



# การนำน้ำทิ้งจากระบบบ่อนุกรมบำบัดตามธรรมชาติมาใช้ เพื่อการรดน้ำแปลงผัก : การดูดซับสารอาหาร

## The Study of using Domestic Effluent from Pond System for Irrigation: Nutrient Uptakes

สุดติดา เปลี่ยนการมย์<sup>1\*</sup> กิตติชัย ธนทรัพย์สิน<sup>2</sup> และ จงกอลณี วรณเพ็ญสกุล<sup>3</sup>

Sudtida Pliankarom<sup>1\*</sup> Kittichai Thanasupsin<sup>2</sup> and Jongkolnee Wanpensakul<sup>3</sup>

### บทคัดย่อ

ระบบบ่อนุกรมบำบัดตามธรรมชาติแบบผสมผสานที่ใช้ศึกษา เป็นบ่อนุกรม ๒ บ่อติดกัน รับน้ำทิ้งจากหอพัก นักศึกษาที่ผ่านการบำบัดบางส่วนแล้ว และน้ำทิ้งจากโรงอาหาร งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาประสิทธิภาพของระบบบ่อนุกรมบำบัดตามธรรมชาติ แบบผสมผสานในการบำบัดสารอินทรีย์และสารอาหารหลัก (Macro nutrients) 2) ศึกษาการเจริญเติบโตและอัตราการดูดซับสารอาหาร ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ของผักกวางตุ้ง ที่รดด้วยน้ำทิ้งต่างชนิดกัน 3) ศึกษาปริมาณสารอาหาร ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ที่ตกค้างในดิน หลังจากการปลูกผักกวางตุ้ง 1 รอบการเพาะปลูก ผลการศึกษาพบว่า ระบบบ่อนุกรมบำบัดที่ใช้ในการศึกษา โดยทั่วไปมีลักษณะและปฏิกิริยาเคมีภายในบ่อ เช่นเดียวกับบ่อบำบัดประเภทแฟลตเททีฟ น้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดมีคุณภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด และ มาตรฐานการระบายน้ำลงทางน้ำชลประทาน และทางน้ำที่ต่อเชื่อมกับทางน้ำชลประทาน มีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าบีโอดี ทีเคเอ็น และปริมาณฟอสเฟตทั้งหมด ของระบบบ่อนุกรมบำบัดตามธรรมชาติโดยรวมเป็นไปตามเกณฑ์ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบบ่อนุกรมบำบัดชนิดบ่อปรับเสถียร ผลการศึกษาเกี่ยวกับอัตราการดูดซับธาตุอาหารของผักกวางตุ้งช่วยให้สามารถเลือกใช้น้ำทิ้งเพื่อบำรุงดินก่อนทำการเพาะปลูก ผักกวางตุ้งได้อย่างเหมาะสม ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญทำให้มีการใช้ทรัพยากรดินอย่างมีประสิทธิภาพและลดปัญหาสารเคมีตกค้างในดินในระยะยาว นอกจากนี้ผลการศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งและคุณลักษณะของดินที่ใช้ปลูกพืช แสดงว่า มีความเป็นไปได้ ที่จะนำน้ำทิ้งที่ไม่ผ่านการบำบัดและน้ำที่ผ่านการบำบัดจากระบบบ่อนุกรมบำบัด มาใช้เพื่อการเพาะปลูกพืชผัก (ผักกวางตุ้ง) เป็นการสนับสนุนแนวคิดในการนำน้ำคุณภาพต่ำมาใช้รดผักสวนครัวตามบ้านเรือน หรือเพื่อการเกษตรกรรม (Alternative use of low quality water for irrigation) ซึ่งควรมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

**คำสำคัญ :** น้ำทิ้งบ้านเรือน; ระบบบ่อนุกรมบำบัด; การเพาะปลูกในกระถาง; ผักกวางตุ้ง; อัตราการเจริญเติบโต; การดูดซับธาตุอาหาร

<sup>1\*</sup>นักวิชาการสิ่งแวดล้อม 6ว กลุ่มงานสิ่งแวดล้อม สำนักบริหารโครงการ กรมชลประทาน กรุงเทพฯ 10300;

<sup>2</sup>อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ 10800;

<sup>3</sup>นักวิทยาศาสตร์ 6 กลุ่มงานเคมี สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน ปากเกร็ด นนทบุรี;

\*โทรศัพท์ : 0-2241-4421, โทรสาร : 0-2241-4421, e-mail : sudtidapl@hotmail.com



## Abstract

The aims of this research are 1) to investigate the removal efficiency of a series of a facultative pond to treat organic substance and macronutrients; BOD<sub>5</sub>, TKN and P, from grey water 2) to examine the growth rates and nutrient uptakes of Pak-Choi from 3 different trials and 3) to measure residual N, P in soil (if any). The analytical results of such parameters from the pond system were then compared with some relevant National discharge limits. A series of pond system used in this study seem to produce a reliable quality effluent. The use of domestic wastewater from a series of natural ponds system for irrigation was also studied. The pot plantations experiments were conducted at laboratory scale using 3 types of irrigated water, i.e. Tap or piped water (PW), Raw domestic wastewater (RW) and effluent from pond system or Treated wastewater (TW). As expected, the growth rates of Pak-Choi from each experimental trial seem to be non-significant difference. Considering nutrient uptakes of Pak-Choi, N and P are likely to be the major preference. In conclusion, it is likely that the performance of a series of natural pond system would be considered as reasonable condition. According to this, it is most likely that Raw domestic Wastewater (RW) and Treated Wastewater (TW) can be used alternately to piped water (PW) or it can be said that RW and TW can be an alternative to low quality water for irrigation. Further studies on the use of low quality water on various crops and its long-term effects are needed.

