Research Articles

Biodiversity of benthic macroinvertebrates and surface water quality at Mahidol University, Nakhon Pathom Province

Kanthita Paweenasakol[1] Peerawat Chintrakulchai[1] Tanasak Changbunjong[2, 3*]

[1]3rd year student, [2]Department of Pre-clinic and Applied Animal Science,
[3]The Monitoring and Surveillance Center for Zoonotic Diseases in Wildlife and Exotic Animals,
Faculty of Veterinary Science, Mahidol University,
999 Phuttamonthon 4 Road, Salaya, Phuttamonthon, Nakhon Pathom 73170, Thailand
[*]Corresponding author, E-mail address: Tanasak.cha@mahidol.edu

Abstract

A study on the biodiversity of benthic macroinvertebrates and surface water quality was carried out from February to April 2015 in five sampling sites located within Mahidol University, Nakhon Pathom Province. Water quality was assessed using physiochemical parameters in combination with macroinvertebrate composition and biodiversity indices. Correlations of biodiversity indices and physiochemical parameters were also determined. A total of 2,641 benthic macroinvertebrates from 16 families in 10 orders were collected and identified. The most abundant family was Corixidae in the order Hemiptera. Most of physiochemical parameters indicated that surface water in all study sites were still suitable for aquatic animals. The correlation analysis showed that temperature, dissolved oxygen (DO) and pH correlated with diversity index ($P<0.01$). Thus, benthic macroinvertebrates can be used as a biological indicator for the assessment of water quality.

Keywords: benthic macroinvertebrates, biodiversity, Mahidol University, water quality

ความหลากหลายทางชีวภาพของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน และคุณภาพน้ำผิวดิน ภายในมหาวิทยาลัยมหิดล จังหวัดนครปฐม

กัณธิตา ปวีณสกล[1] พีรวัส ชินตระกูลชัย[1] ธนศักดิ์ ช่างบรรจง[2, 3*]

[1]นักศึกษาชั้นปีที่ 3, [2]ภาควิชาปรีคลินิกและสัตวศาสตร์ประยุกต์, [3]ศูนย์เฝ้าระวังและติดตามโรคจากสัตว์ป่า สัตว์ต่างถิ่น และสัตว์อพยพ, คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 999 ถนนพุทธมณฑลสาย 4 ต. ศาลายา อ. พุทธมณฑล จ. นครปฐม 73170 ประเทศไทย

[*]ผู้รับผิดชอบบทความ E-mail address: Tanasak.cha@mahidol.edu

บทคัดย่อ

การศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน และคุณภาพน้ำผิวดินได้ดำเนินการระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ ถึงเมษายน 2558 โดยเก็บตัวอย่างจาก 5 จุดสำรวจ ภายในมหาวิทยาลัยมหิดล จังหวัดนครปฐม ทำการประเมินคุณภาพน้ำโดยการตรวจวัดพารามิเตอร์คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี ร่วมกับวิเคราะห์องค์ประกอบของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน และดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ จากนั้นหาความสัมพันธ์ของดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพกับค่าพารามิเตอร์คุณภาพน้ำ ผลการศึกษาพบสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน จำนวนทั้งสิ้น 2,641 ตัว จำแนกได้ 16 วงศ์ 10 อันดับ วงศ์ที่มีจำนวนสมาชิกมากที่สุดคือ Corixidae อยู่ในอันดับ Hemiptera ค่าพารามิเตอร์คุณภาพน้ำส่วนใหญ่แสดงให้เห็นว่าน้ำผิวดินในพื้นที่ศึกษาทั้งหมดยังคงมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์พบว่าอุณหภูมิ ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) และความเป็นกรด-ด่าง (pH) มีความสัมพันธ์กับดัชนีความหลากหลายของชนิด ($P<0.01$) ดังนั้นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินสามารถนำมาใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพสำหรับการประเมินคุณภาพน้ำได้

คำสำคัญ : สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน, ความหลากหลายทางชีวภาพ, มหาวิทยาลัยมหิดล, คุณภาพน้ำ

บทนำ

สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินหน้าดินหรือสัตว์หน้าดิน (Benthic macroinvertebrates) หมายถึงสัตว์ที่มีขนาดเล็ก ที่อาศัยและหากินตามพื้นผิวหน้าดิน หรือดำรงชีวิตอยู่บริเวณพื้นท้องน้ำ และรวมถึงสัตว์ที่เกาะหรืออาศัยอยู่ตามโขดหิน กองหิน ขอนไม้ในน้ำ เช่น แมลงน้ำ (aquatic insects) หอย (molluscs) กุ้งปู (crustaceans) และหนอน (worms) เป็นต้น (Rosenberg and Resh 1993) สัตว์หน้าดินได้รับความนิยมในการนำมาใช้เป็นดัชนีตัวชี้วัดคุณภาพน้ำทางด้านชีวภาพ (Biological indicators) ทั้งในประเทศและในต่างประเทศ เนื่องจากมีวงจรชีวิตอยู่ในแหล่งน้ำ ทำให้สามารถติดตามตรวจวัดคุณภาพน้ำจากสัตว์หน้าดินได้อย่างต่อเนื่อง สัตว์หน้าดินแต่ละชนิดจะมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้แตกต่างกัน บางชนิดต้องอาศัยอยู่ในน้ำสะอาด ขณะที่บางชนิดสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในน้ำที่เน่าเสีย ซึ่งความหลากหลายของชนิดและปริมาณของสัตว์หน้าดินที่อาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันนี้สามารถเป็นตัวดัชนีบ่งชี้ถึงความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำและคุณภาพน้ำได้ (อิสระ 2557)

