ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม — **สาขา**

สายวิชาวิทยาศาสตร์ — **ภาควิชา**

เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างแมลงน้ำและคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้ง: การตอบสนองต่อปัจจัยสิ่งแวดล้อม

Relation between Aquatic Insects and Water Quality in a Natural Water Bodies Receiving Sewage Effluent: Response to Environmental Parameters

นามผู้วิจัย นางสาวสุธิดา ทับจาก

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(อาจารย์แตงอ่อน พรหมมิ, ปร.ด.)

หัวหน้าสายวิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนวรรณ พาณิชพัฒน์, ปร.ด.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ความสัมพันธ์ระหว่างแมลงน้ำและคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้ง: การตอบสนองต่อปัจจัยสิ่งแวดล้อม

Relation between Aquatic Insects and Water Quality in a Natural Water Bodies Receiving Sewage Effluent: Response to Environmental Parameters

โดย

นางสาวสุธิดา ทับจาก

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม)

พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุธิดา ทับจาก 2554: ความสัมพันธ์ระหว่างแมลงน้ำและคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้ง: การตอบสนองต่อปัจจัยสิ่งแวดล้อม ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม สายวิชาวิทยาศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์แตงอ่อน พรหมมิ, ปร.ด. 131 หน้า

ศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงน้ำในแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้งจำนวน 16 จุดเก็บ ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554 เก็บตัวอย่างแมลงน้ำ 3 ซ้ำในแต่ละจุดเก็บโดยใช้สวิงน้ำ พบความหลากหลายของกลุ่มแมลงน้ำทั้งสิ้น 7 อันดับ 28 วงศ์ อันดับที่พบจำนวนวงศ์มากที่สุด คือ อันดับ Hemiptera (9 วงศ์) รองลงมาคือ อันดับ Odonata (6 วงศ์) อันดับ Coleoptera (4 วงศ์) อันดับ Diptera และอันดับ Ephemeroptera (3 วงศ์) อันดับ Trichoptera (2 วงศ์) และอันดับ Megaloptera (1 วงศ์) ปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีในแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้งจัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3 ถึง 5 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความหลากหลายทางชีวภาพแมลงน้ำกับคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี พบว่าแมลงน้ำวงศ์ Polymitarcyidae, Caenidae, Libellulidae, Sialidae, Gerridae, Belostomatidae, Notonectidae, Hydrometridae, Dytiscidae, Spercheidae, Hydropsychidae, Ecnomidae, Stratiomyidae และ Culicidae มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิน้ำ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ ค่าความขุ่นใสของน้ำ ค่าความเป็นด่างของน้ำ ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำ ปริมาณออร์โธฟอสเฟตในน้ำ ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำ และปริมาณซัลเฟตในน้ำอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.01$, $p<0.05$) การประเมินคุณภาพน้ำนำไปสู่การวางแผนการบริหารและการจัดการแหล่งน้ำภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน โดยการบำบัดน้ำก่อนการปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ รวมถึงส่งเสริมการอนุรักษ์แหล่งน้ำโดยการปลูกต้นไม้และดูแลรักษาต้นไม้ และเสริมสร้างจิตสำนึกในการอนุรักษ์ทรัพยากรแหล่งน้ำ

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Sutida Tabjak 2011: Relation between Aquatic Insects and Water Quality in a Natural Water Bodies Receiving Sewage Effluent: Response to Environmental Parameters. Master of Science (Environmental Science and Technology), Major Field: Environmental Science and Technology, Division of Science. Thesis Advisor: Miss Taeng-On Prommi, Ph.D. 131 pages.

The biodiversity of aquatic insects in natural water bodies receiving sewage effluent was studied from 16 sites were during June 2010 to May 2011. Three replicates of each site was sampled by an aquatic D net. Seven orders and 28 families of aquatic insects were found in this study. The order Hemiptera had the highest number of family (9 family), followed by order Odonata (6 families), Coleoptera (4 families), Diptera and Ephemeroptera (3 families), Trichoptera (2 families) and Megaloptera (1 familes). Most of physico-chemical water quality parameter in natural water bodies receiving sewage effluent values was in class 3 to 5 of the Classification and Standards of Water of Thailand. The correlation between the biodiversity of aquatic insects and physico-chemical water quality parameters was also analyzed. The Polymitarcyidae, Caenidae, Libellulidae, Sialidae, Gerridae, Belostomatidae, Notonectidae, Hydrometridae, Dytiscidae, Spercheidae, Hydropsychidae, Ecnomidae, Stratiomyidae and Culicidae were significantly correlated with air and water temperature, pH, dissolved oxygen, conductivity, total dissolved solids, tubidity, alkalinity, ammonia-nitrogen, orthrophosphate, nitrate nitrogen and sulfate ($p<0.01$, $p<0.05$). Assessment of water quality could lead to the planning, administration and management of water resources in the Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus. The water treatment is necessary before releasing sewage into the water. Promoting conservation of water may be conducted by planting and maintaining trees. Also, reinforce awareness of conservation of water resources should be performed.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร. แตงอ่อน พรหมมิ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา ความรู้ต่างๆ ทั้งทางด้านวิชาการและตลอดจนตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธนวรรณ พานิชพัฒน์ ประธานการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทิติยา จิตติหรรษา ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ให้คำแนะนำทบทวนแก้ไขให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณพนมวรรณ อยู่พร้อม เจ้าหน้าที่สายวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาสัตววิทยา คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน รวมถึงขอบคุณ คุณภารวี มั่นสุขผล คุณพรทิพย์ เพิ่มวรัญญูและคุณเฉลิมพล นาคสมบูรณ์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างตลอดจนอำนวยความสะดวกในการทดลองและจำแนกตัวอย่าง

ท้ายสุดขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และญาติพี่น้อง ที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจตลอดมา

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใด เนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่บิดา มารดาและผู้มีพระคุณทุกท่าน รวมทั้งครูบาอาจารย์ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประเภทบัณฑิตศึกษา ประจำปี 2553

สุธิดา ทับจาก

ตุลาคม 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	4
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	31
อุปกรณ์	31
วิธีการ	33
ผลและวิจารณ์	46
ผล	46
วิจารณ์	64
สรุปและข้อเสนอแนะ	74
สรุป	74
ข้อเสนอแนะ	75
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	77
ภาคผนวก	91
ภาคผนวก ก แมลงน้ำที่พบบริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำจำนวน 16 แห่ง ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	92
ภาคผนวก ข คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีบริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำจำนวน 16 แห่ง ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	114
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	131

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี ณ จุดเก็บตัวอย่าง	42
2	การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีในห้องปฏิบัติการ	43
3	ความหลากหลายของแมลงน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างบริเวณแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้ง ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	47
4	ค่าเฉลี่ยปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างบริเวณแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้ง ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	53
5	ค่าความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีกับแมลงน้ำ ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	62

ตารางผนวกที่

ก1	จำนวนตัวของแมลงน้ำที่พบในจุดเก็บตัวอย่างบ่อ 1 (S01) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	93
ก2	จำนวนตัวของแมลงน้ำที่พบในจุดเก็บตัวอย่างสระบัวใหญ่ (S02) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	94
ก3	จำนวนตัวของแมลงน้ำที่พบในจุดเก็บตัวอย่างสระบัวเล็ก (S03) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	95
ก4	จำนวนตัวของแมลงน้ำที่พบในจุดเก็บตัวอย่างสระน้ำหน้าหอพักนานาชาติ (S04) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	97
ก5	จำนวนตัวของแมลงน้ำที่พบในจุดเก็บตัวอย่างสระน้ำใกล้สนามกีฬา (S05) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	98

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ก6	จำนวนตัวของแมลงน้ำที่พบในจุดเก็บตัวอย่างบ่อบัวสวนสาธารณะ (S06) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	99
ก7	จำนวนตัวของแมลงน้ำที่พบในจุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำประตูโดมแมลง (S07) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	100
ก8	จำนวนตัวของแมลงน้ำที่พบในจุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำข้างพืชผักเขตร้อน (S08) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	101
ก9	จำนวนตัวของแมลงน้ำที่พบในจุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหน้าคาวบอยแลนด์ (S09) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	103
ก10	จำนวนตัวของแมลงน้ำที่พบในจุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำป้อมยามฝั่งพนมทวน (S10) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	104
ก11	จำนวนตัวของแมลงน้ำที่พบในจุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหน้ามหาวิทยาลัย (S11) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	106
ก12	จำนวนตัวของแมลงน้ำที่พบในจุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหน้าตลาดดงสะเดา (S12) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	107
ก13	จำนวนตัวของแมลงน้ำที่พบในจุดเก็บตัวอย่างสระอภัยทาน (S13) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	109
ก14	จำนวนตัวของแมลงน้ำที่พบในจุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหน้าคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (S14) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	110
ก15	จำนวนตัวของแมลงน้ำที่พบในจุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหลังหอพักบุคลากร (S15) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	111
ก16	จำนวนตัวของแมลงน้ำที่พบในจุดเก็บตัวอย่างคลองระบายน้ำรวมหน้ามหาวิทยาลัย (S16) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	112

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ข1	ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีทั้งหมด 12 ปัจจัยในจุดเก็บตัวอย่างบ่อ 1 (S01) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	115
ข2	ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีทั้งหมด 12 ปัจจัยในจุดเก็บตัวอย่างสระบัวใหญ่ (S02) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	116
ข3	ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีทั้งหมด 12 ปัจจัยในจุดเก็บตัวอย่างสระบัวเล็ก (S03) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	117
ข4	ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีทั้งหมด 12 ปัจจัยในจุดเก็บตัวอย่างสระน้ำหน้าหอพักนานาชาติ (S04) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	118
ข5	ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีทั้งหมด 12 ปัจจัยในจุดเก็บตัวอย่างสระน้ำใกล้สนามกีฬา (S05) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	119
ข6	ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีทั้งหมด 12 ปัจจัยในจุดเก็บตัวอย่างบ่อบัวสวนสาธารณะ (S06) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	120
ข7	ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีทั้งหมด 12 ปัจจัยในจุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำประตูโดมแมลง (S07) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	121
ข8	ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีทั้งหมด 12 ปัจจัยในจุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำข้างพืชผักเขตร้อน (S08) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	122
ข9	ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีทั้งหมด 12 ปัจจัยในจุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหน้าคาวบอยแลนด์ (S09) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	123

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ข10	ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีทั้งหมด 12 ปัจจัยในจุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำป้อมยามฝั่งพนมทวน (S10) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	124
ข11	ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีทั้งหมด 12 ปัจจัยในจุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหน้ามหาวิทยาลัย (S11) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	125
ข12	ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีทั้งหมด 12 ปัจจัยในจุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหน้าตลาดดงสะเดา (S12) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	126
ข13	ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีทั้งหมด 12 ปัจจัยในจุดเก็บตัวอย่างสระอภัยทาน (S13) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	127
ข14	ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีทั้งหมด 12 ปัจจัยในจุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหน้าคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (S14) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	128
ข15	ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีทั้งหมด 12 ปัจจัยในจุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหลังหอพักบุคลากร (S15) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	129
ข16	ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีทั้งหมด 12 ปัจจัยในจุดเก็บตัวอย่างคลองระบายน้ำรวมหน้ามหาวิทยาลัย (S16) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	130

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนที่ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน	37
2	จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บ่อ 1 (S01)	38
3	จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 สระบัวใหญ่ (S02)	38
4	จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 สระบัวเล็ก (S03)	38
5	จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 สระน้ำหน้าหอพักนานาชาติ (S04)	38
6	จุดเก็บตัวอย่างที่ 5 สระน้ำใกล้สนามกีฬา (S05)	39
7	จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 บ่อบัวสวนสาธารณะ (S06)	39
8	จุดเก็บตัวอย่างที่ 7 คูระบายน้ำประตูโดมแมลง (S07)	39
9	จุดเก็บตัวอย่างที่ 8 คูระบายน้ำข้างพืชผักเขตร้อน (S08)	39
10	จุดเก็บตัวอย่างที่ 9 คูระบายน้ำหน้าคาวบอยแลนด์ (S09)	40
11	จุดเก็บตัวอย่างที่ 10 คูระบายน้ำป้อมยามฝั่งพนมทวน (S10)	40
12	จุดเก็บตัวอย่างที่ 11 คูระบายน้ำหน้ามหาวิทยาลัย (S11)	40
13	จุดเก็บตัวอย่างที่ 12 คูระบายน้ำหน้าตลาดดงสะเดา (S12)	40
14	จุดเก็บตัวอย่างที่ 13 สระอภัยทาน (S13)	41
15	จุดเก็บตัวอย่างที่ 14 คูระบายน้ำหน้าคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์	41
16	จุดเก็บตัวอย่างที่ 15 คูระบายน้ำหลังหอพักบุคลากร (S15)	41
17	จุดเก็บตัวอย่างที่ 16 คลองระบายน้ำรวมหน้ามหาวิทยาลัย (S16)	41
18	ค่าดัชนีความหลากชนิดของแมลงน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554	50
19	วิเคราะห์การจัดกลุ่มความเหมือนของจุดเก็บตัวอย่างโดยใช้แมลงน้ำที่พบในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง	51

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความสัมพันธ์ระหว่างแมลงน้ำและคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้ง: การตอบสนองต่อปัจจัยสิ่งแวดล้อม

Relation between Aquatic Insects and Water Quality in a Natural Water Bodies Receiving Sewage Effluent: Response to Environmental Parameters

คำนำ

น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต เนื่องจากเป็นองค์ประกอบสำคัญของเซลล์ มีความจำเป็นต่อหน้าที่และการทำงานของสิ่งมีชีวิต นอกจากนี้น้ำยังเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตอันเป็นองค์ประกอบในระบบนิเวศ มนุษย์นำน้ำมาใช้เพื่อการบริโภคและอุปโภคในกิจกรรมต่างๆ เป็นเวลานานแล้ว น้ำที่นำมาใช้แล้วจะมีคุณภาพที่เปลี่ยนแปลงไป การขาดการวางแผนในเรื่องการใช้และอนุรักษ์แหล่งน้ำอาจก่อให้เกิดปัญหาทางสิ่งแวดล้อมต่างๆ ตามมา เช่น ปัญหาน้ำเน่าเสีย เป็นต้น

ปัญหาการเสื่อมโทรมลงของคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำจืดเป็นปัญหาสำคัญอีกประการหนึ่ง นอกเหนือจากปัญหาการขาดแคลนน้ำซึ่งเป็นประเด็นปัญหาใหญ่ระดับโลก ปัญหาเหล่านี้เกิดขึ้นจากการทำกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ ทั้งกิจกรรมจากการเกษตร กิจกรรมจากบ้านเรือนที่อยู่อาศัยและกิจกรรมจากอุตสาหกรรมที่มีเพิ่มมากขึ้น จากการที่ประเทศไทยเป็นประเทศที่กำลังพัฒนาจึงมีความต้องการที่จะผลักดันและสนับสนุนด้านอุตสาหกรรมและด้านการเกษตรให้ทัดเทียมนานาประเทศ ซึ่งการทำอุตสาหกรรมมีการนำเอาทรัพยากรมาใช้อย่างฟุ่มเฟือยและผลสุดท้ายก็จะเกิดของเสียมากมายเกิดขึ้น ของเสียที่กล่าวนี้รวมถึงน้ำเสียที่มีสารปนเปื้อนถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะเป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดมลพิษทางน้ำและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับแหล่งที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตที่สมบูรณ์ด้วยความหลากหลายทางชีวภาพ เช่น ระบบนิเวศทางน้ำ ดังนั้นเพื่อปกป้องระบบนิเวศและเพื่อสุขภาพของมนุษย์จึงมีการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำ ซึ่งมีหลายวิธีที่นอกเหนือจากวิธีการวิเคราะห์ปัจจัยด้านกายภาพและเคมีที่เป็นที่นิยม แต่วิธีการดังกล่าวมีข้อจำกัด คือ มีค่าใช้จ่ายในการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ค่อนข้างสูง และความเข้มข้นของสารพิษที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากในเรื่องของช่วงเวลาที่ของเสียถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำและสถานที่ที่เก็บตัวอย่างน้ำ การติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำทางด้านเคมีและกายภาพเพียงอย่างเดียวไม่สามารถใช้ได้กับการปล่อยของเสียจากแหล่งที่ไม่ระบุต้นตอ ซึ่งเป็นเพียงการประเมินผล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ของคุณภาพน้ำในขณะที่เก็บตัวอย่างน้ำ ไม่สามารถทราบถึงการเปลี่ยนแปลงตามช่วงฤดูกาลได้ การติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำโดยใช้ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ (Bioindicator species) เช่น การใช้สัตว์หน้าดินที่อาศัยอยู่ตามพื้นท้องน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นตัวอ่อนของแมลงน้ำที่แสดงระดับของผลกระทบจากมลพิษได้ละเอียดกว่าดัชนีทางกายภาพและเคมี จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งนอกจากการใช้วิธีทางกายภาพและทางเคมีที่เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอยู่โดยทั่วไป การใช้สิ่งมีชีวิตเพื่อเป็นตัวบ่งชี้นั้นมีค่าใช้จ่ายไม่สูงมากนัก โดยอาศัยหลักการทางนิเวศวิทยาที่ว่าสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะสามารถเจริญได้ดีในสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม แต่เมื่อใดที่สภาวะแวดล้อมได้เปลี่ยนแปลงไปจะทำให้เกิดผลต่อชีวิตและความเป็นอยู่อย่างชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแหล่งน้ำ ชนิดและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต รวมถึงรูปแบบของการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตเป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมที่อยู่โดยรอบ เมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไปย่อมส่งผลต่อชีวิตและความเป็นอยู่ของสัตว์เหล่านั้น ถึงแม้ว่าในบางครั้งไม่สามารถที่จะตรวจสอบได้ด้วยวิธีการทางกายภาพและทางเคมีก็ตาม

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 นอกจากนี้พวกที่มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอาจพบได้ทั้งน้ำสะอาดและสกปรก แต่พวกที่ไม่ทนทานต่อมลพิษนั้นจะไม่ปรากฏในแหล่งน้ำที่สกปรก ซึ่งถือว่าเป็นตัวชี้วัดที่ดีถึงการปรากฏของมลพิษในแหล่งน้ำนั้นๆ

การศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้แมลงน้ำในการตัดสินคุณภาพน้ำ เนื่องจากมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมโดยเฉพาะปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกและสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำได้ การศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้วิธีการเก็บตัวอย่างแมลงน้ำเชิงคุณภาพ (Qualitative method) ดูถึงการปรากฏและไม่ปรากฏของแมลงแต่ละชนิด ศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีบางประการที่คาดว่ามีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ เพื่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เปรียบเทียบกับการปรากฏของกลุ่มแมลงน้ำซึ่งเป็นแนวทางหลักในการศึกษา การที่จะทราบถึงคุณภาพของน้ำแต่ละแห่งนั้นจะต้องดูรวมไปถึงกิจกรรมหรือแหล่งของมลพิษที่เกิดขึ้นด้วย เพราะข้อมูลเหล่านี้ทำให้สามารถทราบถึงสาเหตุของการปนเปื้อนของแหล่งน้ำ และนำไปสู่การควบคุมหรือการจัดการเกี่ยวกับการปล่อยน้ำทิ้งเหล่านั้นลงสู่แหล่งน้ำ เพื่อให้ระบบนิเวศภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสนมีสภาพแวดล้อมที่ดีขึ้น มีความสมดุลและยั่งยืนต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพและการกระจายตัวของแมลงน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ แหล่งรองรับน้ำทิ้งจากกิจกรรมทางการเกษตร แหล่งรองรับน้ำทิ้งจากอาคารเรียนและหอพักภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

2. เพื่อศึกษาปัจจัยทางกายภาพและเคมีบางประการของคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ แหล่งรองรับน้ำทิ้งจากกิจกรรมทางการเกษตร แหล่งรองรับน้ำทิ้งจากอาคารเรียนและหอพักภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

3. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางกายภาพและเคมีกับแมลงน้ำ ในแหล่งน้ำธรรมชาติ แหล่งรองรับน้ำทิ้งจากกิจกรรมทางการเกษตร แหล่งรองรับน้ำทิ้งจากอาคารเรียนและหอพักภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

