การประเมินคุณภาพน้ำในพื้นที่ชุ่มน้ำภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน โดยใช้กลุ่มแมลงน้ำ

Water Quality Assessment in Wetlands at Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus Using Aquatic Insects

พนมวรรณ อยู่พร้อม ธนวรรณ พาณิชพัฒน์ และ แตงอ่อน พรหมมิ*

คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทคัดย่อ

ศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงน้ำในพื้นที่ชุ่มน้ำภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม จำนวน 14 จุดเก็บตัวอย่าง ระหว่างเดือนธันวาคม 2550 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2551 เก็บตัวอย่างแมลงน้ำ 3 ซ้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างโดยใช้สวิงน้ำ พบความหลากหลายของกลุ่มแมลงน้ำทั้งสิ้น 5 อันดับ 26 วงศ์ โดยอันดับ Hemiptera พบจำนวนวงศ์มากที่สุดคือ 9 วงศ์ รองลงมาคืออันดับ Coleoptera พบ 7 วงศ์ อันดับ Odonata พบ 4 วงศ์ ส่วนอันดับ Ephemeroptera และ Diptera พบอันดับละ 3 วงศ์ ตามลำดับ ปัจจัยคุณภาพน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างคืออุณหภูมิน้ำ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำ ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในน้ำให้กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีในแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้ง จัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 ถึง 4 ความสัมพันธ์ระหว่างจุดเก็บตัวอย่าง ปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี และแมลงน้ำ พบว่า แมลงน้ำวงศ์ Culicidae, Stratiomyidae, Hydrophilidae และ Coenagrionidae มีความสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำทั้งหมด ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำและอุณหภูมิน้ำในแหล่งน้ำทิ้งจากอาคารเรียนและหอพัก การประเมินคุณภาพน้ำนำไปสู่การวางแผนการบริหารและการจัดการแหล่งน้ำภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน โดยการบำบัดน้ำก่อนการปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ รวมถึงส่งเสริมการอนุรักษ์แหล่งน้ำโดยการปลูกต้นไม้และดูแลรักษาต้นไม้ และเสริมสร้างจิตสำนึกในการอนุรักษ์ทรัพยากรแหล่งน้ำ

คำสำคัญ: แมลงน้ำ พื้นที่ชุ่มน้ำ คุณภาพน้ำ

* **ผู้ประสานงานหลัก** (Corresponding Author)
email: faastop@ku.ac.th

กิตติกรรมประกาศ: ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (รหัสโครงการวิจัย ก-ษ (ด) 81.54) และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยประจำปีการศึกษา 2554

Abstract

The biodiversity of aquatic insects in wetland in Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom Province was conducted from 14 sites during December 2007 to November 2008. Three replicates of each site was sampled by an aquatic D net. Five orders and 26 families of aquatic insects were found in this study. The order Hemiptera had the highest number of families (9 families), followed by order Coleoptera (7 families), Odonata (4 families), Diptera and Ephemeroptera (each contained 3 families). The physico-chemical water quality parameter in each site, such as water temperature, pH, total suspended solids and total dissolved solids, dissolved oxygen, and total phosphorus were significantly correlated($p<0.05$), whereas the chemical oxygen demanded was not significantly correlated ($p>0.05$). Most of physico-chemical water quality parameter in wetlands values was in class 3 to 4 of the Classification and Standards of Water of Thailand. The CCA revealed the family Culicidae, Stratiomyidae, Hydrophilidae and Coenagrionidae were correlated with total phosphorus, total suspended solids, and water temperature in wetlands receiving effluent from the building and dormitory. Assessment of water quality could lead to an administrative planning and management of water resources in the Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus. The water treatment is necessary before releasing sewage into water resource. Promoting conservation of water may be conducted by planting and maintaining trees. Also, reinforce awareness of conservation of water resources should be emphasized.

Keywords: Aquatic insects, wetlands, water quality

บทนำ

พื้นที่ชุ่มน้ำเป็นระบบนิเวศที่มีคุณค่าคือเป็นแหล่งเก็บกักน้ำตามธรรมชาติ ช่วยรักษาสมดุลของระดับน้ำใต้ดิน ช่วยลดและป้องกันปัญหาน้ำท่วมฉับพลัน ป้องกันมิให้น้ำเค็มรุกเข้ามาในแผ่นดิน ป้องกันการพังทลายของชายฝั่ง เป็นแหล่งดักจับตะกอนและธาตุอาหารที่พัดพามากับน้ำ ทั้งยังทำหน้าที่กักกรองสารพิษที่ปนเปื้อนมากับน้ำ เป็นแหล่งความหลากหลายทางกายภาพและชีวภาพที่สำคัญต่อวงจรชีวิตของพืชและสัตว์นานาชนิด พื้นที่ชุ่มน้ำจึงมีคุณค่ามากมายต่อชีวิตมนุษย์ การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรในพื้นที่ชุ่มน้ำจึงเพิ่มสูงขึ้น แต่การใช้ประโยชน์จากพื้นที่ชุ่มน้ำเป็นไปอย่างไม่มีประสิทธิภาพ ไม่เหมาะสม การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชุ่มน้ำธรรมชาติไปเพื่อประโยชน์ในกิจกรรมต่างๆ เช่น การระบายน้ำออกจากพื้นที่ชุ่มน้ำ การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและสัตว์จากการทำการเกษตรใกล้ๆ แหล่งน้ำ การปล่อยน้ำทิ้งจากกิจกรรมในครัวเรือนและโรงงานอุตสาหกรรมลงสู่แหล่งน้ำโดยไม่ผ่านการบำบัด จากปัญหาดังกล่าว สารที่ก่อให้เกิดมลพิษที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติจะไม่สามารถกำจัดให้หมดไปโดยการย่อยสลายทางชีวภาพได้ ในขณะเดียวกันสารพิษเหล่านี้จะสะสมในน้ำ ตะกอนดินและสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำซึ่งมีทั้งพืชและแมลงน้ำ สารพิษที่มีความเข้มข้นเพียงน้อยนิดที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ เหล่านี้สามารถส่งผลกระทบใน

