การศึกษาการใช้ธูปฤาษี *(Typha angustifolia* Linn.*)* บำบัดน้ำเสียชุมชน ในเขตจังหวัดนนทบุรี

A Study of the Use of Cattail *(Typha angustifolia* Linn.*)* for Treatment of Domestic Wastewater in Nonthaburi Province

ประวรดา โภชนจันทร์[1]

[1]ศูนย์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

E-mail: praworada2002@yahoo.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียและการเจริญเติบโตของธูปฤาษีในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนในเขตจังหวัดนนทบุรี น้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง คือ น้ำเสียจากหมู่บ้านจัดสรร โดยใช้ธูปฤาษี 3 ระยะปลูก คือ 30x30 35x35 และ 40x40 เซนติเมตร ศึกษาความเข้มข้นของน้ำเสีย 4 ความเข้มข้น คือ ร้อยละ 0 25 50 และ 100 และศึกษาระยะเวลาปลูกใน 3 ระยะ คือ 45 60 และ 90 วัน ผลการศึกษา พบว่า ธูปฤาษีมีการเจริญเติบโตด้านความสูง น้ำหนักต้น น้ำหนักราก และน้ำหนักมวลชีวภาพเพิ่มขึ้นทุกระยะเวลาปลูก ความเข้มข้นของน้ำเสียที่ทำให้ธูปฤาษีเจริญเติบโตได้ดีที่สุดคือ ความเข้มข้นร้อยละ 25 และระยะปลูกที่ดีที่สุด คือ 30x30 และ 35x35 เซนติเมตร ส่วนการดูดซับธาตุอาหารของธูปฤาษี พบว่า ความเข้มข้นของน้ำเสียที่ทำให้ธูปฤาษีมีการดูดซับธาตุอาหารได้ดีที่สุด คือ ความเข้มข้น ร้อยละ 25 และระยะปลูกที่ดีที่สุด คือ 30x30 และ 35x35 เซนติเมตร ธูปฤาษีจะมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียได้ดีที่สุดในวันที่ 45 และระยะปลูกในการบำบัดที่ดีที่สุด คือ 30x30 เซนติเมตร ซึ่งสามารถบำบัดน้ำเสียที่มีปริมาณค่าบีโอดี ร้อยละ 58.53 และปริมาณคาร์บอนทั้งหมด ร้อยละ 58.53 และ ระยะปลูก 35x35 เซนติเมตร ซึ่งสามารถบำบัดน้ำเสียที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ร้อยละ 39.70 และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ร้อยละ 61.58 ดังนั้น ธูปฤาษีจึงสามารถบำบัดน้ำเสียจากชุมชนได้ดี การนำวิธีการบำบัดนี้ไปประยุกต์ใช้กับการบำบัดน้ำเสียในจังหวัดนนทบุรี ซึ่งเป็นเมืองที่อยู่อาศัยชั้นดีที่มีหมู่บ้านจัดสรรเป็นจำนวนมาก โดยสามารถปลูกในแปลงทดลอง โดยให้มีระยะปลูกที่ดีที่สุดคือ 30x30 และ 35x35 เซนติเมตร และควรมีการตัดแต่งไม่ให้มีการออกดอก ในวันที่ 90 เพราะเมื่อมีการออกดอก จะส่งผลให้การแตกกอ และการสร้างใบชะงักทำให้ต้นโทรม หรือหยุดชะงักการเจริญเติบโต เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียให้เพิ่มขึ้น

Abstract

This study was aimed to examine the efficiency for treatment of domestic wastewater and the growth of cattail *(Typha angustifolia* Linn.*)* while being used for treatment of domestic wastewater in Nonthaburi

province. The domestic wastewater under study was that from a real estate village. The cattail plants used for treatment of domestic wastewater were planted in planting spaces of 30x30, 35x35, and 40x40 centimeters respectively. Four levels of wastewater concentrates were studied, namely, 0.00 percent, 25.00 percent, 50.00 percent, and 100 percent; and three planting durations were studied, namely, 45, 60, and 90 days. Research findings showed that the cattail plants grew as shown by the increase in their height, weight of the plant, weight of the roots, and weight of the biomass in all durations of planting. The best wastewater concentration that made the cattail grow at the highest rate was that of 25.00 percent and the best planting spaces were those of 30x30 and 35x35 centimeters. As for nutrient absorption of the cattail, it was found that the best wastewater concentration that enabled the cattail to absorb nutrients at the highest rate was that of 25.00 percent. The cattail planted for 45 days was found to have the highest level of efficiency for wastewater treatment. The cattail plants in the 30x30 centimeters planting space could reduce the BOD value of wastewater by 58.53 percent, and the total carbon content by 58.53 percent; while those planted in the 35x35 centimeters planting space could reduce the total nitrogen content by 39.70 percent and the total phosphorus content by 61.58 percent. Therefore, the cattail was found to be a good agent for treatment of domestic wastewater. It was recommended that the cattail should be applied to treat domestic wastewater in Nonthaburi province which was a high quality residential area with a large number of real estate villages. The cattail plants could be planted in experimental plots with the best planting spaces of 30x30 and 35x35 centimeters and they should be pruned to prevent them to have flowers in the 90th day after planting because after flowering they would grow new shoots and stop growing new leaves resulting in stagnant of growth which would reduce their efficiency for wastewater treatment.

บทนำ

ปัญหาน้ำเสีย นับเป็นปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อคุณภาพชีวิตของประชาชน สืบเนื่องมาจากการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ คือ น้ำ ในกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ยิ่งมีจำนวนประชากรมากขึ้น การใช้น้ำย่อมมีมากขึ้น ขณะเดียวกันปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นก็จะมากขึ้นเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะในเมืองใหญ่ เช่น จังหวัดนนทบุรีที่เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยชั้นดีที่มีประชากรอาศัยอยู่เป็นจำนวนมาก มีแหล่งปล่อยน้ำเสียทั้งจากชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม และการเกษตรกรรม ซึ่งน้ำเสียเหล่านั้นถ้าไม่ได้รับการบำบัดที่ถูกต้องเหมาะสมย่อมก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของประชาชนและคุณภาพสิ่งแวดล้อมได้ เพราะมีสารปนเปื้อนต่างๆ เช่น สารอินทรีย์ สารปราบศัตรูพืช โลหะหนัก เป็นต้น ในปริมาณที่สูงและเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ดังนั้น จึงต้องมีการนำน้ำเสียมาผ่านขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียก่อนที่จะปล่อยลงสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งเทคโนโลยีในการบำบัดน้ำเสียในปัจจุบันมีหลายวิธีแต่ละวิธีมีข้อดี ข้อเสีย และความเหมาะสมกับพื้นที่แตกต่างกันไป