4. เพื่อประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ แหล่งรองรับน้ำทิ้งจากกิจกรรมทางการเกษตร แหล่งรองรับน้ำทิ้งจากอาคารเรียนและหอพักภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

แมลงเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีจำนวนชนิดมากที่สุดในโลกโดยมีประมาณ 7.5 ล้านชนิด (สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, 2541) แบ่งตามประเภทที่อยู่อาศัยจะประกอบด้วยแมลงบกและแมลงน้ำ แมลงน้ำ หมายถึง แมลงที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำหรือมีวงชีวิตส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในน้ำ บริเวณใกล้แหล่งน้ำหรือพื้นที่ชื้นแฉะที่มีความชื้นสูง พบได้ตามแหล่งน้ำทั่วไป ทั้งตามธรรมชาติ เช่น ห้วย หนอง คลอง บึง บริเวณที่มีน้ำขังหรือแหล่งน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น ส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในน้ำจืดและน้ำกร่อย พบได้น้อยในน้ำเค็ม แมลงน้ำมีความสำคัญในการหมุนเวียนพลังงานในแหล่งน้ำตามระบบห่วงโซ่อาหาร อีกทั้งยังช่วยในกระบวนการฟื้นฟูสภาพ (Self-purification) ของน้ำ โดยจัดเป็นผู้กำจัดเศษซากพืชซากสัตว์ที่สะสมในน้ำ ทำให้น้ำไม่เน่าเสีย (Ward, 1992)

1. อันดับของแมลงน้ำ

แมลงน้ำ (Aquatic insect) จัดอยู่ใน Phylum Arthropoda, Class Insecta ประกอบด้วย 13 อันดับ (Order) คือ Collembola, Ephemeroptera, Odonata, Hemiptera, Orthoptera, Plecoptera, Coleoptera, Diptera, Hymenoptera, Lepidoptera, Megaloptera, Neuroptera และ Trichoptera โดยมีเพียง 5 อันดับ เท่านั้นที่แมลงทุกชนิดเป็นแมลงน้ำคือ Ephemeroptera (แมลงชีปะขาว) Odonata (แมลงปอ) Plecoptera (แมลงสโตนฟลาย) Megaloptera (แมลงปีกใส) และ Trichoptera (แมลงหนอนปลอกน้ำ)

1.1. อนุกรมวิธานของแมลงน้ำ (Williams and Feltmate, 1992)

Phylum Arthropoda
- Class Insecta
  - Subclass Apterygota (พวกไม่มีปีก)
    - Order Collembola (แมลงหางดีด)
  - Subclass Pterygota (พวกมีปีก)
    - Infraclass Palaeoptera (แมลงมีปีกยุคโบราณ)
      - Order Ephemeroptera (แมลงชีปะขาว)
      - Order Odonata (แมลงปอ)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Infraclass Neoptera (แมลงมีปีกยุคใหม่)

Division Exopterygota (แมลงมีปีกเจริญภายนอกตัว)

Order Plecoptera (แมลงสโตนฟลาย)

Order Orthoptera (ตั๊กแตน แมลงกระชอน จิ้งหรีด)

Order Hemiptera (มวน)

Division Endopterygota (แมลงมีปีกเจริญภายในตัว)

Order Megaloptera (แมลงช้างกรามโต)

Order Neuroptera (แมลงช้างปีกใส)

Order Coleoptera (ด้วง)

Order Diptera (แมลงสองปีก)

Order Lepidoptera (ผีเสื้อ มอท)

Order Trichoptera (แมลงหนอนปลอกน้ำ)

Order Hymenoptera (ผึ้ง ต่อ แตน มด)

1.2 ลักษณะสำคัญของแมลงน้ำในแต่ละอันดับ (นฤมล, 2548)

แมลงน้ำ ซึ่งมีสมาชิกรวม 13 อันดับ ดังนี้

1.2.1 อันดับ Collembola หรือแมลงหางดีด (Spring tail) เป็นแมลงขนาดเล็กขนาดลำตัวยาว 3-5 มิลลิเมตร อาจมีรูปร่างยาว มองเห็นปล้องชัดเจน หรือมีรูปร่างกลมไม่มีปล้อง มีเกล็ดหรือขนปกคลุมคิวติเคิลทำให้มีสีสันสวยงาม แมลงหางดีดส่วนมากไม่มีท่อลม การแลกเปลี่ยนก๊าซเกิดขึ้นที่ผิวลำตัว ดังนั้นจึงต้องอาศัยอยู่ในบริเวณที่มีความชื้นสูง แมลงหางดีดส่วนมากเป็นแมลงบกอาศัยอยู่ในดินและเศษซากใบไม้ที่ชื้น กินซากอินทรีย์ สายใยรา แบคทีเรีย และมูลของแมลง มีส่วนน้อยที่เป็นแมลงน้ำ เนื่องจากตัวมีขนาดเล็กมากและปกคลุมด้วยคิวติเคิลที่ไม่เปียกน้ำจึงสามารถลอยและว่ายน้ำบริเวณผิวน้ำตามขอบลำธาร แม่น้ำ หนองและบึง ในแอ่งน้ำฝนชั่วคราวและในเขตน้ำขึ้นน้ำลง บางชนิดอาศัยอยู่ในถ้ำหรือแทรกตัวอยู่ในช่องว่างระหว่างอนุภาคกรวดทรายในชั้นน้ำใต้ดิน และบางชนิดอาศัยอยู่บนแผ่นฟิล์มบางๆ ที่เคลือบบนก้อนหินในลำธาร แผ่นฟิล์มนี้เกิดจากการไหลกระเซ็นของน้ำผ่านพื้นที่ผิวของก้อนหิน (Hygropetric zone) *Podura aquatic* (วงศ์ Poduridae) และ *Sminthurides viridis* (วงศ์ Sminthuridae) เป็นชนิดที่มีการกระจายทั่วโลก แต่ยังไม่มีการศึกษาในประเทศว่ามีจำนวนทั้งสิ้นกี่ชนิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2.2 อันดับ Ephemeroptera หรือแมลงชีปะขาว (Mayflies) ตัวอ่อนของแมลงชีปะขาวเจริญเติบโตผ่านการลอกคราบ 15-20 ครั้ง บางชนิดอาจลอกคราบถึง 50 ครั้ง โดยทั่วไปตัวอ่อนมีแนวโน้มอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ เช่น ลำธาร แม่น้ำ ทะเลสาบ หนอง บึง ที่ไม่มีหรือมีมลพิษไม่มากนัก ดังนั้นจึงมีการใช้ตัวอ่อนแมลงชีปะขาวร่วมกับตัวอ่อนแมลงสโตนฟลายและตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำเป็นดัชนีชีวภาพจัดจำแนกคุณภาพน้ำ ตัวอ่อนแมลงชีปะขาวส่วนมากเป็นพวกขูดกินและพวกเก็บรวบรวมอาหาร อาหารได้แก่ เพอริไฟตอน (Periphyton)
ที่ขึ้นตามผิวก้อนหินและพืชน้ำ อนุภาคของซากอินทรีย์ที่มีขนาดเล็กและสารแขวนลอยในน้ำ เป็นต้น มีแมลงชีปะขาวเพียงไม่กี่ชนิดที่กินเนื้อสัตว์ ตัวอ่อนแมลงชีปะขาวมีความจำเพาะต่อแหล่งอาศัยย่อย (Microhabitat specialists) โดยแต่ละชนิดอาศัยบนพื้นที่ที่มีลักษณะของพื้นอาศัย ความลึก และความเร็วของน้ำที่เฉพาะเจาะจง เหงือกของตัวอ่อนนอกเหนือจากทำหน้าที่แลกเปลี่ยนก๊าซแล้ว ยังทำหน้าที่อื่นๆ อีกด้วย เช่น การที่เหงือกโบกพัดน้ำออกเป็นมุมฉากกับลำตัวทำให้ผู้ล่าไม่รู้ตำแหน่งที่แท้จริงของเหยื่อ

1.2.3 อันดับ Odonata หรือแมลงปอ (Dragonfly) โดยมีตัวอ่อน 10-20 ระยะ ตุ่มปีกเริ่มปรากฏขึ้นหลังจากการลอกคราบครั้งที่ 6 หรือ 7 ตัวอ่อนระยะสุดท้ายไม่กินอาหาร หรือกินเพียงเล็กน้อยก่อนการลอกคราบเป็นตัวเต็มวัย ตัวอ่อนแมลงปอเป็นสัตว์กินเนื้อ ตัวอ่อนมีริมฝีปากล่างดัดแปลงไปใช้สำหรับจับกินเหยื่อ ริมฝีปากล่างพับอยู่ใต้ส่วนหัวและยื่นออกไปเพื่อใช้จับเหยื่อ ตัวอ่อนดักซุ่มอยู่นิ่งๆ รอคอยให้เหยื่อว่ายน้ำหรือเคลื่อนที่เข้ามาใกล้จนได้ระยะ จึงยื่นส่วนของริมฝีปากล่างออกไปอย่างรวดเร็ว การยื่นส่วนของริมฝีปากล่างออกไปเกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อกระบังลมในช่องท้องปล้องที่ 4 และ 5 ทำให้เกิดแรงดันเลือดเพิ่มขึ้นผลักให้ริมฝีปากล่างยื่นออกไป เมื่อกล้ามเนื้อคลายตัวริมฝีปากจึงหดพับกลับมาอยู่ในตำแหน่งเดิม ถ้าอาหารไม่เพียงพอตัวอ่อนอาจเดินล่าเหยื่อ เหยื่อของตัวอ่อนระยะต้น ได้แก่ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดเล็ก เช่น หนอนแดง ตัวอ่อนแมลง รวมทั้งตัวอ่อนแมลงปอด้วยกันเองที่มีขนาดเล็กกว่า เมื่อตัวอ่อนเติบโตขึ้นนอกเหนือจากเหยื่อกลุ่มที่ได้กล่าวมาแล้วยังสามารถจับสัตว์มีกระดูกสันหลัง เช่น ปลาและลูกอ๊อดได้ด้วย

1.2.4 อันดับ Plecoptera หรือแมลงสโตนฟลาย (Stoneflies) ตัวอ่อนแมลงสโตนฟาย บางชนิดเป็นพวกกินซากอินทรีย์ขนาดใหญ่เป็นอาหาร บางชนิดเป็นผู้ล่า บางชนิดมีนิสัยการกินเปลี่ยนไปตามวัยของตัวอ่อน โดยทั่วไปพบว่าตัวอ่อนระยะต้นกินพืช (Herbivore) แต่เมื่อเติบโตขึ้นเปลี่ยนไปกินสัตว์ (Carnivore) หรือกินทั้งพืชและสัตว์ (Omnivore) ตัวอ่อนแมลงสโตนฟลาย ชนิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Etrocorena nigrogeniculatum ในลำธารของอุทยานแห่งชาติน้ำหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์ กินทั้งสัตว์และเศษซากอินทรีย์ อาหารส่วนใหญ่เป็นตัวอ่อนแมลงน้ำ เช่น
ตัวอ่อนหนอนแดงและตัวอ่อนริ้นดำ รองลงมาคือ เศษซากอินทรีย์ สัดส่วนของเหยื่อเพิ่มขึ้นตามวัยของตัวอ่อน ตัวอ่อนแมลงสโตนฟลายอาศัยอยู่ใต้ก้อนหินหรืออยู่ในกองเศษซากพืช พวกที่อยู่ใต้ก้อนหินมักเป็นผู้ล่า เช่น วงศ์ Perlidae พวกอยู่ในกองเศษซากพืชมีทั้งที่เป็นผู้ล่าและกินเศษซากอินทรีย์ ดังนั้นกองเศษซากพืชจึงเป็นทั้งที่อยู่อาศัย ที่ล่าเหยื่อและอาหาร

1.2.5 อันดับ Orthoptera แมลงในอันดับนี้ได้แก่ ตั๊กแตน จิ้งหรีดและแมลงกะชอน กินพืชและเศษซากอินทรีย์ แต่มีหลายชนิดทำลายพืชเศรษฐกิจพวกข้าว เช่น ตั๊งแตนหนวดสั้น (วงศ์ Acrididae) และตั๊กแตนหนวดยาว (วงศ์ Tettigoniidae) ตั๊กแตนทั้งสองวงศ์นี้อาศัยอยู่ใกล้น้ำ ตั๊กแตนแคระ (วงศ์ Tetrigidae) อาศัยบนมอสที่ปกคลุมหินในน้ำ หรือเกาะอยู่ตามพืชน้ำริมลำธาร เมื่อตกลงไปในน้ำจะสามารถพยุงตัวอยู่ในน้ำได้ชั่วขณะก่อนกระโดดขึ้นมาพักบนฝั่ง จิ้งหรีดแคระ (วงศ์ Tridactylidae) ในประเทศมาเลเซียชอบเกาะบนไลเคนส์ที่ขึ้นปกคลุมหินในลำธาร เมื่อมันถูกรบกวนจะว่ายน้ำหนีและขุดลงไปฝังตัวอยู่ในทราย ทำเป็นโพรงและอาศัยอยู่ในโพรงนั้น (Bishop, 1973) แมลงกระชอนอาศัยอยู่ในดินที่เปียกชื้น ส่วนมากแมลงในอันดับนี้เป็นแมลงที่อาศัยอยู่บนบก มีเพียงบางวงศ์ที่อาศัยอยู่ใกล้น้ำ เช่น อยู่บนพื้นดินริมฝั่งน้ำ หรือบนพืชที่โผล่พ้นน้ำบริเวณใกล้ฝั่ง อาจว่ายน้ำได้เล็กน้อย หรือสามารถพยุงตัวอยู่ในน้ำได้เป็นระยะเวลาสั้นๆ แต่ไม่มีชนิดใดที่อาศัยในน้ำอย่างแท้จริง

1.2.6 อันดับ Hemiptera มวนเป็นผู้ล่า ยกเว้นมวนวน (วงศ์ Micronectidae) มีฟันไว้บดอาหาร มวนวงศ์อื่นๆ ใช้ปากที่แหลมแทงเหยื่อ จากนั้นปั๊มสารคัดหลั่งจากต่อมน้ำลายเข้าสู่เหยื่อเพื่อย่อยให้อยู่ในรูปอาหารเหลว มวนน้ำมีปีกหลายแบบ (Polymorphism) ซึ่งสัมพันธ์กับแหล่งอาศัยคือ พวกที่มีปีกไม่เจริญ (Aptery) พบมากในแหล่งอาศัยที่เสถียรคือ มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพน้อย เช่น บริเวณน้ำที่นิ่งๆ ส่วนพวกที่มีปีกสั้น (Brachypterus) หรือมีปีกปกติ (Macroptery) พบอาศัยในแหล่งน้ำที่ลักษณะทางกายภาพเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ขาของมวนน้ำแตกต่างกันมาก จิงโจ้น้ำเจอริด (วงศ์ Gerridae) จิงโจ้น้ำวีลิด (วงศ์ Veliidae) และจิงโจ้น้ำมีโซวีลิด (วงศ์ Mesoveliidae) มีขาเรียวยาวมากเหมาะสำหรับเคลื่อนที่ไปมาบนผิวน้ำ ตัวอ่อนของมวนแมงป่องน้ำ (วงศ์ Nepidae) มีสไปราเคิลที่ 2-8 อยู่ในแนวของเส้นขนบริเวณร่องทางด้านท้อง ซึ่งทำหน้าที่เป็นทางให้อากาศผ่าน แต่ตัวเต็มวัยหายใจผ่านท่อหายใจบริเวณปลายสุดของส่วนท้องที่ติดต่อกับสไปราเคิลบนปล้องท้องปล้องที่ 8 ส่วนสไปราเคิลคู่อื่นๆ ปิดและทำหน้าที่อื่นๆ มวนวนใช้สไปราเคิลที่ปล้องท้องที่หนึ่งจับอากาศ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อขึ้นมาที่ผิวน้ำ มวนวนกินอนุภาคอินทรีย์ขนาดเล็ก (Fine Particle Organic Matter, FPOM) แต่มวนน้ำอื่นๆ ดูดกินอาหารเหลวจากสัตว์เป็นๆ หรือสัตว์ที่พึ่งตาย จิงโจ้น้ำเจอริด ล่าแมลงและแมงมุมที่พลัดตกลงบนผิวน้ำ จิงโจ้น้ำรู้ว่าเหยื่อตกลงมาจากวงคลื่นของน้ำที่เกิดขึ้นจากการตกลงไปของเหยื่อซึ่งแผ่มาถึงบริเวณที่จิงโจ้น้ำเจอริดเกาะพักอยู่ ทำให้จิงโจ้น้ำรู้ว่ามีเหยื่อตกลงมา จิงโจ้น้ำวีลิดและมวนเข็ม (วงศ์ Hydrometridae) รับรู้ว่ามีเหยื่อจากคลื่นที่ผิวน้ำและใต้น้ำเช่นเดียวกัน มวนน้ำที่อาศัยอยู่ใต้ผิวน้ำ เช่น มวนกรรเชียง (วงศ์ Notonectidae) และมวนคางคก (วงศ์ Naucoridae) ใช้ตามองหาเหยื่อร่วมกับการจับสัญญาณการสั่นสะเทือนผ่านน้ำที่เกิดขึ้น โดยทั่วไปผู้ล่ารอคอยที่ผิวน้ำหรือเกาะบนพืชหรือบนก้อนหินใต้น้ำ ทันทีที่ได้รับสัญญาณที่เกิดขึ้นจากเหยื่อ ผู้ล่าจะติดตามเหยื่อแล้วใช้ขาหน้าจับเหยื่อ เมื่อเหยื่อถูกจับได้แล้วมวนใช้ส่วนแหลมของปาก (Stylets) แทงผ่านชั้นคิวติเคิลของเหยื่อและดูดของเหลวจากร่างกายเหยื่อออกมา

1.2.7 อันดับ Megaloptera หรือแมลงช้างกรามโต (Dobsonfly) ตัวอ่อนแมลงเอลเดอร์อาศัยอยู่ในบ่อ บึง รวมทั้งในลำธารบริเวณที่น้ำไหลช้าและมีตะกอนละเอียดหรือโคลน ส่วนตัวอ่อนของแมลงดอปสันและแมลงฟิชอาศัยในบริเวณที่น้ำไหลเร็วและในลำธารบนภูเขา ตัวอ่อนหลบซ่อนอยู่ใต้ก้อนหินหรือขุดรูอยู่ในตะกอนที่อ่อนนุ่ม Sangpradub *et al.* (1996) พบว่าเมื่อพื้นที่ของลำธารต้นน้ำถูกเปลี่ยนไปเนื่องจากทำกิจกรรมการเกษตร และทำให้เกิดตะกอนละเอียดสะสมปริมาณมาก ในลำธารจะพบตัวอ่อนแมลงเอลเดอร์คือ *Sialis* มาก ขณะที่บริเวณไม่ถูกรบกวนมีตัวอ่อนแมลงดอปสันคือ *Corydalis* มากกว่า ระยะตัวอ่อนมีประมาณ 10 ระยะ ดำรงชีวิตเป็นผู้ล่าเหยื่อได้แก่ ตัวอ่อนแมลงและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดเล็ก

1.2.8 อันดับ Neuroptera แมลงอันดับนี้ระยะตัวเต็มวัยคล้ายกับแมลงในอันดับ Megaloptera แต่ส่วนมากเป็นแมลงบก เรียกชื่อว่า แมลงช้างปีกใส ชนิดที่อาศัยในน้ำหรืออยู่ใกล้น้ำมีเพียงเล็กน้อย ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสมาชิกของวงศ์ Sisyridae และวงศ์ Osmylidae ระยะไข่ ดักแด้ และตัวเต็มวัยอยู่บนบก ระยะตัวอ่อนอาศัยอยู่ในน้ำ ตัวอ่อนของวงศ์ Sisyridae เป็นปรสิตของฟองน้ำน้ำจืดวงศ์ Spongillidae ที่พบทั้งในแหล่งน้ำนิ่งและแหล่งน้ำไหล จึงเรียกว่า แมลงฟองน้ำ (Spongillaflies) ส่วนสมาชิกของวงศ์ Osmylidae อาศัยอยู่กับมอสในบริเวณที่ชื้น ตัวเต็มวัยวางไข่บนผิวของพืชน้ำที่ห้อยอยู่เหนือระดับน้ำ เมื่อตัวอ่อนฟักจะตกลงไปในน้ำแล้วงอตัวเพื่อแทรกเข้าไปในน้ำว่ายน้ำหาฟองน้ำเพื่อเป็นที่อาศัย และอยู่กับฟองน้ำจนกระทั่งฟองน้ำตาย ตัวอ่อนระยะต้นหายใจผ่านผนังลำตัว แต่ตัวอ่อนระยะต่อๆ มา มีเหงือกอยู่ทางด้านล่างของปล้องท้องที่ 1-7 ภายใน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เหงือกประกอบด้วยท่อลม เหงือกจะพัดโบกอย่างรวดเร็วเพื่อให้เกิดกระแสน้ำไหลผ่านผิวของตัวอ่อน

