาหารสัตว์ ที่ระบุในตารางคุณค่าทางโภชนะ จะพบว่าค่าเฉลี่ยของฟอสฟอรัสในหญ้าแพงโกล่าที่ได้จากการเก็บเกี่ยวทั้ง 3 ระยะ มีค่าสูงกว่าค่าที่ระบุไว้ในตารางคุณค่าทางโภชนะ โดยหญ้าแพงโกล่าที่อายุตัดมากกว่า 59 วัน และอายุตัด 45 วัน ตามตารางคุณค่าทางโภชนะ จะมีค่าฟอสฟอรัสเท่ากับ 0.15 และ 0.20 % (กรมปศุสัตว์, 2547)

ค่าเฉลี่ยของฟอสฟอรัสในหญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขนที่ได้จากการเก็บเกี่ยวทั้ง 3 ระยะ มีค่าสูงกว่าค่าฟอสฟอรัสของหญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขนที่กำหนดในตารางคุณค่าทางโภชนะของ

วัตถุดิบอาหารสัตว์ เช่นเดียวกัน โดยค่าฟอสฟอรัสของหญ้าอะตราตั้มที่อายุการตัด 60 และ 45 วัน มีค่าเท่ากับ 0.21 และ 0.19 % ตามตารางคุณค่าทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารสัตว์ ส่วนหญ้าขนที่อายุการตัด 60 และ 45 วัน มีค่าของฟอสฟอรัสเท่ากับ 0.28 และ 0.34 % (กรมปศุสัตว์, 2547)

เมื่อเปรียบเทียบ ค่าฟอสฟอรัสของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขนในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง กับค่าฟอสฟอรัสของหญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิด ในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว พบว่าค่าเฉลี่ยของฟอสฟอรัสในหญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิด ที่เก็บเกี่ยวจากระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่งในทุกระยะเก็บเกี่ยว มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของฟอสฟอรัสในหญ้าอาหารสัตว์ชนิดเดียวกัน ที่มีระยะเก็บเกี่ยวเดียวกัน ที่ผลิตจากระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว โดยหญ้าแพงโกล่าที่เก็บเกี่ยวจากระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว ในระยะที่ 1 และ 2 ของการเก็บเกี่ยวมีค่าฟอสฟอรัสเฉลี่ยเท่ากัน คือ 0.011 % หญ้าอะตราตั้มที่เก็บเกี่ยวจากระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว ในระยะที่ 1 และ 2 ของการเก็บเกี่ยว มีค่าฟอสฟอรัสเฉลี่ยเท่ากับ 0.006 และ 0.011 % และหญ้าขนที่เก็บเกี่ยวจากระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว ในระยะที่ 1 และ 2 ของการเก็บเกี่ยว มีค่าฟอสฟอรัสเฉลี่ยเท่ากับ 0.006 และ 0.009 % โดยในระยะเก็บเกี่ยวเดียวกัน หญ้าแพงโกล่าจะมีค่าของฟอสฟอรัสสูงที่สุด และพบว่าค่าฟอสฟอรัสในหญ้าอาหารสัตว์ที่ได้จากระยะเก็บเกี่ยวที่ 2 มีค่าสูงกว่าฟอสฟอรัสในหญ้าอาหารสัตว์ที่ได้จากระยะเก็บเกี่ยวที่ 1 และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (พันธ์ทิพย์, 2552)

5 สรุปผลการวิจัย และอภิปรายผล

5.1 การบำบัดน้ำเสียชุมชนของหญ้าอาหารสัตว์ในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง

1) คุณภาพน้ำเสียก่อนการบำบัด

น้ำเสียก่อนการบำบัด มีค่า pH เป็นกลางถึงกรดเล็กน้อย ค่าของของแข็งแขวนลอยมีช่วงกว้าง โดยมีค่าระหว่าง 2.0-114.0 mg/l มีค่าเฉลี่ย 20.4 mg/l ซึ่งอยู่ภายใต้เกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคาร (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2547) อย่างไรก็ตาม ในบางขณะยังคงตรวจพบปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียเกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้งในระดับสูง จึงจำเป็นต้องทำการบำบัดน้ำเสียก่อนการระบายลงสู่แหล่งรองรับ ทั้งนี้ การตรวจพบค่าเฉลี่ยของปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียในระดับต่ำนั้นเนื่องมาจากในกระบวนการบำบัดนั้น น้ำเสียสดที่ถูกระบายออกจากแหล่งกำเนิดได้ถูกสูบและนำมาพักไว้ในถังรวบรวมน้ำเสียก่อนแล้วจึงทำการระบายลงสู่ระบบบำบัดด้วยสายยางขนาดเล็ก ทำให้ของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียบางส่วนเกิดการตกตะกอนจมตัวลงสู่ก้นถังรวบรวมน้ำเสีย ทำให้ปริมาณของของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียมีค่าลดลง รวมถึงค่าของมลสารอื่นที่เกี่ยวข้องด้วย เช่น ปริมาณสารอินทรีย์ ในรูปของ COD และธาตุอาหารในรูปของอินทรียสาร จึงทำให้ ค่าสารอินทรีย์ในรูป COD ค่า TSS ค่า TKN และค่า TP ที่พบในน้ำเสียที่ทำการบำบัด มีค่าความเข้มข้นจัดอยู่ในเกณฑ์น้ำเสียชุมชนที่มีค่าความเข้มข้นระดับต่ำ (Metcalf and Eddy, 1991) ดังนั้น การรวบรวมและพักน้ำเสียไว้ในถังรวบรวมน้ำก่อนระบายน้ำเสียลงสู่ระบบบำบัดบึงประดิษฐ์ จึงทำให้มลสารในน้ำเสียเกิดการบำบัดด้วยกระบวนการตกตะกอนเช่นเดียวกับการบำบัดภายในรางดักกรวดทราย (Grit Chamber) และถังตกตะกอน (Sedimentation tank)

แม้คุณสมบัติของน้ำเสียภายหลังการรวบรวมก่อนระบายลงสู่ระบบบำบัดจะมีค่าความเข้มข้นของมลสารที่ปนเปื้อนในระดับต่ำ แต่ยังคงอยู่ในระดับที่สามารถก่อผลกระทบให้กับแหล่งน้ำและสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ได้ จึงยังคงต้องการการบำบัดเพื่อป้องกันการเกิดผลกระทบ ทั้งนี้ด้วยคุณสมบัติของน้ำเสียเอง จะพบว่ากระบวนการในการบำบัดน้ำเสียชุมชนที่ทำการศึกษานี้ ไม่มีความจำเป็นต้องใช้ระบบบำบัดที่ใช้เทคโนโลยีระดับสูงที่มีความซับซ้อนในการดำเนินการ การบำบัดด้วยระบบบำบัดตามธรรมชาติโดยการใช้หรือประยุกต์ใช้กระบวนการหรือวิธีการที่เหมาะสม ก็มีความเพียงพอสำหรับการลดมลสารที่ปนเปื้อนในน้ำเสียให้อยู่ในระดับที่ไม่ก่อผลกระทบได้

2) ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียชุมชนของระบบบำบัดบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง และคุณภาพน้ำเสียภายหลังการบำบัด

น้ำเสียภายหลังการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณความเข้มข้นของมลสารปนเปื้อนลดลง โดยน้ำเสียหลังการบำบัด มีอุณหภูมิ ระหว่าง 20.10-32.00 ^{o}C ซึ่งมีค่าอุณหภูมิเป็นไปตามสภาพธรรมชาติ และไม่ส่งผลกระทบหรือทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นกับคุณสมบัติของน้ำและสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ในแหล่งรองรับ ทั้งนี้ รวมถึงค่า pH ของน้ำเสียภายหลังการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ประเภท ซึ่งพบว่ามีค่าระหว่าง 6.21-8.01 ซึ่งอยู่ภายใต้เกณฑ์มาตราฐานน้ำทิ้งจากอาคาร ซึ่งกำหนดให้มีค่าระหว่าง 5-9 ทั้งนี้ ค่า pH ของน้ำเสียภายหลังการบำบัด มีค่าไม่แตกต่างกันระหว่างชนิดหญ้าที่ใช้ในการบำบัด โดยน้ำเสียภายหลังการบำบัด จากแปลงหญ้า มีค่า pH เฉลี่ย ระหว่าง 7.11-7.26 เช่นเดียวกับค่าอุณหภูมิน้ำ ซึ่งจะพบว่าอุณหภูมิของน้ำเสียที่ถูกบำบัดด้วยแปลงหญ้าอาหารสัตว์ต่างชนิดกัน มีค่าไม่แตกต่างกัน โดยอุณหภูมิของน้ำเสียหลังการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.64-25.77 ^{o}C น้ำเสียหลังการบำบัด มีค่า DO สูงขึ้น และมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ (P<0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของค่า DO ในน้ำเสียก่อนการบำบัด ทั้งนี้ พบว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด มีค่า DO ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่า DO เฉลี่ย เท่ากับ 5.49-5.66 mg/l ซึ่งพบว่าสอดคล้องกับการลดลงของปริมาณสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย ทั้งนี้ปริมาณ DO ที่พบในน้ำเสียหลังการบำบัด บ่งชี้ถึงปริมาณความต้องการออกซิเจนในการย่อยสลายหรือเปลี่ยนรูปมลสารของ Aerobic microorganism มีค่าลดลง ซึ่งหมายถึงการมีมลสารโดยเฉพาะสารอินทรีย์ปนเปื้อนในน้ำลดลงนั่นเอง และยังแสดงถึงสภาพของระบบที่เอื้ออำนวยให้ Aerobic microorganism สามารถทำหน้าที่ในการบำบัดได้อย่างเต็มที่

ประสิทธิภาพของระบบบำบัดบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง ในการบำบัด COD มีค่าระหว่าง 36.59-92.50 % โดยแปลงหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด มีประสิทธิภาพในการลดค่า COD ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 ทั้งนี้ จะพบว่า น้ำเสียภายหลังการบำบัดมีค่า COD ลดลง และแตกต่างจากค่า COD ในน้ำเสียก่อนการบำบัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยค่า COD ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าแต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P\geq$0.05) การลดลงของค่า COD เป็นผลจากการลดลงของปริมาณความต้องการออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์หรือการลดลงของสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในน้ำเสียนั่นเอง ซึ่งการลดลงของสารอินทรีย์ในน้ำเสียภายในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่งนี้ เกิดขึ้นได้จากกระบวนการบำบัดหลายประการด้วยกัน ได้แก่ กระบวนการกรองที่เกิดขึ้นขณะน้ำเสียไหลผ่านชั้นกรองและรากพืช ซึ่งวัสดุกรองและรากพืชจะช่วยกรองและดูดซับสารแขวนลอยไว้ ทั้งนี้ พบว่าสารอินทรีย์ส่วนหนึ่งจะอยู่ในรูปของสารแขวนลอย ดังนั้นการกรองในระบบจึงช่วยลด ค่าของดัชนีคุณภาพน้ำทั้งในรูปของ TSS, COD และสารอินทรีย์แขวนลอยตัวอื่นๆ ด้วย (Klomjek and Nitisoravut, 2005)

นอกจาก การกรองแล้ว กระบวนการย่อยสลายหรือเปลี่ยนรูปโดยจุลินทรีย์ภายในระบบเป็นกระบวนการหนึ่งที่ช่วยลดปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำ โดยการย่อยของจุลินทรีย์โดยเฉพาะกลุ่มที่ใช้ออกซิเจนในการทำงาน จะทำการเปลี่ยนสารอินทรีย์โดยได้ผลผลิตเป็นสารประกอบที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งสารประกอบเหล่านั้น ได้แก่ H_2O, CO_2 และอื่นๆ เช่น NH_3N ซึ่งจะเปลี่ยนรูปไปเป็นไนโตรเจนรูปอื่นต่อไป เมื่ออยู่ในสภาพที่เหมาะสม

เมื่อเปรียบเทียบกับการบำบัดของระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว ที่ทำการปลูกหญ้าอาหารสัตว์ชนิดเดียวกัน พบว่า ระบบบำบัดบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงกว่า ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับประสิทธิภาพในการบำบัดของแข็งแขวนลอย ซึ่งระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับเหตุผลที่ได้กล่าวถึงข้างต้น คือกระบวนการบำบัดที่เกิดร่วมกันภายในระบบ คือกระบวนการกรองและการย่อยสลายจะช่วยลดทั้งค่าของของแข็งแขวนลอยและค่าความต้องการออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่งนี้ น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบจะถูกกรองด้วยรากของพืช และวัสดุกรองหลายประเภทและหลายขนาด โดยน้ำเสียจะถูกกรองตลอดระยะทางของการไหลในระบบตั้งแต่ทางเข้าจนกระทั่งถึงทางออกจากระบบ ทั้งนี้ ภายในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่งนี้ น้ำเสียมีโอกาสในการสัมผัสตัวกรองได้อย่างทั่วถึงและมีระยะเวลาในการสัมผัสตลอดระยะเวลาของการกักพักภายในระบบ ซึ่งนอกจากจะทำให้การกรองเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพแล้วยังทำให้มลสารในน้ำเสียได้สัมผัสกับจุลินทรีย์ที่จะทำหน้าที่ในการย่อยสลายและเปลี่ยนรูปมลสาร ซึ่งเกาะอาศัยอยู่กับรากพืชและวัสดุกรอง รวมถึงมลสารได้สัมผัสกับจุลินทรีย์ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำด้วย นอกจากนั้น การไหลของน้ำในแนวดิ่งซึ่งน้ำไม่ได้ท่วมขังอยู่ตลอดเวลา จะทำให้ระบบได้รับการเติมออกซิเจนจากอากาศ ซึ่งส่งผลต่อศักยภาพของ Aerobic microorganism ในระบบบำบัด และด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงทำให้ระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง มีประสิทธิภาพในการบำบัดสารอินทรีย์และของแข็งแขวนลอยสูง