จังหวัดนนทบุรีตั้งอยู่บนพื้นที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา มีคลองธรรมชาติและขุดขึ้นใหม่เป็นจำนวนมาก โดยเชื่อม

ต่อกันเป็นโครงข่ายจากคลองซอยไปสู่คลองขนาดใหญ่ และสามารถเชื่อมต่อถึงแม่น้ำเจ้าพระยา คลองในพื้นที่จังหวัดนนทบุรีโดยเฉพาะคลองที่อยู่ในเขตห่างไกลชุมชน ยังมีประชาชนใช้ประโยชน์ในการอุปโภค การเกษตรกรรม และเป็นเส้นทางสัญจรของเรือในพื้นที่และเรือนอกพื้นที่เข้ามาท่องเที่ยว ตลอดจนเป็นแหล่งระบายน้ำจากชุมชนและสถานประกอบการ ประกอบกับ ปัจจุบันจังหวัดนนทบุรีมีการเติบโตของที่อยู่อาศัยและสถานประกอบการค่อนข้างสูง จึงมีการระบายน้ำเสียลงสู่คลองสาธารณะ ซึ่งมีผลกระทบทำให้คุณภาพน้ำในคลองเสื่อมโทรม ทั้งนี้จากการตรวจวัดคุณภาพน้ำในพื้นที่จังหวัดนนทบุรีที่ผ่านมาในบริเวณคลองอ้อม พบว่า มีคุณภาพต่ำ เช่นเดียวกับแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณที่ไหลผ่านจังหวัดนนทบุรี ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแนวโน้มคุณภาพน้ำในบริเวณดังกล่าวต่ำมากขึ้น ส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ของประชาชน เป็นแหล่งสะสมเชื้อโรค ส่งกลิ่นเหม็น รวมทั้งทำให้เกิดทัศนียภาพที่ไม่น่ามอง (ประวรดา โภชนจันทร์, 2550)

อย่างไรก็ตามจากแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ในการใช้เทคโนโลยีที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน สามารถนำไปใช้ได้ง่าย ประหยัดค่าใช้จ่าย ภายใต้หลักการธรรมชาติช่วยธรรมชาติในการบำบัดน้ำเสีย การใช้เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียในรูปแบบของพื้นที่ชุมน้ำเทียมหรือบึงประดิษฐ์ (Constructed Wetland) ซึ่งเป็นการเลียนแบบพื้นที่ชุ่มน้ำตามธรรมชาติ โดยจะปลูกพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นที่ที่มีสภาพน้ำท่วมขังและมีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียทางเคมีและทางชีวภาพ เช่น กกกลม แฝกและธูปฤาษี เป็นต้น โดยอาศัยกระบวนการการทำงานร่วมกันระหว่างดิน น้ำ และพืช จากการศึกษาพบว่า ระบบบำบัดน้ำเสียดังกล่าว มีความสามารถในการลดค่าบีโอดีของน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีได้สูงสุดถึงร้อยละ 94.37 หรือเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 85-90 (มูลนิธิชัยพัฒนา, 2547) ซึ่งธูปฤาษีเป็นพืชน้ำชนิดหนึ่งที่ช่วยบำบัดน้ำเสียได้ดี เนื่องจากสามารถช่วยลดปริมาณความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD, Biochemical Oxygen Demand) ทั้งนี้การบำบัดน้ำเสีย โดยใช้ธูปฤาษีเป็นเทคโนโลยีในการบำบัดน้ำเสียวิธีหนึ่ง และเป็นเทคโนโลยีอย่างง่าย ประหยัดมีขั้นตอนที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน เหมาะสมอย่างยิ่งต่อการนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนในประเทศไทย (สุชาดา ศรีเพ็ญและคณะ, 2543) ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพื่อใช้ธูปฤาษีในการบำบัดน้ำเสียซึ่งน่าจะหมาะสมกับการบำบัดน้ำเสียชุมชนในเขตจังหวัดนนทบุรี

คำสำคัญ

ธูปฤาษี (*Typha angustifolia* Linn.), การบำบัด, น้ำเสียชุมชน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของธูปฤาษีในการบำบัดน้ำเสียชุมชนของจังหวัดนนทบุรีโดยใช้ธูปฤาษีที่มีระยะปลูกและความเข้มข้นของน้ำเสียต่างกัน

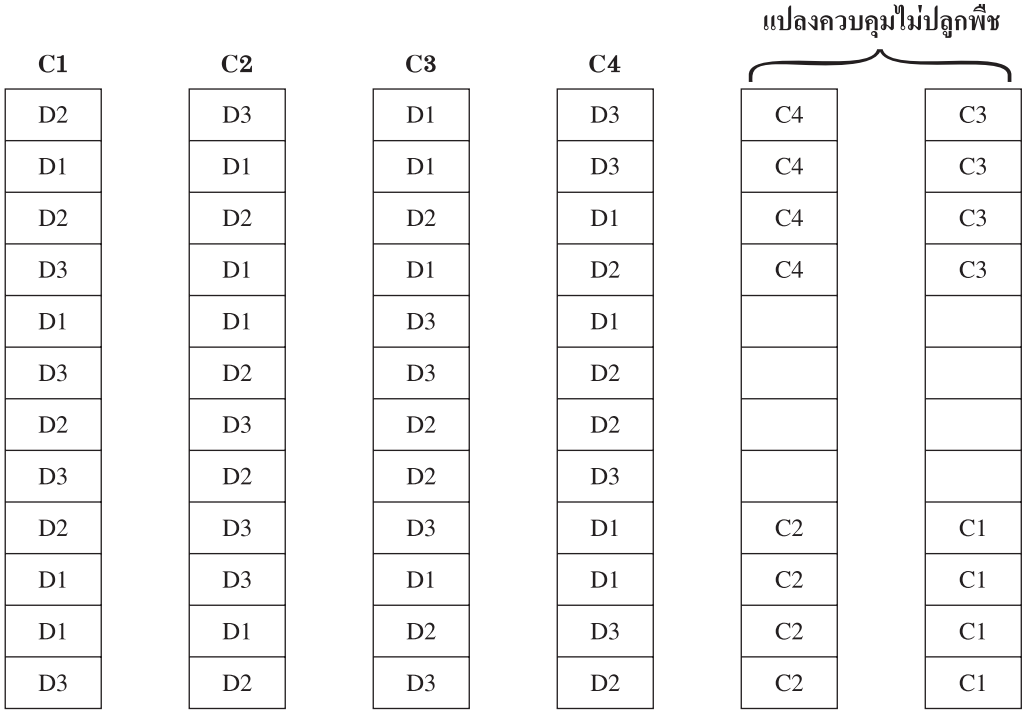
2. เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของธูปฤาษีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนของจังหวัดนนทบุรี โดยเปรียบเทียบระยะปลูกและความเข้มข้นของน้ำเสียที่แตกต่างกัน