1.2.9 อันดับ Coleoptera แมลงอันดับนี้เรียกชื่อไทยว่า ด้วง หรือ แมลงปีกแข็ง เป็นอันดับของแมลงที่มีความหลากหลายมากที่สุด ส่วนมากเป็นแมลงบก มีเพียง 10 วงศ์ ที่เป็นแมลงน้ำ ได้แก่ วงศ์ Haliplidae, Dytiscidae, Noteridae, Gyrinidae, Hydrophilidae, Scirtidae, Psephenidae, Elmidae, Curculionidae และ Spercheidae ด้วงน้ำมีเมตามอฟอสซิสแบบสมบูรณ์ ไข่มีเปลือกบาง อาจดูดน้ำเข้าไป ด้วงบางชนิดมีเยื่อหุ้มไข่ (Chorion) บาง และถูกคลุมด้วยแผ่นแข็งที่ตัวอ่อนผลิตขึ้นมาปกคลุม ด้วงน้ำวงศ์ Hydrophilidae วางไข่ในถุงหุ้มที่มีฟองอากาศอยู่เต็ม วงศ์ Dytiscidae และวงศ์ Dryopidae วางไข่ในลำต้นพืช และหลายวงศ์ที่เหลือวางไข่บนบก ตัวเต็มวัยของด้วงน้ำไหลมีชีวิตยืนยาวถึง 9 ปี และมักหากินอยู่ในบริเวณเดียวกับตัวอ่อน ขณะที่พวกที่มีตัวเต็มวัยอายุสั้นมีแหล่งอาศัยแตกต่างจากตัวอ่อน แมลงน้ำเหล่านี้หลายชนิดเป็นผู้บุกเบิกเข้าครอบครองพื้นที่เปิดอย่างรวดเร็ว ดังได้กล่าวแล้วว่าแม้ระยะตัวอ่อนอาศัยอยู่ในน้ำ แต่ด้วงน้ำส่วนมากมีระยะตัวเต็มวัยอาศัยบนบก ดังนั้นอาหารของทั้งสองระยะนี้จึงแตกต่างกันมาก อาหารของตัวอ่อนมีความหลากหลายมาก ตั้งแต่เศษซากอินทรีย์ สาหร่าย ไดอะตอมและจุลินทรีย์ที่ขึ้นเคลือบหิน ไปจนถึงสัตว์ขนาดเล็ก

1.2.10 อันดับ Diptera แมลงสองปีก เป็นแมลงที่มีปีกเจริญจากภายในลำตัวอันดับใหญ่อันดับหนึ่ง แมลงสองปีกที่อาศัยในน้ำ ได้แก่ ยุง ริ้นดำ ริ้น แมลงวันและแมงมุม เป็นต้น แมลงในอันดับนี้มีหลายชนิดเป็นพาหะนำโรคสู่มนุษย์และสัตว์เลี้ยง และหลายชนิดเป็นอาหารที่สำคัญของสัตว์น้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปลาและนกน้ำ แมลงอันดับนี้ที่รู้จักแล้วทั่วโลกมีประมาณ 200,000 ชนิด (Dudgeon, 1999) ฟอสซิลที่พบย้อนเวลากลับไปถึงมหายุคเมโส โสอิก ซึ่งคิดว่าในมหายุคนั้นมีแมลงอันดับนี้มากกว่าแมลงอันดับอื่นๆ ฟอสซิลส่วนมากมีขนาดเล็กและถูกเก็บรักษาในก้อนอำพัน ลักษณะทั่วไปทางชีววิทยาและนิเวศวิทยาของแต่ละวงศ์แตกต่างกันมาก แมลงสองปีก มีสมาชิก 32 วงศ์ ที่เป็นแมลงน้ำและมีความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อมรวมทั้งมนุษย์มี 4 วงศ์ คือ วงศ์ Tipulidae ตัวอ่อนอาศัยอยู่ในกองเศษซากใบไม้ กินพืช ซากอินทรีย์และเชื้อรา ตัวอ่อนแลกเปลี่ยนก๊าซผ่านทางผิวหนังหรือขึ้นมารับอากาศที่ผิวน้ำ ขนที่ผนังของสไปราเคิลช่วยให้ไม่สูญเสียน้ำ แต่ยังไม่ทราบหน้าที่ของเหงือกที่บริเวณทวารหนัก เข้าใจว่าทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมเกลือแร่ของร่างกาย วงศ์ Culicidae ลูกน้ำยุงได้รับออกซิเจนจากอากาศผ่านทาง สไปราเคิลของปล้องท้องที่ 8 สไปราเคิลอาจมีลักษณะเรียบ เช่น ยุงก้นปล่อง หรืออยู่ปลายสุดของท่อหายใจในยุงรำคาญ ลูกน้ำยุง *Mansonia* มีท่อหายใจยาวสำหรับแทงเข้าไปในเนื้อเยื่อพืช และดึงอากาศจากเนื้อเยื่อของพืชใต้น้ำ วงศ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Simuliidae หรือริ้นดำ (Black flies) ข้อมูลด้านสัตวภูมิศาสตร์แสดงให้เห็นว่าริ้นดำมีกำเนิดบนผืนแผ่นดินใหญ่และบนเกาะในบริเวณที่มีน้ำไหลซึ่งเหมาะสำหรับการดำรงชีวิตของระยะตัวอ่อน และวงศ์ Chironomidae แมลงน้ำวงศ์นี้เรียกชื่อว่า Non-biting midge หรือ ริ้นที่ไม่กัด ตัวเต็มวัยเรียกว่าริ้นน้ำจืด ส่วนตัวอ่อนรู้จักกันในชื่อหนอนแดง ตัวอ่อนส่วนมากกินอนุภาคอินทรีย์ขนาดเล็กซึ่งถูกขูดออกจากผิวของก้อนหินในบริเวณน้ำไหลไม่แรง หรือกรองอนุภาคออกจากน้ำ

1.2.11 อันดับ Lepidoptera แมลงในอันดับนี้ได้แก่ ผีเสื้อและมอท ส่วนมากเป็นแมลงบก กินพืชเป็นอาหาร แต่บางวงศ์มีตัวแทนที่อาศัยอยู่ในน้ำหรือบริเวณใกล้น้ำ สมาชิกที่เป็นแมลงน้ำแท้จริงมีเพียงวงศ์เดียว คือ วงศ์ Crambidae มีระยะไข่ ตัวอ่อนและดักแด้อยู่ในน้ำ ระยะตัวเต็มวัยอยู่บนบก ตัวอ่อนอาศัยอยู่บริเวณน้ำไหลค่อนข้างแรง ขูดกินสาหร่ายบนก้อนหิน และเคลื่อนที่ไปหาที่อยู่ใหม่เมื่อที่กำบังถูกทำลายโดยการเคลื่อนที่ไปทางด้านข้าง *Elophila* พบในแหล่งน้ำนิ่งโดยอยู่บนใบของพืชน้ำ เช่น ใบบัว ตัวอ่อนกัดใบบัวเป็นชิ้นแล้วใช้เส้นไหมยึดใบบัวด้านตรงข้ามทำให้พับเป็นรูปถุง มีทางเปิด 2 ด้านตรงข้ามกัน ตัวอ่อนอาศัยอยู่ในน้ำและเข้าดักแด้ภายในถุง

1.2.12 อันดับ Trichoptera หรือแมลงหนอนปลอกน้ำ (Caddisflies) เป็นแมลงกลุ่มใหญ่ที่สุดกลุ่มหนึ่งของแมลงน้ำ ตัวอ่อนของแมลงหนอนปลอกน้ำพบได้ในแหล่งน้ำจืดเกือบทุกแหล่งอาศัย และเป็นองค์ประกอบทางชีวภาพที่สำคัญอย่างหนึ่งของกลุ่มสัตว์หน้าดินในลำธารตื้นๆ ส่วนมากมีระยะตัวอ่อน 5 ระยะ การที่ตัวอ่อนสามารถสร้างปลอกและนำปลอกติดตัวไปด้วยนี้เป็นการป้องกันตัวเองจากผู้ล่า ช่วยทำให้ตัวหนักขึ้นไม่ถูกพัดพาไปกับกระแสน้ำ ช่วยพรางตัว รวมทั้งเอื้ออำนวยให้กระแสน้ำไหลผ่านเหงือกสำหรับการหายใจด้วย ตัวอ่อนบางพวกสร้างที่อาศัยแบบตรึงอยู่กับที่โดยตัวอ่อนปั่นใยสานเป็นตาข่ายใช้กรองอาหารที่ปนมากับกระแสน้ำ พวกที่สร้างท่อและหาอาหารโดยการขูดกิน ใช้ท่อเป็นที่กำบังขณะขูดหาอาหาร
ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำบางกลุ่มมีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม ดังนั้นจึงถูกนำมาใช้เป็นดัชนีชีวภาพในการติดตามและประเมินคุณภาพของแหล่งน้ำร่วมกับตัวอ่อนแมลงสโตนฟลายและตัวอ่อนแมลงชีปะขาว

1.2.13 อันดับ Hymenoptera แมลงในอันดับนี้ได้แก่ ผึ้ง ต่อ แตน มด สมาชิกส่วนใหญ่อาศัยบนบก มีเพียงบางชนิดที่เป็นปรสิตโดยเบียนระยะไข่ ระยะตัวหนอนหรือระยะดักแด้ของแมลงน้ำ ความรู้เกี่ยวกับแมลงอันดับนี้เกี่ยวข้องกับแมลงน้ำมีน้อยมาก ที่มีรายงานละเอียดที่สุด คือ แตนเบียน *Agriotypus armatus* (วงศ์ Agritypidae) ซึ่ง Elliott (1982a; 1982b) ศึกษาพบว่าปรสิตในระยะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ก่อนดักแด้และระยะดักแด้ของแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Goeridae และ Odontoceridae ในหมู่เกาะอังกฤษ แตนเบียนตัวเต็มวัยดำน้ำลงไปไข่ในปลอกของแมลงหนอนปลอกน้ำ ตัวอ่อนระยะต้นของแตนเบียนไม่มีอวัยวะพิเศษสำหรับหายใจในน้ำ ต้องอาศัยการเคลื่อนไหวของแมลงหนอนปลอกน้ำทำให้เกิดการเคลื่อนของน้ำผ่านผนังลำตัวของตัวอ่อน เมื่อแมลงหนอนปลอกน้ำตายทำให้ไม่มีการเคลื่อนของน้ำ แตนเบียนจะผลิตแถบริบบิ้นยาวประมาณ 3 เซ็นติเมตรยื่นออกมาจากปลอก ทำให้เกิดเป็นชั้นฟองอากาศขึ้นช่วยให้ตัวอ่อนระยะสุดท้าย ดักแด้และตัวเต็มวัยได้รับออกซิเจนพอเพียงก่อนบินออกไปจากแหล่งน้ำ

2. ความสำคัญของแมลงน้ำ

แมลงน้ำเป็นองค์ประกอบชีวภาพที่สำคัญยิ่งในระบบนิเวศน้ำจืด เนื่องจากมีความหลากหลายและมีจำนวนมาก มีบทบาทสำคัญในห่วงโซ่อาหาร โดยทำหน้าที่เป็นผู้บริโภคขั้นต้น (Primary consumer) และมีประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อม ดังนี้

1. เป็นอาหารของสิ่งมีชีวิตอื่นๆ (Hauer and Resh, 1996) เช่น ปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ รวมทั้งนกและค้างคาว (Edward *et al*., 1992)

2. ช่วยกำจัดซากของสิ่งมีชีวิตหรือสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำเรียกว่า Scavenger ซึ่งช่วยรักษาสมดุลของระบบนิเวศ

3. ใช้เป็นตัวบ่งชี้วัดคุณภาพน้ำทางด้านชีวภาพ เช่น ถ้าในแหล่งน้ำมีความสะอาด จะพบสิ่งมีชีวิตกลุ่มตัวอ่อนแมลงน้ำ เช่น ตัวอ่อนชีปะขาว แต่ถ้าในแหล่งน้ำที่สกปรก จะพบสิ่งมีชีวิตในกลุ่มหนอนแมลงวันดอกไม้ หรือหนอนริ้นน้ำจืด เป็นต้น

เหตุผลที่แมลงน้ำถูกนำมาใช้ในการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม ติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำและตรวจวัดมลพิษทางน้ำ เนื่องจาก

1. แมลงน้ำส่วนมากมีอายุขัยยาวนานประมาณ 1 ปี ดังนั้นจึงสามารถแสดงผลลัพธ์ของการสะสม (Accumulation) ของสภาพแวดล้อมเป็นระยะเวลายาวนานได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. วิธีการเก็บตัวอย่างมีการพัฒนาจนได้เป็นวิธีการมาตรฐาน และความรู้ด้านอนุกรมวิธานมีการศึกษาเป็นอย่างดีแล้วในแมลงหลายกลุ่ม

3. แมลงน้ำบางชนิดมีความไวและมีการตอบสนองที่ดีต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม แมลงน้ำบางชนิดไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้เมื่อแหล่งน้ำมีสภาพเปลี่ยนแปลงไปและมีการฟื้นตัวช้า ทำให้ยังสามารถเห็นร่องรอยของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้

4. แมลงน้ำมีสมาชิกอยู่ในทุกกลุ่มของ Functional Feeding Groups และเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการเชื่อมโยงระหว่างผลผลิตปฐมภูมิกับลำดับขั้นการกินอาหารที่สูงขึ้นในสายใยอาหาร

5. วิธีการเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Hellawell, 1989; Rosenberg and Resh, 1993)

3. ปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี

ในการประเมินคุณภาพน้ำสามารถทำได้ทั้งวิธีทางเคมีและทางชีวภาพ โดยวิธีทางเคมีนั้นเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับเพราะเป็นวิธีที่ทำเป็นมาตรฐานในการวิเคราะห์ ได้ค่าเป็นตัวเลขซึ่งง่ายต่อการเข้าใจของบุคคลโดยทั่วไปแต่วิธีนี้มีข้อจำกัดเนื่องจากค่าที่ได้เป็นการแสดงค่าคุณภาพน้ำ ณ ช่วงเวลาการเก็บตัวอย่างเท่านั้น ในความเป็นจริงเมื่อเกิดปัญหาการปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำมักไม่สามารถนำตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์ได้ทันท่วงทีในขณะนั้น ตัวอย่างน้ำที่เก็บได้เมื่อเหตุการณ์ผ่านไปแล้วระยะเวลาหนึ่งทำให้บางครั้งผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำขัดกับความจริง คือ ไม่สามารถตรวจสอบได้ว่ามีการปนเปื้อนในแหล่งน้ำ (Steedman, 1994)

3.1 ปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีที่เป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ

ลักษณะทางเคมีและทางกายภาพและพื้นผิวที่แมลงอาศัยอยู่ ล้วนเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตและสืบพันธุ์ของแมลงน้ำ ปัจจัยที่มีความสำคัญ คือ สภาพทางภูมิอากาศ โดยเฉพาะอุณหภูมิ ซึ่งเป็นปัจจัยที่สามารถกำหนดจำนวนและการปรากฏของสิ่งมีชีวิตได้ เนื่องจากอุณหภูมิจะส่งผลถึงปัจจัยอื่นๆ ให้มีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ถ้าหากสภาพอากาศมีความแปรปรวนอย่างรุนแรงก็จะมีผลให้อัตราการตายสูงขึ้นและส่งผลกระทบถึงกระบวนการทางสรีระและพฤติกรรมเป็นเหตุให้อัตราการเกิดต่ำลง และอาจจะมีผลต่อวงจรชีวิตที่ช้าหรือเร็วขึ้นกว่าเดิม และจากอุณหภูมิ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่เปลี่ยนแปลงสูงขึ้น จะส่งผลกับปัจจัยทางด้านความเป็นกรดเป็นด่างคือ จะทำให้มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำลงและจะส่งผลให้โลหะหนักมีความเป็นพิษ

3.1.1 อุณหภูมิของน้ำ (Water temperature)

อุณหภูมิเป็นการวัดความเข้มของความร้อนมากกว่าการวัดปริมาณของความร้อน อุณหภูมิมีความสำคัญต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำ เนื่องจากอุณหภูมิจะมีผลต่อกระบวนการต่างๆ ในแหล่งน้ำ ทั้งในเชิงกายภาพ ชีวภาพ และเคมี ซึ่งอุณหภูมิจะมีผลต่อการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิต ความหนาแน่นของน้ำและการละลายของธาตุ และก๊าซในน้ำ (นันทนา, 2539) อุณหภูมิของน้ำตามธรรมชาติในแหล่งน้ำจะผันแปรตามอุณหภูมิอากาศ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งเส้นรุ้ง ระดับความสูง ฤดูกาล และสภาพภูมิประเทศ เป็นต้น (EPA, 1973) อุณหภูมิของน้ำยังขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ต้นกำเนิดของแหล่งน้ำ การระบายน้ำ ความเข้มของแสง ปริมาณน้ำ ความลึก เวลา ปริมาณตะกอนแขวนลอยหรือความขุ่น และสภาพแวดล้อมบริเวณแหล่งน้ำ อุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนแปลงขึ้นๆ ลงๆ เนื่องจากปริมาณตะกอนแขวนลอย อุณหภูมิของน้ำในธรรมชาตินั้นไม่มีปัญหา มักจะเกิดก็ต่อเมื่อมนุษย์ได้เป็นผู้กระทำ โดยการปล่อยน้ำหล่อเย็นซึ่งมีอุณหภูมิสูงมากลงในแหล่งน้ำ เช่น น้ำจากระบบหล่อเย็น (Cooling system) ทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นเกินระดับปกติตามธรรมชาติ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในแหล่งน้ำทำให้เกิดปัญหาหลายประการต่อการประมง การเพาะปลูก และที่สำคัญยิ่งคือระบบนิเวศของแหล่งน้ำ (สิทธิชัย, 2549) ชนิด ปริมาณ และสัดส่วนของประชากรในแหล่งน้ำจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของแหล่งน้ำเป็นสำคัญ ซึ่งจะมีผลต่อไปถึงขบวนการทางชีวภาพ กำลังผลิตและความสมดุลของระบบนิเวศแหล่งน้ำ เป็นต้น (EPA, 1973) ผลกระทบที่สำคัญเนื่องจากน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นคือ ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำจะลดลง และมีผลต่อการดำรงชีวิตของประชากรสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ กล่าวคือ ปริมาณออกซิเจนในน้ำจะแปรผกผันกับอุณหภูมิของน้ำ แต่ขบวนการเมทาบอลิซึมจะผันแปรตามอุณหภูมิ โดยจะเพิ่มขึ้น 2-3 เท่า ทุกๆ 10 องศาเซลเซียสที่เพิ่มขึ้น ทำให้แหล่งน้ำขาดออกซิเจนเร็วขึ้น เป็นเหตุให้เกิดน้ำเน่าเสียได้ในที่สุด การผันแปรของอุณหภูมิของน้ำเพียง 1-2 องศาเซลเซียส จะมีผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ การย้ายถิ่น การออกไข่ การฟักไข่ ล้วนแล้วแต่ให้อุณหภูมิเป็นตัวกำหนดทั้งสิ้น สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะมีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด ในช่วงอุณหภูมิที่ต่างกันและทนต่ออุณหภูมิได้ต่างกัน (EPA, 1973) เช่น จากการศึกษาของ Stocker and Seager (1976) พบว่าปลาเทราท์ จะออกไข่เป็นตัวในเวลา 163 วันในที่มีอุณหภูมิ 3 องศาเซลเซียส และจะใช้เวลาเพียง 32 วันเมื่ออุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส แต่จะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไม่ฟักไข่ถ้าอุณหภูมิสูงถึง 15 องศาเซลเซียส เป็นต้น สำหรับในด้านการเพาะปลูก อุณหภูมิของน้ำที่สูงหรือต่ำเกินไป มีผลเสียหายต่อการเจริญเติบโตของพืชทั้งทางตรงและทางอ้อม (สิทธิชัย, 2549)