ในประเทศไทยมีการศึกษาเกี่ยวกับสัตว์หน้าดินในการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำทางชีวภาพเป็นจำนวนมาก เช่น การศึกษาการเปลี่ยนแปลงประชากรโดยการแทนที่ของสังคมสัตว์หน้าดินในบึงบอระเพ็ด ซึ่งพบว่าการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของระดับน้ำภายในบึงบอระเพ็ด มีผลทำให้ปริมาณชนิด การแพร่กระจาย และความชุกชุมของสัตว์หน้าดินมีการเปลี่ยนแปลง โดยสภาพแวดล้อมทางนิเวศวิทยาก็มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวด้วย (สุวลี 2539) การศึกษาความชุกชุมและความหลากหลายของสัตว์หน้าดินในคลองพระองค์เจ้าไชยานุชิต พบสัตว์หน้าดินที่บ่งบอกว่าคุณภาพน้ำมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำต่ำ จึงทำให้เกิดการเฝ้าระวังคุณภาพน้ำภายในคลองพระองค์เจ้าไชยานุชิตในเวลาต่อมา (อรรถพลและวรมิตร 2551) นอกจากนี้การศึกษาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของสัตว์หน้าดินในระบบนิเวศนาข้าวน้ำลึก พบว่าสัตว์หน้าดินจะมีความหลากชนิดและปริมาณความหนาแน่นสูงในช่วงต้นฤดูทำนา หลังจากนั้นปริมาณความหนาแน่นจะลดลงเรื่อยๆ จนมีระดับต่ำสุดในช่วงปลายฤดูทำนา ซึ่งสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำในส่วนของความกระด้าง ไนไตรท์ และแอมโมเนียที่มีค่าเพิ่มขึ้น (นิสราภรณ์และคณะ 2556) สำหรับการศึกษาความหลากหลายของแมลงน้ำกับคุณภาพน้ำภายในมหาวิทยาลัยนั้น มีการรายงานในหลายมหาวิทยาลัย การประเมินคุณภาพน้ำในพื้นที่ชุ่มน้ำภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน โดยใช้กลุ่มแมลงน้ำ ได้รายงานถึงความหลากหลายของแมลงน้ำ รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ของข้อมูลความหลากหลายของแมลงน้ำกับข้อมูลคุณภาพน้ำภายในมหาวิทยาลัย โดยพบว่าคุณภาพน้ำจัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 ถึง 4 และพบความสัมพันธ์ของแมลงน้ำในวงศ์ Culicidae, Stratiomyidae, Hydrophillidae และ Coenagrionidae กับค่าคุณภาพน้ำได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด และปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในแหล่งน้ำ สำหรับน้ำทิ้งจากอาคารเรียนและหอพัก ซึ่งนำไปสู่การวางแผนการบริหารและการจัดการแหล่งน้ำภายในมหาวิทยาลัยโดยการบำบัดน้ำก่อนการปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ รวมถึงส่งเสริมการอนุรักษ์แหล่งน้ำโดยการปลูกต้นไม้และดูแลรักษาต้นไม้ และเสริมสร้างจิตสำนึกในการอนุรักษ์ทรัพยากรแหล่งน้ำ (พนมวรรณ และคณะ 2555)

มหาวิทยาลัยมหิดล จังหวัดนครปฐม มีการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียส่วนกลางภายในมหาวิทยาลัย ขึ้นตั้งแต่ พ.ศ. 2524 โดยมีลักษณะเป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อธรรมชาติ (Oxidation pond) ซึ่งเคยประสบกับปัญหาประสิทธิภาพการใช้งาน รวมถึงการเพิ่มขึ้นของอาคารและจำนวนประชากรอย่างรวดเร็ว ประกอบกับระบบเดิมซึ่งมีอายุการใช้งานมากกว่า 30 ปี มีการชำรุดเสียหายของระบบการขาดการบำรุงรักษาที่ถูกต้อง อีกทั้งพบว่ามีการทิ้งน้ำเสียจากบางส่วนงานลงสู่คูคลองสาธารณะ และรางระบายน้ำฝนของมหาวิทยาลัย ทำให้แหล่งน้ำผิวดินเกิดการเน่าเสีย ปัจจุบันกองกายภาพและสิ่งแวดล้อม ม. มหิดล จึงได้มีการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียรวม (Central treatment) ของมหาวิทยาลัย ที่ออกแบบเพื่อรองรับน้ำเสียจากอาคารต่างๆ รวมถึงอาคารที่กำลังจะเกิดขึ้นในอนาคต โดยมีเป้าหมาย

การในบำบัดน้ำเสียให้ได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งก่อนปล่อยออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ซึ่งมีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียได้ถึงวันละ 6,000 ลบ.ม.

การศึกษาครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินและคุณภาพน้ำผิวดินภายในมหาวิทยาลัยมหิดล จังหวัดนครปฐม โดยทำการประเมินคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี ร่วมกับการศึกษาความหลากหลาย การกระจาย และความมากชนิดของสัตว์หน้าดินในแหล่งน้ำ สำหรับนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับผู้ที่สนใจ หน่วยงานหรือองค์กรต่างๆ ในการเฝ้าระวังและปรับปรุงคุณภาพของแหล่งน้ำให้ดียิ่งขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุอุปกรณ์

- สวิงจับแมลง (Aerial net)
- ถาดพลาสติกสีขาวขนาด 30x20 เซนติเมตร
- ถุงมือ
- ปากคีบ (Forceps)
- หลอดหยด (Dropper)
- กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ (Stereo microscope)
- หลอดเก็บตัวอย่าง
- แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์
- สมุดจดและปากกา
- เครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำ ได้แก่ เครื่องตรวจวัดอุณหภูมิ (Thermometer) เครื่องตรวจวัดค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ของ Oxygen Meters WinLab Data Line รุ่น WINLAB เครื่องตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของ Win Lab Data Line pH/mV Temperature Measuring รุ่น WINLAB และชุดทดสอบตรวจวัดค่าแอมโมเนีย (NH_3) ของ Ammonium Test Aqua care 2000.4 ยี่ห้อ PARA TEST

วิธีการ

1) พื้นที่เก็บตัวอย่าง

แหล่งน้ำภายใน ม. มหิดล วิทยาเขตศาลายา จังหวัดนครปฐม จำนวน 5 จุดสำรวจ (รูปที่ 1) ได้แก่

จุดสำรวจที่ 1 แหล่งน้ำบริเวณลานสมเด็จพระบิดาและสวนเจ้าฟ้า มีลักษณะโดยทั่วไป ดังนี้ มีพื้นที่ประมาณ 81x45 เมตร พื้นท้องน้ำมีเศษใบไม้และกิ่งไม้ทับถมกันเป็นจำนวนมาก ดินร่วนสีดำสนิท น้ำมีสีใสพบพืชน้ำจำนวนมาก เช่น บัว เป็นต้นบางบริเวณพื้นท้องน้ำเป็นดินร่วนค่อนข้างละเอียดสีน้ำตาลเข้ม น้ำมีสีค่อนข้างใส

จุดสำรวจที่ 2 แหล่งน้ำบริเวณลานประชากร มีลักษณะโดยทั่วไป ดังนี้ มีพื้นที่ประมาณ 654x18 เมตร พื้นท้องน้ำมีลักษณะเป็นหินขนาดเล็กและกลางดินร่วนสีน้ำตาลเข้ม น้ำมีสีน้ำตาลขุ่น

จุดสำรวจที่ 3 แหล่งนันทนาการทางน้ำ มีลักษณะโดยทั่วไป ดังนี้ มีพื้นที่ประมาณ 327x90 เมตร พื้นท้องน้ำมีลักษณะเป็นหินขนาดเล็กและกลาง บางบริเวณดินมีลักษณะเหนียวค่อนข้างละเอียดสีน้ำตาล น้ำมีสีน้ำตาลขุ่น

จุดสำรวจที่ 4 คลองบุ๋ย มีลักษณะโดยทั่วไป ดังนี้ มีพื้นที่ประมาณ 509x18 เมตร ปลายปิดทั้งสองฝั่งไม่มีการไหลเวียนของน้ำ พื้นท้องน้ำมีลักษณะเป็นดินร่วนสีน้ำตาลเข้ม น้ำมีสีน้ำตาลขุ่น มีการติดตั้งกังหันสำหรับบำบัดน้ำ