**Keywords :** domestic effluent; ponds system; pot plantations; Pak-Choi; growth rates; nutrient uptakes

## บทนำ

น้ำเป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตทั่วไป น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์ น้ำเสียนี้นักประกอบไปด้วย สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ และสารประกอบต่างๆ ที่เป็นธาตุอาหาร ที่มีโครงสร้างที่ถูกย่อยสลายตามธรรมชาติได้ง่ายและย่อยสลายได้ยาก หากปล่อยน้ำเสีกลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยไม่ผ่านขบวนการบำบัดอย่างหนึ่งอย่างใด จะส่งผลให้แหล่งรองรับน้ำทิ้งนั้น มีคุณภาพเสื่อมโทรมลง การบำบัดน้ำเสียก่อนการระบายทิ้งสู่แหล่งน้ำสาธารณะจึงมีความจำเป็น<sup>[1]</sup> ทั้งนี้เพื่อป้องกันปัญหามลพิษทางน้ำ อันเกิดจากระบายน้ำทิ้งดังกล่าว อย่างไรก็ตามในกระบวนการบำบัดน้ำเสียนั้นย่อมนำมาซึ่งค่าใช้จ่ายในขั้นตอนต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในขั้นการบำบัด (Treatment) ดังนั้นนักวิชาการจึงให้ความสนใจและศึกษาพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียที่พึ่งพิงธรรมชาติมาก (Natural Treatment System) ใช้พลังงานน้อย (Low Energy Consumption) และสามารถนำเอาทรัพยากรที่ยังมีประโยชน์มาใช้ใหม่ (Resource Recovery) เพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายและสร้างแรงจูงใจในการบำบัดน้ำเสียให้มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด การศึกษาวิจัยนี้มีแนวคิดที่จะนำน้ำทิ้งจากบ้านพักอาศัยมาใช้ประโยชน์ โดยนำมาใช้รดน้ำผักกวางตุ้ง อย่างไรก็ตามการดำเนินการตามแนวคิดดังกล่าว ยังจำเป็นต้องศึกษาถึงผลกระทบด้านต่างๆ

## วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

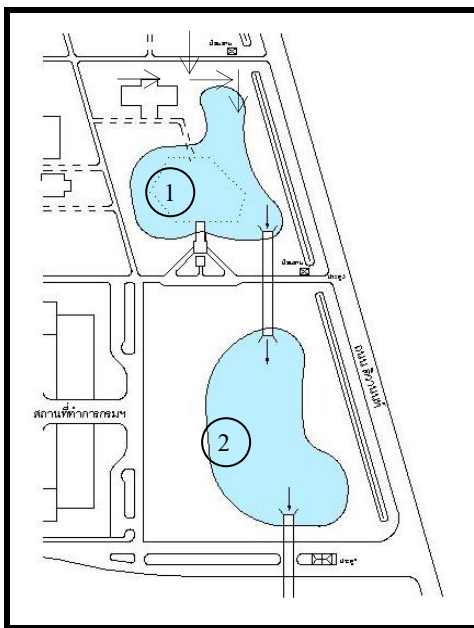
1. ศึกษาประสิทธิภาพของระบบอนุกรมบ่อบำบัดตามธรรมชาติ แบบผสมผสานในการบำบัดสารอินทรีย์และสารอาหารหลัก (Macro nutrients)
2. ศึกษาการเจริญเติบโตและอัตราการดูดซับสารอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ของผักกวางตุ้ง ที่รดด้วยน้ำทิ้งต่างชนิดกัน
3. ศึกษาปริมาณสารอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ที่ตกค้างในดิน หลังจากการปลูกผักกวางตุ้ง 1 รอบการเพาะปลูก



## อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือ การทดลองในห้องปฏิบัติการ และการทดลองปลูกพืชในภาคสนาม ภาพประกอบการดำเนินการประกอบด้วย 3 ส่วนดังนี้

1. การประเมินประสิทธิภาพของระบบอนุกรมบ่อบำบัด แบบผสมผสาน (Series of integrated natural ponds system) โดยการเก็บตัวอย่างน้ำจุดเก็บตัวอย่างมีทั้งหมด 3 จุด ได้แก่ ที่บริเวณทางเข้าบ่อที่ 1 (Influent – P1), ทางออกบ่อที่ 1 (Effluent – P1) และที่บริเวณทางออกบ่อที่ 2 (Effluent – P2) ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยวิธีการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำได้ดำเนินการตามวิธีที่กำหนดไว้ใน Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ของ APHA, AWWA and WPCF (1998)



รูปที่ 1 แสดงจุดเก็บตัวอย่างมีทั้งหมด 3 จุด: 1 บริเวณทางเข้าบ่อที่ 1 (Influent – P1), 2 ทางออกบ่อที่ 1 (Effluent – P1) และ 3 บริเวณทางออกบ่อที่ 2 (Effluent – P2)

2. การศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพืช โดยการทดลองปลูกพืช ในโรงเพาะชำ และจัดบันทึกการเจริญเติบโตของพืชซึ่งปลูกในกระถาง ซึ่งได้ออกแบบการทดลองเป็นแบบ completely randomized design (CRD) จำนวน 3 ดำเนินการทดลอง (treatment) หรือ ชุดการทดลองที่พืชได้รับการรดน้ำต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ น้ำประปา (Piped Water, PW), น้ำทิ้งที่ไม่ผ่านการบำบัดด้วยระบบอนุกรมบ่อบำบัดแบบผสมผสาน (Raw Wastewater, RW) และน้ำที่ผ่านการบำบัดจากระบบอนุกรมบ่อบำบัดแบบผสมผสาน (Treated Wastewater, TW) โดยแต่ละชุดการทดลองจะมีตัวอย่างซ้ำกัน 3 กระถาง หรือ 3 ซ้ำ (replication)<sup>[3]</sup>

การศึกษากการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง พิจารณาจากความสูงจากโคนถึงยอด ( $H_T$ ), จำนวนใบ, จำนวนใบที่มีความกว้างมากกว่า 1 ซม. ( $W > 1.0$  cm), ความกว้างสุดของใบ ( $W_{max}$ ), ความยาวของใบที่สมบูรณ์ที่สุด ( $L_{max}$ ) และ ความยาวของราก ( $H_R$ ) จะนำมาวิเคราะห์หาค่าอัตราการเจริญเติบโต (GR) ในช่วงต่างๆ ช่วง ได้แก่ อัตราการเจริญเติบโตตั้งแต่เริ่มงอก ถึง วันที่ 30 ( $GR_{0-30}$ ) อัตราการเจริญเติบโตตั้งแต่วันที่ 30 ถึง 45 ( $GR_{30-45}$ ) อัตราการเจริญเติบโตตั้งแต่วันที่ 45 ถึง 60 ( $GR_{45-60}$ ) และอัตราการเจริญเติบโตสะสม (Cumulative Growth rate,  $GR_{cum}$ )



การศึกษาผลผลิต (Yields) จากการวัดน้ำหนักของพืชที่ได้รับการรดน้ำแตกต่างกัน โดยทำการบันทึกน้ำหนัก ทั้งน้ำหนักเปียก (Wet Weight,  $W_{wet}$ ) และน้ำหนักแห้ง (Dry Weight,  $W_{dry}$ ) ในช่วงต่างๆ 3 ช่วง ได้แก่ น้ำหนักเปียกและน้ำหนักแห้ง ณ วันที่ 30, 45 และ 60  $W_{wet\ 30}$   $W_{wet\ 45}$   $W_{wet\ 60}$   $W_{dry\ 30}$   $W_{dry\ 45}$  และ  $W_{dry\ 60}$

3. การศึกษาคุณลักษณะเบื้องต้นของดิน ที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้ จะทำการวิเคราะห์ 4 ครั้ง คือ ก่อนเริ่มทำการทดลอง ระหว่างการทดลอง (วันที่ 30 วันที่ 45) และ เมื่อสิ้นสุดการทดลองปลูกพืชในกระถาง (วันที่ 60) โดยจะเก็บดินในนาข้าวแห่งหนึ่ง ในจังหวัดอยุธยา ที่ระดับความลึก 5-20 เซนติเมตร จากนั้นนำดินมาผึ่งให้แห้ง และทำการคัดเลือกวัสดุที่ไม่ใช่ดินออกไป แล้วจึงนำไปบดให้ละเอียด และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 และ 0.5 มิลลิเมตร ก่อนนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ฟิสิกส์ ตามมาตรฐานวิธีการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ของกรมพัฒนาที่ดิน<sup>[5]</sup>

## ผลการทดลองและวิจารณ์

### ประสิทธิภาพในการบำบัดของอนุกรมบ่อแฟลคทีฟ

น้ำทิ้งที่ไหลเข้าระบบบำบัดตามธรรมชาติ มาจากน้ำทิ้งจากหอพักนักศึกษา (Dormitories) และน้ำทิ้งจากโรงอาหาร (Canteen) ซึ่งผ่านขั้นตอนการดักไขมันและตะแกรงกรองแล้ว อัตราการไหลเฉลี่ยของน้ำทิ้งมีค่าระหว่าง 55 ถึง 60 ลบ.ม./วัน มีระยะเวลาเก็บกักในระบบบำบัดตามธรรมชาติ ( $D_{Total}$ ) 158 วัน ก่อนจะไหลออกสู่ภายนอกระบบ โดยแรงโน้มถ่วง (Gravity Flow)

จากการเก็บข้อมูลพบว่า น้ำทิ้งที่เข้าระบบมีค่าบีโอดี ก่อนข้างต้นเนื่องจากน้ำทิ้งที่ไหลมาจากหอพักนักศึกษา ได้รับการบำบัดโดยระบบบำบัดชนิดติดกับที่แบบไร้อากาศ (On-site anaerobic treatment unit) ทำให้น้ำมีกลิ่นเหม็นและมีค่าออกซิเจนละลายน้ำต่ำ (เข้าใกล้ศูนย์) นอกจากนี้สารอินทรีย์ในน้ำทิ้งบางส่วนได้รับการบำบัดไปบ้างแล้ว คงเหลืออยู่เฉพาะสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ยาก หรือต้องใช้เวลาในการย่อยสลายโดยเชื้อแบคทีเรีย ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ค่าบีโอดี ( $BOD_5$ ) ของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบบำบัดตามธรรมชาติมีค่าต่ำ เมื่อเทียบกับค่าซีโอดี (COD) โดยร้อยละของบีโอดี ( $BOD_5$ ) ในน้ำทิ้งเมื่อเทียบกับซีโอดี มีค่าระหว่าง ร้อยละ 50 – 60 อัตราส่วนระหว่างซีโอดีต่อบีโอดี (COD : BOD) ของน้ำทิ้งที่เข้าระบบมีค่าระหว่าง 1.7 – 2 เท่า ซึ่งมีค่าต่ำกว่าอัตราส่วนระหว่างซีโอดีต่อบีโอดี (COD : BOD) ของน้ำเสียชุมชนเล็กน้อย (กำหนดไว้ประมาณ 2 – 4 เท่า)