ประสิทธิภาพการบำบัด TSS ของระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง ที่ทำการปลูกหญ้าอาหารสัตว์ต่างชนิดกันนั้น พบว่ามีค่าเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือมีค่าอยู่ในช่วงกว้างระหว่าง -325.00 ถึง 100.00 % ซึ่งหมายถึงในบางขณะพบค่าของ TSS ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากระบบ มีค่าสูงกว่าค่าของ TSS ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียก่อนการบำบัด ขณะที่บางขณะระบบสามารถบำบัด TSS ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียได้ทั้งหมด ทั้งนี้ เนื่องจากการไหลของน้ำเสียภายในระบบในแนวดิ่งทำให้ TSS ในน้ำเสียถูกกรองไว้ด้วยรากของพืชและวัสดุกรองหลากหลายขนาดที่บรรจุไว้ในระบบ ทำให้กระบวนการกรองเกิดขึ้นได้ดี ในขณะที่ของแข็งที่ถูกกรองไว้ในระบบนั้น อาจเกิดการหลุดลอดออกจากระบบในขณะใดขณะหนึ่งซึ่งเป็นการเพิ่มค่าของ TSS ให้กับน้ำเสีย และส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพการบำบัดเป็นลบได้ โดยเฉพาะในช่วงที่ค่าของของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียก่อนการบำบัดมีค่าต่ำ อย่างไรก็ตาม จะพบว่าค่าสูงสุดของ TSS ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากทุกแปลงหญ้าอาหารสัตว์นั้น มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตราฐานน้ำทิ้งจากอาคารและมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน ซึ่งกำหนดให้มีค่า TSS ไม่เกิน 30 mg/l (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2547) โดยค่าของ TSS ในน้ำเสียภายหลังการบำบัดมีค่าระหว่าง 0-22 mg/l ทั้งนี้มีค่าเฉลี่ยของ TSS ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิดระหว่าง 2.5-3.8 mg/l ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ทั้งนี้ พบว่าประสิทธิภาพการบำบัด TSS โดยเฉลี่ย ซึ่งมีค่า 53.5-67.4 % มีค่าสูงกว่าประสิทธิภาพการบำบัด TSS ของระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว ซึ่งมีค่าเฉลี่ยในการบำบัดระหว่าง (-17.4) ถึง (-16.5) % ซึ่งแสดงถึงการ

เพิ่มขึ้นของปริมาณของ TSS ในน้ำเสียภายหลังการบำบัด ซึ่งจะเป็นการเพิ่มปริมาณสารอินทรีย์ให้กับน้ำเสียด้วย โดยการเพิ่มขึ้นของ TSS ดังกล่าวนี้ ส่วนหนึ่งเป็นผลจากการเพิ่มจำนวนของพืชสีเขียวขนาดเล็กที่เจริญเติบโตอยู่ในน้ำเสียที่กักพักอยู่ภายในระบบซึ่งอยู่ในที่โล่งได้รับแสงแดดและได้รับธาตุอาหารจากน้ำเสีย จึงทำให้พืชสีเขียวขนาดเล็ก เช่น สาหร่าย ตะไคร้น้ำ มีจำนวนเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมากและส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการบำบัดของระบบและส่งผลต่อค่าของสารอินทรีย์และ TSS ในน้ำเสียภายหลังการบำบัดด้วย (พันธ์ทิพย์, 2552)

ระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่งที่ทำการศึกษา มีประสิทธิภาพการบำบัดความเข้มข้นของ TP ระหว่าง -151.80 ถึง 72.15 % ทั้งนี้ แปลงหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด มีประสิทธิภาพในการลดค่าความเข้มข้นของ TP ในน้ำเสีย โดยเฉลี่ย 34.6-46.9 % ซึ่งพบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ระหว่างแปลงหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด

แม้บางขณะ ค่าความเข้มข้นของ TP ในน้ำเสียหลังการบำบัดจะมีค่าสูงกว่าค่าความเข้มข้นของ TP ในน้ำเสียก่อนการบำบัด แต่จะพบว่า ค่าความเข้มข้นของ TP ในน้ำเสียหลังการบำบัดโดยเฉลี่ยมีค่าต่ำกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของ TP ในน้ำเสียก่อนการบำบัด โดยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์ มีค่าความเข้มข้นของ TP ระหว่าง 0.20-1.42 mg/l ซึ่งมีค่าอยู่ภายใต้เกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน ที่กำหนดให้น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน มีค่าของ TP ไม่เกิน 2 mg/l (กรมควบคุมมลพิษ, 2547ข) โดยจะพบว่า ความเข้มข้นของ TP ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าแต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ทั้งนี้ การตรวจพบประสิทธิภาพการบำบัด TP ของระบบบึงประดิษฐ์มีค่าติดลบนั้น เป็นผลเนื่องมาจากการบำบัด TP ในระบบบึงประดิษฐ์โดยส่วนใหญ่ เป็นการบำบัดด้วยกระบวนการทางกายภาพ เคมี และชีวภาพที่ไม่เสถียรนัก โดย TP ที่ถูกบำบัดสามารถคืนสภาพสู่น้ำเสียได้ โดยเฉพาะเมื่อมีการใช้ระบบบำบัดเป็นระยะเวลายาวนาน หรือมีการจัดการพืชในระบบอย่างไม่เหมาะสม (U.S. EPA, 2000; Kadlec and Knight, 1996)

เมื่อเปรียบเทียบกับการบำบัดของระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว ที่ปลูกหญ้าอาหารสัตว์ชนิดเดียวกัน ซึ่งพบว่ามีประสิทธิภาพในการบำบัด TP เฉลี่ย ระหว่าง 11.9-26.7 % นั้น (พันธ์ทิพย์, 2551) จะพบว่าประสิทธิภาพการบำบัด TP ของระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง มีค่าเฉลี่ยสูงกว่า ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากกระบวนการไหลของน้ำเสียในแนวดิ่งผ่านชั้นวัสดุกรอง ทำให้สารละลายฟอสฟอรัสในน้ำเสียมีโอกาสสัมผัสและถูกดูดซึมโดยรากพืชมากขึ้น รวมถึงสารละลายฟอสฟอรัสมีโอกาสเกิดปฏิกิริยาทางเคมีจับตัวรวมกับสารอื่นกลายเป็นสารประกอบแล้วเกิดการตกตะกอน (Precipitation) ออกจากน้ำเสีย ซึ่งการลดลงของ TP ในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่งที่ทำการศึกษานี้ บางส่วนอาจเป็นผลจากการตกผลึกของ P ร่วมกับ Ca ซึ่งเป็นองค์ประกอบของวัสดุกรองที่ใช้ในระบบ ซึ่งจะเกิดขึ้นได้ในสภาพที่ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง มีค่ามากกว่า 7 (EPA, 2000) ทั้งนี้ จะพบว่า ค่า pH ของน้ำเสียก่อนและหลังบำบัด มีค่าเป็นกลางถึงเป็นด่างอ่อนๆ ซึ่งเป็นสภาพที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าว ในขณะที่ สารอินทรีย์ฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายน้ำรวมถึงผลึกฟอสฟอรัสจะถูกกรองหรือถูกดูดซับติดอยู่กับรากพืช วัสดุกรอง และวัตถุต่างๆ ในระบบ ทำให้ค่าของ TP ในน้ำเสียภายหลังการบำบัดมีค่าลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ พันธ์ทิพย์ (2550) ซึ่งพบว่า ระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวราบมีประสิทธิภาพในการบำบัด TP สูงกว่าการบำบัดโดยระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิวดินเช่นกัน ทั้งนี้ เนื่องจากการไหลของน้ำเสียในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวใน

แนวราบ ทำให้น้ำเสียมีโอกาสและมีระยะเวลาในการสัมผัสกับรากของพืชและตัวกลางภายในระบบ ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัด TP ของระบบเช่นเดียวกัน

ประสิทธิภาพการบำบัดธาตุอาหารไนโตรเจน ในรูปความเข้มข้นของ TKN, NH_3N และ NO_xN ของระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่งที่ทำการศึกษา พบว่า มีค่าระหว่าง 19.40-97.62, -378.95-97.84 และ -3,421.00-60.00 % ตามลำดับ โดยประสิทธิภาพการบำบัด TKN, NH_3N และ NO_xN ของแปลงหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด มีค่าเฉลี่ย 71.20-86.86, 5.16-49.49 และ -1,051.56-(-838.83) % ตามลำดับ ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของ TKN ในน้ำเสียหลังการบำบัดมีค่าลดลงและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของ 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 NH_3N ในน้ำเสียหลังการบำบัดมีค่าลดลงและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับค่าของ NH_3N ในน้ำเสียก่อนการบำบัด โดยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์ มีค่า NH_3N ระหว่าง 0.28-19.04 mg/l ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบค่าของ TKN และ NH_3N ในน้ำเสียแล้วจะพบว่า ค่าของ TKN ที่ตรวจพบในน้ำเสียหลังการบำบัดโดยส่วนใหญ่เป็นค่าของ NH_3N ทั้งนี้ พบว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าขนมีค่า NH_3N ปนเปื้อนโดยเฉลี่ยต่ำกว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอะตราตั้ม และแปลงหญ้าแพงโกล่า ตามลำดับ โดยความเข้มข้นเฉลี่ยของ NH_3N ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าขน มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ NH_3N ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าแพงโกล่า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ความเข้มข้นของ NO_xN ในน้ำเสียหลังการบำบัด มีค่าโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับค่าของ NO_xN ในน้ำเสียก่อนการบำบัด ทำให้ค่าประสิทธิภาพในการบำบัด NO_xN ของระบบมีค่าติดลบ โดยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์ มีค่า NO_xN ระหว่าง 0.06-3.40 mg/l โดยความเข้มข้นของ NO_xN ในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดของแปลงหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

การบำบัดไนโตรเจนในระบบบำบัดน้ำเสียแบบบึงประดิษฐ์ เป็นกระบวนการบำบัดทั้งทางด้านกายภาพ เช่น กระบวนการกรองและตกตะกอนของสารอินทรีย์แขวนลอย ซึ่งมีอินทรีย์ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ การระเหยของแอมโมเนียและก๊าซไนโตรเจน และกระบวนการทางชีวภาพโดยการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนโดยจุลินทรีย์ทั้งประเภทที่ใช้และไม่ใช้ออกซิเจน (Vymaza, 2007) ทั้งนี้ขึ้นกับสภาวะแวดล้อมของระบบ โดยไนโตรเจนที่ปนเปื้อนในน้ำเสียนั้น จะถูกเปลี่ยนรูปไปตามลำดับของการย่อยสลายหรือเปลี่ยนรูปโดยการทำหน้าที่ของจุลินทรีย์ คือมีลำดับการเปลี่ยนรูปจากอินทรีย์ไนโตรเจนไปเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจน หรือมีลำดับการเปลี่ยนรูปจากค่าดัชนีที่ทำการตรวจวัดในการศึกษาครั้งนี้ คือจากค่า TKN ไปเป็น NH_3N และ NO_xN ตามลำดับ ดังนั้น จากผลการศึกษาจึงพบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ TKN ในน้ำเสียหลังการบำบัด มีค่าลดลง ซึ่งคาดว่าเป็นผลจากการลดลงของทั้งอินทรีย์ไนโตรเจน (Organic nitrogen: ON) และ NH_3N ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัด TKN ของระบบโดยเฉลี่ยมีค่าเป็นบวก เช่นเดียวกับประสิทธิภาพในการบำบัด NH_3N ของระบบ ซึ่งพบว่ามีค่าของประสิทธิภาพโดยเฉลี่ย

เป็นบวก และค่าความเข้มข้นของ NH_3N ในน้ำเสียหลังการบำบัดโดยเฉลี่ยมีค่าลดลง แม้ว่าระบบจะได้รับ NH_3N เพิ่มเติมจากการเปลี่ยนรูปของ ON ไปเป็น NH_3N ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบมีประสิทธิภาพสูงในการบำบัด NH_3N ทั้ง NH_3N ที่มีอยู่เดิมในน้ำเสียก่อนบำบัด และ NH_3N ที่เปลี่ยนรูปมาจากกระบวนการย่อยสลาย ON ในน้ำเสีย ขณะที่ ประสิทธิภาพการบำบัด NO_xN ของแปลงหญ้าอาหารสัตว์ทุกชนิดมีค่าเป็นลบ และพบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ NO_xN ในน้ำเสียหลังการบำบัดมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งไม่ได้หมายถึงระบบบึงประดิษฐ์ไม่มีกระบวนการลดความเข้มข้นของ NO_xN ในน้ำเสีย แต่เป็นผลเนื่องมาจากมีการเปลี่ยนรูปของ NH_3N ไปเป็น NO_xN ในปริมาณที่สูงกว่านั่นเอง ทั้งนี้ ปริมาณของ NO_xN เป็นผลรวมของ NO_3N และ NO_2N ซึ่งเป็นรูปที่ไม่เสถียรและมีการเปลี่ยนรูปผันกลับไปมาระหว่าง NO_3N และ NO_2N อยู่ตลอดเวลา สำหรับกระบวนการที่จะช่วยลดหรือบำบัด NO_xN ที่เกิดขึ้นในระบบบึงประดิษฐ์ คือการนำไปใช้โดยพืช และการเปลี่ยนรูปไปเป็นไนโตรเจนแก๊ส ซึ่งเป็นการเปลี่ยนรูปโดย Anaerobic microorganism ซึ่งจากผลการศึกษา คาดว่า Anaerobic microorganism จะทำงานได้ไม่ดีนัก เนื่องจากพบว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดมีค่า DO ค่อนข้างสูง