วิธีการศึกษา

1. การเตรียมแปลงปลูก เตรียมดิน เตรียมพืช เตรียมน้ำเสีย และวางแผนการทดลอง

1.1 การเตรียมแปลงปลูก

แปลงทดลองนี้ทำขึ้นพิเศษเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 4 เมตร สูง 1.5 เมตร เรียงต่อกันเป็นแถวจำนวน 6 แถว ๆ ละ 12 หน่วย (แปลงปลูกย่อย) มีช่องระบายน้ำ 2 ช่อง ที่ระดับ 0 เซนติเมตร และ 30 เซนติเมตร แล้วทำการฉาบปูนบริเวณผนังของแปลงทดลองมิให้เกิดการรั่วซึม แล้วติดก๊อกเกลียวเพื่อควบคุมการปิดเปิดของการระบายน้ำตามที่ต้องการ จากนั้นบรรจุทรายหยาบจนได้ที่ระดับ 30 เซนติเมตร ดังภาพที่ 1

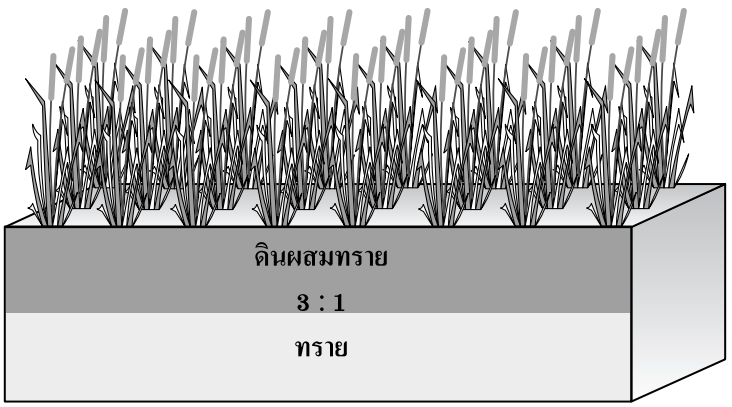


ภาพที่ 1 แปลงปลูกที่ใช้ในการวิจัย

ทั้งนี้ก่อนการศึกษาได้ใช้น้ำประปาแช่แปลงทดลอง เพื่อทดสอบการรั่วซึมและเป็นการล้างปูน โดยแช่ขังน้ำไว้เป็นเวลา 7 วันแล้วจึงระบายน้ำออก

1.2 การเตรียมดิน

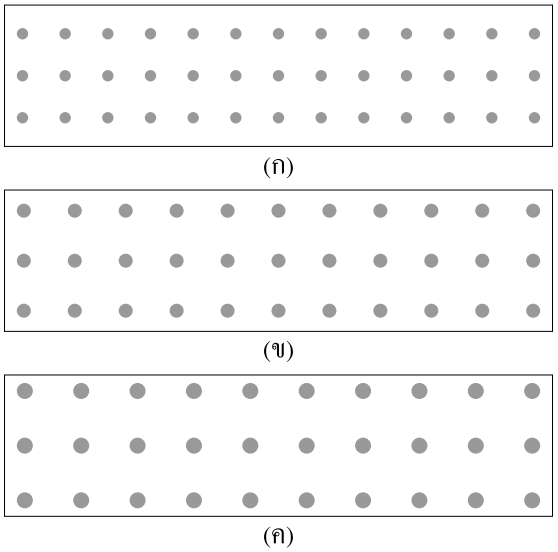
การศึกษานี้ใช้ดินนาชุดราชบุรี (Rb : Fine, Mixed, Active, Nonacid, Isohyperthermic Vertic (Aeric) Ustic Endoaquepts) ซึ่งเป็นดินเหนียวจากตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอแหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี ในการปลูกธูปฤาษีเพื่อบำบัดน้ำเสีย และเพื่อให้น้ำเสียแทรกซึมลงไปในดินได้เร็วขึ้น จึงได้ผสมทรายให้ได้เนื้อดินเป็นดินร่วน เพื่อให้เหมาะสมกับการทดลองและให้มีการระบายน้ำได้ดี โดยผสมทรายลงไป 3:1 จากนั้นจึงบรรจุดินลงในแปลง ดังปรากฏในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การเตรียมดินที่ใช้ในการศึกษา

1.3 การเตรียมพืชและปลูกพืช

ในการทดลองครั้งนี้ ใช้ธูปฤาษี *Typha augustifolia* Linn. ทำการคัดเลือกกล้าพืชที่แข็งแรง และเติบโตใกล้เคียงกันมาปลูกลงแปลงทดลองย่อยแต่ละหน่วยตามแผนการทดลองที่ได้กำหนดไว้ ขนาด 15 เซนติเมตร จากนั้นอนุบาลกล้าพืชที่ปลูกลงแปลงทดลองไว้แล้วให้ตั้งตัวได้ด้วยน้ำประปา ทุก 5 วัน เป็นเวลา 15 วัน จากนั้นจึงย้ายมาปลูกพืชตามระยะปลูก 30x30 35x35 และ 40x40 เซนติเมตร ตามลำดับ ดังปรากฏในภาพที่ 3



(ก) หมายถึง ผังปลูกพืชที่ระยะ 30x30 เซนติเมตร ในหน่วยทดลอง (มองด้านบน)

(ข) หมายถึง ผังปลูกพืชที่ระยะ 35x35 เซนติเมตร ในหน่วยทดลอง (มองด้านบน)

(ค) หมายถึง ผังปลูกพืชที่ระยะ 40x40 เซนติเมตร ในหน่วยทดลอง (มองด้านบน)