แง่ลบต่อระบบนิเวศ ถึงแม้ว่าสามารถติดตามตรวจสอบผลกระทบของคุณภาพน้ำได้ด้วยวิธีการทางเคมีแต่การประเมินผลกระทบต่อระบบนิเวศและสุขภาพอนามัยของมนุษย์ก็ยังคงทำได้ยาก การติดตามตรวจสอบทางชีวภาพจึงมีความสำคัญที่จะช่วยส่งเสริมต่อการตรวจวัดทางเคมีและกายภาพ ทำให้การประเมินคุณภาพสิ่งแวดล้อมมีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น ซึ่งในปัจจุบันนี้การติดตามตรวจสอบองค์ประกอบชุมชนของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ (macrobenthos community) สามารถนำมาใช้ประเมินผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ที่มีต่อคุณภาพแหล่งน้ำได้ สัตว์หน้าดินขนาดใหญ่หรือสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่ที่อาศัยอยู่ตามพื้นท้องน้ำเป็นหนึ่งในกลุ่มสัตว์น้ำหลายๆ กลุ่มที่ถูกนำมาเป็นเครื่องมือช่วยในการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมด้วยสิ่งมีชีวิต (biomonitoring) เนื่องจากวิธีการที่ใช้ให้ผลที่น่าเชื่อถือสูง แต่วิธีการใช้ไม่ยุ่งยากซับซ้อนมากและช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายได้มาก ผลงานการศึกษาวิจัยหลายๆ ชิ้นที่ผ่านมาในอดีตจะนำลักษณะและองค์ประกอบของสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่มาประยุกต์ใช้ในการตรวจวัดคุณภาพน้ำ ซึ่งการศึกษาส่วนใหญ่ใช้มาตรฐานการตรวจวัดที่พัฒนาจากต่างประเทศ เช่น อังกฤษ (Armitage *et al.,* 1983) สหรัฐอเมริกา (Barbour *et al.,* 1999) เป็นต้น

แมลงน้ำ หมายถึง แมลงที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำหรือมีวงชีวิตส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในน้ำ บริเวณใกล้แหล่งน้ำหรือพื้นที่ชื้นแฉะที่มีความชื้นสูง พบได้ตามแหล่งน้ำทั่วไป ทั้งตามธรรมชาติ เช่น ห้วย หนอง คลอง บึง บริเวณที่มีน้ำขังหรือแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น ส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในน้ำจืดและน้ำกร่อย พบได้น้อยในน้ำเค็ม แมลงน้ำมีความสำคัญในการหมุนเวียนพลังงานในแหล่งน้ำตามระบบห่วงโซ่อาหาร อีกทั้งยังช่วยในกระบวนการฟื้นฟูสภาพ (self-purification) ของน้ำ โดยจัดเป็นผู้กำจัดเศษซากพืชซากสัตว์ที่สะสมในน้ำ ทำให้น้ำไม่เน่าเสีย แมลงน้ำจัดอยู่ใน Phylum Arthropoda, Class Insecta ประกอบด้วย 13 อันดับ คือ Collembola (แมลงหางดีด) Ephemeroptera (แมลงชีปะขาว) Odonata (แมลงปอ) Hemiptera (มวน) Orthoptera (ตั๊กแตน จิ้งหรีด แมลงกะชอน) Plecoptera (แมลงสโตนฟลาย) Coleoptera (ด้วง) Diptera (แมลงสองปีก) Hymenoptera (ผึ้ง ต่อ มด) Lepidoptera (ผีเสื้อ มอท) Megaloptera (แมลงช้างกรามโต) Neuroptera (แมลงช้างปีกใส) และ Trichoptera (แมลงหนอนปลอกน้ำ) โดยมีเพียง 5 อันดับเท่านั้นที่แมลงทุกชนิดเป็นแมลงน้ำคือ แมลงชีปะขาวแมลงปอ แมลงสโตนฟลาย แมลงช้างกรามโตและแมลงหนอนปลอกน้ำ (Ward, 1992) การที่ระยะตัวอ่อนของแมลงน้ำอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำเป็นระยะเวลากว่า 10-11 เดือน และสามารถเคลื่อนที่ได้น้อยหรือไม่เคลื่อนที่เลยในแหล่งน้ำ เมื่อเกิดภาวะปนเปื้อนในแหล่งน้ำ เช่น การแพร่กระจายของสารมลพิษในแหล่งน้ำที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์หรือเหตุการณ์ตามธรรมชาติ แมลงน้ำกลุ่มนี้จะได้รับผลกระทบโดยตรงจากเหตุการณ์ดังกล่าว