อุณหภูมินอกจากจะมีผลโดยตรงต่อสัตว์น้ำแล้ว ยังอาจมีผลทางอ้อมด้วย โดยปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำจะมีความผกผันกับอุณหภูมิของน้ำ คือ อุณหภูมิสูงขึ้นปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำจะลดลง นอกจากนี้ อุณหภูมิที่สูงขึ้นมักจะทำให้พิษของสารพิษประเภทต่างๆ เช่น แอมโมเนีย ยากำจัดศัตรูพืชและโลหะหนักมีความรุนแรงมากขึ้น ทั้งนี้อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะช่วยเร่งการดูดซึมและการแพร่กระจายของสารพิษให้เข้าสู่ร่างกายได้เร็วขึ้น (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528) อุณหภูมิยังมีผลกระทบต่อแมลง โดยแมลงมักจะมีพัฒนาการอย่างรวดเร็ว เมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้นมันจะช่วยเร่งปฏิกิริยาทางเคมีของน้ำย่อย และกระบวนการเมทาบอลิซึม กระบวนการดูดซึมและแพร่ซึมรวมทั้งขบวนการสร้างสารชีวเคมีที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตเป็นไปได้อย่างรวดเร็วขึ้น อุณหภูมิจะส่งผลอย่างมากต่อพัฒนาการและต่อระยะหรือวัยในวงจรชีวิตของแมลง โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมแก่การดำรงชีวิตของแมลงส่วนใหญ่มักอยู่ในช่วงระหว่าง 22-38 องศาเซลเซียส (ศานิต, 2550)

3.1.2 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ (Total dissolved solids; TDS)

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ หมายถึง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และสามารถไหลผ่านกระดาษกรองใยแก้ว เมื่อกรองปริมาณของแข็งแขวนลอยออกแล้วเอาน้ำใสที่ผ่านกระดาษกรองใยแก้วไประเหยจะหาปริมาณของแข็งทั้งหมดได้ มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร ของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ ได้จากการนำตัวอย่างน้ำที่ผ่านกระดาษกรอง GF/C ในถ้วยระเหยที่ทราบน้ำหนัก จะถูกนำไประเหยด้วยไอน้ำจนแห้งแล้วนำไปอบที่ 103-105 องศาเซลเซียส ทำให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนักหาน้ำหนักถ้วยระเหยที่เพิ่มขึ้น น้ำหนักส่วนที่เพิ่มขึ้น คือ น้ำหนักของของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ หรืออาจหาได้จากนำค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดมาหักออกจากค่าของแข็งทั้งหมด (นิพนธ์, 2550)

เปี่ยมศักดิ์ (2539) กล่าวว่า ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำจะมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ ดังนั้น น้ำที่มีการนำไฟฟ้าสูงก็จะมีปริมาณของแข็งที่ละลายอยู่ในน้ำสูงเช่นเดียวกัน น้ำที่มีของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้สูงมีสารบางชนิดมากเช่นกัน ทำให้ไม่เหมาะสมในการอุปโภคบริโภค เพราะอาจก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพได้ซึ่งมีคุณสมบัติในการระบายท้อง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และส่งผลทางเศรษฐกิจ ส่วนด้านการชลประทานนั้น น้ำที่มีค่าการนำไฟฟ้าระหว่าง 750-1,500 ไมโครซีเมนซ์ต่อเซนติเมตร หรือค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ 500-1,500 มิลลิกรัมต่อลิตร จะสามารถนำน้ำมาใช้ได้อย่างปลอดภัย (EPA, 1973) ซึ่งสอดคล้องกับ จารุวรรณ (2528) ค่าการนำไฟฟ้าจะเป็นสัดส่วนและปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ และในแหล่งน้ำแห่งใดแห่งหนึ่ง จะมีค่าความสัมพันธ์ดังกล่าวค่อนข้างคงที่

ปริมาณความเข้มข้นของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ มีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการอุปโภคบริโภค การเพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์ ซึ่งกิจกรรมต่างๆ มีผลต่อแหล่งน้ำเป็นอย่างมาก โดยทำให้โครงสร้างและหน้าที่ของระบบนิเวศ (Ecosystem) ในแหล่งน้ำนั้นๆ เปลี่ยนแปลงไปด้วย ชนิดและปริมาณความเข้มข้นของสารละลายในน้ำจะเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำทางเคมีและความสัมพันธ์ระหว่างดินกับน้ำ ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความอุดมสมบูรณ์ของพืชและสัตว์น้ำในแหล่งน้ำหรือกำลังผลิตของแหล่งน้ำ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำมีผลต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ 2 ประการ คือ ควบคุมสมดุลของน้ำและเกลือแร่ในสิ่งมีชีวิต (Osmoregulation) และความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารในน้ำกับแพลงก์ตอนพืช ค่าสูงสุดของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำที่เป็นขีดจำกัดต่อขบวนการขับถ่ายน้ำของปลาน้ำจืดอยู่ในระหว่าง 5,000-10,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและความสามารถในการปรับตัวตลอดจนความเคยชินของปลา (ไมตรีและจารุวรรณ, 2528)

3.1.3 ความขุ่นใสของน้ำ (Turbidity of water)

ความขุ่นใสของน้ำ หมายถึง น้ำที่มีสารแขวนลอย ซึ่งขัดขวางทางเดินของแสงที่ผ่านน้ำนั้นเกิดจากการที่ในน้ำนั้นมีสารพวกอนุภาคแขวนลอย (Suspended matters) ซึ่งได้แก่ ดินเหนียว (Clay) แพลงก์ตอน (Plankton) อนุภาคอินทรียวัตถุขนาดเล็ก (Finely devided organic matters) หรือพวกจุลินทรีย์ (Microorganisms) ซึ่งเมื่อมีแสงส่องกระทบสารพวกนี้ก็จะเกิดการหักเหของแสงอย่างไม่เป็นระเบียบหรือแสงนั้นอาจจะถูกกั้นไม่ให้ทะลุผ่านไปได้ จึงทำให้มองเห็นน้ำนั้นขุ่น (สิทธิชัย, 2549)

กรรณิการ์ (2522) ให้ความหมายว่า ความขุ่นเป็นสมบัติของน้ำที่ปรากฏให้เห็นว่าแสงได้ถูกกระจายและดูดซึมไว้มากกว่าที่ผ่านไปได้ หรือลักษณะที่ปรากฏว่ามีสารแขวนลอยขัดขวางทางเดินของแสงที่ผ่านน้ำ Reid (1961) และ กรรณิการ์ (2522) อธิบายว่า สิ่งที่ทำให้น้ำเกิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความขุ่น คือ พวกอนินทรีย์สาร อินทรีย์สาร และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน (ปรากฏในรูปของคอลลอยด์) จนถึง 10 ไมครอน ปรากฏในลักษณะของสารแขวนลอย ได้แก่ อนุภาคของดิน ทราย หรือสารอื่นๆ แพลงก์ตอน บักเตรีตลอดจนแร่ธาตุ หรือสารบางอย่างที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ชีวภาพและเคมี ทั้งจากภายนอกและภายในแหล่งน้ำเอง

ปาริชาติ (2542) ศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินต่อคุณภาพน้ำทางกายภาพในน้ำของลุ่มน้ำตัวอย่าง กรณีศึกษา: ลุ่มน้ำแม่แตง (ภาคเหนือ), ลุ่มน้ำเชิญ (ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) และคลองยัน (ภาคใต้) พบว่า ปริมาณความขุ่นของน้ำมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในลุ่มน้ำเชิญ 63.35 JTU ต่ำลงในลุ่มน้ำแม่แตง 27.31 JTU และต่ำสุดในลุ่มน้ำคลองยัน 6.04 JTU ซึ่งค่าเฉลี่ยความขุ่นของน้ำในทั้ง 3 ลุ่มน้ำ มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานสูงสุดที่ยอมให้มีได้ในแหล่งน้ำธรรมชาติของประเทศไทย ฤดูกาลมีผลทำให้ปริมาณความขุ่นของน้ำสูงขึ้นในฤดูฝนทั้ง 3 ลุ่มน้ำ ในลุ่มน้ำเชิญพบ ค่าความขุ่นสูงเกินมาตรฐานในฤดูฝน ในลุ่มน้ำย่อยพื้นที่เกษตรมีค่าสูงถึง 680 JTU และในลุ่มน้ำแม่แตงพบค่าความขุ่นสูงเกินมาตรฐานในฤดูฝนที่จุดปากน้ำ (Outlet) คือ 105 JTU ส่วนลุ่มน้ำคลองยันไม่พบค่าสูงเกินมาตรฐานกำหนด การบุกลุกแผ้วถางป่าเพื่อการเกษตรและอื่นๆ มีผลทำให้ลุ่มน้ำมีความขุ่นได้ (Wert and Keller, 1963) เช่นเดียวกับ McGriff (1972) พบว่ากิจกรรมของมนุษย์ เช่น การก่อสร้างบ้านเรือนหรือชุมชนนั้นมีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำทั้งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินมากที่สุด ตะกอนแขวนลอยจะเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่คุณภาพและปริมาณน้ำลดต่ำลง มาตรฐานคุณภาพน้ำบริโภคในภาชนะที่ปิดสนิท กำหนดโดยกระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2524 ให้มีความขุ่นได้ไม่เกิน 5 JTU (กรมควบคุมมลพิษ, 2538)

3.1.4 การนำไฟฟ้าของน้ำ (Electrical conductivity of water)

การนำไฟฟ้าเป็นการวัดความสามารถของน้ำที่จะให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน (กรรณิการ์, 2525) คุณสมบัติข้อนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและชนิดของอิออนที่อยู่ในน้ำ ตลอดจนอุณหภูมิขณะที่ทำการวัดน้ำที่มีอิออนของสารต่างๆ สามารถนำไฟฟ้าได้ทั้งสิ้น ในสนามไฟฟ้ากระแสอิออนบวกจะเคลื่อนที่ไปยังอิเลคโทรดขั้วลบ และอิออนลบจะเคลื่อนที่ไปยังอิเลคโทรดขั่วบวก กรด ด่างและเกลืออนินทรีย์ เช่น กรดไฮโดรคลอริก (HCl) โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) และโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เป็นตัวนำไฟฟ้าได้เพราะแตกตัวให้อิออนบวกและลบ ในทางตรงข้ามโมเลกุลของสารอินทรีย์ เช่น ซูโครสและเบนซิน ไม่แตกตัวในน้ำจึงไม่นำไฟฟ้า การนำไฟฟ้าไม่ได้เป็นค่าเฉพาะอิออนตัวใดตัวหนึ่ง แต่เป็นค่ารวมของอิออนในน้ำค่านี้จึงไม่ได้บอกให้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทราบถึงชนิดของสารในน้ำ แต่บอกเพียงว่ามีการเพิ่มหรือลดของอิออนที่ละลายในน้ำเท่านั้น กล่าวคือ ถ้าค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น แสดงว่าสารที่แตกตัวได้ในน้ำเพิ่มขึ้น หรือถ้าค่าการนำไฟฟ้าลดลง แสดงให้เห็นว่าสารแตกตัวในน้ำลดลง อย่างไรก็ตามค่าการนำไฟฟ้าของน้ำจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ

น้ำที่มีค่าการนำไฟฟ้าประมาณ 0.05-2 ไมโครซีเมนซ์ต่อเซนติเมตร จะเพิ่มขึ้นเป็น 2-4 ไมโครซีเมนซ์ต่อเซนติเมตร หลังจากเก็บไว้ 2-3 สัปดาห์ ค่าที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการดูดซึมคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศ รวมทั้งแอมโมเนียจำนวนเล็กน้อยด้วย โดยทั่วไป น้ำดื่มและน้ำใช้ในสหรัฐอเมริกาจะมีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วงระหว่าง 50-1,000 ไมโครซีเมนซ์ต่อเซนติเมตร สำหรับน้ำเสียที่เกิดจากอาคารบ้านเรือนค่านี้จะชี้ให้เห็นถึงคุณสมบัติของน้ำประปาในเขตนั้น น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมบางแห่งอาจมีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่า 1,000 ไมโครซีเมนซ์ต่อเซนติเมตร (กรรณิการ์, 2525)

นราธิป (2543) กล่าวว่า สารสำคัญที่ละลายอยู่ในน้ำผิวดินตามธรรมชาติได้แก่ แคลเซียม ฟอสเฟต และไนเตรท ทำให้สภาพการนำไฟฟ้าของน้ำจะแปรผันตามความเข้มข้นของสารละลาย อุณหภูมิ ความเป็นกรดด่างของน้ำซึ่งขึ้นอยู่กับอิทธิพลของสภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำหรือลุ่มน้ำ เช่น ลักษณะทางธรณีวิทยา ดินและหิน ภูมิประเทศ ฝน การระเหยของน้ำ ปริมาณน้ำ กระบวนการทางชีวเคมีในแหล่งน้ำและกิจกรรมของมนุษย์ เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับ Reid (1961) ได้ทำการศึกษาถึงสารสำคัญต่าง ๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำผิวดินตามธรรมชาติ พบว่าส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของสารประกอบคาร์บอเนต ซัลเฟต คลอไรด์ ฟอสเฟต และไนเตรท สภาพภูมิประเทศ ลักษณะทางธรณี และลักษณะของดินในแต่ละลุ่มน้ำที่แตกต่างกันมีอิทธิพลทำให้ปริมาณอนินทรีย์สารที่ละลายในน้ำแตกต่างกันไป (จำเนียร, 2523) และปัจจัยอีกประการหนึ่งที่ทำให้ค่าการนำไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไป คือ ฤดูกาล โดยเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะมีผลต่อการแตกตัวของสารละลายเช่นกัน ในช่วงอุณหภูมิ 15-30 องศาเซลเซียส ทุกๆ หนึ่งองศาที่เพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะทำให้ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 2 เสมอ ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำหรือความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันและมีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการบริโภค อุปโภค การเพาะปลูก การเลี้ยงสัตว์ น้ำในการชลประทานนั้น ค่าการนำไฟฟ้ามีความสำคัญมาก ควรมีการตรวจวัดเป็นอันดับแรกเพื่อประเมินคุณภาพน้ำเสมอ น้ำที่มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำสูง แสดงว่ามีสารบางชนิดสูงมากเช่นกัน ทำให้ไม่เหมาะสมในการใช้ เพราะอาจส่งผลเสียต่อสุขภาพ และผลกระทบต่อเศรษฐกิจ ในด้านชลประทานนั้นแนะนำว่า น้ำที่มีค่าการนำไฟฟ้าระหว่าง 750-1,500 ไมโครซี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมนซ์ต่อเซนติเมตร (ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ 500-1000 มิลลิกรัมต่อลิตร) สามารถใช้ได้อย่างปลอดภัย (สิทธิชัย, 2549)

3.1.5 ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH of water)

ความเป็นกรดเป็นด่างหรือพีเอช (pH) เป็นค่าแสดงความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออน (H^+) ในน้ำมาจากคำว่า Positive potential of the hydrogen ions ความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลาย คือ ค่าลบของ Logarithm ของความเข้มข้นของ H^+ หรือ pH = -Log (H^+) สิ่งที่ชี้บอกความเป็นกรดคือ ความเข้มข้นของไฮโดรเจนอิออน (H^+) และสิ่งที่ชี้บอกความเป็นด่างคือ ความเข้มข้นของไฮดรอกซิลอิออน (OH^-) ค่าความเป็นกรดเป็นด่างไม่ได้บอกถึงความเป็นกรดหรือด่างรวมของสารละลายนั้นๆ แต่บอกถึงความเข้มข้นของไฮโดรอิออน ณ เวลานั้น สารละลายที่มีความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากันอาจมีความเป็นกรดและความเป็นด่างต่างกัน (กรรณิการ์, 2525) โมเลกุลของสารละลายจะสามารถแตกตัวให้เป็นไฮโดรเจนอิออน (H^+) และไฮดรอกซิลอิออน (OH^-) ได้มากน้อยต่างกัน ปริมาณของ H^+ และ OH^- เป็นสิ่งที่ชี้บอกความเป็นกรดและด่างของสารละลายตามลำดับ โดยใช้ความเป็นกรดเป็นด่างเป็นหน่วยบอกความเข้มข้นของ H^+ สำหรับน้ำบริสุทธิ์จะมี H^+ และ OH^- เท่ากับ 10^{-7} โมลต่อลิตร คิดเป็นค่าความเป็นกรดเป็นด่างเท่ากับ 7 โดยให้แทนความเป็นกลาง ถ้าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำกว่า 7 แสดงว่าสารละลายมีฤทธิ์เป็นกรด และถ้าความเป็นกรดเป็นด่างสูงกว่า 7 แสดงว่าสารละลายมีฤทธิ์เป็นด่าง (กรรณิการ์, 2522)

ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติโดยทั่วไปจะมีค่าระหว่าง 5-9 (EPA, 1973) Henriksen and Seip (1980) กล่าวว่า ถ้าความเป็นกรดเป็นด่างระหว่าง 4.8-5.5 เป็นระดับที่มีความเป็นกรดจัด ถ้าสูงกว่า 5.5 เป็นระดับที่แสดงความเป็นกรดอ่อน และศึกษาระดับความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำในแม่น้ำและทะเลสาบต่างๆ ในภาคใต้ของนอร์เวย์และสก็อตแลนด์ พบว่า ธาตุคาร์บอนในอินทรีย์สารและอลูมิเนียมในดินทำให้ระดับความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำสูงขึ้น เนื่องจากมีการชะล้างเพิ่มของอลูมิเนียมจากดิน และมีการสะสมของสารที่มีความเป็นกรดของบรรยากาศ น้ำที่ซึมหรือไหลผ่านบริเวณที่มีหินปูนจะมีระดับความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำมากกว่า 9 สังเกตเห็นได้จากน้ำที่ผ่านเขาหินปูนในภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทยจะพบว่าเป็นด่าง (มีค่า 8-9) ยิ่งถ้าเป็นแหล่งน้ำปิดมีแต่การระเหยออกอย่างเดียว ระดับความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำอาจสูงถึง 12 Douhertyg and Morgan (1991) กล่าวว่าในแหล่งน้ำที่เป็นกรดมากและมีธาตุอาหารสูงจะพบตัวอ่อนริ้นน้ำจืดในสกุล *Procladius* และสกุล *Tanytarsus* แต่ถ้าน้ำจืดที่มีความ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เป็นกรดด่างไม่แน่นอนและมีธาตุอาหารสูงจะพบตัวอ่อนริ้นน้ำจืดในสกุล *Glyptotendip* และชนิด *Zalustschia zalustschicofa* สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันทำให้ระดับความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำในแหล่งธรรมชาติอาจมีค่าแตกต่างกันได้ (สิทธิชัย, 2549) ความแตกต่างของความเป็นกรดเป็นด่างขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมหลายประการ เช่น ลักษณะพื้นดินและหิน ปริมาณน้ำฝน ตลอดจนการใช้ที่ดินในบริเวณแหล่งน้ำเหล่านั้น มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินกำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษ ให้น้ำมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 5-9 (กรมควบคุมมลพิษ, 2538)

3.1.6 ความเป็นด่างของน้ำ (Alkalinity of water)