เมื่อพิจารณาค่าบีโอดี ( $BOD_5$ ) ที่ออกจากบ่อบำบัดที่ 1 และ 2 พบว่าระบบอนุกรมบ่อบำบัดตามธรรมชาติ สามารถกำจัดสารอินทรีย์ในรูปบีโอดีได้อย่างมีนัยสำคัญ น้ำทิ้งจากบ่อสุดท้าย (บ่อ 2) มีค่า บีโอดี ( $BOD_5$ ) ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำที่ระบายลงทางน้ำหรือคลองชลประทานที่กำหนดให้มีค่า ค่าบีโอดี ( $BOD_5$ ) ไม่เกิน 20 มก./ล. และมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท<sup>[4]</sup> อาคารที่ทำการ ขนาด > หรือ = 55,000 ม.<sup>2</sup> (บีโอดี < 20 มก./ล.) จากการสังเกตพบว่า ค่าบีโอดี ( $BOD_5$ ) ที่ออกจากบ่อบำบัดแต่ละบ่อ มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างชัดเจน โดยประสิทธิภาพในการบำบัดค่าบีโอดี ( $BOD_5$ ) ของระบบอนุกรมบ่อบำบัดตามธรรมชาติโดยรวมประมาณร้อยละ 80 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์การออกแบบระบบบำบัดแบบแฟลคทีฟ

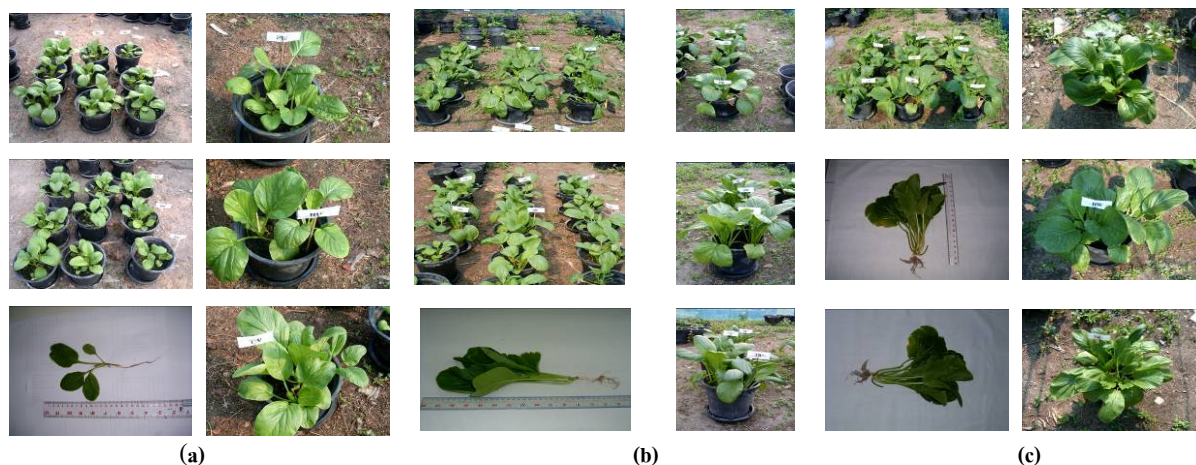
น้ำทิ้งที่เข้าระบบมีค่าทีเคเอ็น (TKN) ก่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับ คุณลักษณะของน้ำเสียบ้านเรือนประเภท Light Domestic Wastewater<sup>[4]</sup> ที่กรมควบคุมมลพิษรายงานว่ามีค่าทีเคเอ็น (TKN) ไม่มากกว่า 200 มก./ล. ส่วนน้ำทิ้งในบ่อที่ 2 โดยรวม มีค่าทีเคเอ็น (TKN) ส่วนใหญ่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท อาคารที่ทำการ ขนาด > หรือ = 55,000 ม.<sup>2</sup> ทีเคเอ็น (TKN) < 35 มก./ล.)

จากการวิเคราะห์พบว่าน้ำทิ้งที่เข้าระบบมีค่าฟอสเฟตทั้งหมด (TP) ก่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับ คุณลักษณะของน้ำเสียบ้านเรือนประเภท Light Domestic Wastewater ที่กรมควบคุมมลพิษรายงานว่ามีค่าฟอสเฟตทั้งหมด (TP) ประมาณ 4 มก./ล. ส่วนน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อบำบัด ที่ 2 ส่วนใหญ่มีค่าฟอสเฟตทั้งหมด (TP) (0.05 < Percentile < 0.95) ระหว่าง 0.02-0.52 มก./ล. ค่าอยู่กึ่งกลาง (Median) และค่าเฉลี่ย (Average) ของข้อมูลมีค่าเท่ากับ 0.03 และ 0.13 ตามลำดับ โดยค่าต่ำสุดและสูงสุดของข้อมูลเท่ากับ 0.02 และ 0.88 มก./ล. ตามลำดับ

