การเปลี่ยนแปลงความหลากหลายชนิด ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช และคุณภาพน้ำในระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จ.เพชรบุรี

Variation of Species Diversity, Density of Phytoplankton and Water Qualities in Community Wastewater Treatment System at The King's Royally Initiated Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project, Phetchaburi Province

นพิมพ์พร แสงวิเชียร*, เกษม จันทร์แก้ว และ นฤชิต ดำปิน

Napimporn Sangvichien*, Kasem Chunkao and Narouchit Dampin

ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Department of Environment Science, Faculty of Environment, Kasetsart University

Received : 21 October 2018

Revised : 25 November 2018

Accepted : 10 December 2018

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหลากหลายชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี และปัจจัยด้านดัชนีคุณภาพน้ำในระบบบ่อบำบัดน้ำเสียที่มีผลต่อความหลากหลายชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนพืช ในบ่อบำบัดน้ำเสียจำนวน 5 บ่อ (บ่อตกตะกอน, บ่อผึ่งที่ 1, บ่อผึ่งที่ 2, บ่อผึ่งที่ 3 และบ่อปรับสภาพ) ในช่วงฤดูหนาว (ธันวาคม 2557-กุมภาพันธ์ 2558) และช่วงฤดูฝน (สิงหาคม-ตุลาคม 2558) ผลการศึกษาพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย ส่วนค่าบีโอดี (BOD), ของแข็งแขวนลอย (SS), ออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3-}), ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP), แอมโนเนียม (NH_4^+), ไนเตรท (NO_3^-) และ ไนโตรเจนทั้งหมด (TN) มีแนวโน้มลดลงเมื่อผ่านระบบบำบัดน้ำเสียทั้งในฤดูหนาวและฤดูฝน ผลการศึกษาความหลากหลายชนิดของแพลงก์ตอนพืชทั้ง 5 บ่อ พบว่าในฤดูหนาวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *(p>0.05)* ส่วนในฤดูฝนความหลากหลายชนิดของแพลงก์ตอนพืชจากบ่อตกตะกอนแตกต่างจากบ่ออื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *(p<0.05)* ส่วนปริมาณแพลงก์ตอนพืชทั้ง 5 บ่อทั้งสองฤดูไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *(p>0.05)* โดยพบแพลงก์ตอนพืชดิวิชั่น Cyanophyta คลาส Cyanophyceae (Blue-Green Algae) สกุล *Spirulina* และแพลงก์ตอนพืชดิวิชั่น Chlorophyta คลาส Chlorophyceae (Green Algae) สกุล *Chlorella* กระจายในทุกบ่อสอดคล้องกับธาตุอาหารที่มีในระบบบำบัดน้ำเสีย

คำสำคัญ : แพลงก์ตอนพืช, การบำบัดน้ำเสียชุมชน, เพชรบุรี

***Corresponding author. E-mail:** napimporn@hotmail.com

Abstract

The objective of this research was to study the relationship between water quality and phytoplankton diversity and abundance at The King's Royally Initiated Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project, Phetchaburi Province (Thailand). Samples were collected from 5 ponds (sedimentation pond, oxidation pond 1, oxidation pond 2, oxidation pond 3 and stabilization pond) during winter (December 2014 – February 2015) and rainy season (August – October 2015). Both seasons, pH and dissolved oxygen (DO) was gradually increase when they passed to wastewater treatment , whereas biochemical oxygen demand (BOD), suspended solids (SS), orthophosphates (PO_4^{3-}), total phosphorus (TP), ammonium ion (NH_4^+) , nitrate ion (NO_3^-) and total nitrogen (TN) was decrease when they passed to wastewater treatment. In winter season, phytoplankton diversity was non-significant difference *(p>0.05)* among ponds, while phytoplankton diversity in sedimentation pond was significant difference *(p<0.05)* in rainy season. The abundance of phytoplankton were non-significant different *(p>0.05)* among ponds in both seasons. Dominant species were *Spirulina* (Division Cyanophyta, Class Cyanophyceae (Blue-Green Algae)) and *Chlorella* (Division Chlorophyta, Class Chlorophyceae (Green Algae)) consistented with nutrients in wastewater treatment system.

Keywords: phytoplankton, community wastewater treatment, Phetchaburi

บทนำ

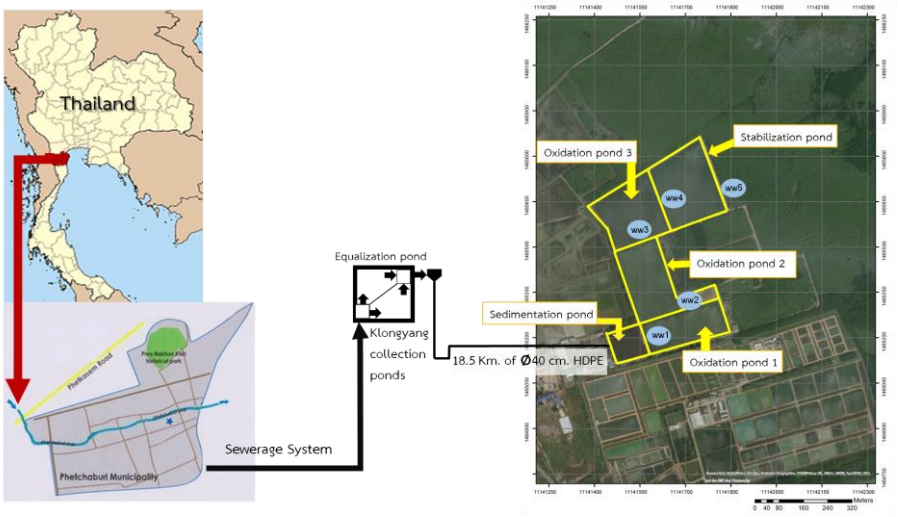
เทศบาลเมืองเพชรบุรีมีพื้นที่ประมาณ 5.4 ตารางกิโลเมตร ประกอบด้วย ย่านพาณิชยกรรม ที่อยู่อาศัย สถานที่ราชการ และสถานที่สำคัญทางศาสนา มีบ้านเรือนจำนวน 10,208 หลังคาเรือน ประกอบด้วยจำนวนประชากรทั้งหมด 22,366 คน (Department of Provincial Administration, 2017) มีน้ำเสียเกิดขึ้นประมาณ 6,167 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ถูกสูบไปยังบ่อรวบรวมน้ำเสียบ้านคลองยาง จากนั้นถูกปั๊มเข้าสู่ท่อ HDPE ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร ระยะทาง 18.5 กิโลเมตร ด้วยอัตราการไหล 0.025 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย (Lagoon Treatment System) แบบบ่อผึ่ง (Oxidation pond) ของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ด้วยกระบวนการธรรมชาติช่วยธรรมชาติ (Nature by nature processing) อาศัยการทำงานร่วมกันระหว่างแสงแดด กระแสลม พืชน้ำ-สาหร่าย และจุลินทรีย์ กระบวนการทางชีวเคมีของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ให้เป็นสารอนินทรีย์ ระบบบ่อบำบัดน้ำเสียชุมชนมีจำนวน 5 บ่อ ต่อแบบอนุกรม ได้แก่ บ่อตกตะกอน (Sedimentation Pond) บ่อผึ่งที่ 1 (Oxidation Pond 1) บ่อผึ่งที่ 2 (Oxidation Pond 2) บ่อผึ่งที่ 3 (Oxidation Pond 3) และบ่อปรับสภาพ (Stabilization Pond) มีขนาดพื้นที่ 95 ไร่ ความลึก 2.43, 2.23, 1.93, 1.64 และ 1.42 เมตร ตามลำดับ มีความจุปริมาตร 21,970, 60,906, 59,007, 54,011 และ 59,155 ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ระยะเวลาในการกักพัก (Detention times) 5.2, 12.4, 15.9, 15.0 และ 16.9 วัน ตามลำดับ รวมระยะเวลาในการกักพัก 65.4 วัน (Jinjaruk, 2014) น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้วถูกปล่อยออกสู่ป่าชายเลนด้านหน้าของโครงการฯ (ภาพที่ 1) เทคโนโลยีการไหลของน้ำในระบบบ่อผึ่งโดยการนำน้ำบริเวณผิวน้ำซึ่งมีปริมาณออกซิเจนในปริมาณมากไหลล้นออกจากประตูน้ำล้นลงสู่พื้นท้องน้ำของบ่อถัดไป เป็นการนำออกซิเจนลงสู่พื้นท้องน้ำของบ่อเพื่อให้เกิดกระบวนการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic processes) ในขณะเดียวกัน ภายในบ่อเกิดกระบวนการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) ของแพลงก์ตอนพืช (Phytoplankton) และสาหร่าย (Algae) โดยการนำแร่ธาตุเก็บไว้ในเซลล์และผลิตออกซิเจนออกสู่น้ำในบ่อ อีกทั้งเกิด