เมื่อเปรียบเทียบกับการบำบัดของระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว ที่ปลูกหญ้าอาหารสัตว์ชนิดเดียวกัน ซึ่งพบว่ามีประสิทธิภาพในการบำบัด NH_3N เฉลี่ย ระหว่าง 77.1-89.1 % นั้น จะพบว่าประสิทธิภาพการบำบัด NH_3N ในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง โดยเฉลี่ยมีค่าต่ำกว่ามาก ทั้งนี้ เป็นผลจากปัจจัยร่วมหลายประการ ดังนี้คือ ระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว มีโอกาสได้รับการเติมออกซิเจนจากบรรยากาศ ซึ่งออกซิเจนเป็นปัจจัยสำคัญในการเปลี่ยนรูปของ NH_3N โดยผ่านการทำงานของ Aerobic microorganism นอกจากนั้น NH_3N ในน้ำเสียที่ระบายลงสู่ระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว ยังถูกใช้ไปในการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนของพืชที่ปลูกในระบบ (Brix, 1997) รวมถึงพืชสีเขียวขนาดเล็กที่พบอยู่เป็นจำนวนมาก ภายในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว ซึ่งผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ พันธ์ทิพย์ (2550) ซึ่งพบว่าประสิทธิการบำบัด NH_3N ของระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว มีค่าสูงกว่าประสิทธิการบำบัด NH_3N ของระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวราบ ซึ่งพบว่ามีค่าประสิทธิภาพในการบำบัด NH_3N เป็นลบ

โดยสรุปจะพบว่าระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง ที่ทำการปลูกหญ้าอาหารสัตว์ที่แตกต่างกัน 3 ชนิด คือ หญ้าขน (*Brachiaria mutica*) หญ้าอะตราตั้ม (*Paspalum atratum*) และหญ้าแพงโกล่า (*Digitaria decumbens*) มีประสิทธิภาพในการลดมลสารในน้ำเสียซึ่งเป็นน้ำทิ้งจากอาคารโภชนาการ โดยคุณสมบัติโดยทั่วไปของน้ำเสียภายหลังการบำบัด ยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้ พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดมลสาร อันได้แก่ ประสิทธิภาพในการลดค่า COD, TSS, TKN, NH_3N, NO_xN และ TP ในน้ำเสียของแปลงหญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิด มีค่าไม่แตกต่างกัน และน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดจากแปลงหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด มีค่า TSS, TKN และ TP อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งที่เกี่ยวข้อง ดั้งนั้น จึงกล่าวได้ว่าระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่งที่ทำการปลูกหญ้าอาหารสัตว์ที่ทำการศึกษานี้ สามารถใช้ในการบำบัดมลสารที่ปนเปื้อนในน้ำเสียชุมชนได้ โดยประสิทธิภาพในการบำบัดมลสารในน้ำเสียชุมชนของแปลงหญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิด ที่ศึกษาไม่แตกต่างกัน ($P \geq 0.05$) จึงสามารถเลือกใช้ได้ โดยการพิจารณาปัจจัยความเหมาะสมอื่นๆ ประกอบ เช่น ความยากง่ายในการจัดหาท่อนพันธุ์ ความต้องการหญ้าอาหารสัตว์ไปใช้ประโยชน์ ปริมาณและคุณภาพของหญ้าอาหารสัตว์ที่เก็บเกี่ยวได้จากระบบ เหล่านี้เป็นต้น

5.2 ประสิทธิภาพของหญ้าอาหารสัตว์ภายในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่งในการสะสมธาตุอาหาร

1) อัตราการสะสมธาตุอาหาร

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ความเข้มข้นของไนโตรเจนในรากของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน มีค่าสูงขึ้น ทั้งนี้ พบว่าตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา รากของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน มีอัตราการสะสมธาตุอาหารไนโตรเจนไว้ในส่วนของราก เท่ากับ 0.0032-0.0090, 0.0111-0.0172 และ 0.0081-0.0139 g/m^2/d ตามลำดับ โดยอัตราการสะสมไนโตรเจนในรากของหญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิด มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

ความเข้มข้นของไนโตรเจนในเนื้อเยื่อส่วนเหนือดิน คือลำต้นและใบของหญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิด ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งแรกมีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 และ 3 ทั้งนี้ คาดว่าเป็นผลเนื่องมาจากเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าอาหารสัตว์ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งแรกนั้น มีระยะเวลาในการเจริญเติบโตภายในระบบยาวนานกว่าในระยะที่ 2 และ 3 ของการเก็บเกี่ยวถึง 15 วัน โดยจะพบว่าเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าแพงโกล่าและหญ้าอะตราตั้ม มีค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงกว่าหญ้าขน

อัตราการสะสมธาตุอาหารไนโตรเจนในเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าแพงโกล่าและหญ้าอะตราตั้มในแต่ละระยะเก็บเกี่ยวมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ทั้งนี้ อาจเป็นผลเนื่องมาจากในระยะแรกของการเก็บเกี่ยวนั้น ค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าแพงโกล่าและหญ้าอะตราตั้มมีค่าสูง และลดลงในระยะที่ 2 และ 3 ซึ่งเป็นช่วงที่มีอัตราการเติบโตสัมพัทธ์สูงขึ้น มีการเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณของมวลชีวภาพมากขึ้น ทั้งนี้ สอดคล้องกับอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ของหญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิด ที่ปลูกในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว ซึ่งพบว่า ในระยะที่ 2 ของการเก็บเกี่ยวมีค่า RGR เพิ่มสูงขึ้น เมื่อเทียบกับการเก็บเกี่ยวครั้งแรก (พันธ์ทิพย์, 2551) จากปัจจัยร่วมระหว่างค่าความเข้มข้นของธาตุอาหารและอัตราการเติบโตในรูปมวลชีวภาพ จึงทำให้อัตราการสะสมธาตุอาหารของพืชซึ่งคำนวณต่อพื้นที่ต่อช่วงเวลามีค่าใกล้เคียงกัน โดยการลดลงของความเข้มข้นของไนโตรเจนในเนื้อเยื่อพืชนั้น ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มปริมาณด้านมวลชีวภาพของพืชนั่นเอง อย่างไรก็ตาม จะพบว่าเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าขนที่ได้จากการเก็บเกี่ยวระยะแรกมีอัตราการสะสมธาตุอาหารไนโตรเจนสูงกว่าระยะเก็บเกี่ยวอื่น ทั้งนี้เนื่องจากเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าขนในระยะแรกของการเก็บเกี่ยวมีค่าของทั้งความเข้มข้นของไนโตรเจนและค่าของวัตถุแห้งสูงกว่าในระยะที่ 2 และ 3 ของการเก็บเกี่ยว เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชนิดของหญ้าอาหารสัตว์ที่ศึกษา จะพบว่าหญ้าอะตราตั้ม มีอัตราการสะสมไนโตรเจนในเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินสูงกว่าหญ้าชนิดอื่นในทุกระยะเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะระยะที่ 1 และ 2 ของการเก็บเกี่ยว ซึ่งพบว่ามีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$)