จากการเก็บข้อมูลปริมาณฟอสเฟตที่จุลชีพนำไปใช้ได้ (AP) ในน้ำทิ้งที่เข้าระบบพบว่าน้ำทิ้งที่เข้าระบบบำบัด (Inf.) ส่วนใหญ่มีค่า AP ( $0.05 < \text{Percentile} < 0.95$ ) ระหว่าง 0.09 ถึง 1.01 มก./ล. มีค่าอยู่กึ่งกลาง (Median) และ ค่าเฉลี่ย (Average) ของข้อมูลระหว่าง 0.51 ถึง 0.52 มก./ล. ค่าต่ำสุดและสูงสุดของข้อมูลเท่ากับ 0.09 และ 1.05 มก./ล. ตามลำดับ ส่วนน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อบำบัด ที่ 2 ส่วนใหญ่มีค่า AP ( $0.05 < \text{Percentile} < 0.95$ ) ระหว่าง 0.00-0.26 มก./ล. ค่าอยู่กึ่งกลาง (Median) และ ค่าเฉลี่ย (Average) ของข้อมูลมีค่าเท่ากับ 0.00 และ 0.06 ตามลำดับ โดยค่าต่ำสุดและสูงสุดของข้อมูลเท่ากับ 0.00 และ 0.42 มก./ล. ตามลำดับ เมื่อพิจารณาปริมาณฟอสเฟตทั้งหมด (TP) ที่ออกจากบ่อบำบัดที่ 1 และ 2 พบว่าระบบอนุกรมบ่อบำบัดตามธรรมชาติ สามารถกำจัดปริมาณฟอสเฟตได้อย่างมีนัยสำคัญ จากการสังเกตพบว่า ปริมาณฟอสเฟตทั้งหมด (TP) ที่ออกจากบ่อบำบัดแต่ละบ่อ มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงลดลงอย่างชัดเจนโดยประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์เฉลี่ยของบ่อบำบัดที่ 1 และ 2 มีค่าประมาณร้อยละ 96 และร้อยละ 25 ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการบำบัดปริมาณฟอสเฟตทั้งหมด (TP) ของระบบอนุกรมบ่อบำบัดตามธรรมชาติโดยรวมประมาณร้อยละ 97 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ประสิทธิภาพการบำบัดของระบบบ่อบำบัดชนิดบ่อปรับเสถียรว่าสามารถกำจัดฟอสฟอรัสได้ตั้งแต่ร้อยละ 30-95

### การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของพืช

การศึกษานี้ได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง (Pak-Choi) โดยทำการเปรียบเทียบผักกวางตุ้งที่รดด้วยน้ำแตกต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ น้ำประปา (Piped Water) น้ำเสีย (Raw Water) และ น้ำที่ผ่านการบำบัด (Treated Water) ที่ระยะเวลา 30 วัน 45 วัน และ 60 วัน ดังแสดงในรูปที่ 2 (a) ถึง (c)



รูปที่ 2 ผักกวางตุ้งที่ระยะเวลา 30 วัน (a) ระยะเวลา 45 วัน (b) และ ระยะเวลา 60 วัน (c) รดด้วยน้ำประปา (PW) น้ำเสีย (RW) และน้ำที่ผ่านการบำบัด (TW)

การทดลองพืชนี้ ได้ออกแบบการทดลอง เป็น Factorial Design โดยมีแฟกเตอร์ (Factor) 1 ตัวได้แก่ชนิดของน้ำ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระดับ (Level) หรือชนิดได้แก่ น้ำประปา (Piped Water) น้ำเสีย (Raw Water) และ น้ำเสียที่ผ่านการบำบัด (Treated Water) โดยแต่ละระดับมีจำนวน Replicate เท่ากับ 9 และทำการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตที่ระยะเวลา 30 วัน 45 วัน และ 60 วัน โดยตัวแปรที่ทำการศึกษาเปรียบเทียบ ได้แก่ ความสูงจากโคนถึงยอด (ซม.), ความยาวของใบที่สมบูรณ์ที่สุด (ซม.), จำนวนใบ (ใบ), จำนวนใบที่มีความกว้างมากกว่า 1 ซม. (ซม.), ความกว้างสุดของใบ (ซม.), ความยาวของราก (ซม.), น้ำหนักสด (กรัม) และ น้ำหนักแห้ง (กรัม)

การวิเคราะห์การเจริญเติบโตของพืชที่ระยะเวลาต่างๆ โดยใช้ Analysis of Variance, Single-factor Fixed Effect Model. ผลการวิเคราะห์ที่ใช้ Analysis of Variance พร้อมทั้งมีการตรวจสอบ Model Adequate ด้วย เช่น ตรวจสอบสมมติฐาน Normality (Normality Assumption) โดยใช้ Normality Probability Plot ของ Residual หาก Residual มีลักษณะการกระจายตัวแบบ Normal จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง การตรวจสอบ Model อีกอย่างได้แก่ การใช้แผนที่แสดง



ข้อมูล Residual ในแต่ละ ชุดการทดลอง เพื่อดู Independent Assumption ของ Residual และการพล็อต Residual กับ Fitted values เพื่อทดสอบ Constant Variance Assumption ของ Residual

สำหรับตัวแปรอื่นๆ ที่ระยะเวลาต่างๆ กัน สามารถดำเนินการได้ในลักษณะคล้ายๆ กัน การวิเคราะห์ตัวแปรทั้ง 11 ตัวโดยใช้ Analysis of Variance รวมถึงการตรวจสอบ Model Adequate ซึ่งสามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยพบว่า ที่ระดับความมั่นใจ 95 เปอร์เซนต์ ค่า F-value มีค่าน้อยกว่า  $F_{0.05, 2, 24}$  (F critical) ดังนั้น Null hypothesis ได้รับการยอมรับ (Accepted) ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าไม่มีความแตกต่างในการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง เมื่อได้รับการรดด้วยน้ำทั้งสาม ชนิด (น้ำประปา, น้ำเสีย, น้ำเสียที่ผ่านการบำบัด)