กระบวนการเทอร์โมไซฟอน (Thermo-siphon processes) คือ น้ำเสียบริเวณผิวน้ำเกิดการระเหยเมื่อได้รับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ 583 แคลอรี่ต่อกรัม (Chunkao *et al*., 2014) ทำให้มวลน้ำมีอุณหภูมิลดต่ำลงและมีความหนาแน่นมากกว่าด้านล่างเกิดการจมลงสู่ด้านล่าง ในขณะเดียวกัน ก็ได้รับอิทธิพลจากความกดอากาศ ทำให้ออกซิเจนในอากาศสามารถแทรกซึมเข้าสู่น้ำได้ ขณะที่มวลน้ำด้านบนที่มีออกซิเจนมากจมตัวลงก็จะดันมวลน้ำบริเวณก้นบ่อขึ้นสู่บริเวณน้ำด้านบนแทน จากกระบวนการทั้งหมดนี้จะเกิดขึ้นซ้ำไปซ้ำมา ทำให้จุลินทรีย์มีออกซิเจนใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นสารอนินทรีย์อยู่ตลอดเวลา ส่งผลให้แพลงก์ตอนพืชได้รับสารอาหารและสามารถสังเคราะห์แสงเก็บสะสมธาตุอาหารไว้ในเซลล์และได้ผลผลิตเป็นออกซิเจนถูกปล่อยออกมาในน้ำต่อไป เป็นวัฏจักรอย่างนี้ตลอดเวลา

ดังนั้น แพลงก์ตอนพืชจึงมีส่วนสำคัญในการหมุนเวียนก๊าซและสารอาหารในระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อผึ่ง แต่เนื่องจากในระบบบ่อบำบัดน้ำเสียมีปริมาณธาตุอาหารในปริมาณสูง ทำให้แพลงก์ตอนพืชมีการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนในปริมาณมาก (Plankton bloom) เมื่อแพลงก์ตอนพืชเจริญเติบโตเต็มที่แล้วก็ตายลงเป็นจำนวนมากด้วย จนอาจส่งผลให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียลดลงได้ เพื่อลดปัญหาดังกล่าวจึงทำการเลี้ยงปลากินพืช (Herbivorous fishes) ความหนาแน่น 4 ตัวต่อตารางเมตร ในบ่อผึ่งที่ 1-3 และบ่อปรับสภาพ เพื่อควบคุมปริมาณแพลงก์ตอนพืช (Dampin, 2011) แต่ก็ยังเกิดการบลูมของแพลงก์ตอนพืชขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในช่วงฤดูหนาว และฤดูฝน ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงชนิดและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในระบบบ่อบำบัดน้ำเสียชุมชนทั้ง 5 บ่อ และปัจจัยสิ่งแวดล้อมด้านคุณภาพน้ำในบ่อที่มีผลต่อความหลากหลายชนิดและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช เพื่อนำข้อมูลมาใช้ประโยชน์ในการจัดการและการควบคุมปริมาณแพลงก์ตอนพืชเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย

วิธีดำเนินการวิจัย

พื้นที่ศึกษา ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนแบบบ่อผึ่งของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษา จุดเก็บตัวอย่างน้ำ และแพลงก์ตอนพืชบริเวณบ่อบำบัดน้ำเสีย (WW1-WW5) ของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี

การเก็บและการวิเคราะห์ตัวอย่าง เก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำและแพลงก์ตอนพืชในช่วงฤดูหนาว (ธันวาคม 2557-กุมภาพันธ์ 2558) และฤดูฝน (สิงหาคม-ตุลาคม 2558) ทุกเดือนๆ ละ 1 ครั้ง จำนวน 3 ซ้ำ โดยตรวจวัดคุณภาพน้ำภาคสนามก่อนเก็บตัวอย่างน้ำและแพลงก์ตอนพืชทุกๆ สถานีเก็บตัวอย่าง เพื่อให้คุณภาพน้ำไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงมากนักก่อนนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบ่อบำบัดน้ำเสียของโครงการฯ และในบ่อบำบัดน้ำเสียจำนวน 5 บ่อ คือ บ่อตกตะกอน (WW1) บ่อผึ่งที่ 1 (WW2) บ่อผึ่งที่ 2 (WW3) บ่อผึ่งที่ 3 (WW4) และบ่อปรับสภาพ (WW5) โดยทำการเก็บตัวอย่างบริเวณประตูน้ำล้นก่อนเข้าสู่บ่อถัดไป (ภาพที่ 1) ด้วยกระบอกเก็บน้ำ (Water sampler) เก็บน้ำที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร จากผิวน้ำ ทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำภาคสนาม ได้แก่ อุณหภูมิ, ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ด้วยเครื่อง pH meter (WTW รุ่น pulti 3410) ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ด้วยเครื่อง DO meter (WTW รุ่น 3410) และทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการเคมีของน้ำของโครงการฯ ได้แก่ ค่าบีโอดี (BOD), ปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS), ออร์โธฟอสเฟต (PO_4^{3-}), ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP), แอมโมเนียม (NH_4^+), ไนเตรท (NO_3^-) และ ไนโตรเจนทั้งหมด (TN) ตามวิธีการของ APHA AWWA และ WEF (2005)

เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชในบริเวณเดียวกับการเก็บตัวอย่างน้ำ โดยตวงน้ำตัวอย่างปริมาตร 20 ลิตร กรองผ่านถุงกรอง แพลงก์ตอนขนาดช่องตา 40 ไมโครเมตร นำตัวอย่างที่ได้ใส่ขวดเก็บตัวอย่างขนาด 100 มิลลิลิตร และเก็บรักษาตัวอย่างด้วยน้ำยาฟอร์มาลีนเข้มข้นร้อยละ 4 นำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการชีววิทยาของโครงการฯ เพื่อทำการจำแนกชนิดและประเมินปริมาณอ้างอิงตามวิธีของ Wongrat (1999)

การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของชนิดและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชกับคุณภาพน้ำโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson correlation) และวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) เพื่อทดสอบความแตกต่างรายคู่ตามวิธีของ Duncan ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS Statistic 17.0