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในรากของหญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิด มีค่าสูงขึ้น เมื่อเทียบกับค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในรากก่อนการบำบัด ทั้งนี้ ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา รากของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน มีอัตราการสะสมธาตุอาหารฟอสฟอรัสไว้ในส่วนของราก เท่ากับ 0.0031-0.0055, 0.0034-0.0135 และ 0.0033-0.0062 g/m^2/d ตามลำดับ ซึ่งอัตราการสะสมฟอสฟอรัสของรากเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการสะสมไนโตรเจน คือ รากของหญ้าอะตราตั้ม มีอัตราการสะสมฟอสฟอรัสเฉลี่ย สูงกว่ารากของหญ้าขน และหญ้าแพงโกล่าตามลำดับ อย่างไรก็ตาม พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าแพงโกล่า และหญ้าขน ในแต่ละระยะเก็บเกี่ยวมีค่าใกล้เคียงกันสำหรับหญ้าชนิดเดียวกัน ขณะที่ หญ้าอะตราตั้ม ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งแรก มีค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินสูงกว่าระยะเก็บเกี่ยวอื่น ทั้งนี้โดยส่วนใหญ่ จะพบว่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสมีแนวโน้มลดลงในแต่ละระยะเก็บเกี่ยว โดยเนื้อเยื่อที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งแรกจะมีค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสสูงที่สุด เช่นเดียวกับค่าความเข้มข้นของไนโตรเจน และพบว่าเนื้อเยื่อของหญ้าแพงโกล่ามีค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสสูงกว่าหญ้าขน เช่นเดียวกันกับค่าของไนโตรเจน

อัตราการสะสมธาตุอาหารฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินของหญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน ในแต่ละระยะเก็บเกี่ยว มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) ระหว่างระยะเก็บเกี่ยว ทั้งนี้มีลักษณะเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับอัตราการสะสมไนโตรเจน ซึ่งเป็นผลจากค่าความเข้มข้นของธาตุอาหารในเนื้อเยื่อร่วมกับอัตราการเติบโตหรืออัตราการผลิตมวลชีวภาพของพืช ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะพบค่าความเข้มข้นของธาตุอาหารในเนื้อเยื่อสูงในระยะแรกของการเก็บเกี่ยว ซึ่งหญ้าอาหารสัตว์มีช่วงเวลาในการเจริญเติบโตยาวนานกว่าระยะเก็บเกี่ยวถัดไป ซึ่งพบว่ามีค่าความเข้มข้นของธาตุอาหารลดลง ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นผลจากการผลิตมวลชีวภาพหรือมีอัตราการเติบโตสัมพัทธ์ที่สูงขึ้น ทำให้ธาตุอาหารมีการกระจายไปสู่ผลผลิตที่เพิ่มมากขึ้นนั่นเอง อย่างไรก็ตาม พบว่าหญ้าแพงโกล่าที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 มีอัตราการสะสมฟอสฟอรัสสูงที่สุด และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อเทียบกับหญ้าแพงโกล่าที่ระยะเก็บเกี่ยวอื่น และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างชนิดหญ้า จะพบว่าหญ้าอะตราตั้ม มีอัตราการสะสมฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อส่วนเหนือดินสูงกว่าหญ้าชนิดอื่นในทุกระยะเก็บเกี่ยว เช่นเดียวกับอัตราการสะสมไนโตรเจน โดยจะพบว่าระยะที่ 1 และ 3 ของการเก็บเกี่ยวนั้น อัตราการสะสมฟอสฟอรัสของหญ้าแต่ละชนิดมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) ด้วย

ความเข้นข้นของธาตุอาหารในเนื้อเยื่อ และอัตราการสะสมธาตุอาหารในเนื้อเยื่อของหญ้าอาหารสัตว์ที่พบนั้น บ่งชี้ได้ถึงการทำหน้าที่ของพืชภายในระบบ ในการลดปริมาณธาตุอาหารที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสีย เนื่องจากในการดำเนินระบบนั้น ไม่ได้มีการเพิ่มเติมปุ๋ยลงในระบบแต่อย่างใด นอกจากนั้น จะพบว่าวัสดุกรองที่ใช้ในระบบเป็นกรวด และทราย ที่มีธาตุอาหารอยู่ต่ำ ดังนั้น ปริมาณธาตุอาหารที่พบในพืชและทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนได้ คือธาตุอาหารที่มากับน้ำเสีย โดยอยู่ในเงื่อนไขที่มลสารอื่นที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย คุณสมบัติอื่นๆ ของน้ำเสีย และการดำเนินระบบที่ทำการศึกษานี้อยู่ในลักษณะที่หญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิดนี้ สามารถดำรงชีวิตอยู่และสามารถดูดซับธาตุอาหารในน้ำเสียนำไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาถึงประสิทธิภาพของระบบที่พบว่าแปลงหญ้าแต่ละชนิดมีความสามารถในการลดปริมาณธาตุอาหารที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย ทั้งนี้ จะพบว่าระยะของการเก็บเกี่ยวมีผลต่อค่าความเข้มข้นของธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืชอยู่บ้าง โดยเฉพาะค่าของไนโตรเจน ซึ่งจะพบว่ามีค่าสูงในการเก็บเกี่ยวครั้งแรก ซึ่งพืชมีระยะเวลาในการเจริญเติบโตก่อนทำการเก็บเกี่ยวยาวนานกว่าระยะอื่นๆ ของการเก็บเกี่ยว ขณะที่ ชนิดของหญ้าส่งผลต่ออัตราการสะสมธาตุอาหารต่อหน่วยพื้นที่ต่อช่วงเวลา โดยจะพบว่า หญ้าอะตราตั้มมีอัตราการสะสมทั้งไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงกว่าหญ้าชนิดอื่น

2) ปริมาณและคุณภาพของผลผลิตหญ้าอาหารสัตว์

อัตราการเติบโตสัมพัทธ์ (Relative growth rate: RGR) ของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวแต่ละครั้ง โดยทั่วไปมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม พบว่า ค่า RGR ของหญ้าชนิดเดียวกัน ในแต่ละระยะเก็บเกี่ยว มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติ ($P \geq 0.05$) ขณะที่ ในระยะเก็บเกี่ยวเดียวกันนั้น หญ้าอะตราตั้มจะมีค่า RGR สูงกว่า แต่มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างชนิดหญ้า ($P \geq 0.05$) เช่นเดียวกัน

ค่า RGR ที่พบนี้ สามารถบ่งชี้ได้ถึงความเป็นไปได้ของหญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิด ในการดำรงอยู่ เจริญเติบโต และเพิ่มผลผลิตได้ในระบบบึงประดิษฐ์ที่ทำการศึกษา ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการใช้หญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิดนี้ ในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว ซึ่งพบว่าหญ้าสามารถเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตได้เช่นกัน (พันธ์ทิพย์, 2551) ทั้งนี้ เนื่องจากหญ้าอาหารสัตว์ในระบบบึงประดิษฐ์ที่ทำการศึกษานี้ ได้รับปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโต คือแสงตามสภาพธรรมชาติ และได้รับธาตุอาหารจากน้ำเสีย โดยน้ำเสียชุมชนที่ระบายลงสู่ระบบนั้น มีคุณสมบัติทั่วไปอยู่ในเกณฑ์ที่หญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิด สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ประกอบกับวิธีการในการดำเนินการบำบัดของระบบที่ไม่ทำให้รากของหญ้าถูกน้ำท่วมขังอยู่ตลอดเวลา จึงทำให้หญ้าสามารถดำรงชีวิตและเจริญเติบโตได้