ตารางที่ 1 สรุปผลการวิเคราะห์การเจริญเติบโตของผักกวางตุ้ง

พารามิเตอร์	30 วัน		45 วัน		60 วัน	
	F-value	Significance at 95 % CL	F-value	Significance at 95 % CL	F-value	Significance at 95 % CL
ความสูงจากโคนถึงยอด (ซม.)	0.15	Not sig.	0.21	Not sig.	0.23	Not sig.
ความยาวของใบที่สมบูรณ์ที่สุด (ซม.)	0.29	Not sig.	0.14	Not sig.	0.20	Not sig.
จำนวนใบ (ใบ)	0.15	Not sig.	0.36	Not sig.	1.17	Not sig.
จำนวนใบที่มี $W > 1$ ซม.	0.083	Not sig.	0.34	Not sig.	1.04	Not sig.
ความกว้างสุดของใบ (ซม.)	1.65	Not sig.	0.74	Not sig.	2.14	Not sig.
ความยาวของราก (ซม.)	1.04	Not sig.	1.24	Not sig.	0.23	Not sig.
นน.สด (กรัม)	0.43	Not sig.	0.35	Not sig.	1.25	Not sig.
%Total-N (น้ำหนักแห้ง)	0.035	Not sig.	0.26	Not sig.	0.38	Not sig.
%Total-P (น้ำหนักแห้ง)	0.18	Not sig.	0.53	Not sig.	3.35	Not sig.
%Total-K (น้ำหนักแห้ง)	0.36	Not sig.	0.50	Not sig.	0.84	Not sig.

### อัตราการดูดซับธาตุอาหารของผักกวางตุ้ง

ในการศึกษานี้ ได้วิเคราะห์ปริมาณการดูดซับธาตุอาหาร ของผักกวางตุ้ง ไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต เพื่อเปรียบเทียบระหว่าง ผักกวางตุ้งที่ได้รับการรดน้ำ ต่างชนิดกัน ซึ่งพบว่าปริมาณการดูดซับธาตุอาหารหลักใน ไตรเจน-ฟอสฟอรัส-โพแทสเซียม ของผักกวางตุ้งที่ทดลองปลูกในกระถาง เมื่อได้รับการรดน้ำ ด้วยน้ำต่างชนิดกัน มีค่าใกล้เคียงกัน

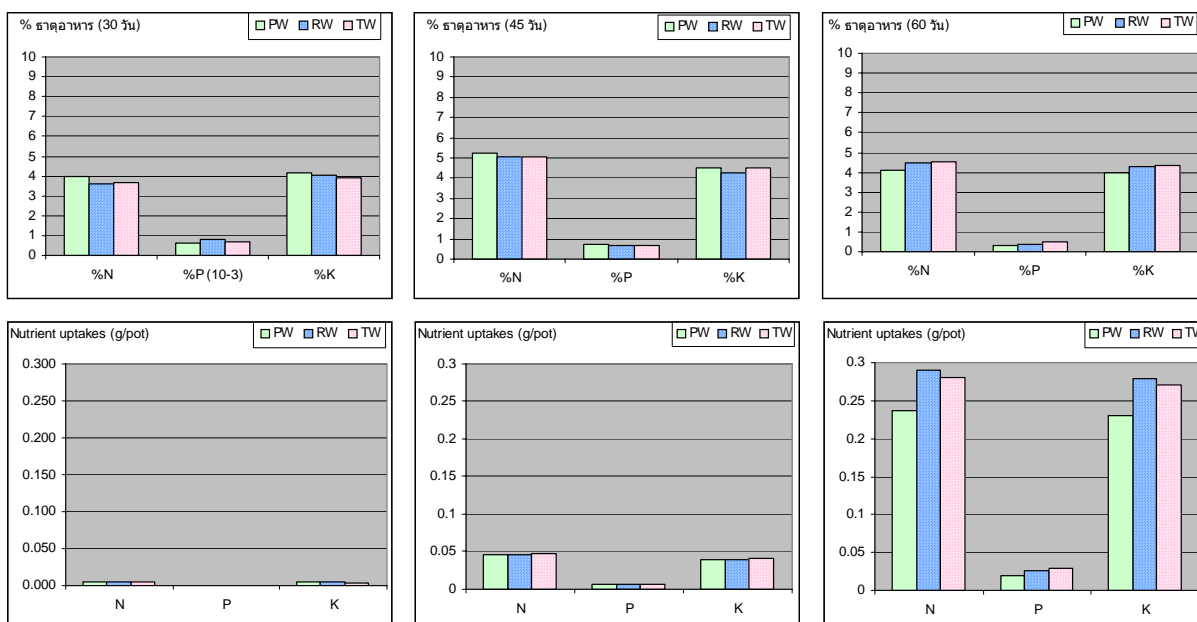
นอกจากนี้ยังพบว่า ผักกวางตุ้งมีความต้องการใช้ธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส เพื่อการเจริญเติบโตในปริมาณใกล้เคียงกัน มีการสะสมปริมาณธาตุอาหารมากที่สุด ระหว่าง 36-60 วัน และมีความต้องการธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัส มากสุดในช่วง 46-60 วัน (ผักกวางตุ้งเจริญเต็มที่พร้อมเก็บเกี่ยว ประมาณ 55-65 วัน) ดังแสดงในตารางที่ 2 และรูปที่ 3

ตารางที่ 2 สรุปปริมาณการดูดซับธาตุอาหารของผักกวางตุ้งที่ทดลองปลูก

Days	Trials	% Nutrients (dry weight)			Nutrient uptakes (g/pot)		
		N	P	K	N	P	K
30	PW	3.95	0.0006	4.14	0.0047	0.0006	0.0049
	RW	3.63	0.0008	4.01	0.0052	0.0008	0.0057
	TW	3.68	0.0007	3.93	0.0049	0.0007	0.0040