ความเป็นด่างของน้ำ หมายถึง ความสามารถหรือคุณสมบัติของน้ำในการทำให้กรดเป็นกลาง ความเป็นด่างของน้ำประกอบด้วยคาร์บอเนต (CO_3^{2-}) ไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) และไฮดรอกไซด์ (OH^-) แต่อาจจะมีพวกซิลิเกต ฟอสเฟต อาร์ซิเนต อลูมิเนต และสารอินทรีย์ต่างๆ อยู่บ้างแต่มีปริมาณน้อย (ชาญยุทธ, 2533) ค่าความเป็นด่างโดยตัวมันเองไม่ถือว่าเป็นสารมลพิษ แต่มีผลเกี่ยวกับคุณสมบัติด้านอื่นๆ เช่น ความเป็นกรดเป็นด่าง ความเป็นกรด (Acidity) และความกระด้าง (Hardness) (กรรณิการ์, 2522) คุณสมบัติของความเป็นด่างต่อแหล่งน้ำเป็นตัวการควบคุมไม่ให้ความเป็นกรดเป็นด่างเปลี่ยนแปลงเร็วเกินไป ค่าความเป็นด่างของน้ำมีค่าแตกต่างกันไป โดยมีค่าตั้งแต่ 25-500 มิลลิกรัมต่อลิตร แหล่งน้ำเสียชุมชนหรือจากโรงงานอุตสาหกรรมอาจมีค่าเป็นด่างสูง เกณฑ์ที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำควรมีค่าความเป็นด่างระหว่าง 100-120 มิลลิกรัมต่อลิตร เราสามารถปรับค่าความเป็นด่างให้สูงขึ้นโดยใส่ปูนขาว การลดความเป็นด่างและความกระด้างจะทำได้ยากไม่นิยมกระทำกัน (นันทนา, 2539)

ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ความเป็นด่างมีความสำคัญ เพราะความเป็นด่างไปมีปฏิสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำอื่นๆ ที่มีผลต่อสุขภาพของสัตว์น้ำ หรือความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศ อิออนที่ไม่ได้อยู่ในรูปของสารประกอบเชิงซ้อนของโลหะหนักบางชนิด (เช่น ทองแดง สังกะสี แคดเมียม นิกเกิล และอะลูมิเนียม) เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำอย่างรุนแรง ความสามารถในการละลายและความเข้มข้นของอิออนอิสระลดลงเมื่อพีเอชเพิ่มขึ้น ดังนั้นความรุนแรงของความเป็นพิษของโลหะลดลงเมื่อความเป็นด่างเพิ่มขึ้นเนื่องจากโดยทั่วไปพีเอชเพิ่มขึ้นตามความเป็นด่าง (Boyd and Tucker, 1998)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.1.7 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved oxygen; DO)

ปริมาณออกซิเจนในน้ำเป็นค่าที่บอกถึงความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ แหล่งน้ำได้รับออกซิเจนมากหรือน้อยขึ้นกับอุณหภูมิ การสังเคราะห์แสง ความกดดันของบรรยากาศและความเข้มของเกลือแร่ในแหล่งน้ำ เป็นต้น ถ้าอุณหภูมิและความเข้มของเกลือแร่ในน้ำสูงออกซิเจนจะละลายในน้ำได้น้อยลง (วิไลลักษณ์, 2531) ซึ่งสอดคล้องกับอนุชา (2534) ที่รายงานว่า ค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำจะเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาลคือ มีค่าสูงสุดในช่วงฤดูหนาวและต่ำสุดในช่วงฤดูร้อน โดยไมตรีและจารุวรรณ (2528) ได้สรุปสาเหตุที่ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงไว้ว่ามีสาเหตุมาจากการหายใจของสัตว์น้ำและพืชน้ำ จากการย่อยสลายของอินทรียวัตถุต่างๆ การลดลงของออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีสาเหตุใหญ่ดังนี้ จากปฏิกิริยาชีวเคมีในการออกซิไดส์ (Oxidized) สารอินทรีย์คาร์บอนในน้ำและไนโตรเจนในแหล่งน้ำ จากกระบวนการหายใจของสิ่งมีชีวิตและจากสารเคมีที่ต้องการออกซิเจนอย่างฉับพลัน เช่น ซัลไฟด์ (Sulfide) เป็นต้น นอกจากนี้การปล่อยของเสียลงไปในแม่น้ำลำคลองยังสามารถพิจารณาได้จากปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำได้ด้วย ซึ่งน้ำที่มีคุณภาพน้ำดีควรมีออกซิเจนละลายอยู่ระหว่าง 5-7 มิลลิกรัมต่อลิตร และจากการปล่อยของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ เป็นเหตุให้ออกซิเจนในน้ำลดลงและเกิดตะกอนเน่าเสียที่พื้นดิน และขณะนี้แหล่งน้ำที่มีความสำคัญ เช่น แม่น้ำเจ้าพระยา ท่าจีน แม่กลองและบางปะกง เกิดปัญหาน้ำเน่าเสียทั้งสิ้น รวมถึงอ่าวไทยตอนบนที่เป็นแหล่งรวมของแม่น้ำสายดังกล่าวโดยเฉพาะฤดูแล้ง (สัทธา, 2529)

ปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำได้แก่ อุณหภูมิ อัตราการหายใจของสัตว์น้ำ อัตราการสังเคราะห์แสง ความลึกของน้ำ ความดันบรรยากาศ ช่วงเวลาของวันและฤดูกาล ปริมาณสารอินทรีย์ ประสิทธิภาพการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนและความเค็มของน้ำ นอกจากนี้ สิทธิชัย (2549) กล่าวว่า ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาลคือ มีค่าสูงสุดในฤดูหนาวแล้วลดลงในฤดูฝนและฤดูร้อนตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในฤดูกาลต่างๆ บนภูเขาภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทยพบว่า ในทุกสภาพการใช้ที่ดินบนภูเขาบริเวณดอยปุย จังหวัดเชียงใหม่ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะมีค่าสูงสุดในฤดูหนาวและมีค่าต่ำสุดในฤดูร้อน และจากการศึกษาค่าออกซิเจนที่บริเวณอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่พบว่าออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำในลำธารเฉลี่ยระหว่าง 6.0-7.9 มิลลิกรัมต่อลิตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.1.8 สารอาหาร (Nutrients) มีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแหล่งน้ำ สารอาหารที่สำคัญ มีดังนี้

ก) ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate-nitrogen; NO_3-N)

ไนเตรท เป็นสารประกอบไนโตรเจนที่สำคัญในน้ำอย่างหนึ่ง จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งไนโตรเจนสำหรับการเจริญเติบโตของพืชสามารถนำไปใช้ในการสร้างโปรตีนเพื่อเป็นอาหารของคนและสัตว์ต่อไป ไนเตรทเกิดจากการที่สิ่งมีชีวิตปล่อยของเสียซึ่งมีสารประกอบไนโตรเจนออกมาเมื่อสิ่งมีชีวิตตายลง โปรตีนในสิ่งมีชีวิตจะถูกย่อยสลายเปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย ซึ่งพืชนำไปใช้ในการสร้างโปรตีนได้ ถ้ามีปริมาณมากเกินความต้องการ แอมโมนียจะถูกออกซิไดซ์โดยแบคทีเรียไปเป็นไนไตรต์และไนเตรทต่อไป ในน้ำผิวดินจะพบไนเตรทในปริมาณน้อย มักต่ำกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตรของไนโตรเจน และสูงไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตรของไนโตรเจน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ นอกจากไนเตรทเข้าสู่แหล่งน้ำจากการเน่าเปื่อยของสิ่งมีชีวิตแล้วยังมาจากปุ๋ยที่ใช้เพื่อการเกษตรกรรม (เกินขนาดและต่อเนื่อง) และน้ำเสียอีกด้วย

ไนเตรท-ไนโตรเจนเป็นผลจากปฏิกิริยาออกซิเดชันขั้นสุดท้ายของไนโตรเจน น้ำที่ไม่มีมลภาวะมีไนเตรทประมาณ 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่น้ำที่มีมลภาวะจะมีไนเตรทอยู่ถึง 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าน้ำที่บริโภคมีปริมาณไนเตรทสูงอาจทำให้เกิดโรคตัวเขียวในเด็กต่ำกว่า 1 ปี และอาจตายได้ นอกจากนี้แอมโมเนียที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรีย เป็นรูปที่มีความเป็นพิษสูงต่อสิ่งมีชีวิต แต่ก็ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความเป็นกรดเป็นด่าง ถ้าอุณหภูมิและความเป็นกรดเป็นด่างต่ำจะทำให้มีไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียในน้ำเพิ่มขึ้น (Abel, 1989) ความเป็นพิษก็จะเพิ่มขึ้นสูงด้วย

ข) แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Ammonia-nitrogen; NH_3-N)

แอมโมเนียม เป็นไนโตรเจนที่อยู่ในรูปของเกลือแอมโมเนีย เช่น แอมโมเนียมคาร์บอเนต $[(NH_4)_2CO_3]$ แอมโมเนียมซัลเฟต $[(NH_4)_2SO_4]$ หรือ แอมโมเนียอิสระไนโตรเจนซึ่งเกิดจากการย่อยสลายทางชีวภาพของสารอินทรีย์ไนโตรเจน ดังนั้นที่มีแอมโมเนียมากมักมีแนวโน้มว่าเป็นน้ำเสียหรือน้ำสกปรก (มั่นสิน, 2540)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แอมโมเนียปกติจะมีอยู่ในน้ำตามธรรมชาติในปริมาณน้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจัดว่าเป็นสภาพไม่มีมลพิษเกิดขึ้น ในสภาพที่มีความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนสูงจะเกิดมลพิษต่อสิ่งมีชีวิต โดยจะไปเพิ่มความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำให้สูงขึ้น (นันทนา, 2539) ซึ่งสอดคล้องกับ อุดรและจารุรัตน์ (2524) พบว่าถ้าแอมโมเนียละลายอยู่น้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ในแหล่งน้ำผิวดินตามธรรมชาติจะยังไม่เกิดการเน่าเสีย และปัญหาจากแอมโมเนียเนื่องจากการย่อยสลายโปรตีนและยูเรียจะปลดปล่อยแอมโมเนียออกมา และจะเกิดปัญหาถ้าแหล่งน้ำมีออกซิเจนที่ต่ำ โดยแอมโมเนียจะสะสมเพราะไม่สามารถเป็นไนไตรท์และไนเตรทได้ ซึ่งส่งผลกระทบทั้งในเรื่องกลิ่นและทำให้เกิดความเป็นด่าง นอกจากนี้ยังเป็นพิษต่อแหล่งน้ำถ้ามีค่ามากกว่า 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ในกรณีที่แหล่งน้ำมีความเป็นกรดเป็นด่างต่ำกว่า 7 แอมโมเนียมักจะละลายในรูป NH_4^+ และจะถูกยึดด้วยสารประกอบที่มีประจุลบในตะกอนดิน แต่จะมีพิษต่ำกว่าแอมโมเนีย และที่สำคัญมันจะถูกยึดไว้จึงชะล้างออกมาได้ยากกว่า (เดชาพล, 2544)

มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินต้องมีแอมโมเนียมีค่าไม่เกินกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร การแตกตัวของแอมโมเนียขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดเป็นด่างและอุณหภูมิของน้ำ คือ หากความเป็นกรดเป็นด่างลดลงการแตกตัวของแอมโมเนียก็จะดีขึ้นทำให้เกิดความเป็นพิษลดลง (จารุวรรณและไมตรี, 2528)

ค) ฟอสเฟต (Orthophosphate; PO_4^{3-})

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่สำคัญและจำเป็นอย่างมากในกระบวนการเมทาบอลิซึมในสิ่งมีชีวิตต่างๆ ธาตุนี้มีอยู่เป็นปริมาณน้อยมากในธรรมชาติ จึงจัดได้ว่าเป็นธาตุที่มีอยู่จำกัดต่ออัตราผลผลิตทางชีวภาพ วัฏจักรของฟอสฟอรัสมีความซับซ้อน ฟอสฟอรัสในน้ำจืดมีอยู่ในรูปอนุภาคตะกอน ซึ่งมีอยู่ในสิ่งมีชีวิตต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแพลงก์ตอนพืช นอกจากนั้นอนุภาคตะกอนกับอนุภาคของหยดของเหลวจะสูญเสียออกจากเขตผลผลิตโดยการตกตะกอน (Sedimentation) และบางส่วนถูกละลายน้ำเป็นออร์โธฟอสเฟตที่ละลายน้ำ ซึ่งในไม่ช้าก็จะถูกนำไปใช้อย่างรวดเร็วโดยสิ่งมีชีวิตในน้ำ ดังนั้นปริมาณออร์โธฟอสเฟตจึงมีปริมาณต่ำในเขตผลผลิตในน้ำจืด ฟอสเฟตในน้ำมี 3 ชนิดคือ ออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphate) โพลีฟอสเฟต (Polyphosphate) และฟอสเฟตอินทรีย์ (Organic phosphate) (นันทนา, 2539)

1) สารประกอบออร์โธฟอสเฟต โดยสารประกอบเหล่านี้ละลายน้ำได้ดี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แพลงก์ตอนพืชสามารถนำไปใช้ได้ สารประกอบพวกออร์โธฟอสเฟตนี้บางทีเรียกว่า Soluble reactive phosphorus ซึ่งมีความสำคัญต่อสัตว์น้ำ ออร์โธฟอสเฟตเป็นรูปเดียวที่สามารถวิเคราะห์หาได้โดยตรง สำหรับรูปอื่นจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงกลับมาเป็นออร์โธฟอสเฟตก่อนจึงทำการวิเคราะห์ได้

2) สารประกอบโพลีฟอสเฟต สารพวกนี้มักพบในน้ำทิ้งจากบ้านเรือนชุมชนเนื่องจากเป็นองค์ประกอบของผงซักฟอก แต่สารพวกนี้เป็น Dehydrated phosphate ดังนั้นจึงถูกไฮโดรไลส์ในน้ำกลับเป็นออร์โธฟอสเฟตตามเดิม

3) ฟอสเฟตอินทรีย์ คือสารประกอบฟอสฟอรัสที่เกิดจากขบวนการทางชีวภาพ เป็นฟอสเฟตที่รวมกับสารอินทรีย์ต่างๆ เช่น Nucleic acid, Phospholipids, Sugar pohosphate รวมทั้งฟอสฟอรัสที่อยู่ในซากพืชซากสัตว์ (ประเทือง, 2534)

ฟอสเฟตเป็นสารอาหารที่มีความสำคัญต่อการทำงานและการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ แต่ถ้าในแหล่งน้ำมีฟอสเฟตมากเกินไปจะทำให้เกิดสภาวะที่เรียกว่ายูโทรฟิเคชั่น (Eutrofication) โดยเฉพาะถ้ามีปริมาณไนเตรทมากในน้ำ ซึ่งจะทำให้พืชน้ำเติบโตอย่างรวดเร็วและทำให้เกิดภาวะขาดออกซิเจนขึ้นในแหล่งน้ำอันเนื่องเกิดจากการตายและการย่อยสลายที่เกิดขึ้นอย่างมากของพวกพืชน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพวกสาหร่าย โดยมีจุลินทรีย์เป็นผู้ย่อยสลาย กิจกรรมการใช้ผงซักฟอกในการชำระล้างและทิ้งลงสู่แหล่งน้ำมีผลในการเพิ่มปริมาณฟอสเฟตในแหล่งน้ำ คุณภาพน้ำที่ไม่ได้รับอิทธิพลเนื่องจากมลพิษมีปริมาณฟอสเฟตอยู่ที่ 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร (นันทนา, 2539)

ง) ซัลเฟต (Sulfate; SO_4^{2-})

ซัลเฟตเป็นอิออนประจุลบ (Anion) ที่สำคัญในน้ำ ซัลเฟตอาจมาจากดินหรือหินตะกอน โดยในน้ำมีปริมาตรความเข้มข้นในช่วง 5-50 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่จะมีความเข้มข้นสูงมากในแหล่งน้ำที่มีความเค็ม (Saline lake) เกลือแร่ในธรรมชาติทำให้เกิดน้ำกระด้างถาวรเป็นตะกรันในหม้อต้ม อนุมูลนี้โดยลำพังไม่มีผลต่อสุขภาพอนามัย แต่หากมีธาตุแมกนีเซียมสูงด้วยจะทำให้เกิดผลคล้ายยาระบาย โดยทั่วไปซัลเฟตมีผลทำให้เกิดรสได้น้อยกว่าคลอไรด์ ซัลเฟตอาจเป็นแหล่งให้ออกซิเจนสำหรับปฏิกิริยาทางชีวเคมีโดยแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจน (Anaerobic

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

bacteria) ซึ่งซัลเฟตจะถูกรีดิวส์ให้เป็นซัลไฟด์และเมื่อทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนจะเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ขึ้น ส่วนมากซัลเฟตจะถูกพืชน้ำชั้นสูงนำไปใช้รวมทั้งสาหร่ายด้วย (นันทนา, 2539)

4. การประยุกต์ใช้แมลงน้ำในการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม

การประยุกต์ใช้แมลงน้ำในการประเมินผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก Pinder and Morley (1995) ศึกษาศักยภาพของแมลงน้ำกลุ่ม Chironomidae เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของคุณภาพน้ำในทะเลขนาดเล็ก ประเทศอังกฤษ Liess (1998) และ Collier (1995) ประเมินผลกระทบของการใช้ยาฆ่าแมลง และการใช้พื้นที่ในการทำการเกษตรแผนใหม่ต่อความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงน้ำและสิ่งแวดล้อมในแหล่งน้ำ และผลกระทบของการสร้างเขื่อนและสิ่งกีดขวางในลำน้ำต่อความหลากหลายทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ ทั้งพืชน้ำ นกน้ำ ปลา และแมลงน้ำ (Kingsford, 2000) โดยงานวิจัยดังกล่าวตรงกับสถานการณ์ปัจจุบันในประเทศไทยที่การสร้างเขื่อนมีผลทำให้ความหลากหลายทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิตลดลงเป็นอย่างมาก อันเกิดจากการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศตามธรรมชาติ การประเมินผลกระทบและติดตามคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำมีหลายวิธี นอกเหนือจากวิธีวิเคราะห์ทางเคมีและการทดสอบความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตแล้ว การใช้สิ่งมีชีวิต เช่น พืชน้ำ สาหร่าย แมลงน้ำ และปลาเป็นตัวบ่งบอกคุณภาพน้ำเป็นที่นิยมกันอย่างกว้างขวาง แมลงน้ำในแหล่งน้ำจืดซึ่งส่วนมากร้อยละ 90 เป็นระยะตัวอ่อนของแมลงน้ำ เป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่ได้รับความนิยมในการใช้ประเมินผลกระทบ และติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำในหลายประเทศในโลก (Rosenberg and Resh, 1993)

ในปัจจุบันมีการพัฒนานำข้อมูลเกี่ยวกับความหลากหลายของตัวอ่อนแมลงน้ำมาใช้ประเมินคุณภาพและผลกระทบสิ่งแวดล้อม รวมทั้งนำมาเป็นข้อมูลร่วมในการจัดการพื้นที่และการใช้ที่ดินในแหล่งน้ำจืดของหลายประเทศในทวีปยุโรป อเมริกาและออสเตรเลีย (Hellawell, 1986; Hawkins and Vinsons, 2000; Hawkins *et al*., 2000) วิธีการประเมินทางชีวภาพเป็นวิธีการหลักในการวัดสุขภาพของระบบนิเวศแหล่งน้ำผิวดิน (Ecological health of surface water) (Hawkins and Norris, 2000) แนวคิดการใช้วิธีนี้ในการบ่งชี้คุณภาพแหล่งน้ำและสิ่งแวดล้อมในลำธารและแม่น้ำเริ่มขึ้นในประเทศเยอรมันโดยนักธรรมชาติวิทยา ได้เสนอระบบ Saprobien สำหรับการบ่งชี้มลภาวะจากสารอินทรีย์ ซึ่งมีผลทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำลดลง ระบบนี้ประกอบด้วยบัญชีรายชื่อของสิ่งมีชีวิตที่เป็นตัวบ่งชี้ เช่น บักเตรี สาหร่าย ฟังไจ โปรโตซัว และสัตว์ไม่มีกระดูก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สันหลัง สำหรับตัวอ่อนชีปะขาวและตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำถูกจัดจำแนกเป็น Intolerant indicator species บ่งชี้น้ำสะอาด ในขณะที่ตัวอ่อนริ้นน้ำจืด (หนอนแดง) และหนอนไส้เดือนถูกจัดจำแนกเป็น Tolerant indicator species บ่งชี้มลภาวะของน้ำ แนวคิดนี้เป็นที่ยอมรับและได้รับการพัฒนาให้เหมาะสมกับประเทศที่นำไปใช้ เช่น พัฒนาเป็นระบบ BMWP Score (Biomonitoring Working Party Score) ของสหราชอาณาจักร (National Water Council, 1981) ไปใช้นอกยุโรป เช่น อินเดีย (De Zwart and Trivedi, 1994) ออสเตรเลีย (Campbell, 1982; Chessman, 1995) และประเทศไทย (Mustow, 1997; Sangpradub *et al*., 1998) ในประเทศสหรัฐอเมริกามีการใช้ข้อมูลแมลงน้ำมาร่วมประเมินคุณภาพแหล่งน้ำ (Hellawell, 1989) และปัจจุบันได้พัฒนาเป็นวิธีการที่รวดเร็วขึ้น (Rapid assessment) (Resh and Jackson, 1993) Protocol ที่นิยมมากคือของ (Plafkin *et al*., 1989) ในส่วนของแมลงน้ำข้อมูลที่นำมาพิจารณาคือ EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) Richness, Percent of scrapers, Scraper/Filterer ratio และ EPT/Chironomid ratio เป็นต้น นอกจากนี้ Lemly (1998) ได้วิจัยพบว่าบักเตรีที่ขึ้นบนตัวของแมลงน้ำมีศักยภาพที่จะมาใช้เป็นวิธีการทางชีวภาพสำหรับประเมินคุณภาพน้ำได้ แม้ว่าจะมีการนำไปใช้ประโยชน์ในหลายประเทศทั่วโลกดังกล่าว แต่การนำข้อมูลตัวอ่อนแมลงน้ำมาใช้ในประเทศแถบเอเชียยังมีน้อยมาก (Rundel *et al*., 1993; Dudgeon, 1994) เนื่องจากความรู้เกี่ยวกับระยะตัวอ่อนในภูมิภาคนี้ยังมีน้อย การศึกษาในภูมิภาคนี้ส่วนใหญ่สนใจด้านอนุกรมวิธานและการแพร่กระจายของระยะตัวเต็มวัยมากกว่า (Hynes, 1984)