จุดสำรวจที่ 5 แหล่งน้ำด้านข้างประตู 6 มีลักษณะโดยทั่วไป ดังนี้ มีพื้นที่ประมาณ 145x18 เมตร พื้นท้องน้ำมีลักษณะเป็นดินร่วนสีน้ำตาลเข้ม น้ำมีสีน้ำตาลขุ่น และมีการติดตั้งกังหันสำหรับบำบัดน้ำ

(หมายเหตุ ในการศึกษาครั้งนี้ไม่มีการเก็บตัวอย่างจากแหล่งน้ำบริเวณทิศใต้ของมหาวิทยาลัย เนื่องจากเป็นบริเวณที่ค่อนข้างยากต่อการเก็บตัวอย่างและสภาพแวดล้อมโดยรอบของแหล่งน้ำมีความสูงชัน)

2) การเก็บตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างเดือนละ 2 ครั้ง ในช่วงเวลา 9.00-12.00 น. ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน 2558 โดยในแต่ละจุดสำรวจทำการสุ่มเก็บตัวอย่าง 4 จุดย่อย แต่ละจุดย่อยห่างกันอย่างน้อย 10 เมตร (EcoSpark 2013) ใช้สวิงจับสัตว์หน้าดินโดยลากสวิงให้ได้พื้นที่ 0.5x1 เมตร เทสิ่งที่ตักมาได้ลงในถาดพลาสติก แยกเศษดิน หิน ใบไม้หรือวัสดุอื่นๆ ออก ทำการนับจำนวนและจดบันทึก เก็บตัวอย่างสัตว์หน้าดินที่สำรวจได้ลงในหลอดเก็บตัวอย่างที่บรรจุด้วยแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์เพื่อนำไปจำแนกชนิดยังห้องปฏิบัติการ

3) การจำแนกชนิดสัตว์หน้าดิน

นำสัตว์หน้าดินที่ได้มาจำแนกชนิด ในห้องปฏิบัติการส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ โดยใช้คู่มือการจำแนกชนิดสัตว์หน้าดินของ Simms and Blaylock (2002), Mekong River Commission (2006) และ Stroud Water Research Center (2014)

4) การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของแหล่งน้ำโดยใช้พารามิเตอร์ต่อไปนี้ คุณสมบัติทางกายภาพได้แก่ อุณหภูมิ (หน่วยเป็นองศาเซลเซียส) คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ (หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร) ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าแอมโมเนีย (หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร) โดยวิธีการตรวจวิเคราะห์เป็นไปตามคู่มือการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม (กรมควบคุมมลพิษ 2547)

5) การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลของสัตว์หน้าดินที่ได้มาคำนวณค่าดัชนีชี้วัดความหลากหลายทางชีวภาพ ได้แก่ ค่าดัชนีความหลากหลายของชนิด ค่าดัชนีการกระจาย และค่าดัชนีความมากชนิดโดยใช้วิธีการของ Shannon-Wiener's Diversity Index, Shannon-Wiener's Evenness Index และ Margalef's Diversity Index ตามลำดับ จากนั้นนำค่าดัชนีต่างๆที่คำนวณได้ในแต่ละแหล่งน้ำมาเปรียบเทียบกันเพื่อประเมินความหลากหลาย และวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีชี้วัดความหลากหลายทางชีวภาพกับพารามิเตอร์ของน้ำด้วยวิธีการของ Spearman's Correlation และใช้วิธีการของ Kruskal Wallis เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ของแต่ละแหล่งน้ำภายในมหาวิทยาลัยมหิดล นครปฐม โดยใช้โปรแกรม SPSS (Statistical Package for the Social Science for Windows) เวอร์ชั่น 19

5.1 วิธีวิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากหลายของชนิด (Diversity Index) ตามวิธีของ Shannon-Wiener's Diversity Index

$$H = -\text{Sum } (Pi)(\ln Pi)$$

เมื่อ H = ค่าดัชนีความหลากหลายของชนิด

Pi = สัดส่วนของจำนวนสัตว์หน้าดินแต่ละชนิดต่อสัตว์หน้าดินทั้งหมดที่เก็บตัวอย่างได้

โดยที่ H มีค่าต่ำสุดได้ที่ 0 (ซึ่งหมายความว่าจำนวนชนิดของสิ่งมีชีวิตมีเพียงชนิดเดียว) และมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อมีจำนวนชนิดของสิ่งมีชีวิตเพิ่มสูงขึ้น

5.2 วิธีวิเคราะห์ค่าดัชนีการกระจาย (Evenness) ตามวิธีของ Shannon-Wiener's Eveness Index

$$E = H / \ln(S)$$

เมื่อ E = ค่าดัชนีการกระจาย

H = ค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Wiener's Diversity Index

S = จำนวนชนิดของสัตว์หน้าดินในจุดเก็บตัวอย่างนั้น

โดยที่ E มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 (ค่ามากที่สุดคือ 1 หมายความว่าสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีจำนวนตัวเท่ากัน หรือ เรียกว่ามีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ)

5.3 วิธีวิเคราะห์ค่าดัชนีความมากชนิด (Species richness) ตามวิธีของ Margalef's Diversity Index