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน เป็นวิทยาเขตที่มีเนื้อที่ประมาณ 8,000 ไร่ ตั้งอยู่ที่ตำบลกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ภายในวิทยาเขตกำแพงแสนมีแหล่งน้ำธรรมชาติและแหล่งน้ำที่สร้างขึ้นมาใหม่ เช่น คลองส่งน้ำ และบ่อน้ำที่อยู่รอบๆ วิทยาเขต เมื่อน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติมีวัตถุประสงค์เพื่อการนำมาใช้ในการอุปโภคบริโภคภายในวิทยาเขต เมื่อน้ำเหล่านี้ผ่านกระบวนการใช้แล้วก็จะถูกปล่อยออกไปตามคลองส่งน้ำโดยไม่มีการบำบัดเสียก่อน สิ่งสกปรกต่างๆ ที่ทิ้งลงสู่แหล่งน้ำทำให้คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำเปลี่ยนแปลงไป ส่งผลกระทบโดยตรงต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้นๆ ทำให้สิ่งมีชีวิตเหล่านั้นต้องมีการปรับตัวเพื่อการอยู่รอด แต่สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีช่วงความทนทานที่ต่างกัน ทำให้ชนิด จำนวนและกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่ปรากฏแตกต่างกันตามคุณภาพของแหล่งน้ำ สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในที่นั้นๆ จะบอกถึงสภาพของแหล่งน้ำได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้พวกที่มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอาจ

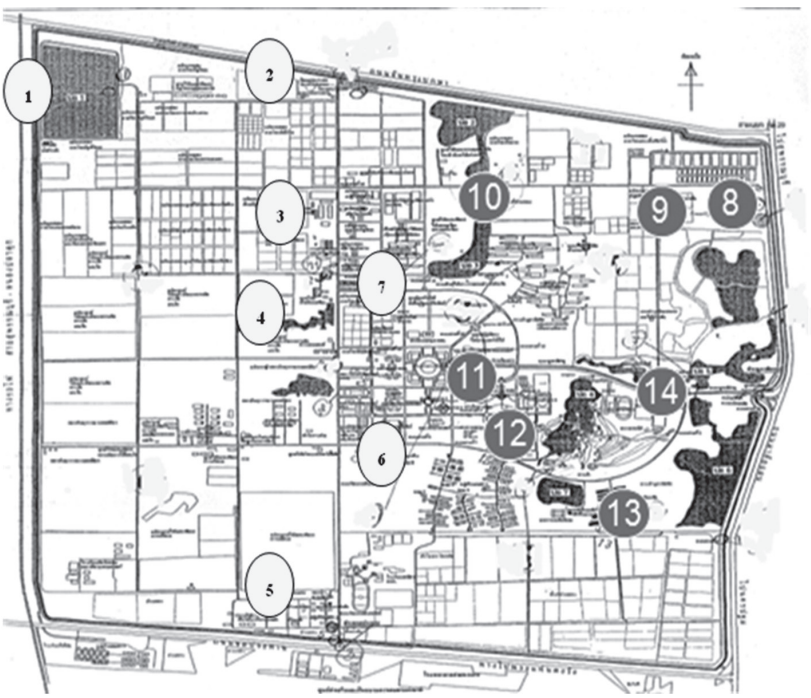
พบได้ทั้งน้ำสะอาดและสกปรก แต่พวกที่ไม่ทนทานต่อมลพิษนั้นจะไม่ปรากฏในแหล่งน้ำที่สกปรก ซึ่งถือว่าเป็นตัวชี้วัดที่ดีถึงการปรากฏของมลพิษในแหล่งน้ำนั้นๆ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายของแมลงน้ำในพื้นที่ชุ่มน้ำแบบต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ศึกษาปัจจัยทางกายภาพและเคมีของน้ำและหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลความหลากหลายของแมลงน้ำกับข้อมูลปัจจัยคุณภาพน้ำ การที่จะทราบถึงคุณภาพของน้ำแต่ละแห่งนั้นจะต้องดูรวมไปถึงกิจกรรมหรือแหล่งของมลพิษที่เกิดขึ้นด้วย เพราะข้อมูลเหล่านี้ทำให้สามารถทราบถึงสาเหตุของการปนเปื้อนของแหล่งน้ำ และนำไปสู่การควบคุมหรือการจัดการเกี่ยวกับการปล่อยน้ำทิ้งเหล่านั้นลงสู่แหล่งน้ำ เพื่อให้มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสนมีสภาพแวดล้อมที่ดีขึ้นต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้แยกเป็น 2 ส่วน คือ การศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงน้ำที่อาศัยอยู่ในน้ำและการศึกษาปัจจัยทางกายภาพและเคมีของน้ำ โดยเก็บตัวอย่างแมลงน้ำและคุณภาพน้ำเดือนละ 1 ครั้ง จำนวน 12 ครั้ง ระหว่างเดือนธันวาคม 2550 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2551

1. สถานที่เก็บตัวอย่าง คือ แหล่งน้ำธรรมชาติและแหล่งน้ำทิ้งจากการเกษตร (S01-S07) และแหล่งน้ำทิ้งจากอาคารเรียนและหอพัก (S08-S014) รวมทั้งสิ้น 14 จุดเก็บตัวอย่าง (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 จุดเก็บตัวอย่างที่เป็นแหล่งน้ำธรรมชาติและแหล่งน้ำทิ้งจากการเกษตร (S01-S07) และแหล่งน้ำทิ้งจากอาคารเรียนและหอพัก (S08-S014) ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

2. การเก็บตัวอย่างแมลงน้ำและปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี

ก่อนเก็บตัวอย่างแมลงน้ำต้องทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำก่อนทุกครั้ง คุณภาพน้ำที่ทำการตรวจวัดคือ อุณหภูมิน้ำ (water temperature: TW) ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ (electrical conductivity: EC) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ (total dissolved solids: TDS) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ (dissolved oxygen: DO) โดยทำการตรวจวัดแต่ละปัจจัยจำนวน 3 ซ้ำ เก็บตัวอย่างน้ำในบริเวณเดียวกับที่เก็บตัวอย่างแมลงน้ำ โดยเก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 1 ลิตร ใส่ขวดพลาสติกชนิด HDPE (high density polyethylene) และเก็บรักษาตัวอย่างน้ำไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส ปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำ (total suspended solids: TSS) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (total phosphate: TP) และปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในน้ำให้กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ (chemical oxygen demand: COD)

เก็บตัวอย่างแมลงน้ำในจุดเก็บตัวอย่างที่กำหนดเดือนละ 1 ครั้ง ระหว่างเดือนธันวาคม 2550 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2551 โดยสุ่มเก็บแมลงน้ำในเชิงปริมาณ (quantitative method) ในพื้นที่ที่กำหนดโดยใช้สวิงน้ำ (pond net) ขนาด 30 x 30 เซนติเมตร ที่ต่อกับด้ามยาว โดยลากสวิงไปและกลับระยะทางประมาณ 2 เมตร บริเวณชายฝั่งที่มีพันธุ์ไม้น้ำหรือพืชริมน้ำ (literal zone) จำนวน 3 ซ้ำหรือจนกว่าจะไม่พบแมลงกลุ่มใหม่ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง โดยใช้สวิงน้ำเพื่อเก็บตัวอย่างแมลงน้ำให้ครอบคลุมมากที่สุดด้วย เทตัวอย่างแมลงน้ำที่ได้ใส่ในถาดพลาสติกสีขาว คัดเลือกเอาเฉพาะที่เป็นแมลงน้ำเท่านั้นโดยสังเกตจากลักษณะภายนอกดังนี้ เป็นสัตว์ขนาดมากกว่า 500 ไมครอนขึ้นไป สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า มีขา 6 ขา ร่างกายแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ หัว อกและท้อง ใส่ในขวดพลาสติกที่มีแอลกอฮอล์ 95% เพื่อรักษาสภาพตัวอย่าง

3. การตรวจวินิจฉัยและการจัดจำแนกชนิดของแมลงน้ำ

นำตัวอย่างแมลงน้ำที่เก็บรักษาไว้ในแอลกอฮอล์ 95% คัดแยกภายใต้กล้องจุลทรรศ์สเตอริโอ โดยคัดแยกแมลงที่มีลักษณะรูปร่างภายนอก (morphospecies) เหมือนกันอยู่ด้วยกัน ตรวจเอกลักษณ์ของแมลงแต่ละกลุ่มในระดับวงศ์ (family) โดยพิจารณาเอกลักษณ์ต่างๆ ที่ปรากฏโดยใช้หนังสือของ Dudgeon (1999) และ Yule & Sen (2004) นับจำนวนและบันทึกผล การระบุชนิดของแมลงน้ำที่พบในระดับชนิด (species) ยังไม่สามารถทำได้ในทุกวงศ์ เนื่องจากองค์ความรู้เกี่ยวกับระยะตัวอ่อนของแมลงน้ำในทวีปเอเชียยังไม่เพียงพอ ทำให้ไม่สามารถระบุชนิดจากระยะตัวอ่อนได้ โดยตรง Lenat & Resh (2001) เสนอว่า อนุกรมวิธานระดับวงศ์เหมาะสมกับการติดตามคุณภาพแหล่งน้ำในแต่ละปีที่มีจำนวนสถานีมากๆ

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

เปรียบเทียบค่าปัจจัยทางกายภาพและเคมีของน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว (One-Way ANOVA) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows 13.0

ข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพและปัจจัยสิ่งแวดล้อมวิเคราะห์ด้วยสถิติหลายตัวแปร (multivariate analysis) โดยใช้ CCA (Canonical Correspondence Analysis) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป PC-ORD

ผลและวิจารณ์การทดลอง

1. ปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี

ค่าเฉลี่ยปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีของน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างในรอบ 1 ปี (ตารางที่ 1) พบว่ามีความผันแปรในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง โดยอุณหภูมิน้ำ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างมีค่าอยู่ในช่วงเหมาะที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ (กรมควบคุมมลพิษ, 2535) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำในจุดเก็บตัวอย่างที่ 1, 6, 10, 11, 12 และ 14 ยังมีค่าอยู่ในช่วงเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ (กรมควบคุมมลพิษ, 2535) ส่วนในจุดเก็บตัวอย่างที่เหลืออยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 ถึง 4 นอกจากนี้ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำและปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในน้ำให้กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างมีค่าเกินมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 ถึง 4 (กรมควบคุมมลพิษ, 2535)

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างระหว่างเดือนธันวาคม 2550 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2551