แมลงหนอนปลอกน้ำเป็นแมลงน้ำกลุ่มที่มีการพัฒนาสูง จัดอยู่ในอันดับ Trichoptera ตัวเต็มวัยมีลักษณะคล้ายคลึงกันอย่างมากกับกลุ่มผีเสื้อกลางคืน (Moth) โดยส่วนมากลำตัวมีสีดำ เทา หรือสีน้ำตาลเข้ม ออกบินในเวลากลางคืน เมื่อเกาะอยู่กับที่ปีกพับเป็นรูปหลังคา (Roof-like) หนวดยาวเรียวบางชนิดยาวกว่าปีก ออกหากินในเวลากลางคืนส่วนเวลากลางวันจะพักอาศัยอยู่ตามพุ่มไม้ข้างๆ ลำธาร ตัวเมียวางไข่ในน้ำหรือบนพืชน้ำหรือบริเวณต้นไม้ที่ห้อยเหนือน้ำ ตัวอ่อนอาศัยอยู่ในน้ำ ส่วนมากจะสร้างปลอก (Case) จากวัสดุที่มีอยู่ในลำธารที่เป็นที่อยู่อาศัย โดยวัสดุที่นำมาสร้างปลอกนั้นจะแตกต่างกับแล้วแต่ชนิด บางชนิดใช้เม็ดทราย บางชนิดใช้ใบไม้หรือกิ่งไม้ แต่มีบางชนิดไม่สร้างปลอก (Free living form) วงจรชีวิตของแมลงน้ำกลุ่มนี้เริ่มจากเมื่อตัวเต็มวัยผสมพันธุ์และวางไข่ ไข่ฟักเป็นตัวอ่อนใช้เวลาประมาณ 1-2 วัน จากนั้นตัวอ่อนอาศัยอยู่ในน้ำพัฒนาเป็นตัวอ่อนระยะต่างๆ โดยทั่วไปแมลงน้ำกลุ่มนี้มี 5 ระยะ เมื่อตัวอ่อนโตเต็มที่จะเข้าดักแด้และพัฒนาเป็นตัวเต็มวัย วงชีวิตส่วนใหญ่ใช้เวลาประมาณ 1 ปี แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณอาหาร รวมทั้งปัจจัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ของสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เช่น อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิน้ำ ซึ่งจะมีผลต่อการพัฒนาของแมลงน้ำกลุ่มนี้แทบทั้งสิ้น (Wiggins, 1996; Dudgeon, 1999)

แมลงน้ำกลุ่มไทรคอบเทอร่าเป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดใหญ่อีกชนิดหนึ่งที่สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพที่ได้ผลดี เนื่องจากสามารถพบได้ในเกือบทุกพื้นที่ทั่วโลกโดยมีมากกว่า 11,000 ทั่วโลก (Morse, 2001) นอกจากนี้ยังพบว่ามีความเป็นไปได้สูงในการจัดจำแนกเนื่องจากความรู้ในเรื่องอนุกรมวิธานและข้อมูลในการจัดจำแนกค่อนข้างสมบูรณ์ อีกทั้งการเก็บตัวอย่างโดยเฉพาะตัวเต็มวัยนั้นกระทำได้โดยง่ายโดยเฉพาะการใช้ไฟล่อ ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับใช้ในการประเมินคุณภาพของแหล่งน้ำ โดยเฉพาะในแม่น้ำที่มีขนาดใหญ่ๆ ได้เป็นอย่างดีโดย Chantaramongkol (1983) ได้ทำการศึกษาตัวเต็มวัยของแมลงหนอนปลอกน้ำโดยใช้ไฟล่อ และได้ทำการเปรียบเทียบการปรากฏของแมลงหนอนปลอกน้ำกับค่า Saprobic Index ในแม่น้ำ Danube ในประเทศฮังการี พบว่าแหล่งน้ำที่มีระดับของคุณภาพน้ำที่ต่างกันนั้น ทำให้ชนิดและองค์ประกอบของแมลงหนอนปลอกน้ำที่พบแตกต่างกันไปด้วย Sykora *et al*. (1997) พบว่าความหลากหลายของชนิดที่พบจะสามารถบ่งบอกถึงสภาพแวดล้อมและระบบนิเวศในขณะนั้นได้เป็นอย่างดี ซึ่งสอดคล้องกับ Sommerhauser *et al*. (1999) ที่พบว่า ความหลากหลายของแมลงหนอนปลอกน้ำในระดับวงศ์นั้นมีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมของป่าไม้รอบๆ ถิ่นที่อยู่อาศัยนั้นด้วย ซึ่งรวมไปถึงพืชพรรณ สภาพภูมิประเทศ ฤดูกาล ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล และความกว้างของลำน้ำ (Huisman, 1989; แตงอ่อน, 2542) โดยแมลงหนอนปลอกน้ำที่พบจะสามารถใช้เป็นข้อมูลที่แสดงถึงสถานภาพของนิเวศวิทยาบนบกและในน้ำได้เป็นอย่างดี ด้วยเหตุนี้จำนวนและชนิดของแมลงหนอนปลอกน้ำจึงมีประโยชน์มากในการบ่งบอกและประเมินสภาพแวดล้อมและสถานะของแหล่งน้ำ แต่การใช้แมลงหนอนปลอกน้ำระยะตัวเต็มวัยเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของแหล่งน้ำอาจจะมีคำถามเกิดขึ้นว่าระยะตัวเต็มวัยที่จับได้นั้นมาจากบริเวณใดของแหล่งน้ำหรือมาจากแหล่งน้ำนั้นโดยตรง หรือบินมาจากที่อื่น หรือมีอายุการเป็นตัวเต็มวัยนานเท่าใดแล้ว เป็นที่ทราบโดยทั่วไปว่าแมลงหนอนปลอกน้ำมีระยะตัวอ่อนและระยะดักแด้อาศัยอยู่ในน้ำ ระยะตัวอ่อนจะมีการเคลื่อนที่ได้น้อยมากคือ มีระยะการเคลื่อนที่เพียงใกล้ๆ และในระยะดักแด้จะไม่มีการเคลื่อนที่เลย ดังนั้นในระยะตัวอ่อนและระยะดักแด้น่าจะใช้ในการสะท้อนสภาพโดยรวมของปัจจัยในแหล่งน้ำนั้นได้ดีกว่าระยะตัวเต็มวัย แต่ข้อจำกัดของการศึกษาการใช้แมลงหนอนปลอกน้ำระยะตัวอ่อนเพื่อเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำคือไม่สามารถจัดจำแนกในระดับชนิดได้ จากหลักความจริงที่ว่าสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะมีความเฉพาะเจาะจงกับสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่จะต้องศึกษาแมลงหนอนปลอกน้ำระยะตัวอ่อนให้ได้ในระดับชนิด เพราะถ้าสามารถศึกษาและจัดจำแนกแมลงหนอนปลอกน้ำระยะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตัวอ่อนได้ในระดับชนิดแล้ว จะทำให้ข้อมูลที่ได้มีความแม่นยำมากขึ้นในการบ่งชี้สภาพแวดล้อมหรือคุณภาพน้ำที่สิ่งมีชีวิตชนิดนั้นๆ อาศัยอยู่ (Dudgeon, 1999)

ในประเทศแถบยุโรปและอเมริกาเหนือ (Metcalfe, 1989) ข้อมูลทางด้านชีววิทยาและอนุกรมวิธานของแมลงน้ำกลุ่มไทรคอบเทอร่าทั้งในระยะตัวอ่อน ดักแด้ และตัวเต็มวัย สามารถวินิจฉัยได้ในระดับชนิดและมีการประยุกต์ใช้ข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงน้ำกลุ่มไทรคอบเทอร่านี้ในการติดตามตรวจสอบสภาพแวดล้อมร่วมกับข้อมูลทางด้านกายภาพและเคมีในการทำนายและตัดสินคุณภาพน้ำ เช่น Roback (1974) พบว่า ตัวอ่อนของแมลงหนอนปลอกน้ำที่มีความทนทานต่อมลพิษ (Tolerant species) ส่วนมากมักจะเป็นพวกที่ไม่มีปลอก ในขณะที่พวกที่สร้างตาข่าย (Net builders) จะมีความคงทนต่อสภาวะที่มีสารอินทรีย์สูงๆ ได้ ซึ่ง Dohet (1999) พบว่าสภาวะสารอินทรีย์นั้นสามารถใช้ในการแบ่งกลุ่มแมลงหนอนปลอกน้ำได้ Navia *et al*. (1997) พบว่าแมลงหนอนปลอกน้ำบางสกุลมีความอ่อนไหวต่อมลพิษ (Sensitive species) ได้แก่ *Triplectides* spp., *Rhyacophila* spp., *Chimarra* spp. และ *Marilia* spp. ในขณะที่ *Leptonema* spp. (Navia *et al*., 1997) และ *Hydropsyche* (Dohet, 2002) มักมีความคงทนต่อสารอินทรีย์ แมลงหนอนปลอกน้ำบางชนิดยังสามารถบ่งบอกถึงสภาพของการฟื้นตัวของลำน้ำได้อีกด้วย เช่น *Hydropsyche angustipennis*, *Hydropsyche siltalia*, *Hydropsyche exopellata* และ *Hydropsyche pellicidula* (Stuijfzand *et al*., 1998)

สำหรับในประเทศไทย ข้อมูลเกี่ยวกับแมลงหนอนปลอกน้ำที่มีส่วนมากเป็นข้อมูลการศึกษาในระยะตัวเต็มวัย ในประเทศไทยพบมากกว่า 1,000 ชนิด (Malicky, 2010) ส่วนการศึกษาเกี่ยวกับแมลงหนอนปลอกน้ำในระยะตัวอ่อนยังมีการศึกษากันน้อยมาก เช่น Malicky (1999) ศึกษาระยะตัวอ่อนของแมลงหนอนปลอกน้ำสกุล *Ugandatrichia* spp. พบว่า *U. maliwan* Malicky and Chantaramongkol, 1991 จะอยู่ในบริเวณที่น้ำเชี่ยว พื้นท้องน้ำเป็นหินแกรนิตขนาดใหญ่ ตัวอ่อนระยะสุดท้ายเท่านั้นที่จะสร้างปลอกซึ่งจะคล้ายทรงกระบอก แบน มีขนาดใหญ่ ในระยะดักแด้ปลอกที่หุ้มตัวจะมีผิวเรียบ ส่วนใน *U. kerdmuang* Malicky and Chantatamongkol, 1991 นั้นจะชอบอยู่ในบริเวณที่น้ำไหลเอื่อยๆ และสร้างปลอกที่มีลักษณะคล้ายถุง ผิวของปลอกมีโครงสร้างลักษณะคล้ายแปรงหรือขนสัตว์อยู่อย่างหนาแน่น ปลอกมีช่องเปิดขนาดใหญ่อยู่ด้านหน้าเพียงช่องเดียว ด้านล่างของปลอกจะมีช่องว่างเล็กๆ อยู่มาก และให้รายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะแต่ละระยะของตัวอ่อนไว้ด้วย เมื่อศึกษาเกี่ยวกับชีวประวัติของ *U. maliwan* พบว่าเป็นแบบไม่มีฤดูกาลแน่นอน (Non-seasonal) โดยพบตัวเต็มวัยและดักแด้ทุกเดือนที่ทำการศึกษาและอาหารของตัวอ่อนคือ diatom

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(อิสระ, 2537) นอกจากนี้ Malicky and Chantaramongkol (1991) ศึกษาระยะตัวอ่อนของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Trichomacronema paniae* Malicky and Chantaramongkol, 1991 และ Thammasenanupap *et al*. (2005) ศึกษาระยะตัวอ่อนของแมลงหนอนปลอกน้ำชนิด *Himalopsyche achari*, *Arctopsyche hynreck*, *A variabilis*, cf. *Eoneureclipsis querquobad*, cf. *E. alekto* และ *Inthanopsyche trimeresuri* ในภาคเหนือของประเทศไทย ซึ่งการศึกษาเพื่อระบุชนิดของตัวอ่อนนั้นต้องอาศัยการเชื่อมโยงระหว่างระยะตัวอ่อน ดักแด้และตัวเต็มวัย ส่วนภาคใต้ของประเทศไทย Prommi (2007) ศึกษาความหลากหลายของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยโดยใช้กับดักแสงไฟล่อจำนวน 65 ครั้ง ระหว่างเดือนมกราคม 2547 ถึงเดือนกรกฎาคม 2548 พบแมลงหนอนปลอกน้ำเพศผู้ 23,196 ตัว โดยจำแนกได้ 18 วงศ์ 46 สกุล 215 ชนิด แมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae เป็นกลุ่มที่มีจำนวนชนิดมากที่สุด (46 ชนิด) จากการศึกษาพบชนิดใหม่ 21 ชนิดที่ได้รับการตั้งชื่อ (Malicky and Prommi, 2006) แมลงหนอนปลอกน้ำหลายชนิด เช่น *Chimarra bombltona*, *C. monorum*, *Diplectrona gombak* และ *Hydropsyche brontes* พบเป็นชนิดเด่นและพบเกือบทั้งหมดในทุกจุดเก็บตัวอย่าง แมลงหนอนปลอกน้ำหลายชนิดพบได้เฉพาะทางภาคใต้ เช่น *Rhyacophila tantichodoki*, *Ecnomus neri*, *Cheumatopsyche trilari* และแมลงหนอนปลอกน้ำหลายชนิดพบรายงานครั้งแรกในประเทศไทย เช่น *Diplectrona pseudofasciata*, *Hydropsyche biton*, *H. butes, Macrostemum albardana* และ *Anisocentropus magnus* การเชื่อมโยงระหว่างระยะตัวอ่อนที่ไม่ทราบชนิดกับระยะตัวเต็มวัยที่ทราบชนิดแล้วสามารถเชื่อมโยงได้ทั้งหมด 23 ชนิด ซึ่งครอบคลุม 9 สกุล ดังนี้ *Diplectrona gombak*, *Cheumatopsyche charites*, *C. copia*, *C. tramota*, *Potamyia chaos*, *P. phaidra*, *Hydropsyche assarakos*, *H. brontes*, *H. butes*. *H. camillus*, *H. dolosa*, *H. pallipenne*, *Hydatomanicus adonis*, *H. klanklini*, *Hydromanicus abiud*, *H. inferior*, *H. serubabel*, *Macrostemum dohrni*, *M. hestia*, *M. fenestratum, Pseudoleptonema quinquefasciatum*, *P. supalak*, *Trichomacronema tamdao* (Prommi *et al*., 2006a; 2006b)

การใช้แมลงน้ำกลุ่มไทรคอบเทอร่าเพื่อเป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำในประเทศไทยมีการศึกษาไว้ดังนี้ เช่น การศึกษาศักยภาพของการใช้แมลงหนอนปลอกน้ำเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำในแม่น้ำปิงภาคเหนือของประเทศไทย โดย Chaibu (2000) รายงานว่าพบแมลงหนอนปลอกน้ำ 11 ชนิดที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพน้ำและแมลงหนอนปลอกน้ำ 7 ชนิดเป็นชนิดที่ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ ต่อมา Laudee (2002) ศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงน้ำกลุ่มแมลงชีปะขาว แมลงเกาะหิน และแมลงน้ำกลุ่มไทรคอบเทอร่า และศึกษาผลกระทบต่อผิวหนังของแมลงน้ำกลุ่มไทรคอบเทอร่า *Stenopsyche siamensis* ในพื้นที่ลุ่มน้ำเชียงดาว จังหวัด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เชียงใหม่เพื่อใช้เป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพสิ่งแวดล้อม พบแมลงน้ำในกลุ่มแมลงชีปะขาวจำนวน 1,315 ตัว แมลงเกาะหิน 88 ตัว และแมลงน้ำกลุ่มไทรคอบเทอร่าเพศผู้ 460 ตัว ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำและชนิดของแมลงน้ำกลุ่มไทรคอบเทอร่า มีคุณภาพน้ำจำนวน 10 ปัจจัยที่มีความแตกต่างระหว่างพื้นที่ที่ศึกษา ประกอบด้วย ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ไนเตรท-ไนโตรเจน ซัลเฟต อุณหภูมิน้ำ ความเร็วของกระแสน้ำ และแมลงน้ำกลุ่มไทรคอบเทอร่า 28 ชนิดมีความสัมพันธ์กับออดิเนชั่น ผลการศึกษาทางสัณฐานวิทยาของแมลงน้ำกลุ่มไทรคอบเทอร่าชนิด *Stenopsyche siamensis* จากการศึกษาในสองลำธารที่มีการใช้พื้นที่ต่างกันด้วยเทคนิคทางกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าตัวอย่างของแมลงจากลำธารที่ไหลผ่านพื้นที่เกษตร ผิวหนังปล้องอกและท้องมีลักษณะผิดปกติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างน้ำและตรวจวัดคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีในภาคสนาม

1.1 pH meter รุ่น WaterProof pH tester -30 ยี่ห้อ EUTECH

1.2 DO meter รุ่น DO-110 ยี่ห้อ EUTECH

1.3 Conductivity meter รุ่น CyberScan CON110 ยี่ห้อ EUTECH

1.4 Thermometer

1.5 ขวดพลาสติก polyethylene ขนาด 1 ลิตร

1.6 ลังโฟม

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีและกายภาพในห้องปฏิบัติการ

2.1 เครื่อง Spectrophotometer Model HACH DR 2010

2.2 กระดาษกรองเบอร์ 1 (Whatman)

2.3 เครื่องแก้ว เช่น บีกเกอร์ (Beaker) กระบอกตวง (Cylinder) ขวดรูปชมพู่ (Flask) บิวเรตต์ (Buret) ปิเปต (Pipette) กรวยกรอง (Funnel)

3. สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีในห้องปฏิบัติการ

3.1 การวิเคราะห์ค่าความเป็นด่าง

- กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ความเข้มข้น 0.02 นอร์มัล
- Bromcresol green indicator
- Methyl red indicator

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารอาหาร

- วิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน โดยใช้ Mineral Stabilizer, Polyvinyl Alcohol Dispersing Agent และ Nessler Reagent
- วิเคราะห์ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน โดยใช้ NitraVer 5 Nitrate Reagent
- วิเคราะห์ปริมาณออร์โธรฟอสเฟต โดยใช้ PhosVer 3 Phosphate Reagent
- วิเคราะห์ปริมาณซัลเฟต โดยใช้ SulfaverVer 4 Sulfate Reagent