$$D = (S-1) / \ln(N)$$

เมื่อ D = ค่าดัชนีความมากชนิด

S = จำนวนชนิดของสัตว์หน้าดินในจุดเก็บตัวอย่างนั้น

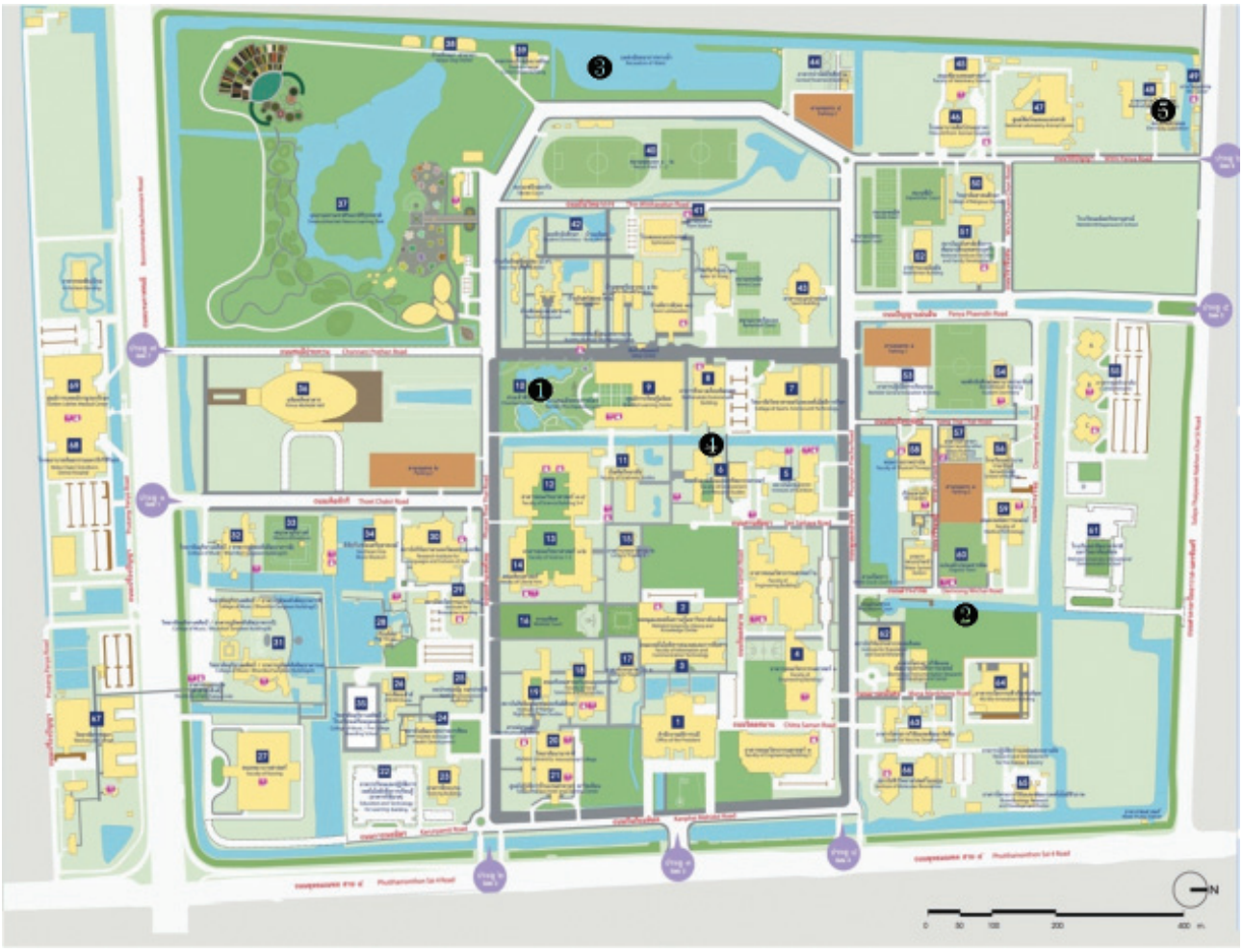
N = จำนวนสัตว์หน้าดินทั้งหมดที่จับได้ในจุดเก็บตัวอย่างนั้น

โดยที่ D หมายถึงจำนวนชนิดของสิ่งมีชีวิตต่อหน่วยเนื้อที่

ผลการวิจัยและอภิปราย

คุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมี

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมี (ตารางที่ 1) พบว่าอุณหภูมิของน้ำในแหล่งน้ำภายใน ม. มหิดล อยู่ในช่วง 31.64-34.06 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิของน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำอยู่ในช่วง 23-32 องศาเซลเซียส (กรมควบคุมมลพิษ 2558 ก) สำหรับอุณหภูมิของน้ำที่สูงเกินค่ามาตรฐานในการศึกษานี้อาจเนื่องมาจากการที่อุณหภูมิของอากาศสูง โดยเฉพาะช่วงที่ศึกษาเป็นช่วงฤดูร้อน นอกจากนี้ในแหล่งน้ำบางแห่งไม่มีร่มเงาปกคลุม



รูปที่ 1 แสดงแหล่งน้ำที่ใช้เป็นพื้นที่เก็บตัวอย่างภายในมหาวิทยาลัยมหิดล จังหวัดนครปฐม

ตารางที่ 1 คุณภาพน้ำทางกายภาพและทางเคมีของแหล่งน้ำต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัยมหิดล จังหวัดนครปฐม (จำแนกตามพารามิเตอร์, Mean ± SD)

พารามิเตอร์	จุดสำรวจ					P-value
	1	2	3	4	5	
Water temperature (^{o}C)	31.64 ±0.73	32.42 ±0.99	32.88 ± 1.40	32.96 ±1.32	34.06 ±1.12	0.043
Dissolved oxygen (mg/l)	2.62 ±0.08	3.15 ±0.15	3.45 ± 0.14	5.61 ±0.26	9.37 ±0.31	0
pH	7.19 ±0.11	7.26 ±0.05	7.63 ± 0.08	7.25 ±0.11	7.81 ±0.09	0.001
NH_3 (mg/l)	1.20 ±0.45	1.20 ±0.45	1.40 ± 0.55	4.20 ±1.10	1.80 ±0.45	0.003

ค่า P-value < 0.05 แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ในแหล่งน้ำบริเวณลานสมเด็จพระบิดาและสวนเจ้าฟ้าแหล่งน้ำบริเวณลานประชากร แหล่งนันทนาการทางน้ำ คลองบุ๋ย และแหล่งน้ำข้างประตูมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.62, 3.15, 3.45 5.61 และ 9.37 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำต้องไม่น้อยกว่า 3 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ 2558 ก) สำหรับแหล่งน้ำด้านข้างประตู 6 มีค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำสูงสุด อาจเนื่องจากมีการติดตั้งกังหันเพื่อบำบัดน้ำ (มูลนิธิชัยพัฒนา 2558)

ค่าความเป็นกรด-ด่างของแหล่งน้ำบริเวณลานสมเด็จพระบิดาและสวนเจ้าฟ้า แหล่งน้ำบริเวณลานประชากร แหล่งนันทนาการทางน้ำ คลองบุ๋ย และแหล่งน้ำด้านข้างประตู 6 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.19, 7.26, 7.63, 7.25 และ 7.81 ตามลำดับ จัดอยู่ในช่วงค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำคือ 6-9 (กรมควบคุมมลพิษ 2558 ก)

ค่าแอมโมเนียของแหล่งน้ำบริเวณลานสมเด็จพระบิดาและสวนเจ้าฟ้า แหล่งน้ำบริเวณลานประชากร แหล่งนันทนาการทางน้ำ คลองบุ๋ย และแหล่งน้ำด้านข้างประตู 6 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.20, 1.20, 1.40, 4.20 และ 1.80 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำผิวดินสำหรับอนุรักษ์สัตว์น้ำที่ควรมีค่าสูงสุดไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร (กรมควบคุมมลพิษ 2558 ข) ทั้งนี้อาจเนื่องจากมีการปล่อยน้ำเสียจากส่วนงานต่างๆ ลงสู่แหล่งน้ำ รวมทั้งอาจเกิดจากการขับถ่ายของเสียของสัตว์น้ำ (Levit 2010)

จากการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของน้ำและแหล่งน้ำพบว่า สถานที่ของแหล่งน้ำมีผลทำให้ค่าของ อุณหภูมิ ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าแอมโมเนีย มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$