Sites/ factor	WT (oC)	pH	EC (µS/cm)	DO (mg/L)	TDS (mg/L)	TSS (mg/L)	TP (mg/L)	COD (mg/L)
1	29.01±0.4abc	7.4±0.2b	211±41a	5.52±0.2e	179±15a	18±4a	0.84±0.15a	32.89±5.96a
2	28.1±0.5a	6.8±0.2a	561±55c	2.79±0.4bcd	260±14bc	31±9ab	1.01±0.17ab	35.12±5.84a
3	28.2±0.6a	6.7±0.2a	268±17ab	2.95±0.2bcd	212±11ab	29±6ab	1.13±0.23a	31.21±4.11a
4	29.7±0.6abc	6.9±0.1ab	806±102d	2.68±0.4bcd	254±21bc	27±7ab	2.36±0.31ab	32.18±6.53a
5	28.7±0.6ab	6.8±0.2a	396±66bc	2.16±0.2ab	218±22ab	21±5ab	1.71±0.33a	38.89±6.61a
6	30.8±0.8bc	7.0±0.2ab	508±37c	3.34±0.4bcd	248±21bc	26±5ab	2.31±0.31ab	47.80±7.18a
7	29.7±0.6abc	6.7±0.1a	505±42c	2.27±0.4abc	356±13e	17±3a	2.32±0.37ab	46.44±12.59a
8	29.2±0.6abc	7.1±0.1ab	726±28d	0.90±0.1a	332±13de	33±8ab	3.77±0.55b	35.11±6.43a
9	30±0.4abc	7.2±0.2ab	775±43d	2.41±0.7abcd	369±32e	39±10ab	3.80±0.52b	35.86±5.58a
10	30.±0.8c	8.4±0.2c	419±40bc	7.96±0.6f	292±17cd	37±12b	1.52±0.42a	35.51±6.42a
11	29.9±0.7abc	7.1±0.2ab	555±95c	3.39±0.3cd	281±34cd	22±5ab	2.43±0.36ab	36.96±4.74a
12	29.9±0.7abc	6.9±0.2ab	298±32ab	3.81±0.2d	219±14ab	28±3ab	1.39±0.36a	41.37±7.56a
13	30.6±0.6bc	6.7±0.1a	411±50bc	2.01±0.5ab	259±12bc	28±5ab	2.56±0.49ab	42.48±7.51a
14	30.9±0.8c	7.0±0.2ab	537±22c	3.94±0.3d	354±16e	30±7ab	1.84±0.42a	29.93±6.08a

ปัจจัยคุณภาพน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างคืออุณหภูมิน้ำ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำ ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในน้ำให้กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

อุณหภูมิของน้ำอยู่ในช่วง 28.10-31.00 ˚C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ปกติที่สิ่งมีชีวิตสามารถเจริญเติบโตได้ สำหรับประเทศเขตร้อนโดยเฉพาะประเทศไทยมีอุณหภูมิของน้ำแปรผันอยู่ในช่วง 23-32 ˚C ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำอยู่ในช่วง 6.7-8.4 โดยช่วงความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมต่อสัตว์น้ำอยู่ระหว่าง 6.5-9.0 ส่วนความเป็นกรดเป็นด่างที่สูงหรือต่ำกว่านี้จะเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำมีอยู่ในช่วง 211-806 µS/cm โดยค่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินกำหนดอยู่ที่ไม่เกิน 3,000 µS/cm ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (DO) อยู่ในช่วง 0.90-7.96 mg/L ความเข้มข้นของ DO ในน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำคือ 5 mg/L และถ้า DO มีค่าต่ำกว่า 3 mg/L จะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดอยู่ในช่วง 179-369 mg/L โดยค่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินกำหนดอยู่ที่น้อยกว่า 2,000 mg/L และปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำมีค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดอยู่ในช่วง 17-39 mg/L โดยค่ามาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินกำหนดอยู่ที่ 25-80 mg/L ฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำอยู่ระหว่าง 0.84-3.80 mg/L ปริมาณฟอสฟอรัสที่บอกถึงคุณภาพน้ำที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากมลพิษมีค่าเท่ากับ 0.01 mg/L ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในน้ำให้กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำอยู่ในช่วง 29.93-47.80 mg/L ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เหมาะสมในน้ำควรมีค่าไม่เกิน 5 mg/L หากมีค่าสูงกว่า 20 mg/L จะทำให้สัตว์น้ำกระวนกระวาย และถ้ามีมากกว่า 50 mg/L จะทำให้เกิดการเจริญเติบโตช้าหรืออาจจะทำให้สัตว์น้ำตายได้ โดยทั่วไปแล้วคาร์บอนไดออกไซด์จะมีความเป็นพิษมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น (Boyd, 1998)

2. ความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

จากการเก็บตัวอย่างแมลงน้ำในบริเวณแหล่งน้ำธรรมชาติและแหล่งน้ำทิ้งจากการเกษตร (S01-S07) และแหล่งน้ำทิ้งจากอาคารเรียนและหอพัก (S08-S014) ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จำนวน 14 จุดเก็บตัวอย่าง ระหว่างเดือนธันวาคม 2550 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2551 พบแมลงน้ำทั้งสิ้น 5 อันดับ 26 วงศ์ โดยอันดับ Hemiptera พบจำนวนวงศ์มากที่สุดคือ 9 วงศ์ (Veliidae, Mesoveliidae, Gerridae, Belostomatidae, Notonectidae, Hydrometridae, Naucoridae, Nepidae, Pleidae) รองลงมาคืออันดับ Coleoptera พบ 7 วงศ์ (Dytiscidae, Noteridae, Hydrophilidae, Haliplidae, Amphizoidae, Hydraenidae, Hydroscaphidae) อันดับ Odonata พบ 4 วงศ์ (Protoneuridae, Coenagrionidae, Libellulidae, Lestidae) ส่วนอันดับ Ephemeroptera และ Diptera พบอันดับละ 3 วงศ์ ตามลำดับดังนี้คือ Oligoneuriidae, Ephemerellidae, Baetidae, Chironomidae, Culicidae และ Stratiomyidae (ตารางที่ 2)

จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 พบแมลงน้ำ 327 ตัวจำแนกได้ 13 วงศ์ จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 พบแมลงน้ำ 202 ตัว จำแนกได้ 12 วงศ์ จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 พบแมลงน้ำ 498 ตัว จำแนกได้ 18 วงศ์ จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 พบแมลงน้ำ 355 ตัว จำแนกได้ 17 วงศ์ จุดเก็บตัวอย่างที่ 5 พบแมลงน้ำ 398 ตัว จำแนกได้ 18 วงศ์ จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 พบแมลงน้ำ 242 ตัว จำแนกได้ 14 วงศ์ จุดเก็บตัวอย่างที่ 7 พบแมลงน้ำ 231 ตัว จำแนกได้ 18 วงศ์ จุดเก็บตัวอย่างที่ 8 พบแมลงน้ำ 405 ตัว จำแนกได้ 12 วงศ์ จุดเก็บตัวอย่างที่ 9 พบแมลงน้ำ 300 ตัว จำแนกได้ 13 วงศ์ จุดเก็บตัวอย่างที่ 10 พบแมลงน้ำ 156 ตัว จำแนกได้ 19 วงศ์ จุดเก็บตัวอย่างที่ 11 พบแมลงน้ำ 59 ตัว จำแนกได้ 12 วงศ์ จุดเก็บตัวอย่างที่ 12 พบแมลงน้ำ 439 ตัว จำแนกได้ 18 วงศ์ จุดเก็บตัวอย่างที่ 13 พบแมลงน้ำ 265 ตัว จำแนกได้ 14 วงศ์ จุดเก็บตัวอย่างที่ 14 พบแมลงน้ำ 307 ตัว จำแนกได้ 15 วงศ์ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงน้ำที่พบในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ระหว่างเดือนธันวาคม 2550 ถึง เดือนพฤศจิกายน 2551

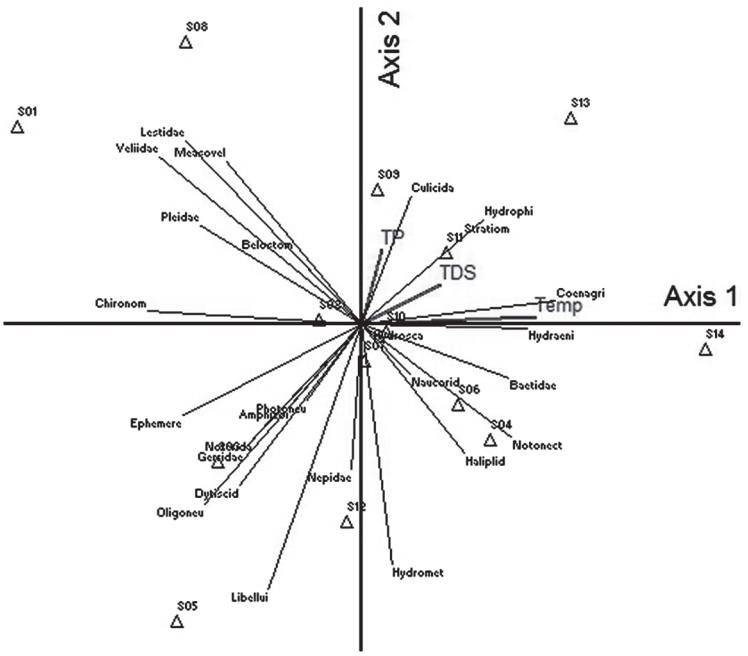
Taxa/sites	S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08	S09	S10	S11	S12	S13	S14	**Total**
Order Ephemeroptera															
Baetidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	**3**
Ephemerellidae	7	0	1	0	10	0	0	0	0	4	0	0	0	0	**22**
Oligoneuriidae	2	0	2	0	8	0	1	0	0	1	0	1	0	0	**15**
Order Odonata															
Coenagrionidae	0	3	0	2	7	0	5	0	0	0	2	6	24	27	**76**
Lestidae	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	**2**
Libellulidae	1	14	19	8	44	7	12	0	0	5	2	39	1	4	**156**
Protoneuridae	40	18	153	8	29	8	18	3	11	16	3	59	67	31	**464**
Order Hemiptera															
Belostomatidae	0	6	18	48	73	23	23	157	96	5	0	14	7	21	**491**
Gerridae	121	76	152	42	16	42	40	3	2	51	11	198	2	24	**780**
Hydrometridae	0	6	3	29	25	21	15	0	0	1	1	19	0	9	**129**
Mesoveliidae	53	0	6	2	19	1	41	155	23	13	5	21	11	3	**353**
Naucoridae	0	1	9	1	2	7	2	0	22	2	9	17	0	8	**80**
Nepidae	0	0	0	1	1	0	1	0	0	3	0	3	0	0	**9**
Notonectidae	1	14	37	135	54	38	8	11	13	22	16	12	5	147	**513**
Pleidae	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**13**
Veliidae	37	11	13	0	0	0	0	29	3	1	0	3	4	0	**101**
Order Coleoptera															
Amphizoidae	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	**6**
Dytiscidae	6	21	15	10	38	13	23	8	5	1	2	2	6	0	**150**
Haliplidae	2	5	7	58	26	73	11	7	4	7	4	17	13	25	**259**
Hydraenidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	**1**
Hydrophilidae	0	0	4	2	0	3	8	0	5	2	1	3	36	2	**66**
Hydroscaphidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	**1**
Noteridae	0	0	7	1	2	1	1	2	2	1	0	2	0	0	**19**
Order Diptera															
Chironomidae	43	27	12	5	31	4	10	14	28	2	3	22	11	2	**214**
Culicidae	0	0	35	2	3	1	11	15	86	18	0	0	71	1	**243**
Stratiomyidae	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	7	0	**9**
Total of individual	**327**	**202**	**498**	**355**	**389**	**242**	**231**	**405**	**300**	**156**	**59**	**439**	**265**	**307**	4175
Total of family	**13**	**12**	**18**	**17**	**18**	**14**	**18**	**12**	**13**	**19**	**12**	**18**	**14**	**15**	