ผลการวิจัย

1. คุณภาพน้ำ

ในช่วงฤดูหนาว น้ำเสียชุมชนเข้าบ่อตกตะกอนมีค่า DO, BOD, SS, PO_4^{3-}, TP, NH_4^+, NO_3^- และ TN เฉลี่ยเท่ากับ 0.13±0.05, 50.30±10.55, 32.00±9.64, 1.06±0.50, 1.37±0.60, 0.85±0.18, 0.85±0.18 และ 21.26±7.54 mg/L ตามลำดับ อุณหภูมิ 27.63±1.84 ºC, pH 6.93±0.29 และอัตราส่วน TN:TP 18.61±11.81 ส่วนในช่วงฤดูฝน น้ำเสียชุมชนเข้าบ่อตกตะกอนมีค่า DO, BOD, SS, PO_4^{3-}, TP, NH_4^+, NO_3^-, TN เฉลี่ยเท่ากับ 0.13±0.05, 50.83±8.03, 23.66±2.51, 1.07±0.44, 2.26±0.53, 1.47±0.62, 1.09±0.14 และ 11.10±3.00 ตามลำดับ อุณหภูมิ 30.76±0.65 ºC, pH 6.86±0.41 และอัตราส่วน TN:TP 4.93±0.95 จากนั้นน้ำเสียจะผ่านการบำบัดด้วยกระบวนการธรรมชาติช่วยธรรมชาติตั้งแต่บ่อตกตะกอน บ่อผึ่งที่ 1 บ่อผึ่งที่ 2 บ่อผึ่งที่ 3 และบ่อปรับสภาพก่อนไหลออกสู่ป่าชายเลน คุณภาพน้ำมีการเปลี่ยนแปลงดังตารางที่ 1 และภาพที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของคุณภาพน้ำทั้งฤดูหนาวและฤดูฝนในระบบบ่อบำบัดน้ำเสียชุมชนทั้ง 5 บ่อ พบว่า อุณหภูมิของน้ำ ค่า SS, NO_3^- และ TN:TP ทั้ง 5 บ่อ ในทั้งสองฤดูกาลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *($p>0.05$)* ส่วนค่า pH, DO, BOD, PO_4^{3-}, TP, NH_4^+ และ TN ทั้ง 5 บ่อ ในทั้งสองฤดูกาลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *($p<0.05$)*

ตารางที่ 1 คุณภาพน้ำในระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยฯ ในฤดูหนาว (ธันวาคม 2557-กุมภาพันธ์ 2558 และ ฤดูฝน (สิงหาคม-ตุลาคม 2558)

พารามิเตอร์	บ่อตกตะกอน (WW1)		บ่อผึ่ง 1 (WW2)		บ่อผึ่ง 2 (WW3)		บ่อผึ่งที่ 3 (WW4)		บ่อปรับสภาพ (WW5)	
	ฤดูหนาว	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูฝน
Temperature (ºC)	27.23± 1.75 ^{a}	30.70± 0.50 ^{a}	27.17± 2.68 ^{a}	30.80± 0.79 ^{a}	26.90± 2.44 ^{a}	30.80± 0.66 ^{a}	26.43± 2.58 ^{a}	30.73± 0.65 ^{a}	26.73± 2.58 ^{a}	30.30± 0.20 ^{a}
pH	6.82± 0.37 ^{a}	7.17± 0.32 ^{a}	7.56± 0.05 ^{ab}	7.97± 0.55 ^{b}	8.09± 0.67 ^{bc}	8.07± 0.47 ^{b}	8.30± 0.69 ^{bc}	8.93± 0.21 ^{c}	8.97± 0.41 ^{c}	9.33± 0.23 ^{c}
DO (mg/L)	0.93± 0.28 ^{a}	3.10± 1.85 ^{a}	6.01± 2.17 ^{b}	5.47± 0.97 ^{ab}	7.61± 2.37 ^{bc}	6.23± 2.37 ^{bc}	7.87± 0.74 ^{bc}	9.03± 0.35 ^{c}	10.03± 0.82 ^{c}	8.93± 0.47 ^{c}
BOD (mg/L)	34.53± 8.00 ^{b}	36.33± 10.69 ^{b}	32.83± 11.32 ^{b}	23.90± 9.35 ^{ab}	22.47± 10.10 ^{ab}	19.40± 5.72 ^{a}	21.36± 2.30 ^{ab}	14.70± 4.87 ^{a}	12.13± 5.70 ^{a}	16.70± 2.44 ^{a}
SS (mg/L)	34.67± 4.04 ^{a}	43.33± 5.69 ^{a}	37.33± 9.29 ^{a}	60.33± 7.23 ^{a}	32.33± 16.74 ^{a}	45.67± 15.69 ^{a}	36.67± 0.06 ^{a}	51.00± 10.44 ^{a}	38.67± 8.08 ^{a}	43.33± 4.93 ^{a}
PO_4^{3-} (mg/L)	1.06± 0.61 ^{b}	0.88± 0.08 ^{c}	0.45± 0.12 ^{a}	0.36± 0.05 ^{b}	0.27± 0.17 ^{a}	0.13± 0.09 ^{a}	0.12± 0.12 ^{a}	0.06± 0.03 ^{a}	0.04± 0.01 ^{a}	0.03± 0.01 ^{a}
TP (mg/L)	1.28± 0.63 ^{b}	1.06± 0.59 ^{b}	0.76± 0.21 ^{ab}	0.58± 0.14 ^{ab}	0.46± 0.24 ^{a}	0.38± 0.23 ^{a}	0.25± 0.22 ^{a}	0.26± 0.35 ^{a}	0.14± 0.11 ^{a}	0.13± 0.10 ^{a}
NH_4^{+} (mg/L)	1.08± 0.60 ^{c}	1.37± 0.46 ^{c}	0.65± 0.14 ^{bc}	1.18± 0.35 ^{c}	0.32± 0.08 ^{ab}	0.63± 0.07 ^{b}	0.14± 0.06 ^{ab}	0.15± 0.12 ^{ab}	0.08± 0.04 ^{a}	0.73± 0.05 ^{a}
NO_3^{-} (mg/L)	0.92± 0.22 ^{a}	1.14± 0.15 ^{a}	1.24± 0.35 ^{a}	1.15± 0.19 ^{a}	1.27± 0.32 ^{a}	1.34± 0.14 ^{a}	1.48± 0.50 ^{a}	1.02± 0.28 ^{a}	0.93± 0.17 ^{a}	1.06± 0.13 ^{a}
TN (mg/L)	16.32± 3.87 ^{c}	8.17± 1.59 ^{c}	10.23± 2.18 ^{b}	7.17± 0.81 ^{c}	8.28± 1.01 ^{ab}	5.03± 0.64 ^{b}	4.96± 0.22 ^{a}	4.03± 1.22 ^{ab}	6.01± 1.18 ^{a}	2.40± 1.04 ^{a}
TN:TP	15.62± 9.06^{a}	9.06± 4.16 ^{a}	14.94± 8.14^{a}	13.02± 3.81 ^{a}	26.02± 22.72^{a}	21.59± 12.04 ^{a}	32.27± 20.13^{a}	42.99± 13.30 ^{a}	61.39± 36.82^{a}	13.02± 3.81 ^{a}