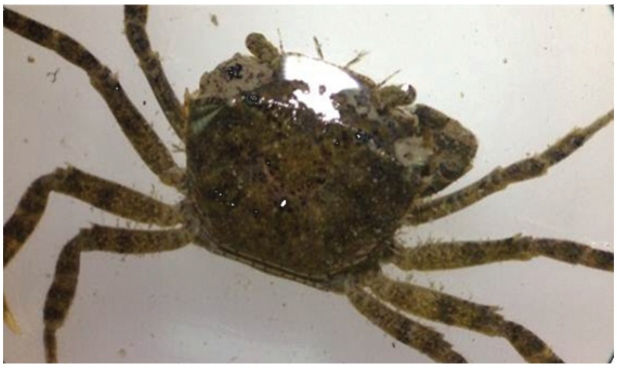
ความหลากหลายทางชีวภาพของสัตว์หน้าดินในแหล่งน้ำ

ความหลากหลายของชนิด การกระจาย และความมากชนิดของสัตว์หน้าดินในแหล่งน้ำต่างๆ ภายใน ม. มหิดล พบสัตว์หน้าดิน 10 อันดับ ประกอบด้วย 16 วงศ์ จำนวนรวมทั้งสิ้น 2,641 ตัว อันดับ Hemiptera พบจำนวนวงศ์มากที่สุด คือ 3 วงศ์ และวงศ์ที่มีจำนวนสัตว์หน้าดินมากที่สุด ได้แก่ วงศ์ Corixidae (ตารางที่ 2 และรูปที่ 2)

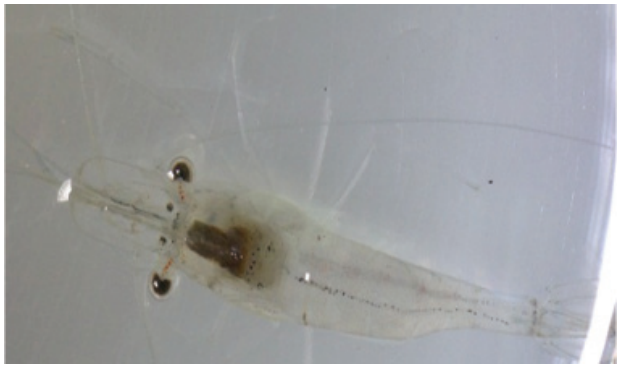
สัตว์หน้าดินในอันดับ Hemiptera พบกระจายอยู่ทุกแหล่งน้ำ 3 วงศ์ได้แก่ วงศ์ Corixidae, Notonectidae และ Pleidae แมลงน้ำเหล่านี้สามารถรับออกซิเจนจากอากาศได้โดยตรงจึงสามารถอาศัยอยู่ได้ในหลายสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน (นฤมล 2552) อันดับ Odonata สามารถพบได้ที่แหล่งน้ำบริเวณลานประชากรคลองบุ๋ย และแหล่งน้ำด้านข้างประตู 6 ทั้งนี้เพราะแมลงน้ำในอันดับ Odonata มักอาศัยอยู่ตามดงพืชใต้น้ำ (สรณรัชฎ์ 2542) ซึ่งทั้ง 3 แหล่งน้ำที่เก็บตัวอย่าง มีพืชน้ำขึ้นปกคลุมตามริมน้ำ และแมลงน้ำอันดับ Odonata สามารถอาศัยอยู่ในบริเวณที่มีค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำไม่สูงมากได้ (นฤมล 2552) ซึ่งจากการสำรวจครั้งนี้พบว่าค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำอยู่ในช่วง 3.15 ถึง 9.37 มิลลิกรัม/ลิตร สำหรับสัตว์หน้าดินในอันดับ Ephemeoptera พบเฉพาะบริเวณคลองบุ๋ยและแหล่งน้ำด้านข้างประตู 6 ทั้งนี้อาจเนื่องจากแหล่งน้ำทั้งสองมีค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำสูง (5.61 และ 9.37 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ) ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่สัตว์หน้าดินสามารถอาศัยอยู่ได้ (สรณรัชฎ์ 2542) ส่วนในอันดับ Diptera พบเฉพาะบริเวณคลองบุ๋ย แหล่งน้ำด้านข้างประตู 6 และแหล่งน้ำบริเวณลานสมเด็จพระบิดาและสวนเจ้าฟ้า ซึ่งอาจมีปัจจัยจากสภาพพื้นท้องน้ำที่เป็นดินโคลนต่างจากแหล่งน้ำบริเวณลานประชากรและแหล่งนันทนาการทางน้ำที่เป็นหินกรวด ตัวอ่อนของแมลงน้ำในอันดับ Ephemeoptera มักพบในน้ำสะอาดที่มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูง สามารถใช้เป็นตัวบ่งบอกถึงคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ดีมาก (กรมควบคุมมลพิษ 2548) และในอันดับ Diptera วงศ์ Chironomidae มักอาศัยอยู่ตามโคลนตมกินเศษซากพืชเป็นอาหาร (สรณรัชฎ์ 2542) สัตว์หน้าดินอันดับ Gastropoda วงศ์ Lymnaeidae และอันดับ Decapoda วงศ์ Palaemonidae สามารถพบได้ทั้ง 5 แหล่งน้ำทั้งนี้เพราะสัตว์หน้าดินวงศ์ Palaemonidae มักพบได้ในบริเวณที่น้ำนิ่ง สภาพพื้นดินไม่แข็งมาก ใกล้ริมฝั่ง หรือใต้หิน กินเศษซากสัตว์และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก (กุสุมา และคณะ 2548) ส่วนอันดับ Lymnaeidae สามารถพบกระจายอยู่ได้ทั่วไป มักอาศัยบริเวณผิวน้ำและเกาะกับพืชน้ำ (รุจิรา และคณะ 2556)

ตารางที่ 2 องค์ประกอบและความหลากหลายของสัตว์หน้าดินที่พบภายในมหาวิทยาลัยมหิดล จังหวัดนครปฐม