แมลงน้ำที่พบในทุกจุดเก็บตัวอย่างคือ วงศ์ Protoneuridae, Libellulidae อันดับ Odonata วงศ์ Mesoveliidae, Gerridae, Belostomatidae, Notonectidae อันดับ Hemiptera วงศ์ Dytiscidae, Haliplidae อันดับ Coleoptera และวงศ์ Chironomidae อันดับ Diptera ส่วนวงศ์ Hydraenidae และ Hydroscaphidae อันดับ Coleoptera พบเพียง 1 ครั้งเท่านั้นจากการเก็บตัวอย่าง 1 ปี แมลงน้ำในแหล่งน้ำนิ่งมีความหลากหลายน้อยกว่าแหล่งน้ำไหล เนื่องจากแหล่งที่อยู่อาศัยในแหล่งน้ำนิ่งไม่ได้มีความหลากหลายเหมือนในแหล่งน้ำไหล แต่ในแหล่งน้ำนิ่งจะพบแมลงน้ำกลุ่มที่เคลื่อนที่ตามพันธุ์ไม้น้ำและกลุ่มที่ว่ายน้ำไปมาได้หลากหลายชนิด

แมลงน้ำอันดับ Hemiptera พบจำนวนวงศ์มากที่สุด เนื่องจากเป็นแมลงกลุ่มที่เป็นผู้ล่าในแหล่งน้ำและเกือบทุกวงศ์มีการกระจายได้กว้างสามารถพบได้ตามแหล่งน้ำทั่วไป ทั้งในแหล่งน้ำนิ่งและแหล่งน้ำไหล ในแหล่งน้ำไหลมีความหลากหลายสูงกว่า และเป็นแมลงน้ำที่มีอวัยวะช่วยในการหายใจและมีการเคลื่อนไหวได้เร็วและไกล สามารถทนอยู่ในแหล่งน้ำที่มีสารพิษได้ จึงสามารถพบแมลงน้ำกลุ่มนี้กระจายได้อย่างกว้างขวาง แมลงน้ำวงศ์ Coenagrionidae สามารถพบได้เกือบทุกจุดเก็บตัวอย่าง เนื่องจากแมลงวงศ์นี้ดำรงชีวิตโดยการเคลื่อนที่ หรือเกาะติดอยู่กับพันธุ์ไม้น้ำข้างๆ ริมฝั่ง การที่มีพันธุ์ไม้น้ำในแหล่งน้ำมากทำให้พบแมลงวงศ์นี้มากด้วย (Williams & Feltmate, 1992; Ward, 1992; Jana *et al.,* 2009) แมลงน้ำวงศ์ Hydrophilidae โดยทั่วไปพบบริเวณแหล่งน้ำที่มีระดับน้ำไม่ลึก ตื้น เป็นพวกกินซากพืชที่ตายทับถมบริเวณริมฝั่ง หรือพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีพันธุ์ไม้น้ำขึ้นอยู่อย่างหนาแน่น (Jana et al., 2009) ส่วนวงศ์ Dytiscidae จะอาศัยอยู่ตามพันธุ์ไม้น้ำที่มีส่วนของใบจมอยู่ใต้น้ำในแหล่งน้ำที่ค่อนข้างสะอาด (Jana et al., 2009) แมลงอันดับ Ephemeroptera จัดเป็นแมลงน้ำกลุ่มที่มีความไวต่อสิ่งแวดล้อม และอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำที่สะอาด โดยเฉพาะแหล่งน้ำไหลที่มีปริมาณออกซิเจนสูง หรือมีสารพิษน้อยจะพบแมลงน้ำกลุ่มนี้ โดยปกติจะอาศัยอยู่บริเวณพื้นที่ต้นน้ำ (Merritt & Cummins, 1978) แต่จากการศึกษาครั้งนี้พบแมลงอันดับนี้ 3 วงศ์คือ Baetidae, Ephemerellidae และ Oligoneuriidae จำนวนตัวไม่มากนัก และพบได้ทั้งในบริเวณแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากกิจกรรมทางการเกษตร และแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากอาคารเรียนและหอพัก วงศ์ Baetidae วงจรชีวิตของตัวอ่อนอาศัยอยู่ในน้ำยาวนาน มีการแพร่กระจายทั่วไปในแหล่งน้ำนิ่งและแหล่งน้ำไหล ตั้งแต่น้ำที่มีคุณภาพดีมากจนถึงน้ำที่มีคุณภาพพอใช้ หลายชนิดสามารถอยู่ได้ในน้ำที่มีคุณภาพน้ำไม่ดีนัก ซึ่งสอดคล้องกับคุณภาพน้ำบริเวณแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากกิจกรรมทางการเกษตร ที่พบว่าปัจจัยคุณภาพน้ำที่พบบ่งชี้ถึงคุณภาพน้ำที่เปลี่ยนแปลงไป