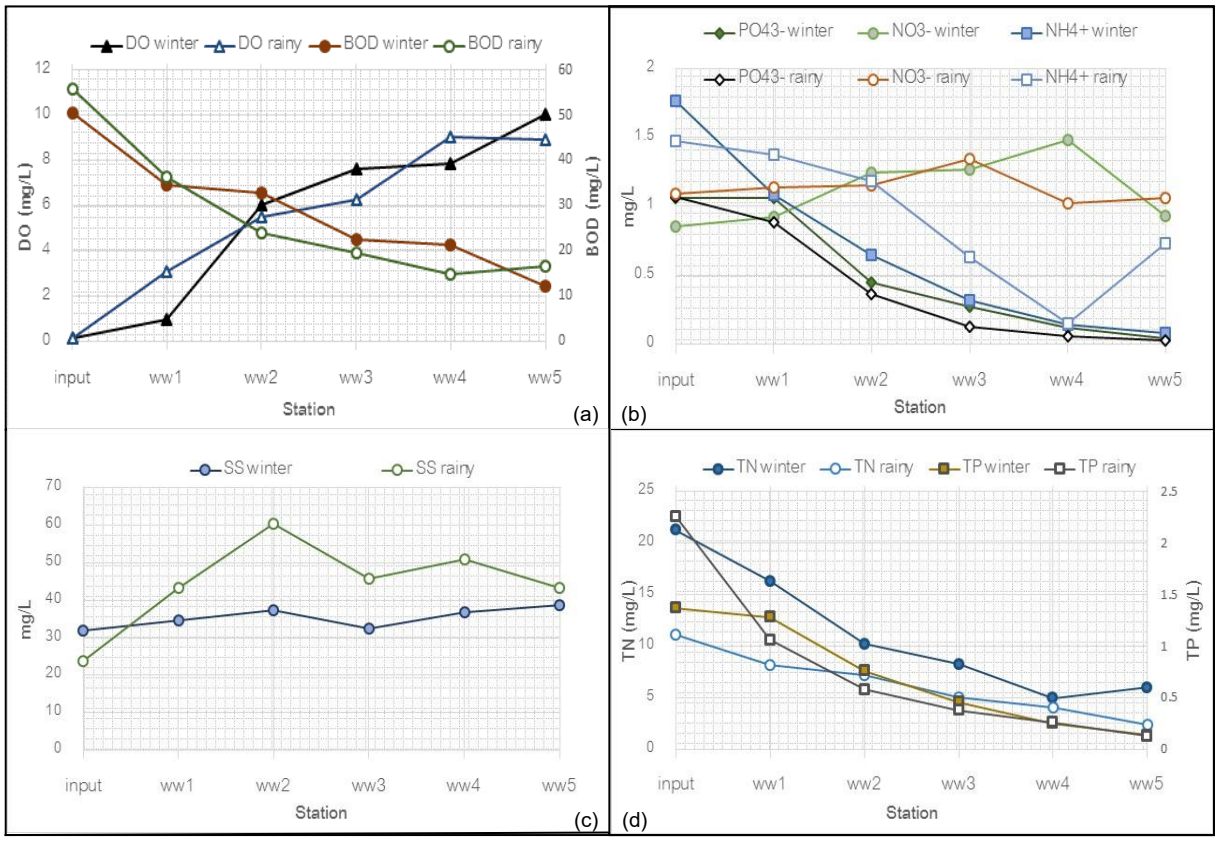
หมายเหตุ: ถ้ามีอักษรกำกับข้างท้ายแตกต่างกัน แสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. แพลงก์ตอนพืช

ความหลากหลายชนิดแพลงก์ตอนพืช

ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนของโครงการฯ จำนวน 5 บ่อ ในทั้งสองฤดูกาล พบแพลงก์ตอนพืชอยู่ในทั้ง 3 ดิวิชั่น (Divisions) 4 คลาส (Classes) ประกอบด้วยดิวิชั่น Cyanophyta คลาส Cyanophyceae (Blue-Green Algae) จำนวน 8 ชนิด ดิวิชั่น Chlorophyta คลาส Chlorophyceae (Green Algae) และคลาส Euglenophyceae (Euglenoid) จำนวนคลาสละ 29 และ18 ชนิด ตามลำดับ และดิวิชั่น Chromophyta คลาส Bacillariophyceae (Diatom) จำนวน 4 ชนิด รวมทั้งสิ้น 59 ชนิด โดยฤดูหนาว พบความหลากหลายชนิดแพลงก์ตอนพืชจำนวน 3 ดิวิชั่น 4 คลาส ประกอบด้วย ดิวิชั่น Cyanophyta คลาส Cyanophyceae (Blue-Green Algae) จำนวน 8 ชนิด ดิวิชั่น Chlorophyta คลาส Chlorophyceae (Green Algae) และคลาส Euglenophyceae (Euglenoid) จำนวนคลาสละ 18 และ 13 ชนิด ตามลำดับ และดิวิชั่น Chromophyta คลาส Bacillariophyceae (Diatom) จำนวน 3 ชนิด รวมทั้งสิ้นจำนวน 42 ชนิด ดัชนีความหลากหลายชนิดอยู่ในช่วง 0.44-0.88 อยู่ในเกณฑ์น้อยเมื่อเปรียบเทียบจำนวนชนิดของแพลงก์ตอนพืชในทั้ง 5 บ่อพบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *(p>0.05)* (ตารางที่ 2) ส่วนฤดูฝน พบแพลงก์ตอนพืชจำนวน 3 ดิวิชั่น 4 คลาส

ประกอบด้วย ดิวิชั่น Cyanophyta คลาส Cyanophyceae (Blue-Green Algae) จำนวน 8 ชนิด ดิวิชั่น Chlorophyta คลาส Chlorophyceae (Green Algae) และคลาส Euglenophyceae (Euglenoid) จำนวนคลาสละ 21 และ 15 ชนิด ตามลำดับ และดิวิชั่น Chromophyta คลาส Bacillariophyceae (Diatom) จำนวน 3 ชนิด รวมทั้งสิ้นจำนวน 47 ชนิด ดัชนีความหลากหลายชนิดอยู่ในช่วง 0.82-1.42 อยู่ในเกณฑ์น้อย (ตารางที่ 2 และภาพที่ 3) เมื่อเปรียบเทียบจำนวนชนิดของแพลงก์ตอนพืชในทั้ง 5 บ่อ พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