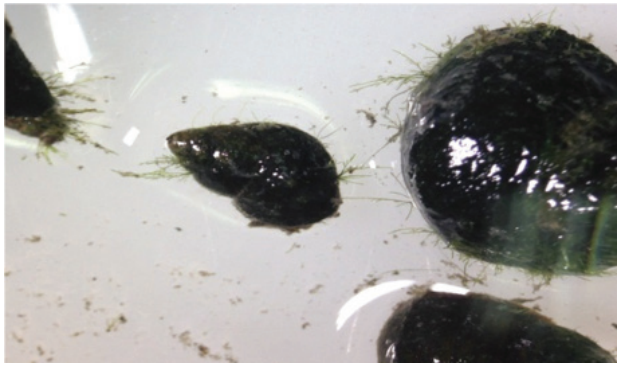
Taxa	จำนวน					
	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5	จุดที่ 6
Phylum Arthropoda						
Class Hexapoda (Insects)						
Order Hemiptera (Bugs)						
Family Corixidae, *Micronecta* sp.	-	-	41	412	134	587
Family Notonectidae, *Anisops* sp.	-	62	127	98	50	337
Family Pleidae, *Paraplea* sp.	51	-	-	-	57	108
Order Ephemeroptera (Mayflies)						
Family Leptophlebiidae	-	-	-	112	63	175
Order Odonata (Dragonflies & Damselflies)						
Family Coenagrionidae	-	9	-	2	-	11
Family Libellulidae	-	26	-	6	27	59
Order Diptera (True flies)						
Family Chironomidae	34	-	69	60	-	163
Family Stratiomyidae	1	-	-	-	-	1
Class Malacostraca						
Order Decapoda (Shrimps & Crabs)						
Family Palaemonidae, *Macrobrachium* sp.	60	111	109	71	53	404
Family Parathelphusidae, *Somanniathelphusa* sp.	-	-	1	-	-	1
Phylum Mollusca						
Class Gastropoda (Snails)						
Order Basematophora						
Family Planorbidae, *Indoplanorbis* sp.	-	-	-	-	55	55
Family Lymnaeidae, *Lymnaea* sp.	130	50	109	73	84	446
Order Mesogastropoda						
Family Thiaridae, *Thiara* sp.	102	29	154	-	-	285
Class Bivalvia						
Order Veneroida						
Family Sphaeriidae, *Pisidium* sp.	-	5	-	-	-	5
Phylum Annelida						
Class Hirudinea (Leeches)						
Order Rhynchobdellida						
Family Glossiphoniidae	-	-	1	1	-	2
Class Polychaeta (Sand worms)						
Order Phyllodocida						
Family Nereididae	-	1	-	1	-	2
Total Number of Families	**6**	**7**	**8**	**10**	**8**	**-**
Total Number of Individuals	**378**	**293**	**611**	**836**	**523**	**2,641**



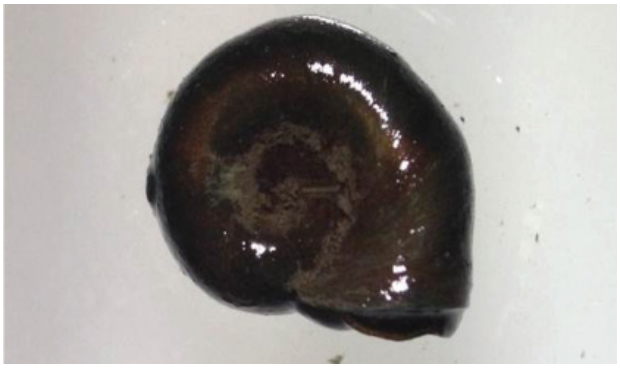
ปูน้ำจืด (*Somanniathelphusa* sp.)



กุ้งฝอยน้ำจืด (*Macrobrachium* sp.)

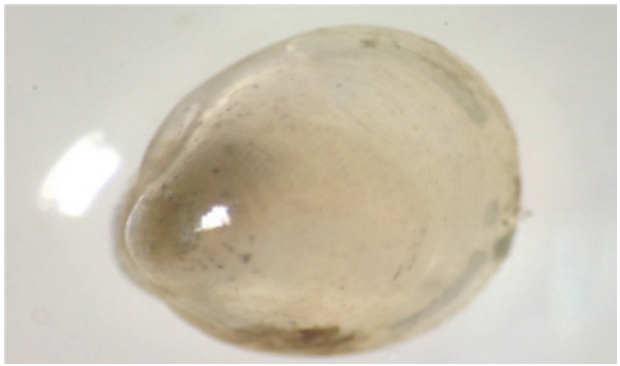


หอยคัน (*Somanniathelphusa* sp.)



หอยคัน (*Indoplanorbis* sp.)

หอยเจดีย์ (*Thiara* sp.)

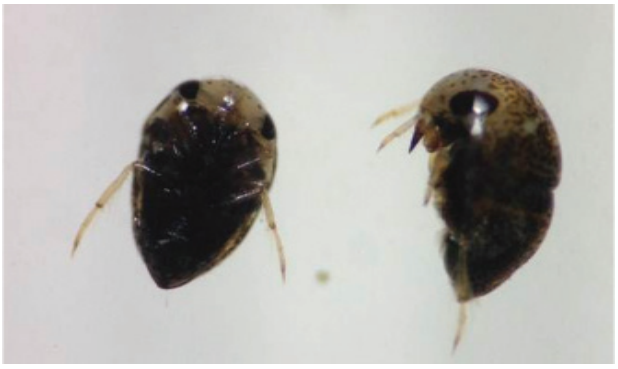


หอยสองฝา (*Pisidium* sp.)

มวนวน (*Anisops* sp.)

มวนกรรเชียง (*Micronecta* sp.)

รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างสัตว์หน้าดินที่พบภายในมหาวิทยาลัยมหิดล จังหวัดนครปฐม



มวนวนแคระ (*Paraplea* sp.)

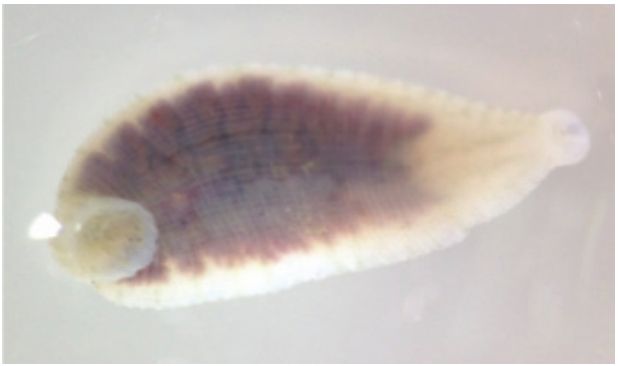
ตัวอ่อนแมลงชีปะขาว (Mayfly nymph)

ตัวอ่อนแมลงปอบ้าน (Dragonfly nymph sp.)

ตัวอ่อนแมลงปอเข็มเล็ก (Damselfly nymph)

หนอนแดง (Family Chironomidae)

ตัวอ่อนแมลงวันลาย (Family Stratiomyidae)



ปลิงน้ำจืด (Leech)

ตัวสงกรานต์ (Sand Worm)

รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างสัตว์หน้าดินที่พบภายในมหาวิทยาลัยมหิดล จังหวัดนครปฐม (ต่อ)

ตารางที่ 3 ค่าดัชนีชี้วัดความหลากหลายทางชีวภาพของแหล่งน้ำต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัยมหิดล จังหวัดนครปฐม

ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ	จุดสำรวจ				
	1	2	3	4	5
ดัชนีความหลากหลายของชนิด	1.52	1.64	1.74	1.55	1.99
ดัชนีการกระจาย	0.85	0.79	0.84	0.67	0.96
ดัชนีความมากชนิด	0.84	1.23	1.09	1.34	1.12

ตารางที่ 4 ค่าความความสัมพันธ์ของดัชนีชี้วัดความหลากหลายทางชีวภาพกับค่าพารามิเตอร์ของน้ำ

พารามิเตอร์	ดัชนี ความหลากหลายของชนิด	ดัชนี การกระจาย	ดัชนี ความมากชนิด
Water temperature (^{o}C)	0.546**	0.131	0.292
Dissolved oxygen (mg/l)	0.679**	0.90	0.506**
pH	0.822**	0.492*	-0.092
NH_3 (mg/l)	-0.11	-0.360	0.572**

*ความสัมพันธ์จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (2-tailed).