3. ความสัมพันธ์ระหว่างแมลงน้ำกับคุณภาพน้ำ

จากการเก็บตัวอย่างแมลงน้ำและคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติและแหล่งน้ำทิ้งจากการเกษตร (S01-S07) และแหล่งน้ำทิ้งจากอาคารเรียนและหอพัก (S08-S014) จำนวน 14 จุดเก็บตัวอย่าง เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี และแมลงน้ำ พบว่า แมลงน้ำวงศ์ Culicidae, Stratiomyidae, Hydrophilidae และ Coenagrionidae มีความสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำทั้งหมด ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำและอุณหภูมิน้ำ ในแหล่งน้ำทิ้งจากอาคารเรียนและหอพัก (ภาพที่ 2) แมลงน้ำกลุ่มที่พบนี้จะพบได้โดยทั่วไปในแหล่งน้ำที่ค่อนข้างสกปรก



ภาพที่ 2 การจัดอันดับจุดเก็บตัวอย่างด้วยข้อมูลสิ่งแวดล้อมและแมลงน้ำ

สรุปผลการทดลอง

1. พบความหลากหลายของกลุ่มแมลงน้ำทั้งสิ้น 5 อันดับ 26 วงศ์ โดยอันดับ Hemiptera พบจำนวนวงศ์มากที่สุดคือ 9 วงศ์ รองลงมาคืออันดับ Coleoptera พบ 7 วงศ์ อันดับ Odonata พบ 4 วงศ์ ส่วนอันดับ Ephemeroptera และ Diptera พบอันดับละ 3 วงศ์

2. ปัจจัยคุณภาพน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างคืออุณหภูมิน้ำ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมดและปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำ ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ในน้ำให้กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

3. ปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีในแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้งจัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 ถึง 4

4. ความสัมพันธ์ระหว่างจุดเก็บตัวอย่าง ปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี และแมลงน้ำ พบว่า แมลงน้ำวงศ์ Culicidae, Stratiomyidae, Hydrophilidae และ Coenagrionidae มีความสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำทั้งหมด ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดในน้ำและอุณหภูมิน้ำ ในแหล่งน้ำทิ้งจากอาคารเรียนและหอพัก

ข้อเสนอแนะ

1. การใช้สิ่งมีชีวิตในการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำให้ได้ผลดียิ่งขึ้นต้องมีการตรวจสอบในระยะยาว (Long term monitoring) จะทำให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

2. การศึกษาปัจจัยคุณภาพน้ำทางด้านเคมี ควรศึกษาให้ครบตามมาตรฐานกำหนดการตรวจวัดคุณภาพน้ำทางด้านเคมี

3. จากการประเมินคุณภาพน้ำภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ควรบำบัดน้ำก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ เพราะถ้ามีสารมลพิษปนเปื้อนในแหล่งน้ำปริมาณมากจะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ และควรมีการอนุรักษ์พันธุ์ไม้น้ำในแหล่งน้ำเพราะเป็นที่อยู่อาศัยของแมลงน้ำและสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ถ้ามีพันธุ์ไม้น้ำมากเกินไปควรมีการกำจัดออก แต่ไม่ควรใช้สารเคมีในการกำจัดเพราะเป็นมลพิษต่อแหล่งน้ำ ควรใช้เครื่องมือช่วยในการกำจัดหรือใช้แรงงานคนซึ่งไม่เป็นพิษต่อแหล่งน้ำ

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2535). *เกณฑ์ระดับคุณภาพน้ำประเทศไทย.* กรุงเทพฯ: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

Armitage, P.D., Moss, D., Wright, F. J. & Furse, M.T. (1983). The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Research,* 17(3), 333-347.

Barbour, M.T., Gerritsen, J., Snyder, B.D. & Stribling, J.B. (1999). *Rapid Bioassessment Protocols for use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish.* 2nd. EPA 841-B-99-002. U.S. Envoronmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C.

Boyd, C.E. & Tucker, C.S. (1998). *Pond Aquaculture Water Quality Management.* Kluwer Academic Publishers, Massachusetts.

Dudgeon, D. (1999). *Tropical Asian Streams Zoobenthos, Ecology and Conservation.* Hong Kong University Press, Hong Kong.

Jana, S., Pahari, P.R., Dutta, T. & Bhattacharya, T. (2009). Diversity and Community Structure of Aquatic Insects in a Pond in Midnapore Town, West Bengal, India. *Journal Environmental Biological,* 30(2), 283-287.

Lenat, R.D. & Resh, V.H. (2001). Taxonomy and Stream Ecology-the benefits of Genus and Species-level Identifications. *Journal of the North American Benthological Society,* 20(2), 287-298.

Merritt, R.W. & Cummins, K.W. (1978). *An Introduction to the Aquatic Insects of North America.* Kendall/ Hunt Publisching Copany, Lowa.

Ward, J.V. (1992). *Aquatic Insect Eecology.* Colorado State University. John Wiley and Sons, Inc. Fort Collins, Colorado, USA.

Williams, D.D. & Feltmate, B.W. (1992). *Aquatic Insects.* CAB International. Wallingford. UK.

Yule, C.M. & Sen, Y.H. (2004). *Freshwater Invertebrates of the Malaysian Region.* Aura Productions Sdn. Bhd. Selangor, Malaysia.

คณะผู้เขียน

นางสาวพนมวรรณ อยู่พร้อม

นิสิตหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม

คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

email: pawan_k_k@hotmail.com

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธนวรรณ พาณิชพัฒน์

อาจารย์ประจำคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

email: faastwp@ku.ac.th

ดร. แตงอ่อน พรหมมิ

อาจารย์ประจำคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

email: faastop@ku.ac.th