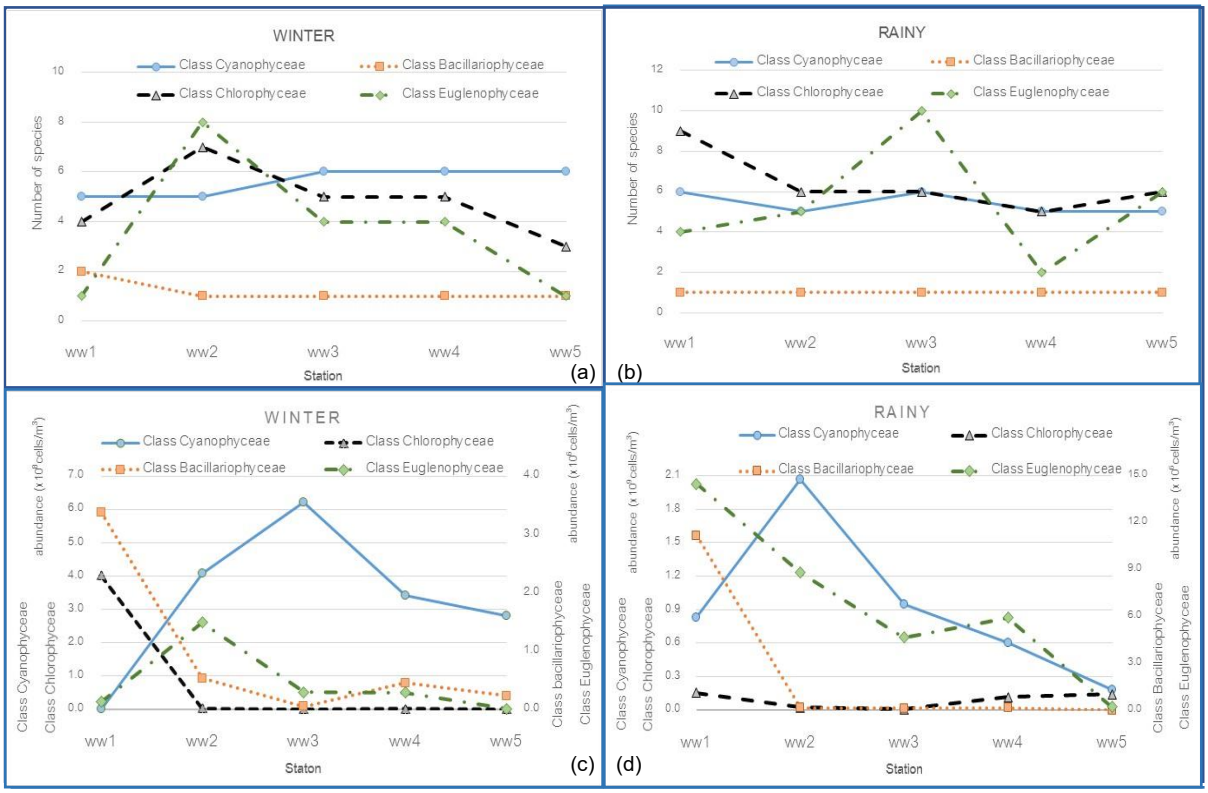


ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยฯ ในฤดูหนาว (ธันวาคม 2557-กุมภาพันธ์ 2558 และ ฤดูฝน (สิงหาคม-ตุลาคม 2558) (a) ค่า DO และ BOD (b) ค่า PO_4^{3-}, NO_3^- และ NH_4^+ (c) ค่า SS (d) ค่า TN และ TP (mg/L)

ตารางที่ 2 ความหลากหลายชนิดและความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในบ่อบำบัดน้ำเสียชุมชนทั้ง 5 บ่อของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยฯ ในช่วงฤดูหนาว (ธันวาคม 2557-กุมภาพันธ์2558) และฤดูฝน (สิงหาคม-ตุลาคม 2558)

ความหลากหลายชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนพืช	บ่อบำบัดน้ำเสียของโครงการแหลมผักเบี้ยฯ									
	บ่อตกตะกอน (WW1)		บ่อผึ่ง 1 (WW2)		บ่อผึ่ง 2 (WW3)		บ่อผึ่งที่ 3 (WW4)		บ่อปรับสภาพ(WW5)	
	ฤดูหนาว	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูฝน
ความหลากหลาย (ชนิด)										
Division Cyanophyta										
- Class Cyanophyceae	5^{a}	6^{a}	5^{a}	5^{a}	6^{a}	6^{a}	6^{a}	5^{a}	6^{a}	5^{a}
Division Chlorophyta										
- Class Chlorophyceae	4^{a}	9^{a}	7^{a}	6^{a}	5^{a}	6^{a}	5^{a}	5^{a}	3^{a}	6^{a}
- Class Euglenophyceae	1^{a}	4^{a}	8^{a}	5^{a}	4^{a}	10^{a}	4^{a}	2^{a}	1^{a}	6^{a}
Division Chromophyta										
- Class Bacillariophyceae	2^{a}	1^{a}	1^{a}	1^{a}	1^{a}	1^{a}	1^{a}	1^{a}	1^{a}	1^{a}
รวม	12^{a}	20^{a}	21^{a}	17^{a}	16^{a}	23^{a}	16^{a}	13^{a}	11^{a}	18^{a}
Biodiversity Index	0.48^{a}	1.24^{b}	0.74^{a}	0.82^{ab}	0.58^{a}	0.52^{a}	0.88^{a}	0.37^{a}	0.44^{a}	0.57^{a}
ปริมาณ (เซลล์ต่อลิตร)										
Division Cyanophyta										
- Class Cyanophyceae	2.60×10^{6a}	8.29×10^{8a}	4.09×10^{8a}	2.07×10^{9a}	6.20×10^{8a}	9.49×10^{8a}	3.40×10^{8a}	6.00×10^{8a}	2.80×10^{8a}	1.79×10^{8a}
Division Chlorophyta										
- Class Chlorophyceae	4.01×10^{6b}	1.55×10^{8a}	3.67×10^{6a}	2.46×10^{7a}	8.79×10^{5a}	7.54×10^{6a}	1.59×10^{6a}	1.19×10^{8a}	1.82×10^{5a}	1.44×10^{8a}
- Class Euglenophyceae	1.30×10^{5a}	1.45×10^{7a}	1.49×10^{6b}	8.80×10^{6a}	2.92×10^{5a}	4.66×10^{6a}	2.86×10^{5a}	5.91×10^{6a}	1.44×10^{4a}	1.93×10^{5a}
Division Chromophyta										
- Class Bacillariophyceae	3.38×10^{6a}	1.12×10^{7a}	5.35×10^{5a}	1.59×10^{5a}	4.81×10^{4a}	1.04×10^{5a}	4.56×10^{5a}	1.33×10^{5a}	2.36×10^{5a}	1.19×10^{4a}
รวม	4.07×10^{8a}	1.01×10^{9a}	4.14×10^{8a}	2.10×10^{9a}	6.21×10^{8a}	9.61×10^{8a}	3.43×10^{8a}	7.25×10^{8a}	2.81×10^{8a}	3.23×10^{8a}

หมายเหตุ: ถ้ามีอักษรกำกับข้างท้ายแตกต่างกัน แสดงว่าค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงความหลากหลายชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนพืชในบ่อบำบัดน้ำเสียชุมชนทั้ง 5 บ่อ ของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยฯ ในช่วงฤดูหนาว (ธันวาคม 2557-กุมภาพันธ์ 2558) และฤดูฝน (สิงหาคม-ตุลาคม 2558)

(a) การเปลี่ยนแปลงความหลากหลายชนิดแพลงก์ตอนพืชในฤดูหนาว

(b) การเปลี่ยนแปลงความหลากหลายชนิดแพลงก์ตอนพืชในฤดูฝน

(c) การเปลี่ยนแปลงปริมาณแพลงก์ตอนพืชในฤดูหนาว

(d) การเปลี่ยนแปลงปริมาณแพลงก์ตอนพืชในฤดูฝน

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงความหลากหลายชนิดในแต่ละบ่อ พบว่า ในทั้งสองฤดูกาลความหลากหลายชนิดของแพลงก์ตอนพืชไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *(p>0.05)* และเมื่อพิจารณาจำนวนชนิดในแต่ละกลุ่มของแพลงก์ตอนพืชทั้ง 5 บ่อ พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *(p>0.05)* ดัชนีความหลากหลายชนิดในฤดูหนาวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *(p>0.05)* แต่ในฤดูฝนดัชนีความหลากหลายชนิดแพลงก์ตอนพืชในบ่อตกตะกอนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *(p>0.05)* จากบ่ออื่นๆ

ความหนาแน่นแพลงก์ตอนพืช

ความหนาแน่นแพลงก์ตอนพืชที่พบในระบบบ่อบำบัดน้ำเสียชุมชนโครงการฯ ในทั้งสองฤดูกาลพบความหนาแน่นรวมอยู่ในช่วง 2.81×10^{8} - 2.10×10^{9} เซลล์ต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละฤดูกาล พบว่า ในฤดูฝนมีความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในทั้ง 5 บ่อ มากกว่าในฤดูหนาว และความหนาแน่นแพลงก์ตอนพืชในทั้ง 5 บ่อ

ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *(p>0.05)* โดยพบแพลงก์ตอนพืชในกลุ่ม Cyanophyceae (Blue-Green Algae) เป็นกลุ่มเด่นมีความหนาแน่นมากที่สุดและกระจายอยู่ในทั้ง 5 บ่อ

ฤดูหนาว การเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนพืชแต่ละบ่อ พบว่า ในบ่อตกตะกอนมีความหนาแน่นแพลงก์ตอนพืชในดิวิชั่น Chlorophyta ในคลาส Chlorophyceae มากที่สุด รองลงมาดิวิชั่น Chromophyta คลาส Bacillariophyceae ดิวิชั่น Cyanophyta คลาส Cyanophyceae และดิวิชั่น Chlorophyta คลาส Euglenophyceae ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 98.50, 0.83, 0.64 และ 0.03 ตามลำดับ และตั้งแต่บ่อผึ่งที่ 1 ถึงบ่อปรับสภาพ พบความหนาแน่นแพลงก์ตอนพืชดิวิชั่น Cyanophyta คลาส Cyanophyceae มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 98.62, 99.80, 99.32 และ 99.85 ตามลำดับ รองลงมาคือดิวิชั่น Chlorophyta ในคลาส Chlorophyceae คิดเป็นร้อยละ 0.89, 0.14, 0.47 และ 0.06 ตามลำดับ คลาส Euglenophyceae คิดเป็นร้อยละ 0.36, 0.05, 0.08 และ 0.01 ตามลำดับ และดิวิชั่น Chromophyta คลาส Bacillariophyceae คิดเป็นร้อยละ 0.13, 0.01, 0.13 และ 0.08 ตามลำดับ

แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่พบในแต่ละบ่อ พบว่า บ่อตกตะกอนพบแพลงก์ตอนพืชในดิวิชั่น Chlorophyta ชนิด *Chlorella* sp. และ *Schroederia setigera* เป็นชนิดเด่น คิดเป็นร้อยละ 89.87 และ 4.08 ตามลำดับ บ่อผึ่งที่ 1 พบแพลงก์ตอนพืชดิวิชั่น Cyanophyta ชนิด *Spirulina platensis* และ *Oscillatoria* sp. เป็นชนิดเด่น คิดเป็นร้อยละ 68.48 และ 29.62 ตามลำดับ บ่อผึ่งที่ 2 พบแพลงก์ตอนพืชดิวิชั่น Cyanophyta ชนิด *Cylindrospermopsis philipinensis* และ *Spirulina subsalsa* เป็นชนิดเด่น คิดเป็นร้อยละ 60.81 และ 34.14 ตามลำดับ บ่อผึ่งที่ 3 แพลงก์ตอนพืชดิวิชั่น Cyanophyta ชนิด *Cylindrospermopsis philipinensis* และ *Spirulina subsalsa* เป็นชนิดเด่น คิดเป็นร้อยละ 60.81 และ 34.14 ตามลำดับ และบ่อปรับสภาพพบแพลงก์ตอนพืชดิวิชั่น Cyanophyta ชนิด *Cylindrospermopsis philipinensis* และ *Spirulina subsalsa* เป็นชนิดเด่น คิดเป็นร้อยละ 60.81, 89.63 และ 34.14, 5.47 ตามลำดับ (ตารางที่ 2 และภาพที่ 3(a)) เปรียบเทียบความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในทั้ง 5 บ่อ พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (*p>0.05*) (ตารางที่ 2)

ฤดูฝน การเปลี่ยนแปลงของแพลงก์ตอนพืชแต่ละบ่อ ตั้งแต่บ่อตกตะกอนถึงบ่อปรับสภาพ พบความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในดิวิชั่น Cyanophyta คลาส Cyanophyceae มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 82.11, 98.40, 98.72, 82.79 และ 55.27 ตามลำดับ รองลงมาคือดิวิชั่น Chlorophyta ในคลาส Chlorophyceae คิดเป็นร้อยละ 15.38, 1.17, 0.79, 16.38 และ 44.66 ตามลำดับ คลาส Euglenophyceae คิดเป็นร้อยละ 1.43, 0.42, 0.48, 0.82 และ 0.06 ตามลำดับ และดิวิชั่น Chromophyta คลาส Bacillariophyceae คิดเป็นร้อยละ 1.11, 0.01, 0.01, 0.02 และ 0.003 ตามลำดับ

แพลงก์ตอนพืชชนิดเด่นที่พบในแต่ละบ่อ พบว่า บ่อตกตะกอนพบแพลงก์ตอนพืชในดิวิชั่น Cyanophyta ชนิด *Spirulina platensis* และ *Rhaphidiopsis* sp. เป็นชนิดเด่น คิดเป็นร้อยละ 60.35 และ 14.66 ตามลำดับ บ่อผึ่งที่ 1 พบแพลงก์ตอนพืชในดิวิชั่น Cyanophyta ชนิด *Spirulina platensis* และ *Rhaphidiopsis* sp. เป็นชนิดเด่น คิดเป็นร้อยละ 76.16 และ 12.71 ตามลำดับ บ่อผึ่งที่ 2 พบแพลงก์ตอนพืชดิวิชั่น Cyanophyta ชนิด *Spirulina platensis* และ *Cylindrospermopsis philipinensis* เป็นชนิดเด่น คิดเป็นร้อยละ 74.67 และ 13.92 ตามลำดับ บ่อผึ่งที่ 3 พบแพลงก์ตอนพืชดิวิชั่น Cyanophyta ชนิด *Cylindrospermopsis philipinensis* และดิวิชั่น Chlorophyta ชนิด *Chlorella* sp. เป็นชนิดเด่น คิดเป็นร้อยละ 70.08 และ 5.98 ตามลำดับ และบ่อปรับสภาพพบแพลงก์ตอนพืชดิวิชั่น Chlorophyta ชนิด *Chlorella* sp. และดิวิชั่น Cyanophyta ชนิด *Cylindrospermopsis philipinensis* เป็นชนิดเด่น คิดเป็นร้อยละ 44.63 และ 41.04 ตามลำดับ (ตารางที่ 2 และภาพที่ 3(b)) เปรียบเทียบความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในทั้ง 5 บ่อ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (*p>0.05*)

3. ความสัมพันธ์ของแพลงก์ตอนพืชกับคุณภาพน้ำ

ความหลากหลายชนิดของแพลงก์ตอนพืช

ฤดูหนาว ความหลากหลายชนิดแพลงก์ตอนพืชดิวิชั่น Cyanophyta คลาส Cyanophyceae มีความสัมพันธ์แบบผกผันกับ PO_4^{3-} ($r = -0.617$, $p<0.05$) และ TP ($r = -0.581$, $p<0.05$) ส่วนแพลงก์พืชดิวิชั่นอื่นๆ ไม่พบว่ามีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำ

ฤดูฝน ความหลากหลายชนิดแพลงก์ตอนพืชดิวิชั่น Chlorophyta ในคลาส Chlorophyceae มีความสัมพันธ์แบบผันตรงกับ BOD ($r = 0.697$, $p<0.01$) ส่วนแพลงก์พืชดิวิชั่นอื่นๆ ไม่พบว่ามีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำ

ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช

ฤดูหนาว ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชดิวิชั่น Chlorophyta ในคลาส Chlorophyceae มีความสัมพันธ์แบบผกผันกับ pH ($r = -0.626$, $p<0.05$) และมีความสัมพันธ์แบบผันตรงกับ DO ($r = 0.639$, $p<0.05$), PO_4^{3-} ($r = 0.524$, $p<0.05$) และ TN ($r = 0.648$, $p<0.01$) ดิวิชั่น Chromophyta คลาส Bacillariophyceae มีความสัมพันธ์แบบผกผันกับ DO ($r = -0.614$, $p<0.05$) และมีความสัมพันธ์แบบผันตรงกับ BOD ($r = 0.558$, $p<0.05$), PO_4^{3-} ($r = 0.770$, $p<0.01$), NH_4^+ ($r = 0.865$, $p<0.01$) และ TP ($r = 0.753$, $p<0.05$)

ฤดูฝน ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชดิวิชั่น Cyanophyta คลาส Cyanophyceae มีความสัมพันธ์แบบผันตรงกับ SS ($r = 0.664$, $p<0.05$), NH_4^+ ($r = 0.536$, $p<0.05$) และ TN ($r = 0.541$, $p<0.05$) ดิวิชั่น Chromophyta คลาส Bacillariophyceae มีความสัมพันธ์แบบผันตรงกับ BOD ($r = 0.579$, $p<0.05$) และ PO_4^{3-} ($r = 0.546$, $p<0.05$) และดิวิชั่น Chlorophyta คลาส Euglenophyceae มีความสัมพันธ์แบบผันตรงกับ TP ($r = 0.596$, $p<0.05$)

วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาคุณภาพน้ำ พบว่าอุณหภูมิของน้ำในฤดูหนาวต่ำกว่าฤดูฝน เนื่องจาก อุณหภูมิของน้ำมีการผันแปรตามอุณหภูมิของอากาศ กล่าวคือ อุณหภูมิของอากาศในฤดูหนาวต่ำกว่าฤดูฝน จึงส่งผลทำให้อุณหภูมิของน้ำในฤดูหนาวลดต่ำลงกว่าในฤดูฝน DO และ pH มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่บ่อตกตะกอนถึงบ่อปรับสภาพ เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชต้องการ CO_2 ในรูปที่ละลายน้ำเพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง เมื่อแพลงก์ตอนพืชเพิ่มปริมาณมากขึ้น CO_2 ในน้ำมีปริมาณไม่เพียงพอ แพลงก์ตอนพืชจึงใช้ CO_2 จาก HCO_3^- ที่ละลายน้ำ หากยังไม่เพียงพอก็จะดึง CO_2 จาก CO_3^- ต่ออีกที จึงทำให้ pH ของน้ำสูงขึ้น เนื่องจากมีปริมาณ OH^- มากขึ้น (Tuntoolavest & Phornprepa, 1995) ในขณะที่ BOD และ TP มีแนวโน้มลดลงตามลำดับ เนื่องจากเกิดกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นสารอนินทรีย์โดยจุลินทรีย์แบบ aerobic process มีการใช้ O_2 เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ได้สารอนินทรีย์ ได้แก่ NH_4^+, NO_3^- และ PO_4^{3-} เป็นต้น ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชและสาหร่าย (Meksumpun, 2015) จึงทำให้ปริมาณของ TN, NH_4^+ และ PO_4^{3-} มีแนวโน้มลดลงตามลำดับ นอกจากนี้ในบ่อผึ่งที่ 3 และบ่อปรับสภาพมีค่า pH สูงกว่า 8.3 ทำให้ PO_4^{3-} บางส่วนจับกับแคตไอออนของ Ca, Fe และ Mg ตกตะกอนสู่พื้นบ่อ (Cerozi & Fitzsimmons. 2016) ส่วน NH_4^+ ในทั้งสองฤดูมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายนำไปใช้ในการเจริญเติบโต แต่ในฤดูฝน NH_4^+ มีปริมาณเพิ่มขึ้นในบ่อปรับสภาพ (ตารางที่ 1 และภาพที่ 2(b)) เนื่องจาก แพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายบางส่วนตายลงทำให้จุลินทรีย์ย่อยสลายเกิดเป็น NH_4^+ เพิ่มมากขึ้น ส่วน NO_3^- ในฤดูหนาวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตั้งแต่บ่อตกตะกอนถึงบ่อผึ่งที่ 3 และปริมาณลดลงในบ่อปรับสภาพ แต่ในฤดูฝนมีแนวโน้มลดลงตั้งแต่บ่อผึ่งที่ 3 และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในบ่อปรับสภาพ เนื่องจากในช่วงเวลานี้บ่อผึ่งที่ 3 มีแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายบางส่วนตายลง จุลินทรีย์มีการย่อยสลายซากแพลงก์ตอนพืชทำให้ NH_4^+ เพิ่มขึ้น และเดิมมีออกซิเจนละลายน้ำสูงจึงทำให้เกิดปฏิกิริยา nitrification เกิดเป็น NO_3^- เพิ่มขึ้นด้วย

ดังนั้นปริมาณ NO_3^- จึงไม่มีแนวโน้มลดลงเมื่อผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย และปริมาณ SS มีความแตกต่างกันในทั้งสองฤดูกาล ในฤดูฝน มีค่า SS มากที่สุด โดยพบว่ามีปริมาณใกล้เคียงกันตั้งแต่บ่อตกตะกอนถึงบ่อปรับสภาพ ยกเว้น ในบ่อผึ่งที่ 2 เนื่องจากมีปริมาณของแพลงก์ตอนพืชและซากแพลงก์ตอนพืชบางส่วนจึงทำให้ปริมาณ SS สูงขึ้น และในฤดูหนาวมีปริมาณ SS น้อยกว่าฤดูฝนและมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากในบ่อตกตะกอนมีสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ปะปนในน้ำเสีย ทำให้จุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายจนเพิ่มจำนวนมากขึ้น จึงทำให้ SS มีค่าสูงขึ้น (ตารางที่ 1 และภาพที่ 2(c))

ความหลากหลายชนิดแพลงก์ตอนพืชพบว่า ฤดูหนาวมีความหลากหลายชนิดมากกว่าฤดูฝนเล็กน้อย (ตารางที่ 2 และภาพที่ 3) สอดคล้องกับ Huang *et al.* (2004) และ Yossan & Moosin (2015) ดัชนีความหลากหลายในทั้ง 5 บ่อมีค่าน้อยมากเนื่องจากคุณภาพน้ำในแต่ละบ่อยังคงมีปริมาณธาตุอาหารค่อนข้างสูง (Whitton, 1975) โดยมีปริมาณธาตุอาหารมากที่สุดในบ่อตกตะกอนและจะค่อยๆ ลดลงตามลำดับ จึงทำให้พบความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชไม่แตกต่างกันมากนัก เช่นเดียวกับปัจจัยคุณภาพน้ำอื่นๆ ที่ไม่แตกต่างกันด้วย (Peerapornpisal, 2006 และ Meksumpun, 2015)