4. อุปกรณ์ที่ใช้ทำการเก็บตัวอย่างแมลงน้ำ

4.1 สวิงน้ำ (ขนาดตาขาย 500 ไมครอน)
4.2 ปากคีบ (Forcep)
4.3 ถาดพลาสติก (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร)
4.4 ขวดเก็บรักษาตัวอย่าง (Vial)
4.5 แอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์

5. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวินิจฉัยตัวอย่างแมลงน้ำ

5.1 กล้องสเตอริโอ
5.2 จานเลี้ยงเชื้อ (Petri dish)
5.3 ขวดเก็บรักษาตัวอย่าง (Vial)
5.4 ปากคีบ (Forcep)
5.5 หนังสือจัดจำแนกแมลงน้ำ (Dudgeon, 1999; Yule and Sen, 2004)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการ

การวิจัยครั้งนี้แยกเป็น 2 ส่วน คือ ศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของกลุ่มแมลงน้ำที่อาศัยอยู่ในน้ำซึ่งประกอบด้วย อันดับ Ephemeroptera, Odonata, Hemiptera, Coleoptera, Diptera, Megaloptera และ Trichoptera และศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำ โดยเก็บตัวอย่างกลุ่มแมลงน้ำและคุณภาพน้ำทุกเดือนเป็นเวลา 12 เดือน โดยมีแผนการดำเนินการดังนี้ กำหนดสถานที่เก็บตัวอย่างกลุ่มแมลงน้ำ ศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี ตรวจวินิจฉัยและจัดจำแนกชนิดในห้องปฏิบัติการ และการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ

1. สถานที่ทำการศึกษา

บริเวณที่ทำการศึกษาคือ แหล่งน้ำธรรมชาติ ได้แก่ บ่อ 1 (S01) สระบัวใหญ่ (S02) สระบัวเล็ก (S03) สระน้ำหน้าหอพักนานาชาติ (S04) สระน้ำใกล้สนามกีฬา (S05) บ่อบัวสวนสาธารณะ (S06) แหล่งรองรับน้ำทิ้งจากกิจกรรมทางการเกษตร ได้แก่ คูระบายน้ำประตูโดมแมลง (S07) คูระบายน้ำข้างพืชผักเขตร้อน (S08) คูระบายน้ำหน้าคาวบอยแลนด์ (S09) คูระบายน้ำป้อมยามฝั่งพนมทวน (S10) คูระบายน้ำหน้ามหาวิทยาลัย (S11) แหล่งรองรับน้ำทิ้งจากอาคารเรียนและหอพัก ได้แก่ คูระบายน้ำหน้าตลาดดงสะเดา (S12) สระอภัยทาน (S13) คูระบายน้ำหน้าคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (S14) คูระบายน้ำหลังหอพักบุคลากร (S15) และคลองระบายน้ำรวมหน้ามหาวิทยาลัย (S16) รวม 16 จุดเก็บตัวอย่าง (ภาพที่ 3)

รายละเอียดของจุดเก็บตัวอย่าง

1. แหล่งน้ำธรรมชาติ

จุดที่ 1 บ่อ 1 (ภาพที่ 2) พิกัด N 14°02.215′, E 099°57.818′ ลักษณะเป็นบ่อกักเก็บน้ำธรรมชาติขนาดใหญ่ที่รับน้ำมาจากคลองชลประทานของแม่น้ำแม่กลอง เพื่อใช้ในการอุปโภคบริโภคภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน พื้นท้องน้ำมีหิน กรวด มีไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ใกล้กับบ่อน้ำ บริเวณข้างบ่อมีพืชริมน้ำขึ้นตลอดแนว มีแสงแดดส่องถึง น้ำมีสีน้ำตาลตามธรรมชาติ บ่อน้ำอยู่ไกลจากชุมชน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จุดที่ 2 สระบัวใหญ่ (ภาพที่ 3) พิกัด N 14°01.776′, E 099°59.396′ ลักษณะเป็นบ่อบัวขนาดใหญ่ ติดกับถนนลูกรังอยู่ตรงข้ามแปลงปลูกข้าว มีบัว จอก แหนและฐปฤาษีขึ้นอยู่จำนวนมาก บริเวณพื้นท้องน้ำมีซากพืชและสัตว์ทับถมอยู่จำนวนมาก น้ำมีสีน้ำตาลเข้ม น้ำมีกลิ่นเหม็นเล็กน้อย

จุดที่ 3 สระบัวเล็ก (ภาพที่ 4) พิกัด N 14°00.790′, E 099°59.359′ ลักษณะเป็นบ่อบัวขนาดเล็ก ติดกับถนนลูกรังอยู่ตรงข้ามแปลงปลูกข้าว มีพืชน้ำ เช่น จอก แหน ผักบุ้งและหญ้าขึ้นอยู่เป็นจำนวนมาก ทำให้แสงแดดไม่สามารถส่องผ่านผิวน้ำได้ น้ำมีกลิ่นเหม็น ซึ่งเกิดจากการทับถมของซากพืชซากสัตว์ และมีตะไคร่น้ำอยู่จำนวนมาก น้ำมีสีน้ำตาลเข้ม

จุดที่ 4 สระน้ำหน้าหอพักนานาชาติ (ภาพที่ 5) พิกัด N 14°00.925′, E 099°59.012′ ลักษณะเป็นสระน้ำขนาดค่อนข้างใหญ่ น้ำมีสีน้ำตาลอ่อน มีแสงแดดส่องบริเวณผิวน้ำ อยู่ติดกับถนนและหอพักนานาชาติ มีไม้ยืนต้นบ้างเล็กน้อย มีหญ้าขึ้นบริเวณริมขอบสระเป็นจำนวนมาก มีพืชริมน้ำขึ้นไม่มากนัก

จุดที่ 5 สระน้ำใกล้สนามกีฬา (ภาพที่ 6) พิกัด N 14°01.265′, E 099°59.133′ ลักษณะเป็นแหล่งน้ำที่อยู่ใกล้แหล่งชุมชนและอยู่ใกล้กับแหล่งน้ำทิ้งจากการเกษตร มีแพลงก์ตอนพืช น้ำมีสีเขียวอ่อน ไม่มีกลิ่นเหม็น มีวัชพืชขึ้นอยู่บริเวณรอบๆ ริมสระ มีไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ขึ้นปกคลุมให้ร่มเงา มีรากพืชและตะกอนสะสมตามพื้นท้องน้ำ มีแสงแดดส่องถึงบ้างรำไร

จุดที่ 6 บ่อบัวสวนสาธารณะ (ภาพที่ 7) พิกัด N 14°01.280′, E 099°59.427′ ลักษณะเป็นแหล่งน้ำที่มีการปลูกบัวสายพันธุ์ต่างๆ แต่ไม่มากนัก อยู่ติดถนนลูกรังใกล้กับสวนเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว 80 พรรษา มีจอกและพืชน้ำอื่นๆ บริเวณริมบ่อมีพืชริมน้ำขึ้นตลอดแนว มีไม้ยืนต้นปกคลุมอยู่ 1 จุด น้ำมีสีน้ำตาลอ่อน มีกลิ่นเหม็นบ้างเล็กน้อย

2. แหล่งรองรับน้ำทิ้งจากกิจกรรมทางการเกษตร

จุดที่ 7 คูระบายน้ำประตูโดมแมลง (ภาพที่ 8) พิกัด N 14°02.245′, E 099°58.454′ ลักษณะเป็นคูระบายน้ำที่มาจากกิจกรรมทางการเกษตรทางด้านกองควบคุมแมลงด้วยชีววิธีและแปลงปลูกพืชทดลอง มีต้นไม้ใหญ่ปกคลุม ทำให้เศษไม้และใบไม้ตกลงมาทับถมบริเวณพื้นท้องน้ำจำนวนมาก มีพืชริมน้ำขึ้นบ้างเล็กน้อย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จุดที่ 8 คูระบายน้ำข้างพืชผักเขตร้อน (ภาพที่ 9) พิกัด N 14°01.628′, E 099°58.413′ ลักษณะเป็นจุดรวมน้ำทิ้งจากกิจกรรมทางการเกษตรที่มาจากแปลงทดลองของภาควิชาพืชสวน น้ำมีสีน้ำตาลอ่อนๆ มีไม้ยืนต้นปลูกอยู่ข้างคูระบายน้ำตลอดแนวคลอง ทำให้มีเศษใบไม้และกิ่งไม้ร่วงหล่นและทับถมอยู่จำนวนมากบริเวณพื้นท้องน้ำ และบริเวณริมคูมีพืชริมน้ำและหญ้าขึ้นอยู่ตลอดแนว

จุดที่ 9 คูระบายน้ำหน้าคาวบอยแลนด์ (ภาพที่ 10) พิกัด N 14°01.419′, E 099°58.426′ ลักษณะเป็นคูน้ำขนาดเล็ก อยู่ติดกับคาวบอยแลนด์ มีวัชพืชน้ำ เช่น ผักตบชวา จอกและแหน มีต้นไม้ขนาดใหญ่ปกคลุม น้ำมีสีค่อนข้างเข้ม มีกลิ่นเหม็น มีซากพืชและสัตว์สะสมตามพื้นท้องน้ำ บริเวณริมคูมีพืชขึ้นตลอดแนว ต้นหญ้าและต้นไม้ขนาดเล็กขึ้นอยู่จำนวนมาก มีแสงแดดส่องถึงบางรำไร

จุดที่ 10 คูระบายน้ำป้อมยามฝั่งพนมทวน (ภาพที่ 11) พิกัด N 14°00.458′, E 099° 58.411′ ลักษณะเป็นคูขนาดเล็ก อยู่ใกล้บริเวณปั๊มน้ำมันและหมู่บ้านเกษตร 2 ติดถนนและด้านข้างมีแปลงปลูกพืชทดลอง มีไม้ยืนต้น ผักตบชวาและจอกอยู่เป็นจำนวนมาก บริเวณริมคูมีหญ้าขึ้นเป็นจำนวนมาก น้ำขุ่นเล็กน้อย น้ำมีกลิ่นเหม็นแต่ไม่มาก

จุดที่ 11 คูระบายน้ำหน้ามหาวิทยาลัย (ภาพที่ 12) พิกัด N 14°00.767′, E 099°59.504′ ลักษณะคูขนาดเล็กตามแนวยาว อยู่ติดกับถนนมาลัยแมนด้านหน้ามหาวิทยาลัย รองรับน้ำทิ้งจากแปลงปลูกพืชทดลอง บริเวณริมคูมีต้นหญ้าขึ้นไม่มากนัก มีจอก แหนและผักตบชวาแต่ไม่มาก น้ำมีสีน้ำตาลอ่อนไม่มีกลิ่น

3. แหล่งรองรับน้ำทิ้งจากอาคารเรียนและหอพัก

จุดที่ 12 คูระบายน้ำหน้าตลาดดงสะเดา (ภาพที่ 13) พิกัด N 14°01.028′, E 099°58.903′ ลักษณะเป็นคูระบายน้ำใกล้ตลาดสะเดาและหมู่บ้านเกษตร 1 อยู่ติดถนน น้ำมีสีเหลืองเขียว มีบัวปลูกอยู่กลางคู มีไม้ยืนต้นปลูกอยู่ตลอดแนวคู ทำให้มีซากพืชและตะกอนสะสมอยู่บริเวณพื้นท้องน้ำ น้ำไม่มีกลิ่น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

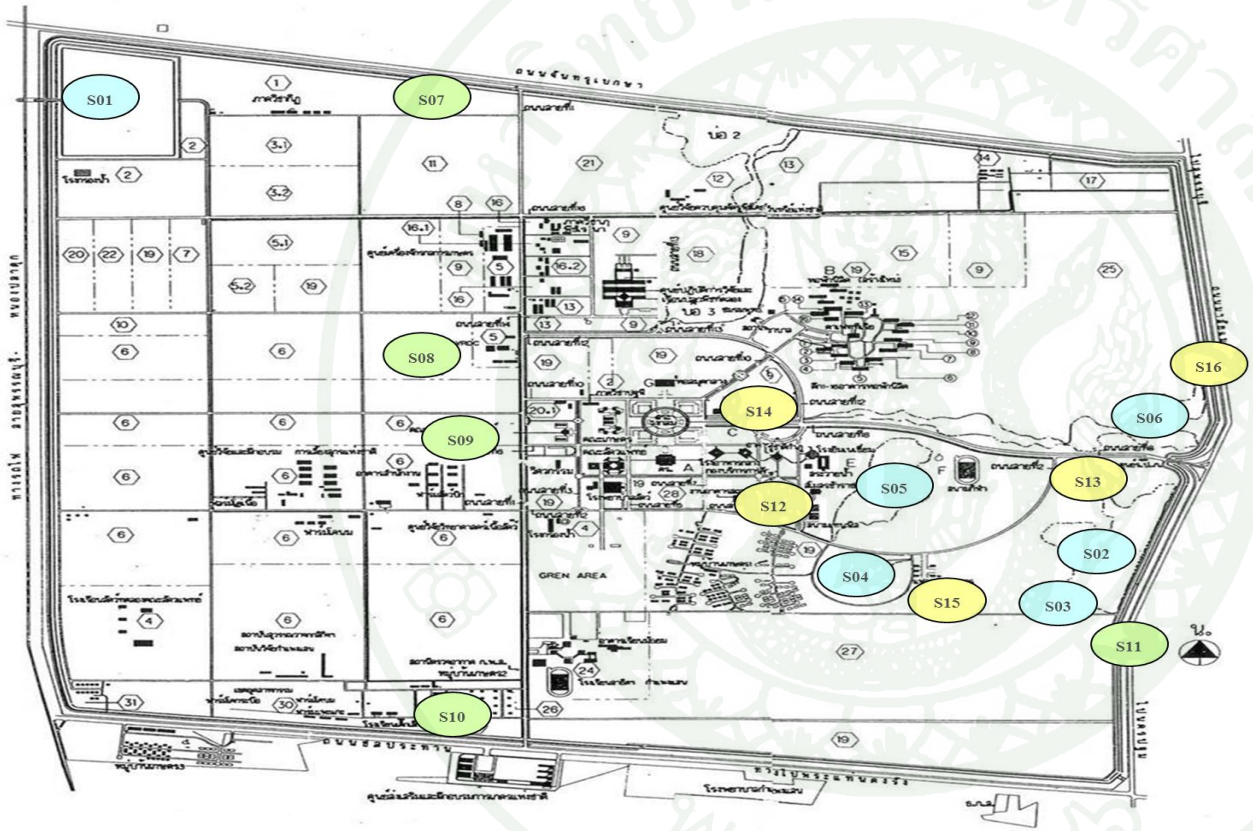
จุดที่ 13 สระอภัยทาน (ภาพที่ 14) พิกัด N 14°01.140′, E 099°59.418′ ลักษณะน้ำมีสีน้ำตาลอ่อน ไม่มีกลิ่นเหม็น อยู่ใกล้ชุมชน อยู่ติดกับถนนและอาคารสถานที่ มีไม้ยืนต้นบริเวณใกล้สระน้ำ มีพืชริมน้ำขึ้นอยู่น้อยมาก เป็นสระที่มีปลามากที่สุด จึงทำให้บริเวณนี้เป็นสถานที่พักผ่อนและเป็นสถานที่ให้อาหารปลา

จุดที่ 14 คูระบายน้ำข้างคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (ภาพที่ 15) พิกัด N 14° 01.354′, E 099°58.769′ ลักษณะเป็นคูที่รองรับน้ำทิ้งจากคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ น้ำมีสีน้ำตาล มีกลิ่นเหม็น มีเศษขยะและเศษใบไม้กิ่งไม้ทับถมอยู่บริเวณพื้นท้องน้ำ อยู่ใกล้แหล่งชุมชน ริมคูมีหญ้าขึ้นตลอดแนว มีไม้ยืนต้นปลูกอยู่ตลอดแนว มีแสงแดดส่องผ่านรำไร

จุดที่ 15 คูระบายน้ำหลังหอพักบุคลากร (ภาพที่ 16) พิกัด N 14°00.786′, E 099°59.150′ ลักษณะเป็นคูระบายน้ำขนาดเล็ก อยู่หลังหอพักบุคลากรและอาจารย์ อยู่ใกล้แหล่งชุมชน ติดกับถนนลูกรังและนาข้าว มีวัชพืชและพืชริมน้ำจำนวนมากขึ้นบริเวณริมคู น้ำมีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ มีกลิ่นเหม็น มีตะไคร่น้ำและแหนลอยอยู่ผิวน้ำเป็นจำนวนมาก

จุดที่ 16 คลองระบายน้ำรวมหน้ามหาวิทยาลัย (ภาพที่ 17) พิกัด N 14°01.460′, E 099° 59.679′ เป็นจุดระบายน้ำจากภายในมหาวิทยาลัยสู่คลองระบายน้ำภายนอกมหาวิทยาลัย ติดถนนมาลัยแมน มีวัชพืชน้ำ เช่น ผักตบชวาและจอกอยู่จำนวนมาก น้ำมีสีน้ำตาล มีกลิ่น มีซากพืชและตะกอนสะสมตามพื้นท้องน้ำ บริเวณริมคลองมีพืชริมน้ำขึ้นอยู่ตลอดแนว มีแสงส่องผ่าน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



แหล่งน้ำธรรมชาติ

S01 บ่อ 1

S02 สระบัวใหญ่

S03 สระบัวเล็ก

S04 สระน้ำหน้าหอพักนานาชาติ

S05 สระน้ำใกล้สนามกีฬา

S06 บ่อบัวสวนสาธารณะ

แหล่งรองรับน้ำทิ้งจากกิจกรรมทางการเกษตร

S07 คูระบายน้ำประตูโดมแมลง

S08 คูระบายน้ำข้างพืชผักเขตร้อน

S09 คูระบายน้ำหน้าคาวบอยแลนด์

S10 คูระบายน้ำป้อมยามฝั่งพนมทวน

S11 คูระบายน้ำหน้ามหาวิทยาลัย

แหล่งรองรับน้ำทิ้งจากอาคารเรียนและหอพัก

S12 คูระบายน้ำหน้าตลาดดงสะเดา

S13 สระอภัยทาน

S14 คูระบายน้ำหน้าคณะศวท.