ภาพที่ 3 ระยะปลูกพืชในแปลงที่ใช้ในการศึกษา

1.4 การเตรียมน้ำเสีย

การเตรียมน้ำเสียใช้น้ำเสียจากหมู่บ้านในเขตจังหวัดนนทบุรี มาเจือจางด้วยน้ำประปาโดยผสมในถังขนาด 2,000 ลิตร ให้มีความเข้มข้นของค่าบีโอดีเป็นร้อยละ 0 25 50 100 นอกจากนี้ยังได้มีการปรับคุณสมบัติของน้ำเสียทุกระดับความเข้มข้น ให้มีค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน เหมาะสมกับความสามารถในการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ โดยเติมปุ๋ย 16-20-0 ในอัตรา 1 กรัมต่อน้ำ 10 ลิตร เมื่ออนุบาลกล้าพืชครบ 15 วัน พบว่า กล้าพืชทุกชนิดตั้งตัวได้ดี จึงเริ่มทดลองบำบัดโดยการระบายน้ำประปาออกจากแปลงแต่ละแปลงให้หมดทางช่องระบายน้ำสองช่อง ปล่อยทิ้งไว้ 3 วัน เพื่อให้อากาศแทรกซึมลงไปในดินแล้วจึงค่อยๆ ใส่น้ำเสียลงไปในแต่ละแปลงย่อยตามแผนการทดลอง

1.5 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD

ปัจจัยที่ 1 คือ ระยะปลูก 3 ระยะ คือ 1. 30x30 2. 35x35 และ 3. 40x40 เซนติเมตร จำนวน 3 ซ้ำ และ 1 ชุดควบคุม

ปัจจัยที่ 2 คือ ความเข้มข้นของน้ำเสีย 4 ความเข้มข้น คือ ร้อยละ 0 25 50 100 (ใช้น้ำประปา)

1.6 การทดลองบำบัดน้ำเสีย

มีการระบายน้ำเข้าแปลง 5 วัน และปล่อยให้แห้ง 2 วัน โดยมีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำของน้ำเสียชุมชนโดยหาค่าบีโอดี จากนั้นจึงเจือจางตัวอย่างน้ำเสียให้ได้ 4 ความเข้มข้น คือ ร้อยละ 0 25 50 100 (ใช้น้ำประปา) ในแปลงทดลองที่มีระยะปลูก 30x30 35x35 และ 40x40 เซนติเมตร โดยกำหนดอัตราการไหล 150 ลิตรต่อนาที ซึ่งคิดเป็นปริมาตรน้ำเสีย 63 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

2. จุดเก็บตัวอย่าง วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ และการรักษาสภาพตัวอย่างน้ำ

2.1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำ

2.1.1 การเก็บตัวอย่างน้ำไหลบนผิวดิน เก็บแบบผสมรวมโดยเก็บ 3 จุดของแปลง คือ หัวแปลง กลางแปลงและท้ายแปลงแล้วนำมาผสมรวมกัน จากนั้นทำการกลั้วด้วยน้ำตัวอย่าง 2-3 ครั้ง จึงค่อย ๆ เติมน้ำลงไปในขวดเก็บตัวอย่าง อย่างช้าๆ

2.1.2 การเก็บตัวอย่างน้ำไหลใต้ผิวดิน ด้านล่างของบ่อ ทำการเก็บโดยเก็บจากปลายท่อ โดยเปิดน้ำทิ้งประมาณ 15 นาที แล้วกลั้วขวดเก็บตัวอย่างด้วยน้ำตัวอย่าง 2-3 ครั้ง จึงเก็บตัวอย่างน้ำ

2.2 การเก็บตัวอย่างน้ำ

สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำที่ระยะเวลาปลูก 45 60 และ 90 วัน ในแต่ละแปลงทดลองละ 2 จุด คือ ด้านบนแปลงและด้านล่างของแปลง ใส่ขวดพลาสติกขนาด 1 ลิตร และเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ ตามวิธีที่กำหนดใน Standard Method for Water and Wastewater ของ APHA, AWWA and WPCF (2005) ในห้องปฏิบัติการศูนย์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำและวิธีรักษาตัวอย่างน้ำ

ดัชนี	วิธีรักษาตัวอย่างน้ำ
BOD_5	อุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส
TOC	อุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียสและเติมกรดไฮโดรคลอริค ให้ pH<2
TKN, TP	อุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียสและเติมกรดซัลฟูริค ให้ pH<2
pH	วัดทันทีในภาคสนาม

3. วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างและประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย

ทำการวิเคราะห์ตัวอย่าง ตามวิธีการของ APHA, AWWA and WPCF (2005) ใน Standard Method for the Examination of Water and Wastewater ดังปรากฏในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 พารามิเตอร์ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำและวิธีวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

ดัชนี	เครื่องมือ/วิธีวิเคราะห์
pH	pH meter
BOD_5	Azide Modification Method
TOC	TOC Analyzer
TP	UV Spectrophotometer
TKN	Kjeldahl Method

การคำนวณประสิทธิภาพการบำบัด ใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$\text{ประสิทธิภาพ (\%)} = \frac{\text{(ความเข้มข้นในน้ำเข้า - ความเข้มข้นในน้ำออก)}}{\text{ความเข้มข้น}} \times 100$$

3. การศึกษาการเจริญเติบโตของพืชและการวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช

3.1 การศึกษาการเจริญเติบโตของพืช

การศึกษาการเจริญเติบโตของพืชโดยใช้แปลงทดลองที่มีความเข้มข้นของบีโอดี 100 % และให้มีการระบายน้ำเข้าแปลง 5 วัน และปล่อยให้แห้ง 2 วัน ดังนี้

3.1.1 วัดความสูงของพืชและความยาวราก ที่ระยะเวลา 45 60 และ 90 วัน จากระยะปลูก 30x30 35x35 และ 40x40 เซนติเมตร โดยสุ่มเก็บ 5 กอต่อแปลงทดลอง เพื่อวัดความสูงของพืชจากผิวดินจนถึงใบที่ทำการรวบยอดสูงสุด

3.1.2 น้ำหนักของต้น และมวลชีวภาพ โดยวัดเป็นน้ำหนักแห้ง ในระยะ 45 60 และ 90 วัน โดยสุ่มเก็บจากแต่ละแปลงการทดลอง จำนวน 5 กอต่อแปลงทดลอง นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน จนน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักแห้งของธูปฤาษีเพื่อหาน้ำหนักต้น ราก และมวลชีวภาพต่อไป