ความหนาแน่นแพลงก์ตอนพืชในทั้งสองฤดูกาลพบแพลงก์ตอนพืชในกลุ่ม Cyanophyceae (Blue-Green Algae) เป็นกลุ่มเด่นมีความหนาแน่นมากที่สุดและกระจายอยู่ในทั้ง 5 บ่อ เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชกลุ่มนี้สามารถปรับตัวและเจริญเติบโตได้ดีในสภาพแวดล้อมที่มีปริมาณธาตุอาหารและอุณหภูมิสูงจึงทำให้สามารถเพิ่มปริมาณได้อย่างรวดเร็ว (Erdoan & Yerli, 2014 และ Srichomphu, 2015) ฤดูหนาวในบ่อตกตะกอนพบความหนาแน่นแพลงก์ตอนพืชในดิวิชั่น Chlorophyta คลาส Chlorophyceae มากที่สุด และพบว่ามีความแตกต่างจากบ่ออื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *($p< 0.05$)* ซึ่งจากผลการศึกษาความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำ พบว่าความหนาแน่นแพลงก์ตอนพืชในดิวิชั่น Chlorophyta คลาส Chlorophyceae มีความสัมพันธ์แบบผันตรงกับ PO_4^{3-} และ TN ($r = 0.524$, $p<0.05$ และ $r = 0.648$, $p<0.01$ ตามลำดับ) สอดคล้องกับค่าคุณภาพน้ำในบ่อตกตะกอนที่พบ PO_4^{3-} และ TN มีค่าสูงแตกต่างจากบ่ออื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *($p<0.05$)* ทั้งนี้พบ *Chlorella* sp. เป็นชนิดเด่น แต่ในบ่อผึ่งที่ 1 ถึงบ่อปรับสภาพ พบความหนาแน่นแพลงก์ตอนพืชดิวิชั่น Cyanophyta คลาส Cyanophyceae มากที่สุด โดยพบ *Spirulina platensis* เป็นชนิดเด่นในบ่อผึ่งที่ 1 สอดคล้องกับ Srichomphu (2015) ส่วนในบ่อผึ่งที่ 2, 3 และบ่อปรับสภาพ พบ *Cylindrospermopsis philipinensis* เป็นชนิดเด่น ในฤดูฝนตั้งแต่บ่อตกตะกอนถึงบ่อปรับสภาพ พบความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในดิวิชั่น Cyanophyta คลาส Cyanophyceae มากที่สุด โดยในบ่อตกตะกอนถึงบ่อผึ่งที่ 2 พบ *Spirulina platensis* เป็นชนิดเด่น จากผลการศึกษาความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำ พบว่ามีความสัมพันธ์แบบผันตรงกับ NH_4^+ และ TN ($r = 0.536$, $p<0.05$ และ $r = 0.541$, $p<0.01$ ตามลำดับ) ซึ่งผลการศึกษาคุณภาพน้ำพบว่ามีปริมาณ NH_4^+ และ TN สูงแตกต่างจากบ่อผึ่งที่ 3 และบ่อปรับสภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *($p<0.05$)* ในขณะที่บ่อผึ่งที่ 3 พบ *Cylindrospermopsis philipinensis* เป็นชนิดเด่น และในบ่อปรับสภาพพบแพลงก์ตอนพืชดิวิชั่น Chlorophyta ชนิด *Chlorella* sp. และดิวิชั่น Cyanophyta ชนิด *Cylindrospermopsis philipinensis* เป็นชนิดเด่น โดยมีความหนาแน่นใกล้เคียงกัน

สรุปผลการวิจัย

ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนของโครงการฯ ทั้งสองฤดูกาล พบแพลงก์ตอนพืชอยู่ในทั้ง 3 ดิวิชั่น 4 คลาส ประกอบด้วยดิวิชั่น Cyanophyta คลาส Cyanophyceae จำนวน 8 ชนิด ดิวิชั่น Chlorophyta คลาส Chlorophyceae และคลาส Euglenophyceae จำนวนคลาสละ 29 และ18 ชนิด ตามลำดับ และดิวิชั่น Chromophyta คลาส Bacillariophyceae จำนวน 4 ชนิด รวมทั้งสิ้น 59 ชนิด ความหลากหลายชนิดของแพลงก์ตอนพืชทั้ง 5 บ่อ อยู่ในช่วง

0.37-0.88 โดยในฤดูหนาวมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *(p>0.05)* ส่วนในฤดูฝนความหลากหลายชนิดของแพลงก์ตอนพืชในบ่อตกตะกอนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *(p<0.05)* กับบ่ออื่นๆ กล่าวคือ มีความหลากหลายชนิดแพลงก์ตอนพืชมากกว่าบ่อผึ่งที่ 1 บ่อผึ่งที่ 2 บ่อผึ่งที่ 3 และบ่อปรับสภาพ ในทั้ง 4 บ่อนี้มีความหลากหลายชนิดที่ใกล้เคียงกัน และความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชทั้ง 5 บ่อ ในทั้งสองฤดูกาลพบความหนาแน่นรวมอยู่ในช่วง $2.81x10^{8}$ - $2.10x10^{9}$ เซลล์ต่อลูกบาศก์เมตร มีความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในฤดูฝนและฤดูหนาวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ *(p>0.05)* แต่พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในบ่อผึ่งที่ 1 และลดลงตั้งแต่บ่อผึ่งที่ 2 ถึงบ่อปรับสภาพตามลำดับ สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารที่มีแนวโน้มลดลงตั้งแต่บ่อผึ่งที่ 1 ถึงบ่อปรับสภาพตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ เจ้าหน้าที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยฯ และผู้เกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ช่วยเหลือในการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

APHA, AWWA, and WEF. (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21st ed. American Public Health Association, Washington, D.C.

Cerozi da, B. S., & Fitzsimmons, K. (2016). The effect of pH on phosphorus availability and speciation in an aquaponics nutrient solution. *Bioresource Technology, 219*, 778–781.

Chunkao, C., Tarnchalanukit, W., Prabuddham, P., Phewnil, O., Bualert, S., Duangmal, K., Pattamapitoon, T., & Nimpee, C. (2014). H.M. The King's Royally Initiated LERD Project on Community Wastewater Treatment through Small Wetlands and Oxidation Pond in Phetchaburi, *Modern Applied Science, 8*(5), 233-246.

Dampin, N. (2011). *Stock density model of Oreochromis niloticus in oxidation pond, Royal Leam Pak Bia Evironmental and Development Project, Phetchaburi Province*. Thesis in Doctor degree. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai).

Department of Provincial Administration. (2017). *Statistics of population and house*. Retrieved June 7, 2018, from http://stat.dopa.go.th/stat/statnew/upstat_age_disp.php

Erdogan, S. & Yerli, M. B. (2014). Phytoplankton Counting and Identification Methods. Department of Bilolgical Science, Turkey: Middle East Technical University.

Huang L., Jian W. Song X., Huang X., Liu S., Qian P., Yin K., and Wu M. (2004). Species diversity and distribution for phytoplankton of the Oearl River estuary during rainy and dry seasons. Marine Pollution Bulletin, *49*, 588-596.

Jinjaruk, T. (2014). *Water Balance in Oxidation Pond System at The King's Royally Initiated Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project, Phetchaburi Province*. Thesis in Master degree. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai).

Meksumpun, S. (2015). *Physiology and ecology of marine phytoplankton.* Department of Marine Science, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai).

Peerapornpisal, Y. (2006). *Phycology.* Chiang Mai, Chiang Mai University. (in Thai).

Srichomphu, M. (2015). *Influenecs of Winter Insolation on Growth Cyanobacteria in Oxidation Ponds for Community Wastewater Treatment at Royal LERD Project Site in Phetchaburi Province Thailand.* Thesis in Master degree. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai).

Tuntoolavest, M., &Phornprepa, P.1995. *Water quality management and waste water treatment in fish pond and others aquatic animal.* Chulalongkorn University Bookshop, Bangkok. (in Thai).

Whitton, B. A. (1975). *River Ecology*. University of California, USA.

Wongrat, L. (1999). *Phytoplankton.* Kasetsart University, Bangkok. (in Thai).

Yossan, S., & Moonsin, P. (2015). Using Dominant Phytoplankton as a Bioindicator of Water Quality in Huay Samran, Sisaket Province. *KMUTT Research & Development Journal*., *38,* 295-309. (in Thai).