45	PW	5.23	0.76	4.50	0.0465	0.0068	0.0394
	RW	5.06	0.68	4.26	0.0466	0.0063	0.0393
	TW	5.05	0.68	4.49	0.0470	0.0063	0.0417
60	PW	4.11	0.34	3.97	0.2367	0.0198	0.2297
	RW	4.49	0.40	4.31	0.2905	0.0261	0.2787
	TW	4.54	0.47	4.35	0.2807	0.0295	0.2710



**รูปที่ 3** เปอร์เซนต์ธาตุอาหารสะสม และ nutrient uptakes ของผักกวางตุ้ง ในแต่ละช่วง  
ศึกษาลักษณะของดิน ที่นำมาใช้ในการทดลองปลูกพืช

เมื่อตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้นพบว่าดินชนิดนี้เป็นดิน "อยุธยา" หรือ 'Ayuthaya, (Ay)' จากการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินพบว่า เป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ระดับปานกลาง หากใช้เพาะปลูกจำเป็นต้องใช้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ ปัญหาที่มักพบคือปริมาณของฟอสฟอรัสในดิน มีค่าค่อนข้างต่ำ เช่นเดียวกับธาตุไนโตรเจน และยังมีความเป็นกรดจัดอีกด้วย เนื่องจากดินชนิดนี้ พบบริเวณพื้นที่ราบเรียบ เนื้อดินเป็นดินเหนียว มีการระบายน้ำเร็ว ในช่วงฤดูฝนจะมีน้ำขังอยู่ที่ผิวดิน ระหว่าง 4-6 เดือน จึงมีสภาพเหมาะสมที่จะใช้ทำนาในช่วงฤดูฝน แต่สามารถปลูกพืชไร่ พืชผัก หรือพืชอื่นๆ ที่มีอายุสั้นได้ ในช่วงฤดูแล้ง สำหรับในบริเวณพื้นที่ที่มีน้ำชลประทานเข้าถึง หรือมีแหล่งน้ำธรรมชาติ ถ้าจะปลูกไม้ยืนต้น ไม้ผล หรือปลูกพืชไร่และพืชผักตลอดทั้งปี จะต้องทำคันดินล้อมรอบพื้นที่เพาะปลูก และขอร่องปลูกเพื่อช่วยการระบายน้ำของดิน<sup>[2],[5]</sup>

จากการเก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์ ลักษณะทางเคมีของดิน ของชุดการทดลองที่รดด้วยน้ำประปา จากจำนวน ทั้งหมด 3 ระยะเวลา หลังจากปลูกผักกวางตุ้งไปแล้ว 30 วัน พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ประกอบด้วย %OM .wt, %N. wt, pH, CEC (cmol/kg), EC(dS/m), P Bray II(mg/kg) และ K (mg/kg) จากชุดการทดลอง ทั้ง 3 ชุด หลังจากปลูกผักกวางตุ้งไปแล้ว 30 วัน พบว่า คุณสมบัติของดิน ในด้าน เปอร์เซนต์อินทรีย์วัตถุในดิน ธาตุไนโตรเจน ความเป็นกรดต่างของดิน และค่าความจุไอออนบวกที่แลกเปลี่ยนได้ มีการเปลี่ยนแปลงไปน้อยมาก (เปลี่ยนแปลงน้อยกว่า 25%) ในขณะที่ค่าความนำประจุไฟฟ้าของดิน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอย่างมาก

จากชุดการทดลองที่รดด้วยน้ำประปา (PW) น้ำเสีย (RW) และน้ำที่ผ่านการบำบัดจากบ่อบำบัด (TW) โดยรวมตั้งแต่วันที่ 0-60 ต่างให้ผลใกล้เคียงกัน โดยพบว่า ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนที่เหลือในดิน ณ วันที่ 60 มีค่าน้อยกว่า



ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนในดินเริ่มต้น แสดงว่าไม่มีการสะสมของธาตุไนโตรเจน ดังนั้นหากต้องการจะทำการเพาะปลูกใน crop ต่อไปจะต้องทำการปรับสภาพและบำรุงดินก่อน

ในทางตรงข้าม พบว่าปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัสที่เหลือในดิน จากชุดการทดลองที่รดด้วยน้ำประปา (PW) น้ำเสีย (RW) และน้ำที่ผ่านการบำบัดจากบ่อบำบัด (TW) โดยรวม ณ วันที่ 60 มีค่ามากกว่าปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัสในดินเริ่มต้นที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย แสดงว่ายังมีธาตุอาหารฟอสฟอรัสคงเหลืออยู่ในดิน ทั้งนี้เนื่องจาก ผักกวางตุ้งมีการดูดซับธาตุฟอสฟอรัส ไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต น้อยกว่าธาตุไนโตรเจน และโพแทสเซียม ดังได้อธิบายแล้วข้างต้น