3.2 การวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช

วิเคราะห์ธาตุอาหารพืชของธูปฤาษีที่ระยะเวลา 60 วัน และ 90 วัน โดยแยกส่วนรากนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน จนน้ำหนักคงที่ แล้วนำไปวิเคราะห์หาธาตุอาหารพืช คือ ไนโตรเจนทั้งหมด โดยวิธี Diacid mixture, Kjeldahl method ฟอสฟอรัสทั้งหมด โดยวิธี Triacid mixture, Molybdo-vanadate yellow color method เป็นต้น

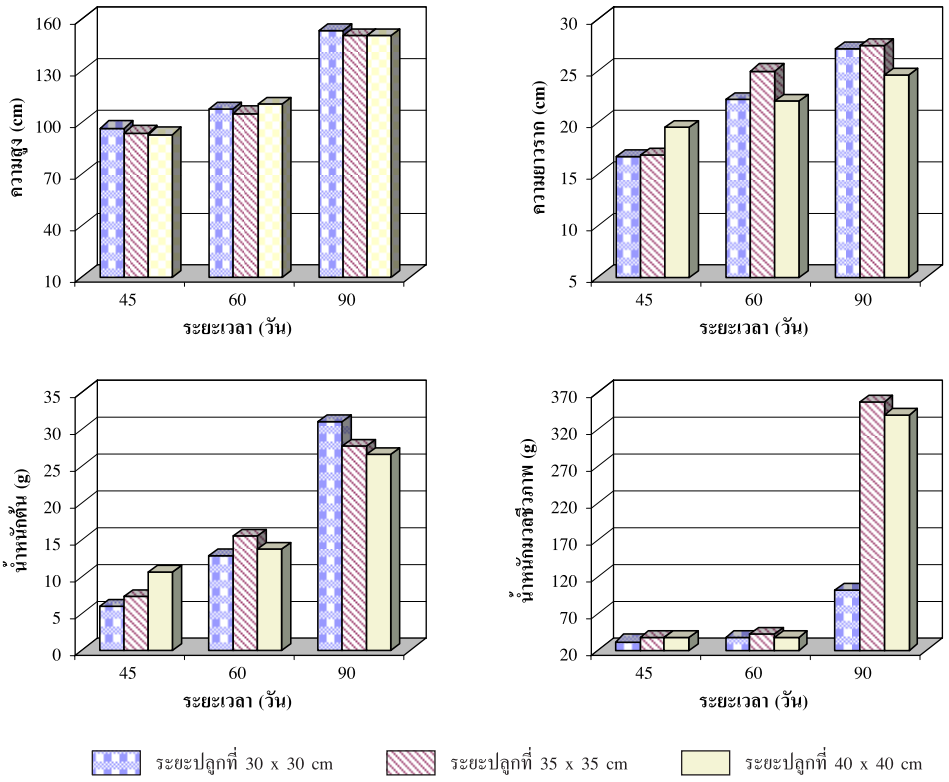
4. การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

นำข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมมาวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ผลการศึกษา

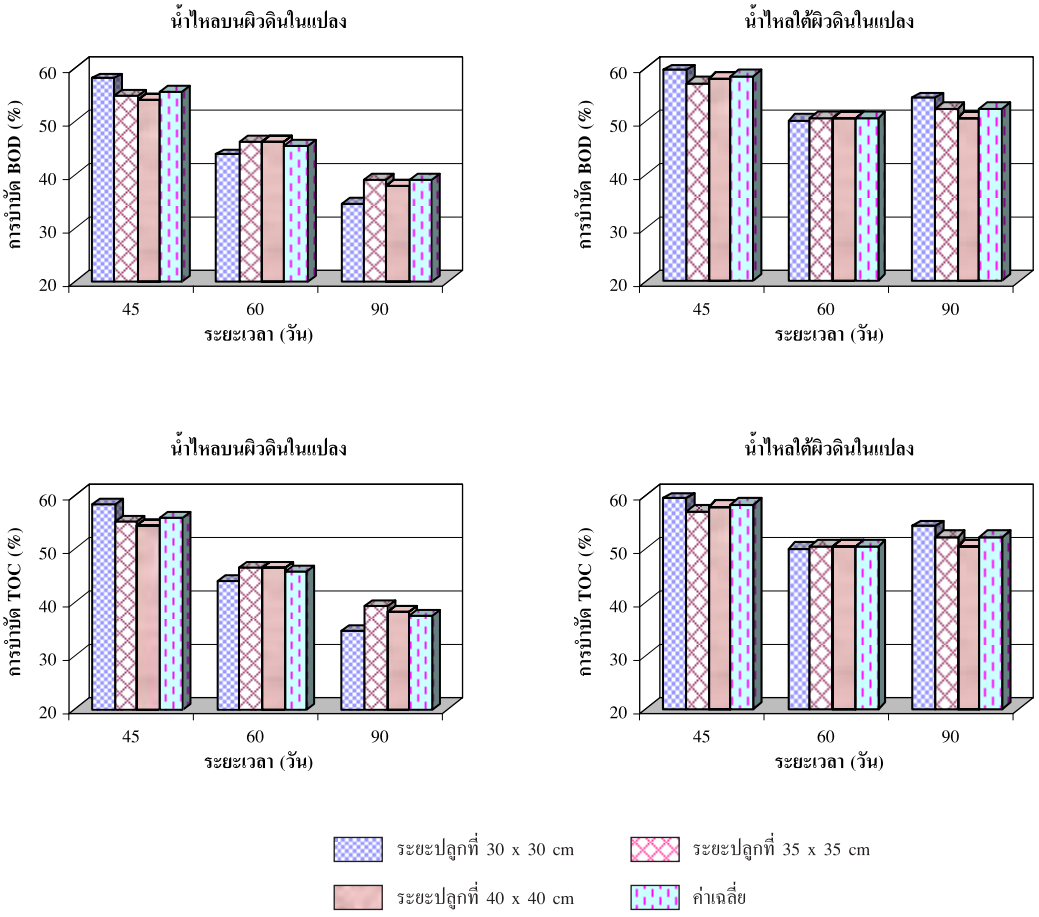
ผลการศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนในเขตจังหวัดนนทบุรี คือ น้ำเสียจากหมู่บ้านจัดสรร โดยใช้ธูปฤาษีทั้ง 3 ระยะปลูก คือ 30x30 35x35 และ 40x40 เซนติเมตร ภายหลังการปลูก พบว่ามีค่าเฉลี่ยความสูงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีความสูงมากที่สุดในวันที่ 90 โดยธูปฤาษีที่มีระยะปลูก 40x40 เซนติเมตรและมีความเข้มข้นของน้ำเสีย ร้อยละ 25 มีความสูงเพิ่มขึ้นจากระยะแรกที่ปลูก (30 เซนติเมตร) มากที่สุด คือ 204.25 เซนติเมตรรองลงมา คือ ธูปฤาษีที่มีระยะปลูก 30x30 เซนติเมตร และมีความเข้มข้นของน้ำเสีย ร้อยละ 25 มีความสูง 199.75 เซนติเมตร ในส่วนความยาวรากมีค่าเฉลี่ยมากขึ้นอย่างต่อเนื่องเช่นกัน และมีความยาวรากมากที่สุดในวันที่ 90 พบว่า ที่ระยะปลูก 30x30 เซนติเมตร และมีความเข้มข้นของน้ำเสีย ร้อยละ 25 มีความยาวรากเพิ่มขึ้นจากระยะแรกที่ปลูก (0 เซนติเมตร) มากที่สุด คือ 34.75 เซนติเมตร รองลงมา คือ ธูปฤาษีที่มีระยะปลูก 35x35 และ 40x40 เซนติเมตร และมีความเข้มข้นของน้ำเสีย ร้อยละ 25