**ความสัมพันธ์จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01 (2-tailed).

ความหลากหลายทางชีวภาพของสัตว์หน้าดินในแหล่งน้ำ ม. มหิดล จากการสำรวจพบว่าแหล่งน้ำบริเวณลานสมเด็จพระบิดาและสวนเจ้าฟ้า แหล่งน้ำบริเวณลานประชากร แหล่งนันทนาการทางน้ำ คลองปุ๋ย และแหล่งน้ำด้านข้างประตู 6 มีค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 1.52, 1.64, 1.74, 1.55 และ 1.99 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) สามารถกล่าวได้ว่าแหล่งน้ำด้านข้างประตู 6 มีความหลากหลายของชนิดสัตว์หน้าดินมากที่สุด และแหล่งน้ำบริเวณลานสมเด็จพระบิดาและสวนเจ้าฟ้ามีความหลากหลายของชนิดสัตว์หน้าดินน้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ที่มีค่าดัชนีความหลากของชนิดมากย่อมมีความหลากหลายทางชีวภาพมากกว่าพื้นที่ที่มีค่าดัชนีความหลากของชนิดน้อยกว่า (กัญญาณัฐ และคณะ 2556) จากผลการวิเคราะห์ความหลากหลายของชนิดสัตว์หน้าดิน Wilhm (1970) ได้กำหนดให้ค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดที่มีค่าระหว่าง 3-4 แสดงว่าแหล่งน้ำไม่มีการปนเปื้อน ค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดที่มีค่าระหว่าง 1.5-3 แสดงว่าแหล่งน้ำมีการปนเปื้อนปานกลาง และค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดที่ต่ำกว่า 1.5 แสดงว่าแหล่งน้ำนั้นมีการปนเปื้อนสูง ดังนั้นจากค่าความหลากหลายของสัตว์หน้าดินในแหล่งน้ำของ ม. มหิดล บ่งชี้ว่าเป็นแหล่งน้ำที่มีการปนเปื้อนปานกลาง ส่วนค่าดัชนีความมากชนิดของสัตว์หน้าดินในแหล่งน้ำบริเวณลานสมเด็จพระบิดาและสวนเจ้าฟ้า แหล่งน้ำบริเวณลานประชากร แหล่งนันทนาการทางน้ำ คลองปุ๋ย และแหล่งน้ำด้านข้างประตู 6 มีค่าเท่ากับ 0.84, 1.23, 1.09, 1.34 และ 1.12 ตามลำดับ ขณะที่ค่าดัชนีการกระจายของสัตว์หน้าดินในแหล่งน้ำบริเวณลานสมเด็จพระบิดาและสวนเจ้าฟ้า แหล่งน้ำบริเวณลานประชากร แหล่งนันทนาการทางน้ำ คลองปุ๋ย และแหล่งน้ำด้านข้างประตู 6 มีค่าเท่ากับ 0.85, 0.79, 0.84, 0.67 และ 0.96 ตามลำดับ แสดงว่าคลองปุ๋ยมีการกระจายของสัตว์หน้าดินค่อนข้างสม่ำเสมอ ปริมาณสัตว์หน้าดินในแต่ละวงศ์มีจำนวนใกล้เคียงกัน

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพกับค่าพารามิเตอร์ของน้ำ

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ของน้ำและค่าดัชนีความหลากหลายของชนิด ค่าดัชนีการกระจาย และค่าดัชนีความมากชนิด (ตารางที่ 4) พบว่าค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดและค่าดัชนีความมากชนิดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.679 และ 0.506 ตามลำดับ ค่าความเป็นกรด-ด่างมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) และค่าดัชนีการกระจายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.822 และ 0.492 ตามลำดับ ค่าแอมโมเนียมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าดัชนีความมากชนิดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.572 ส่วนค่าอุณหภูมิของน้ำมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.546 ซึ่งหมายถึงค่าดัชนีชี้วัดความหลากหลายทางชีวภาพกับค่าพารามิเตอร์ของน้ำที่ทำการศึกษามีความเกี่ยวข้องกัน ดังนั้นจากความสัมพันธ์ดังกล่าวบ่งชี้ว่ายิ่งแหล่งน้ำคุณภาพดี จะทำให้ค่าความหลากหลายทางชีวภาพของสัตว์หน้าดินมีค่าสูงขึ้นด้วย (Mustaqim-Alias and Ahmad 2013)

สรุป

การศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน และคุณภาพน้ำผิวดินภายใน ม. มหิดล จังหวัดนครปฐม พบว่าคุณสมบัติของน้ำได้แก่ อุณหภูมิ ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และความเป็นกรด-ด่าง เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ ส่วนแอมโมเนียมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานในทุกจุดสำรวจ จากการศึกษาความหลากหลายและการกระจายของสัตว์หน้าดิน พบว่ามีองค์ประกอบของกลุ่มสัตว์หน้าดิน จำนวน 10 อันดับ ประกอบด้วย 16 วงศ์ จำนวนรวมทั้งสิ้น 2,641 ตัว โดยแหล่งน้ำบริเวณลานสมเด็จพระบิดาและสวนเจ้าฟ้าพบสัตว์หน้าดินจำนวน 6 วงศ์ แหล่งน้ำบริเวณลานประชากรพบสัตว์หน้าดินจำนวน 7 วงศ์ แหล่งนันทนาการทางน้ำพบสัตว์หน้าดินจำนวน 7 วงศ์ คลองบุ๋ยพบสัตว์หน้าดินจำนวน 8 วงศ์ และแหล่งน้ำด้านข้างประตู 6 พบสัตว์หน้าดินจำนวน 9 วงศ์ เมื่อพิจารณาค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพพบว่าแหล่งน้ำบริเวณลานสมเด็จพระบิดาและสวนเจ้าฟ้า แหล่งน้ำบริเวณลานประชากร แหล่งนันทนาการทางน้ำ คลองบุ๋ย และแหล่งน้ำด้านข้างประตู 6 มีค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดเท่ากับ 1.52, 1.64, 1.74, 1.55 และ 1.99 ตามลำดับ ค่าดัชนีการกระจายของสัตว์หน้าดินในแหล่งน้ำบริเวณลานสมเด็จพระบิดาและสวนเจ้าฟ้า แหล่งน้ำบริเวณลานประชากร แหล่งนันทนาการทางน้ำ คลองบุ๋ย และแหล่งน้ำข้างประตู 6 มีค่าเท่ากับ 0.85, 0.79, 0.84, 0.67 และ 0.96 ตามลำดับ และค่าดัชนีความมากชนิดของสัตว์หน้าดินในแหล่งน้ำบริเวณลานสมเด็จพระบิดาและสวนเจ้าฟ้า แหล่งน้ำบริเวณลานประชากร แหล่งนันทนาการทางน้ำ คลองบุ๋ย และแหล่งน้ำด้านข้างประตู 6 มีค่าเท่ากับ 0.84, 1.23, 1.09, 1.34 และ 1.12 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าค่าพารามิเตอร์ของน้ำได้แก่ อุณหภูมิ ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และความเป็นกรด-ด่าง มีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำไปใช้ประเมินคุณภาพน้ำด้วยวิธีการทางชีวภาพโดยอาศัยสัตว์หน้าดินเป็นดัชนีชี้วัดและสามารถใช้เป็นข้อมูลสำหรับหน่วยงานหรือองค์กรต่างๆ ในการเฝ้าระวังและปรับปรุงคุณภาพแหล่งน้ำให้ดีขึ้นต่อไป