## สรุป

ระบบอนุกรมบ่อบำบัดตามธรรมชาติประเภทบ่อแฟลตเทพิมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งชุมชน โดยน้ำที่ผ่านการบำบัดจากระบบดังกล่าวส่วนใหญ่ เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากอาคาร, เกณฑ์มาตรฐานน้ำเพื่อการชลประทาน และเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำที่เหมาะสมเพื่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ส่วนผลการศึกษาเกี่ยวกับอัตราการดูดซับธาตุอาหารของผักกวางตุ้งช่วยให้สามารถเลือกใช้ปุ๋ยเพื่อบำรุงดินก่อนทำการเพาะปลูก ผักกวางตุ้งได้อย่างเหมาะสม ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญ ทำให้มีการใช้ทรัพยากรดินอย่างมีประสิทธิภาพและลดปัญหาสารเคมีตกค้างในดินในระยะยาว นอกจากนี้ผลการศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งและคุณลักษณะของดินที่ใช้ปลูกพืช แสดงว่า มีความเป็นไปได้ที่จะนำน้ำทิ้งที่ไม่ผ่านการบำบัดและน้ำที่ผ่านการบำบัดจากระบบบ่อบำบัด มาใช้เพื่อการเพาะปลูกพืชผัก (ผักกวางตุ้ง) เป็นการสนับสนุนแนวคิดในการนำน้ำคุณภาพต่ำมาใช้รดผักสวนครัวตามบ้านเรือน หรือ เพื่อการเกษตรกรรม (Alternative use of low quality water for irrigation) ซึ่งควรมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

## กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับการสนับสนุนเงินทุนจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน และความเห็นในรายงานผลการวิจัยเป็นของผู้รับทุน กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป นอกจากนี้ทางคณะผู้ศึกษาขอขอบคุณ กรมชลประทาน และผู้ช่วยวิจัยทุกท่าน มา ณ โอกาสนี้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] เกรียงศักดิ์ อุคมสิน โรจน์. 2547. วิศวกรรมกรรมกรกำจัดน้ำเสีย เล่มที่ 5. พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี : สำนักพิมพ์เอส.อาร์.พรินติ้ง แมสโปรดักส์
- [2] สติระ อุคมศรี และคณะ. 2547. การกำหนดลักษณะของชุดดินที่จัดตั้งในภาคกลางของประเทศไทย จำแนกใหม่ตามระบบอนุกรมวิธานดิน 2546, เอกสารวิชาการฉบับที่ 520, สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, กรมพัฒนาที่ดิน.
- [3] เสนีย์ กาญจนวงศ์ และคณะ. 2546. การนำน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียมาใช้เพื่อการเกษตรกรรม, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์, ชุดโครงการวิจัยด้านการจัดการทรัพยากรน้ำ, สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- [4] <http://pcdv1.pcdv.go.th/Information/Regulations/WaterQuality/WaterQualityStandardsThai.cfm>. [25 กันยายน 2547].
- [5] <http://www.1dd.go.th/dinThai/phisc.asp?SoilSeries=Ay>. [18 กันยายน 2547]





08R4-09

## ทำเนียบวิทยากร

<b>ชื่อบทความ</b>	การนำน้ำทิ้งจากบ้านเรือนที่ผ่านการบำบัดจากระบบอนุกรมบ่อบำบัดตามธรรมชาติแบบผสมผสานมาใช้รดน้ำต้นไม้ The Study of Using Domestic Effluent from Ponds System for Irrigation: Nutrient Uptakes
<b>ผู้นำเสนอบทความ</b>	ดร.สุทธิดา เปลี่ยนคารมย์
<b>สถานที่ทำงาน</b>	กลุ่มงานสิ่งแวดล้อม สำนักบริหาร โครงการ กรมชลประทาน
<b>โทรศัพท์</b>	0-2418-0788
<b>ประวัติการศึกษา</b>	- 2539 Master of Engineering สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย, ประเทศไทย สาขา Water and Wastewater Engineering - 2546 Doctor of Philosophy, University of Nottingham, สหราชอาณาจักร สาขา Environmental Engineering
<b>ประวัติการทำงาน</b>	- 24 ก.ย.-ปัจจุบัน นักวิชาการสิ่งแวดล้อม กลุ่มงานสิ่งแวดล้อม 2 สำนักบริหาร โครงการ กรมชลประทาน - 2 มี.ค. 2541 - 24 ก.ย. 2542 อาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล - 2 ก.ย. 2539 - 27 ก.พ. 2541 วิศวกรสุขาภิบาลและสิ่งแวดล้อม Meinhardt Co., Ltd (Building Consult) - 18 ก.ย. - 13 พ.ย. 2549 ได้รับทุน เพื่อศึกษาดูงาน “ The International Association of Traffic and Safety Sciences (IATSS Forum) รุ่นที่ 40” ณ เมือง Suzuka ประเทศญี่ปุ่น, รัฐบาลญี่ปุ่นและกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
<b>ประสบการณ์ (พิเศษ)</b>	- เป็นผู้แทนสำรอง ใน Technical Review Group (TRG) ตามมติคณะมนตรี ในคณะกรรมการแม่น้ำโขง เรื่องแผนการใช้น้ำ - เป็นที่ปรึกษาโครงการ “การศึกษาความเป็นไปได้ในการติดตั้งโทรทัศน์วงจรปิด (CCTV) เพื่อตรวจสอบการระบายฝู่นละอองจาก โรง โม่บดและย่อยหินในพื้นที่หน้าพระลาน ภายใต้โครงการศึกษาปัญหาและผลกระทบของฝู่นขนาดเล็กในจังหวัดสระบุรี” - เป็นนักวิชาการ/ที่ปรึกษากิตติมศักดิ์ ประจำคณะกรรมการ การสิ่งแวดล้อม สภาผู้แทนราษฎร 2541-2542 (สมัย ส.ส. สนิท กุลเจริญ เป็นประธาน) - เป็นที่ปรึกษากิตติมศักดิ์ ประจำคณะกรรมการการเกษตรและสหกรณ์ วุฒิสภา 2547 ถึง ปัจจุบัน