มีความยาวรากเท่ากันที่ 30.00 เซนติเมตร ในส่วนของน้ำหนักต้นภายหลังการปลูก มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักของต้นธูปฤาษีมากขึ้นอย่างต่อเนื่องเช่นกัน และมีน้ำหนักต้นธูปฤาษีมากที่สุดในวันที่ 90 พบว่า ที่ระยะปลูก 30x30 เซนติเมตร และมีความเข้มข้นของน้ำเสีย ร้อยละ 25 มีน้ำหนักต้นธูปฤาษีเพิ่มขึ้นจากระยะแรกที่ปลูก มากที่สุด คือ 57.95 กรัม รองลงมา คือ ธูปฤาษีที่มีระยะปลูก 40x40 เซนติเมตร และมีความเข้มข้นของน้ำเสีย ร้อยละ 50 มีน้ำหนักต้นธูปฤาษี 40.47 กรัม และค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพภายหลังการปลูก มีค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพของธูปฤาษีมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง และมีมวลชีวภาพธูปฤาษีมากที่สุดในวันที่ 90 พบว่า ที่ระยะปลูก 30x30 เซนติเมตร และมีความเข้มข้นของน้ำเสีย ร้อยละ 25 มีมวลชีวภาพของธูปฤาษีเพิ่มขึ้นจากระยะแรกที่ปลูก มากที่สุด คือ 195.54 กรัม (39.11 กรัมต่อกอ) รองลงมา คือธูปฤาษีที่มีระยะปลูก 40x40 เซนติเมตร และมีความเข้มข้นของน้ำเสีย ร้อยละ 25 มีมวลชีวภาพของธูปฤาษี 133.40 กรัม ดังภาพที่ 4

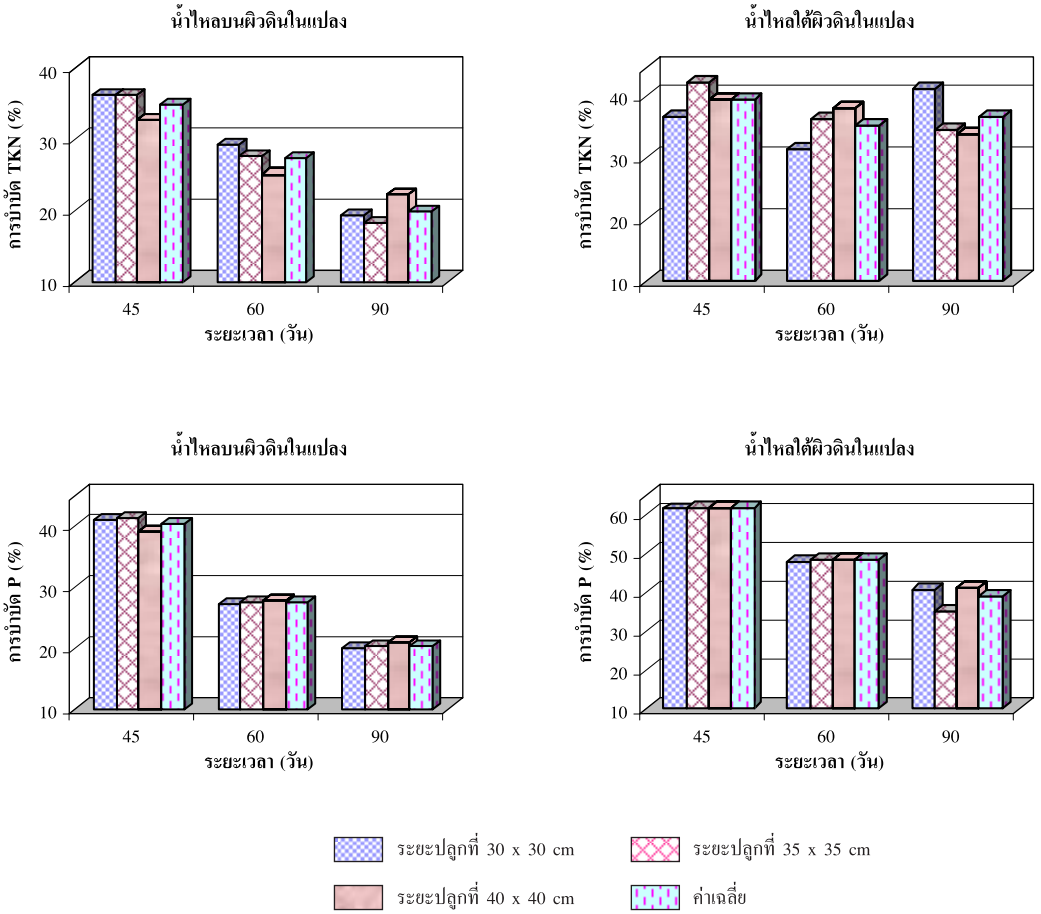


ภาพที่ 4 การเจริญเติบโตของธูปฤาษีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนของจังหวัดนนทบุรี

ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย วันที่ 45, 60 และ 90 น้ำเสียก่อนการบำบัด มีค่าบีโอดีเท่ากับ 24.90 19.20 และ 13.20 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ หลังจากผ่านแปลงธูปฤาษี พบว่า น้ำเสียที่ไหลบนผิวดินของแปลงทดลอง วันที่ 45 60 และ 90 มีค่าบีโอดีลดลงและในวันที่ 45 มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติแต่ในวันที่ 60 และ 90 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ส่วนน้ำเสียที่ไหลใต้ผิวดินในแปลงทดลอง วันที่ 45 60 และ 90 มีค่าบีโอดีไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งสามารถบำบัดค่าบีโอดีได้ดีกว่าน้ำเสียที่ไหลบนผิวดินของแปลงทดลอง โดยพบว่า แปลงทดลองสามารถบำบัดค่าบีโอดีได้ตั้งแต่วันที่ 45 โดยระยะปลูกพืชที่สามารถบำบัดค่าบีโอดีได้ที่สุดคือ 30x30 เซนติเมตร ปริมาณคาร์บอนทั้งหมด วันที่ 45 60 และ 90 น้ำเสียก่อนการบำบัดมีค่าคาร์บอนทั้งหมด เท่ากับ 9.34 7.20 และ 4.95 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ หลังจากผ่านแปลงธูปฤาษี พบว่า น้ำเสียที่ไหลบนผิวดินของแปลงทดลอง วันที่ 45 60 และ 90 มีค่าคาร์บอนทั้งหมดลดลงและในวันที่ 45 และ 60 มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในวันที่ 90 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ส่วนน้ำเสียที่ไหลใต้ผิวดินในแปลงทดลอง วันที่ 45 และ 90 มีค่าคาร์บอนทั้งหมด ค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) แต่ในวันที่ 60 มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสามารถบำบัดค่าคาร์บอนทั้งหมดได้ดีกว่าน้ำเสียที่ไหลบนผิวดินของแปลงทดลอง โดยพบว่า แปลงทดลองสามารถบำบัดค่าคาร์บอนทั้งหมดได้ตั้งแต่วันที่ 45 โดยระยะปลูกพืชที่สามารถบำบัดค่าคาร์บอนได้ที่สุดคือ 30x30 เซนติเมตร ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด วันที่ 45 60 และ 90 น้ำเสียก่อนการบำบัด มีค่าไนโตรเจนทั้งหมด เท่ากับ 9.52 8.40 และ 7.28 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ หลังจากผ่านแปลงธูปฤาษี พบว่า น้ำเสียที่ไหลบนผิวดินของแปลงทดลอง วันที่ 45 60 และ 90 มีค่าไนโตรเจนทั้งหมดลดลงและในวันที่ 45 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในวันที่ 60 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.05$) และในวันที่ 90 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ส่วนน้ำเสียที่ไหลใต้ผิวดินในแปลงทดลอง วันที่ 45 และ 60 มีค่าไนโตรเจนทั้งหมด ค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) แต่ในวันที่ 90 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งสามารถบำบัดค่าไนโตรเจนทั้งหมดได้ดีกว่าน้ำเสียที่ไหลบนผิวดินของแปลงทดลอง โดยพบว่า แปลงทดลองสามารถบำบัดค่าไนโตรเจนทั้งหมดได้ตั้งแต่วันที่ 45 โดยระยะปลูกพืชที่สามารถบำบัดค่าไนโตรเจนทั้งหมดดีที่สุดคือ 35x35 เซนติเมตร ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด วันที่ 45 60 และ 90 น้ำเสียก่อนการบำบัด มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด เท่ากับ 1.2655 0.8571 และ 0.7542 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ หลังจากผ่านแปลงธูปฤาษี พบว่า น้ำเสียที่ไหลบนผิวดินของแปลงทดลอง วันที่ 45 60 และ 90 มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดลดลงและในวันที่ 45 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) และในวันที่ 60 และ 90 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนน้ำเสียที่ไหลใต้ผิวดินในแปลงทดลอง มีลักษณะเช่นเดียวกัน คือวันที่ 45 มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) และในวันที่ 60 และ 90 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งสามารถบำบัดค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดได้ดีกว่าน้ำเสียที่ไหลบนผิวดินของแปลงทดลอง โดยพบว่า แปลงทดลองสามารถบำบัดค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดได้ตั้งแต่วันที่ 45 โดยระยะปลูกพืชที่สามารถบำบัดค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด ดีที่สุดคือ 35x35 เซนติเมตร แสดงได้ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ประสิทธิภาพของธูปฤาษีในการบำบัดน้ำเสียชุมชนของจังหวัดนนทบุรี



รูปที่ 5 ประสิทธิภาพของธูปฤาษีในการบำบัดน้ำเสียชุมชนของจังหวัดนนทบุรี (ต่อ)

ธูปฤาษีสามารถเจริญเติบโตในน้ำเสียชุมชนได้ดี โดยสามารถบำบัดน้ำเสียได้ดีตั้งแต่ในวันที่ 45 และระยะปลูกที่ดีที่สุด คือ 30x30 และ 35x35 เซนติเมตร โดยควรมีการตัดแต่งไม่ให้มีการออกดอก ในวันที่ 90 เพราะเมื่อมีการออกดอกจะส่งผลให้การแตกกอ และการสร้างใบชะงัก ทำให้ต้นโทรม หรือหยุดชะงักการเจริญเติบโต ส่งผลให้ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียลดลง

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการศึกษา

การศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนในเขตจังหวัดนนทบุรี คือ น้ำเสียจากหมู่บ้านจัดสรร โดยใช้ธูปฤาษีทั้ง 3 ระยะปลูก คือ 30x30 35x35 และ 40x40 เซนติเมตร ตามลำดับตามความเข้มข้นของน้ำเสีย ร้อยละ 0 25 50 และ 100 และตามระยะเวลาปลูก คือ 45 60 และ 90 วัน พบว่า

1.1 ธูปฤาษีมีการเจริญเติบโตด้านความสูง ความยาวราก น้ำหนักต้น และน้ำหนักมวลชีวภาพเพิ่มขึ้นทุกระยะเวลาปลูก พบว่า ความเข้มข้นของน้ำเสียที่ทำให้ธูปฤาษีเจริญเติบโตได้ดีที่สุดคือ ความเข้มข้นร้อยละ 25 และระยะปลูกที่ดีที่สุด คือ 30x30 และ 35x35 เซนติเมตร