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาต่อไปควรมีการเก็บตัวอย่างสัตว์หน้าดินในแหล่งน้ำให้ครอบคลุมทุกฤดูกาล เนื่องจากฤดูกาลมีผลต่อความหลากหลายทางชีวภาพของสัตว์หน้าดินและการแพร่กระจาย นอกจากนี้ควรมีการศึกษาค่าพารามิเตอร์อื่นๆ ของน้ำเพิ่มเติม เช่น ค่าบีโอดี (BOD) ความกระด้าง ความเค็ม ไนไตรท์-ไนเตรท ฟอสเฟต และโลหะหนักต่างๆ เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์และเจ้าหน้าหน้าที่ของหน่วยสัตว์น้ำ หน่วยปรสิตวิทยา และศูนย์เฝ้าระวังและติดตามโรคจากสัตว์ป่า สัตว์ต่างถิ่น และสัตว์อพยพ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดลสำหรับความอนุเคราะห์ด้านสถานที่ วัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ ตลอดจนให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน. กรมควบคุมมลพิษ, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม; 2548.

กรมควบคุมมลพิษ. คู่มือการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมอย่างง่าย (คุณภาพน้ำ). กรมควบคุมมลพิษ, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม; 2547.

กรมควบคุมมลพิษ. มาตรฐานคุณภาพน้ำ: เกณฑ์คุณภาพน้ำที่เหมาสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ [อินเตอร์เน็ต]. 2558 ก [เข้าถึงเมื่อ 9 พ.ค. 2558]. เข้าถึงได้จาก http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water06.html.

กรมควบคุมมลพิษ. มาตรฐานคุณภาพน้ำ: มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน [อินเตอร์เน็ต]. 2558 ข [เข้าถึงเมื่อ 9 พ.ค. 2558]. เข้าถึงได้จาก http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water05.html.

กัญญาณัฐ สุนทรประสิทธิ์, ศิริลักษณ์ วลัญช์เพียร, สันธิวัฒน์ พิทักษ์พล. ความหลากหลายของแมลงน้ำในแม่น้ำอิง. วารสารแก่นเกษตร. 2556; 41 (Suppl 1): 142-8.

กุสุมา เนื่องจากนิล, สมพร ศรีคำภา, สมศักดิ์ กองทำ, ธเนศพล วงศ์นรา. คู่มือการตรวจสอบคุณภาพน้ำด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน. ส่วนแหล่งน้ำจืด สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม; 2548.

นฤมล แสงประดับ. คู่มือนาพิกาสัตว์หน้าดิน การเฝ้าระวังคุณภาพแหล่งน้ำจืดโดยวิธีทางชีวภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 8. ขอนแก่น: แอนนาออฟเซต; 2552.

นิสราภรณ์ เพ็ชร์สุทธิ์, สิทธิ กุหลาบทอง, จิรเวฐน์ เพ็ชร์สุทธิ์. การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของสัตว์หน้าดินในระบบนิเวศนาข้าวน้ำลึก. วารสารวิชาการ Veridian E-Journal 2556; 2: 1010-24.

พนมวรรณ อยู่พร้อม, ธนวรรณ พาณิชพัฒน์, แตงอ่อน พรหมมิ. การประเมินคุณภาพน้ำในพื้นที่ชุ่มน้ำภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน โดยใช้กลุ่มแมลงน้ำ. วารสารวิจัย มสด. 2555; 5: 23-34.

มูลนิธิชัยพัฒนา. กังหันน้ำชัยพัฒนาและเครื่องกลเติมอากาศ [อินเทอร์เน็ต]. 2558 [เข้าถึงเมื่อ 2 พ.ค. 2558]. เข้าถึงได้จาก http://www.chaipat.or.th/chaipat.

รุจิรา จำปาปน, ชนวัฒน์ ตันติวรานุรักษ์, พงษ์รัตน์ ดำรงโรจน์วัฒนา. ความหลากชนิดของหอยน้ำจืดในพื้นที่เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 2556; 18: 124-31.

สรณรัชฎ์ กาญจนะวณิชย์. คู่มือหาชื่อสัตว์เล็กน้ำจืด. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: แปลน พริ้นติ้ง จำกัด; 2542.

สุวลี สุวีระ. การเปลี่ยนแปลงประชากรโดยการแทนที่ของสังคมสัตว์หน้าดิน ในบึงบอระเพ็ด [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง)]. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2539.

อรรถพล โลกิตสถาพร, วรมิตร ศิลปชัย. ความชุกชุมและความหลากหลายของสัตว์หน้าดินในคลองพระองค์เจ้าไชยานุชิต . เอกสารวิชาการฉบับที่ 24 สำนักวิจัยและพัฒนาประมงน้ำจืด, กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์; 2551.

อิสระ ธานี. การใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินขนาดใหญ่เพื่อการติดตามตรวจสอบทางชีวภาพ. วารสารวิจัย มสด. 2557; 7: 125-37.

EcoSpark. Water Quality Monitoring with Benthic Macroinvertebrates [Internet]. 2013 [cited 2015 May 11]. Available from: http://ecospark.ca/sites/default/files/currents/2013_CC_Manual.pdf

Levit SM. A Literature Review of Effects of Ammonia on Fish [Internet]. 2010 [cited 2015 May 13]. Available from: http://www.nature.org/images/ammonia-literature-review-dec-2010.pdf

Mekong River Commission. Identification of Freshwater Invertebrates of the Mekong River and its Tributaries. Vientiane; 2006.

Mustaqim-Alias M, Ahmad AK. Benthic macroinvertebrates diversity and water quality assessment at Sungai Congkak recreational area, Hulu Langat, Selangor. AIP Conf Proc 2013; 1517: 608-13.

Rosenberg DM, Resh VH. Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. New York: Chapman and Hall; 1993.

Simms R, Blaylock A. Aquatic Macroinvertebrate ID Key [Internet]. 2002 [cited 2015 Apr 2]. Available from: http://mrsmarrion.weebly.com/uploads/3/7/3/8/37386249/colour_id_chart_wa.pdf

Stroud Water Research Center. Identification Guide to Freshwater Macroinvertebrates [Internet]. 2014 [cited 2015 Apr 4]. Available from: http://www.stroudcenter.org/education/MacroKey_Complete.pdf.

Wilhm JL. Range of diversity index in benthic macroinvertebrate communities. J Wat Pallut Cont Fed 1970; 42: 221-4.