จากการศึกษาอัตราการผลิตมวลชีวภาพทั้งในรูปของผลผลิตน้ำหนักสดและผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขน จะพบว่าหญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิด สามารถเพิ่มผลผลิตมวลชีวภาพได้ภายหลังจากการเก็บเกี่ยวแต่ละครั้ง โดยส่วนใหญ่ หญ้าอะตราตั้มจะสร้างผลผลิตมวลชีวภาพได้สูงกว่าหญ้าชนิดอื่น ซึ่งความสามารถในดำรงอยู่ และเจริญเติบโตเพิ่มปริมาณผลผลิตได้ของหญ้าอาหารสัตว์เหล่านี้ ภายใต้ปัจจัยแวดล้อมที่กำหนด สามารถบ่งชี้ได้ด้วย ค่า RGR และปริมาณผลผลิต (yield) ที่ได้ ซึ่งพบว่ามีค่าเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

มวลชีวภาพในรูปผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าแพงโกล่า หญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขนที่ได้จากการเก็บเกี่ยวทั้ง 3 ครั้ง (ในระยะเวลา 140 วัน หรือ 4.5 เดือน) มีค่าเฉลี่ย 1,079.52, 2,134.60 และ 1,704.88 kg/rai ซึ่งพบว่ามวลชีวภาพในรูปผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าอะตราตั้มที่ผลิตได้ในระยะ เวลาประมาณ 4.5 เดือนนี้ มีค่าใกล้เคียงกับผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าอะตราตั้มต่อปี ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2.5-3.5 ton/rai/yr (กรมปศุสัตว์, 2553) สำหรับหญ้าแพงโกล่านั้น คาดว่าหากมีการดำเนินระบบอย่างต่อเนื่องและทำการเก็บเกี่ยวหญ้าจนครบรอบปี จะมีปริมาณผลผลิตน้ำหนักแห้ง โดยประมาณเท่ากับ 3.0 ton/rai/yr ซึ่งต่ำกว่าผลผลิตโดยทั่วไปของหญ้าแพงโกล่า ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.0-7.0 ton/rai/yr (กรมปศุสัตว์, 2553) ส่วนหญ้าขนนั้น คาดว่าหากมีการดำเนินระบบอย่างต่อเนื่องและทำการเก็บเกี่ยวหญ้าจนครบรอบปี จะมีปริมาณผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าขนโดยประมาณเท่ากับ 4.5 ton/rai/yr ซึ่งสูงกว่าผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าขนที่ปลูกในพื้นที่ดินเหนียวที่ไม่มีการให้ปุ๋ย ซึ่งหญ้าขนจะให้ผลผลิตเท่ากับ 3.1 ton/rai/yr และสูงกว่าผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าขนที่ผลิตโดยทั่วไป ซึ่งหญ้าขนจะให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง เท่ากับ 1.4-3.7 ton/rai/yr (กรมปศุสัตว์, 2539) จากการศึกษาจะพบว่า แม้หญ้าอาหารสัตว์บางชนิดจะให้ผลผลิตต่ำกว่าปริมาณการผลิตหญ้าอาหารสัตว์ด้วยวิธีการของเกษตรกรโดยทั่วไป แต่ผลผลิตที่ได้นี้มาจากกระบวนการผลิตที่สามารถให้ประโยชน์ในรูปของการบำบัดน้ำเสีย โดยไม่ได้มีการให้ธาตุอาหารเพิ่มเติมกับหญ้าแต่อย่างใด ในขณะที่ หญ้าอาหารสัตว์บางชนิดให้ผลผลิตสูงกว่าการผลิตด้วยวิธีของเกษตรกรทั่วไป ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากหญ้าอาหารสัตว์ได้รับน้ำ และธาตุอาหารจากน้ำเสีย ได้รับแสงแดดจากสภาพพื้นที่ที่เปิดโล่ง จึงอยู่ในสภาพที่หญ้าอาหารสัตว์ พร้อมใช้ธาตุอาหารเหล่านั้นในการเจริญเติบโต

ผลผลิตหญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิด มีค่าวัตถุแห้งระหว่าง 18.4-53.1 % โดยจะพบว่าค่าวัตถุแห้งของหญ้าอาหารสัตว์ทุกชนิดมีค่าสูงที่สุดในระยะเก็บเกี่ยวที่ 3 ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงหรือสูงกว่าค่าวัตถุแห้งของหญ้าอาหารสัตว์แต่ละชนิด ที่มีอายุตัด 45 วัน ตามตารางคุณค่าทางโภชนะ ทั้งนี้ พบว่า

หญ้าขนในทุกระยะเก็บเกี่ยว มีค่าของวัตถุแห้งใกล้เคียงหรือสูงกว่าค่าวัตถุแห้ง ที่ระบุในตารางคุณค่าทางโภชนะ ซึ่งจะพบว่าสัมพันธ์กับลักษณะทางกายภาพของหญ้าขนที่ปรากฏ คือมีลักษณะไม่อวบน้ำ

ปริมาณโปรตีนหยาบต่อน้ำหนักแห้งในหญ้าอาหารสัตว์ ทั้ง 3 ชนิด มีค่าระหว่าง 1.66-5.09 % โดยจะพบว่า ค่า CP ของหญ้าอาหารสัตว์ทุกชนิดมีค่าสูงที่สุดในหญ้าที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งแรก โดยพบว่า ค่า CP มีแนวโน้มลดลงในระยะที่ 2 และ 3 ของการเก็บเกี่ยว ซึ่งสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในเนื้อเยื่อของหญ้าอาหารสัตว์ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของค่า CP ส่วนหนึ่งเป็นผลจากหญ้ามีการเติบโตและมีการสร้างมวลชีวภาพเพิ่มมากขึ้นนั่นเอง ทั้งนี้ จะพบว่าหญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิด ที่เก็บเกี่ยวได้จากระบบบึงประดิษฐ์ที่ทำการศึกษานี้ มีค่า CP ต่ำกว่าค่ามาตรฐานอาหารสัตว์ ซึ่งกำหนดให้ปริมาณโปรตีนในพืชอาหารสัตว์ไม่ควรต่ำกว่า 6.875 % หรือ ไม่ควรต่ำกว่า 1.1 % ฟอสฟอรัส (สายัณห์, 2522) ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว หญ้าอะตราตั้ม จะมีปริมาณโปรตีน 7-8 % หญ้าแพงโกล่า มีปริมาณโปรตีน 7-11 % (กรมปศุสัตว์, 2553) และหญ้าขนจะมีปริมาณโปรตีนรวม 6-10 % (กรมปศุสัตว์, 2539) อย่างไรก็ตาม ผลผลิตหญ้าอาหารสัตว์ที่ได้จากระบบบึงประดิษฐ์ที่ศึกษานี้เป็นการผลิตที่ไม่มีการใช้ปุ๋ยหรือสารเคมีในการผลิต ซึ่งแตกต่างจากการผลิตของเกษตรกรโดยทั่วไป