1.2 การดูดซับธาตุอาหารของธูปฤาษี พบว่า ความเข้มข้นของน้ำเสียที่ทำให้ธูปฤาษี มีการดูดซับธาตุอาหารได้ดีที่สุดคือ ความเข้มข้นร้อยละ 25 และระยะปลูกที่ดีที่สุด คือ 30x30 และ 35x35 เซนติเมตร

1.3 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำทิ้ง ธูปฤาษีจะมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งได้ดีที่สุดในวันที่ 45 และระยะปลูกในการบำบัดที่ดีที่สุด คือ 30x30 เซนติเมตร ซึ่งสามารถบำบัดน้ำเสียที่มีปริมาณค่าบีโอดี ร้อยละ 58.53 และปริมาณคาร์บอนทั้งหมด ร้อยละ 58.53 และ ระยะปลูก 35x35 เซนติเมตร ซึ่งสามารถบำบัดน้ำเสียที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ร้อยละ 39.70 และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ร้อยละ 61.58

ธูปฤาษีเป็นพืชที่มีความเหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากธูปฤาษีเป็นพืชที่ชอบอยู่ในที่ลุ่มมีน้ำขังมีการแตกหน่อจากส่วนลำต้นใต้ดิน และรวมเป็นกอ เบียดกันแน่น ใบไม่แผ่ขยายด้านข้าง ขยายพันธุ์โดยใช้หน่อได้ตลอดปี ใบมีลักษณะยาว ตัดและแตกใหม่ง่าย ระบบรากยาวสานกันแน่น อีกทั้งยังเป็นที่อยู่อาศัยของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์หลายชนิด ปรับตัวต่อสภาพต่างๆ ได้ดี ทนทานต่อโรคพืชทั่วไป (อาภรณ์ ยิ่งยง, 2539; อังษณา ตั้งใจครองบุญ, 2540)

เมื่อธูปฤาษีมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น จะทำให้มีความสามารถในการเพิ่มปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในน้ำได้มากขึ้น ธูปฤาษีจะลำเลียงออกซิเจนที่ได้จากการสังเคราะห์แสง และบรรยากาศส่งผ่านไปยังราก ทำให้เกิดออกซิเดชั่นโดยรอบชั้นรากพืช ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจึงเพิ่มขึ้น การเพิ่มขึ้นของออกซิเจนละลายน้ำ เกิดจากการส่งผ่านออกซิเจนมายังระบบรากของธูปฤาษี ซึ่งธูปฤาษีจะมีการแลกเปลี่ยนแก๊สอย่างอิสระกับอากาศผ่านทางใบ และลำต้น ทำให้ออกซิเจนเหนือน้ำมีปริมาณเพิ่มขึ้น และส่งผ่านมายังระบบราก ยิ่งธูปฤาษีที่มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงก็จะส่งผลให้มีการส่งออกซิเจนมายังรากสูงตามไปด้วย เมื่อมีออกซิเจนสูงจะเป็นการเพิ่มจำนวน และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ ทำให้ค่าบีโอดีลดลงได้ (ศรปราชญ์ ธไนศวรรยางค์กูร, 2543)

2. ข้อเสนอแนะ

2.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

2.1.1 ธูปฤาษีสามารถบำบัดน้ำเสียจากชุมชนได้ดี จึงสามารถนำวิธีการบำบัดนี้ไปประยุกต์ใช้กับการบำบัดน้ำเสียชุมชนของจังหวัดนนทบุรี ซึ่งเป็นเมืองที่อยู่อาศัยชั้นดีที่มีหมู่บ้านจัดสรรเป็นจำนวนมากได้ โดยสามารถปลูกในแปลง โดยให้มีระยะปลูกที่ดีที่สุดคือ 30x30 และ 35x35 เซนติเมตร ซึ่งสามารถรองรับปริมาตรน้ำเสียได้ 63 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

2.1.2 ควรมีการตัดแต่งไม่ให้มีการออกดอก ในวันที่ 90 เพราะเมื่อมีการออกดอกจะส่งผลให้การแตกกอและการสร้างใบชะงัก ทำให้ต้นโทรม หรือหยุดชะงักการเจริญเติบโต เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียให้สูงขึ้น

2.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการทำวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการเผยแพร่เรื่องระบบบำบัดน้ำเสียด้วยธูปฤาษีให้แก่ชุมชนในจังหวัดนนทบุรี เพื่อให้ความรู้ในการบำบัดน้ำเสีย ก่อนการระบายน้ำเสียลงสู่คลองสาธารณะและเพื่อป้องกันน้ำในคลองสาธารณะเกิดการเน่าเสีย

เอกสารอ้างอิง

ประวรดา โภชนจันทร์. (2550). **การศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมีบางประการแหล่งน้ำธรรมชาติในช่วงฤดูน้ำมากและฤดูน้ำน้อยของจังหวัดนนทบุรี.** คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยและพัฒนา.

มูลนิธิชัยพัฒนา. (2547). คู่มือเทคโนโลยีการกำจัดขยะและบำบัดน้ำเสียตามแนวพระราชดำริ, น.1-1 ถึง 1-20 ใน**เอกสารประกอบการประชุมเชิงปฏิบัติการ การประยุกต์เทคโนโลยีการกำจัดขยะและบำบัดน้ำเสียตามแนวพระราชดำริสู่ท้องถิ่น.** สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริและมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ.

สุชาดา ศรีเพ็ญ, จันทนา สุขปรีดี, สุมน มาสุธน, สมบัติ ชิณะวงศ์และสมศักดิ์ เจริญวัย. 2543. **การบำบัดน้ำเสียจากชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีในพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมโดยใช้กกกลมและธูปฤาษี.** เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการรายงานการศึกษาวิจัย วิทยาศาสตร์การกำจัดขยะและการบำบัดน้ำเสียตามแนวพระราชดำริ. โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ.

ศรปราชญ์ ธไนศวรรยางกูร. 2543. **การให้ออกซิเจนในน้ำเสียของธูปฤาษี. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.** กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อาภรณ์ ยิ่งยง. 2539. **การบำบัดบีโอดีในน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรีในสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อังษณา ตั้งใจครองบุญ. 2540. **การศึกษาคุณสมบัติบางประการของน้ำเสียชุมชน ภายหลังการบำบัดโดยใช้ดินนาในสภาพน้ำขังสลับแห้ง.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.