จากการศึกษา พบว่า แม้น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่งที่ทำการศึกษานี้ จะมีค่าของ NH_3N ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียปริมาณที่สูงกว่าน้ำเสียที่บำบัดด้วยระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว แต่จะพบว่าหญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิด ที่ผลิตในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง มีค่า CP ต่ำกว่าหญ้าอาหารสัตว์ชนิดเดียวกันนี้ ที่ผลิตในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว ทั้งนี้ คาดว่าส่วนหนึ่งอาจเป็นผลจากกระบวนการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนภายในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง โดยเฉพาะการเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของก๊าซ ซึ่งพืชไม่สามารถนำไปใช้ได้ และมีการสูญเสียออกไปจากระบบโดยการระเหย เช่น การระเหยในรูปของก๊าซแอมโมเนีย และก๊าซไนโตรเจน เป็นต้น

ปริมาณเยื่อใยหยาบต่อน้ำหนักแห้งในผลผลิตหญ้าอาหารสัตว์ ทั้ง 3 ชนิด มีค่าระหว่าง 24.55-31.88 % โดยจะพบว่าปริมาณเยื่อใยหยาบที่พบมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก อย่างไรก็ตาม จะพบว่าหญ้าแพงโกล่าจะมีปริมาณเยื่อใยหยาบสูงกว่าหญ้าชนิดอื่น โดยเฉพาะในระยะที่ 1 และ 3 ของการเก็บเกี่ยว ซึ่งพบว่าแตกต่างจากหญ้าชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ทั้งนี้ พบว่า ค่า CF ในเนื้อเยื่อของหญ้าอาหารสัตว์ที่ผลิตจากระบบบำบัดที่ทำการศึกษา โดยส่วนใหญ่ มีค่าต่ำกว่า ค่า CF ที่ระบุในตารางคุณค่าทางโภชนะของหญ้าแต่ละชนิดในแต่ละระยะเก็บเกี่ยวเล็กน้อย ยกเว้นหญ้าแพงโกล่าที่ได้จากระยะเก็บเกี่ยวที่ 1 และ 3 ซึ่งพบว่ามีค่าสูงกว่าค่าที่ระบุในตารางคุณค่าทางโภชนะเล็กน้อย ทั้งนี้ พบว่าค่า CF ของหญ้าอาหารสัตว์ที่ผลิตในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง มีค่าต่ำกว่า ค่า CF ของหญ้าอาหารสัตว์ชนิดเดียวกันที่ผลิตในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว ยกเว้นหญ้าแพงโกล่าซึ่งมีค่าสูงกว่าเล็กน้อย

ปริมาณฟอสฟอรัสต่อน้ำหนักแห้งในหญ้าอาหารสัตว์ ทั้ง 3 ชนิด มีค่าระหว่าง 0.20-0.43 % โดยจะพบปริมาณฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อของหญ้าแพงโกล่าสูงกว่าหญ้าชนิดอื่นในทุกระยะเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะระยะที่ 1 และ 2 ของการเก็บเกี่ยว ซึ่งพบว่าแตกต่างจากหญ้าชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ขณะที่ โดยส่วนใหญ่พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อของหญ้าอาหารสัตว์ชนิดเดียวกันที่มีระยะเก็บเกี่ยวต่างกัน มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้น หญ้าอะตราตั้ม ซึ่งมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงที่สุดในระยะแรกของการเก็บเกี่ยว และแตกต่างจากระยะเก็บเกี่ยวอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ทั้งนี้ พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อของหญ้าอาหารสัตว์ที่ผลิตในระบบบึงประดิษฐ์

ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่งที่ทำการศึกษานี้ มีค่าสูงกว่าปริมาณฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อของหญ้าอาหารสัตว์ชนิดเดียวกันที่ผลิตในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลเหนือผิว ในทุกระยะเก็บเกี่ยว ซึ่งสอดคล้องกับประสิทธิภาพในการบำบัด TP ซึ่งพบว่าระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง มีประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยสูงกว่า และเนื่องจากระบบบำบัดบึงประดิษฐ์ที่ทำการศึกษานี้ ไม่ได้มีการเพิ่มปุ๋ยประเภทใดให้กับระบบ ดังนั้น ฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อพืชโดยส่วนใหญ่ จึงเป็นฟอสฟอรัสที่มีปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียที่ระบายลงสู่ระบบ จึงสามารถบ่งชี้ได้ว่าการนำฟอสฟอรัสไปใช้โดยพืชภายในระบบบึงประดิษฐ์ส่งผลในการลดปริมาณการปนเปื้อนของฟอสฟอรัสในน้ำเสีย และในขณะเดียวกัน สามารถบ่งชี้ได้ว่าฟอสฟอรัสในน้ำเสียสามารถใช้ในการเพิ่มผลผลิตหญ้าอาหารสัตว์ได้

ผลการศึกษา สามารถสรุปได้ว่ามีความเป็นไปได้ในการผลิตหญ้าอะตราตั้ม หญ้าขน และหญ้าแพงโกล่า ภายในระบบบึงประดิษฐ์ประเภทน้ำไหลใต้ผิวในแนวดิ่ง ร่วมกับการบำบัดน้ำเสียชุมชน โดยจะพบว่าหญ้าทั้ง 3 ชนิดนี้ สามารถดำรงอยู่ เจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตได้ในระบบ แม้จะเป็นการปลูกในวัสดุกรองที่เป็นกรวดและทราย และไม่มีการให้ปุ๋ย แต่สามารถตรวจพบไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อของพืช ซึ่งพืชได้รับจากน้ำเสียที่ระบายลงสู่ระบบบำบัด คาดว่าหากมีการดำเนินระบบและทำการเก็บเกี่ยวจนครบรอบปี ปริมาณผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าอะตราตั้ม และหญ้าขนที่ได้จะมีค่าสูงกว่าปริมาณการผลิตต่อปีด้วยระบบการผลิตตามปกติ ส่วนหญ้าแพงโกล่ามีปริมาณการผลิตที่ต่ำกว่า ส่วนคุณภาพของผลผลิตหญ้าอาหารสัตว์ที่ได้นั้น พบว่าหญ้าอาหารสัตว์ทุกชนิดที่ได้จากทุกระยะเก็บเกี่ยว มีค่าฟอสฟอรัสสูงกว่าค่าฟอสฟอรัสที่ระบุในตารางคุณค่าทางโภชนะ ส่วนค่าวัตถุแห้ง ปริมาณโปรตีนหยาบ ปริมาณเยื่อใยหยาบ ของหญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิด พบว่าโดยส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่าค่าที่ระบุในตารางคุณค่าทางโภชนะ ยกเว้นหญ้าขน ซึ่งพบว่ามีค่าวัตถุแห้งสูงกว่าค่าที่ระบุในตารางคุณค่าทางโภชนะสำหรับหญ้าขนที่ระยะเก็บเกี่ยวต่างๆ โดยรวมแล้ว จะพบว่าเกษตรกรสามารถทำการผลิตหญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิด ร่วมกับการบำบัดน้ำเสีย หรือเกษตรกรสามารถใช้น้ำเสียในการผลิตหญ้าอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิดนี้ได้ เมื่อเกิดข้อจำกัดด้านน้ำหรือขาดแคลนน้ำในกระบวนการผลิต