S15 คูระบายน้ำหลังหอพักบุคลากร

S16 คลองระบายน้ำรวมหน้ามหาวิทยาลัย

ภาพที่ 1 แผนที่ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน แสดงจุดเก็บตัวอย่างจำนวน 16 จุด

ที่มา: งานประชาสัมพันธ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 2 **จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 บ่อ 1 (S01)**

ภาพที่ 3 จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 สระบัวใหญ่ (S02)

ภาพที่ 4 จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 สระบัวเล็ก (S03)

ภาพที่ 5 จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 สระน้ำหน้าหอพักนานาชาติ (S04)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 6 จุดเก็บตัวอย่างที่ 5 สระน้ำใกล้สนามกีฬา (S05)

ภาพที่ 7 จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 บ่อบัวสวนสาธารณะ (S06)

ภาพที่ 8 จุดเก็บตัวอย่างที่ 7 คูระบายน้ำประตูโดมแมลง (S07)

ภาพที่ 9 จุดเก็บตัวอย่างที่ 8 คูระบายน้ำข้างพืชผักเขตร้อน (S08)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 10 จุดเก็บตัวอย่างที่ 9 คูระบายน้ำหน้าคาวบอยแลนด์ (S09)

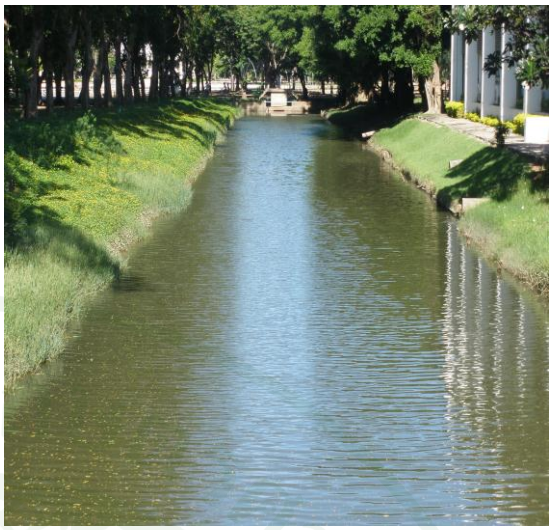
ภาพที่ 11 จุดเก็บตัวอย่างที่ 10 คูระบายน้ำป้อมยามฝั่งพนมทวน (S10)

ภาพที่ 12 จุดเก็บตัวอย่างที่ 11 คูระบายน้ำหน้ามหาวิทยาลัย (S11)

ภาพที่ 13 จุดเก็บตัวอย่างที่ 12 คูระบายน้ำหน้าตลาดดงสะเดา (S12)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 14 จุดเก็บตัวอย่างที่ 13 สระอภัยทาน (S13)



ภาพที่ 15 จุดเก็บตัวอย่างที่ 14 คูระบายน้ำหน้าคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (S14)

ภาพที่ 16 จุดเก็บตัวอย่างที่ 15 คูระบายน้ำหลังหอพักบุคลากร (S15)

ภาพที่ 17 จุดเก็บตัวอย่างที่ 16 คลองระบายน้ำรวมหน้ามหาวิทยาลัย (S16)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ศึกษาปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี

ศึกษาปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีบางประการจำนวน 12 ปัจจัย คือ อุณหภูมิอากาศและน้ำ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ ความขุ่นใสของน้ำ การนำไฟฟ้า ความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าความเป็นด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และปริมาณสารอาหาร ได้แก่ ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ปริมาณออร์โธฟอสเฟต และปริมาณซัลเฟต

2.1 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี ณ จุดเก็บตัวอย่าง ทำการตรวจวัด 3 ซ้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี ณ จุดเก็บตัวอย่าง

ปัจจัยคุณภาพน้ำ	หน่วยที่ใช้	วิธีการวิเคราะห์
1. อุณหภูมิน้ำ	°C	Thermometer
2. อุณหภูมิอากาศ	°C	Thermometer
3. ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ	mg/L	Conductivity Meter รุ่น CyberScan CON110
4. ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ	µS/cm	Conductivity Meter รุ่น CyberScan CON110
5. ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ	-	pH Meter รุ่น WaterProof pH tester-30
6. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ	mg/L	Dissoved Oxygen Meter รุ่น DO-110

2.2 วิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีในห้องปฏิบัติการ

การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเพื่อหาค่าความขุ่นใสของน้ำ ค่าความเป็นด่างของน้ำและปริมาณสารอาหาร โดยใช้ขวดพลาสติก polyethylene ขนาด 1 ลิตร ล้างขวดด้วยน้ำตัวอย่างก่อนที่จะทำการเก็บตัวอย่างน้ำ จมขวดพลาสติกเก็บตัวอย่างน้ำลึกจากผิวน้ำประมาณ 30 เซนติเมตร แช่ตัวอย่างน้ำในถังน้ำแข็ง ที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส แล้วนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer รุ่น DR 2010 ใช้วิธีตาม APHA Standard Method (APHA, 1992) (ตารางที่ 2)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีในห้องปฏิบัติการ

ปัจจัยคุณภาพน้ำ	หน่วยที่ใช้	วิธีการวิเคราะห์
1. ค่าความขุ่นใสของน้ำ	FTU	Spectrophotometer
2. ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำ	mg/L	Cadmium Reduction Method
3. ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำ	mg/L	Nessler Method
4. ปริมาณออร์โธฟอสเฟตในน้ำ	mg/L	Ascobic Acid Method
5. ปริมาณซัลเฟตในน้ำ	mg/L	SulfaVer 4 Method
6. ค่าความเป็นด่างของน้ำ	mg/L	Bromcresol green methyl red indicator

3. การเก็บตัวอย่างแมลงน้ำ

เก็บตัวอย่างแมลงน้ำที่อาศัยอยู่ในน้ำเชิงคุณภาพ (Qualitative method) บริเวณริมฝั่ง (Littoral zone) ของแหล่งน้ำ จำนวน 3 ซ้ำหรือจนกว่าจะไม่พบแมลงชนิดใหม่ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างโดยใช้สวิงน้ำ (Pond net) เพื่อเก็บตัวอย่างแมลงน้ำให้ครอบคลุมมากที่สุดด้วย หลังจากนั้นนำมาใส่ในถาดแยกเอาเศษขยะที่ไม่ต้องการออก นำตัวอย่างแมลงน้ำใส่ในขวดเก็บตัวอย่างที่มีแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ เพื่อนำไปจำแนกชนิดในห้องปฏิบัติการ วัดพิกัดของแต่ละจุดเก็บตัวอย่างด้วยเครื่องวัดพิกัด GPS (Global Position System) รายละเอียดของลักษณะทางกายภาพจะทำการบันทึกด้วยภาพถ่าย

4. การตรวจวินิจฉัยและการจัดจำแนกชนิดของแมลงในห้องปฏิบัติการ

คัดแยกกลุ่มแมลงน้ำทุกชนิดที่เก็บได้จากการเก็บโดยใช้สวิงน้ำ ดูภายใต้กล้องสเตอริโอ โดยคัดแยกกลุ่มแมลงที่มีลักษณะรูปร่างภายนอก (Morphospecies) เหมือนกันอยู่ด้วยกัน ตรวจเอกลักษณ์ของแมลงแต่ละกลุ่มในระดับวงศ์ (Family) หรือถ้าเป็นไปได้ในระดับสกุล (Genus) โดยพิจารณาเอกลักษณ์ต่างๆ ที่ปรากฏโดยใช้หนังสือของ Dudgeon (1999), Yule and Sen (2004) นับจำนวนและบันทึกผล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การระบุชนิดของแมลงน้ำที่พบในระดับชนิด (Species) ยังไม่สามารถทำได้ในทุกวงศ์ เนื่องจากองค์ความรู้เกี่ยวกับระยะตัวอ่อนของแมลงน้ำในทวีปเอเชียยังไม่เพียงพอ ทำให้ไม่สามารถระบุชนิดจากระยะตัวอ่อนได้โดยตรง Lenat and Resh (2001) เสนออนุกรมวิธานระดับวงศ์เหมาะสมกับการติดตามคุณภาพแหล่งน้ำในแต่ละปีที่มีจำนวนสถานีมากๆ

5. การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยของคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ

ข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพและการกระจายตัวของกลุ่มแมลงน้ำเกี่ยวกับการปรากฏ/ไม่ปรากฏ จะนำข้อมูลมาวิเคราะห์การจัดกลุ่ม (Clustering) และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างความหลากหลายของชนิดในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างกับคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี และ โดยใช้โปรแกรม SPSS (Statistical Package for Social Science) Version 16

เปรียบเทียบดัชนีความหลากชนิดของแมลน้ำโดยใช้วิธี Shannon Index (*H*) จากสูตร

$$H = - \sum (pi \log pi)$$

เมื่อ H = Shannon Index

pi = ค่าความสำคัญ (Important value)

$$= \frac{\text{ประชากรชนิดนั้นๆ}}{\text{ประชากรของทุกชนิด}}$$

i = ชนิดพันธุ์นั้นๆ (Eugene P. Oolum, 1983)

6. สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัย

บริเวณแหล่งน้ำธรรมชาติ แหล่งรองรับน้ำทิ้งจากกิจกรรมทางการเกษตร แหล่งรองรับน้ำทิ้งจากอาคารเรียนและหอพัก ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน รวมทั้งสิ้น 16 จุดเก็บตัวอย่าง โดยเก็บตัวอย่างทุกเดือนเป็นเวลา 12 เดือน ระหว่างมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7. ทุนสนับสนุนการวิจัย

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย ประเภทบัณฑิตศึกษา ประจำปี 2553 ในงานวิจัยนี้

8. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

8.1 ทราบถึงความหลากหลายทางชีวภาพและการแพร่กระจายของแมลงน้ำ

8.2 ทราบถึงชนิดของแมลงน้ำที่สามารถใช้เป็นตัวดัชนีชี้วัดและตัดสินคุณภาพสิ่งแวดล้อม

8.3 ทราบถึงผลกระทบของการใช้พื้นที่รอบๆ แหล่งน้ำที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้งต่อความหลากหลายทางชีวภาพ

8.4 ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงน้ำและคุณภาพน้ำ

8.5 สามารถใช้ข้อมูลในการประเมินสิ่งแวดล้อมเบื้องต้นและนำไปเป็นข้อมูลวางแผนการจัดการต่อสิ่งแวดล้อมภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสนต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

ผล

1. ความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงน้ำ

1.1 ความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงน้ำ

ความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติจำนวน 6 จุด แหล่งรองรับน้ำทิ้งจากกิจกรรมทางการเกษตร 5 จุด และแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากอาคารเรียนและหอพัก 5 จุด ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554 พบแมลงน้ำ 7 อันดับ 28 วงศ์ อันดับที่พบจำนวนวงศ์มากที่สุด คือ อันดับ Hemiptera (9 วงศ์) รองลงมา คือ อันดับ Odonata (6 วงศ์) อันดับ Coleoptera (4 วงศ์) อันดับ Diptera และอันดับ Ephemeroptera (3 วงศ์) อันดับ Trichoptera (2 วงศ์) และอันดับ Megaloptera (1 วงศ์) (ตารางที่ 3)

ความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงน้ำบริเวณแหล่งน้ำธรรมชาติ จุดเก็บตัวอย่างบ่อ 1 (S01) พบแมลงน้ำ 6 อันดับ 12 วงศ์ แมลงน้ำวงศ์ที่พบในทุกเดือนคือ วงศ์ Gerridae และ Hydropsychidae ส่วนวงศ์ที่พบจำนวนตัวมากที่สุดคือ วงศ์ Hydropsychidae และ Chironomidae (ภาคผนวก ก1) สระบัวใหญ่ (S02) พบแมลงน้ำ 5 อันดับ 20 วงศ์ แมลงน้ำวงศ์ที่พบในทุกเดือนคือ Hydrophilidae ส่วนวงศ์ที่พบจำนวนตัวมากที่สุดคือ Hydrophilidae และ Belostomatidae (ภาคผนวก ก2) สระบัวเล็ก (S03) พบแมลงน้ำ 5 อันดับ 17 วงศ์ แมลงน้ำวงศ์ที่พบในทุกเดือนคือ วงศ์ Belostomatidae ส่วนวงศ์ที่พบจำนวนตัวมากที่สุดคือ วงศ์ Belostomatidae และ Hydropsychidae (ภาคผนวก ก3) สระน้ำหน้าหอพักนานาชาติ (S04) พบแมลงน้ำ 5 อันดับ 16 วงศ์ แมลงน้ำวงศ์ที่พบจำนวนตัวมากที่สุดคือ วงศ์ Coenagrionidae, Gerridae และ Hydropsychidae (ภาคผนวก ก4) สระน้ำใกล้สนามกีฬา (S05) พบแมลงน้ำ 5 อันดับ 11 วงศ์ แมลงน้ำวงศ์ที่พบในทุกเดือนคือ วงศ์ Notonectidae และ Gerridae ส่วนวงศ์ที่พบจำนวนตัวมากที่สุดคือ วงศ์ Notonectidae (ภาคผนวก ก5) บ่อบัวสวนสาธารณะ (S06) พบแมลงน้ำ 5 อันดับ 16 วงศ์ แมลงน้ำวงศ์ที่พบในทุกเดือนคือ วงศ์ Gerridae ส่วนวงศ์ที่พบจำนวนตัวมากที่สุดคือ วงศ์ Gerridae และ Coenagrionidae (ภาคผนวก ก6)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 ความหลากหลายของแมลงน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างบริเวณแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้ง ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

อันดับ	วงศ์	แหล่งน้ำธรรมชาติ						แหล่งรองรับน้ำทิ้งจากกิจกรรมทางการเกษตร					แหล่งรองรับน้ำทิ้งจากอาคารเรียนและหอพัก				
		S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08	S09	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
Ephemeroptera	Polymitarcidae	9					1		9				2				
	Caenidae	215						5	16	1	4		12				
	Baetidae	117	3	3	3	1	34	11	6	2	9	7	32		13	11	3
Odonata	Coenagrionidae	9	51	7	91	1	129	6	201	27	43	19	75	3	114	4	13
	Libellulidae		21	49	3		4	91	14	20	60	18	3	2	5		17
	Corduliidae		7				5		11		1	4	11				
	Calopterygidae							1	1								
	Platycnemididae	1	1	5				8	178	2	5	1	4				
	Gomphidae							1			7						
Megaloptera	Sialidae							9	4								
Hemiptera	Gerridae	348	23	1	82	349	381	43	78	83	40	147	123	147	177	24	62
	Belostomatidae		78	295	56	9	31	8	3	80	61	261	141	1	32	406	101
	Naucoridae		22		14		1	5	11	4		34	3		28		3
	Notonectidae		32	25	1	1621	58	8	1	578	37	37	22	728	194	12	21

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 3 (ต่อ)

อันดับ	วงศ์	แหล่งน้ำธรรมชาติ						แหล่งรองรับน้ำทิ้งจากกิจกรรมทางการเกษตร					แหล่งรองรับน้ำทิ้งจากอาคารเรียนและหอพัก				
		S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08	S09	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
	Nepidae		27	2	19	2	14	3	2	14	8	19	13		12	5	
	Mesoveliidae	3	3	3	7	3	3		1		6	15	21	3	15	15	8
	Micronectidae		23		2	2	4			39		3	43		4	2	18
	Hydrometridae		1	5	2			2		5	7	4	5		6	4	2
	Helotrephidae	11	3	1	2		1		1	2	10	26	68		7	43	
Coleoptera	Hydrophilidae	1	113	64	82	15	34	18	15	36	79	124	3	3	44	60	53
	Dytiscidae	1	52	20	5			6	6	46	17	21	5		2	13	26
	Spercheidae		2						3						5	1	
	Noteridae		9	1								1	3			4	1
Trichoptera	Hydropsychidae	1694															
	Ecnomidae	122															
Diptera	Chironomidae	1703	13	11	20		2	90	70	20	25	372	15	1	38	107	362
	Stratiomyidae			23	8		1		2		2	12			1	18	
	Culicidae		19	25					3	2	1	2	2		83	23	3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

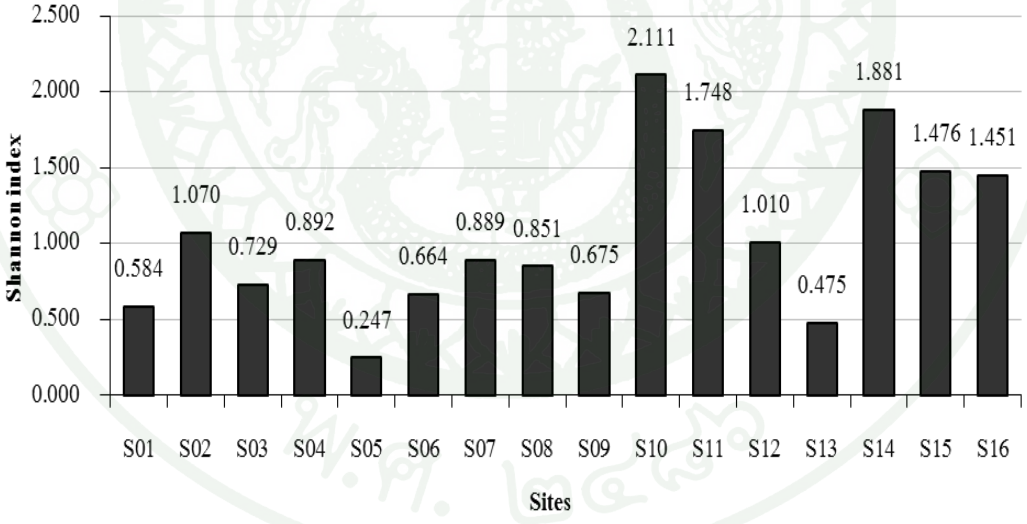
ความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงน้ำบริเวณแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากกิจกรรมทางการเกษตร จุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำประตูโดมแมลง (S07) พบแมลงน้ำ 6 อันดับ 17 วงศ์ แมลงน้ำวงศ์ที่พบจำนวนตัวมากที่สุดคือ วงศ์ Libellulidae และ Chironomidae (ภาคผนวก ก7) คูระบายน้ำข้างพืชผักเขตร้อน (S08) พบแมลงน้ำ 6 อันดับ 21 วงศ์ แมลงน้ำวงศ์ที่พบในทุกเดือนคือ วงศ์ Coenagrionidae ส่วนวงศ์ที่พบจำนวนตัวมากที่สุดคือ วงศ์ Coenagrionidae และ Platycnemidae (ภาคผนวก ก8) คูระบายน้ำหน้าคาวบอยแลนด์ (S09) พบแมลงน้ำ 5 อันดับ 17 วงศ์ แมลงน้ำวงศ์ที่พบในทุกเดือนคือ วงศ์ Belostomatidae และ Notonectidae ส่วนวงศ์ที่พบจำนวนตัวมากที่สุดคือ วงศ์ Notonectidae และ Gerridae (ภาคผนวก ก9) คูระบายน้ำป้อมยามฝั่งพนมทวน (S10) พบแมลงน้ำ 5 อันดับ 18 วงศ์ แมลงน้ำวงศ์ที่พบจำนวนตัวมากที่สุดคือ วงศ์ Libellulidae และ Belostomatidae (ภาคผนวก ก10) คูระบายน้ำหน้ามหาวิทยาลัย (S11) พบแมลงน้ำ 5 อันดับ 21 วงศ์ แมลงน้ำวงศ์ที่พบในทุกเดือนคือ วงศ์ Hydrophilidae ส่วนวงศ์ที่พบจำนวนตัวมากที่สุดคือ วงศ์ Chironomidae และ Belostomatidae (ภาคผนวก ก11)

ความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงน้ำบริเวณแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากอาคารเรียนและหอพัก จุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหน้าตลาดดงสะเดา (S12) พบแมลงน้ำ 5 อันดับ 20 วงศ์ แมลงน้ำวงศ์ที่พบจำนวนตัวมากที่สุดคือ วงศ์ Gerridae และ Belostomatidae (ภาคผนวก ก12) สระอภัยทาน (S13) พบแมลงน้ำ 4 อันดับ 8 วงศ์ แมลงน้ำวงศ์ที่พบจำนวนตัวมากที่สุดคือ วงศ์ Notonectidae และ Gerridae (ภาคผนวก ก13) คูระบายน้ำหน้าคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (S14) พบแมลงน้ำ 5 อันดับ 18 วงศ์ แมลงน้ำวงศ์ที่พบในทุกเดือนและมีจำนวนตัวมากที่สุดคือ วงศ์ Notonectidae และ Gerridae (ภาคผนวก ก14) คูระบายน้ำหลังหอพักบุคลากร (S15) พบแมลงน้ำ 5 อันดับ 17 วงศ์ แมลงน้ำวงศ์ที่พบในทุกเดือนคือ วงศ์ Belostomatidae ส่วนวงศ์ที่พบจำนวนตัวมากที่สุดคือ วงศ์ Belostomatidae และ Chironomidae (ภาคผนวก ก15) คลองระบายน้ำรวมหน้ามหาวิทยาลัย (S16) พบแมลงน้ำ 5 อันดับ 14 วงศ์ แมลงน้ำวงศ์ที่พบจำนวนตัวมากที่สุดคือ วงศ์ Chironomidae และ Belostomatidae (ภาคผนวก ก16) การที่พบแมลงน้ำมากน้อยแตกต่างกันในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง เนื่องจากชนิดของพันธุ์ไม้และลักษณะแหล่งที่อยู่อาศัยย่อยที่แตกต่างกันจึงทำให้พบแมลงน้ำมากน้อยแตกต่างกัน (Robertson, 2006)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 ดัชนีความหลากชนิดของแมลงน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

เปรียบเทียบดัชนีความหลากชนิดของแมลงน้ำโดยใช้วิธี Shannon Index จากข้อมูลชนิดของแมลงน้ำในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 16 จุด พบว่าในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างมีค่าดัชนีความหลากชนิดอยู่ระหว่าง 0.247-2.111 จุดเก็บตัวอย่างที่มีค่าดัชนีความหลากชนิดมากที่สุดคือ คูระบายน้ำป้อมยามฝั่งพนมทวน (S10) มีค่าเท่ากับ 2.111 จุดเก็บตัวอย่างที่มีค่าดัชนีความหลากชนิดรองลงมาคือ คูระบายน้ำหน้าคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (S14) มีค่าเท่ากับ 1.881 รองลงมาคือ จุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหน้ามหาวิทยาลัย (S11) คูระบายน้ำหลังหอพักบุคลากร (S15) และคลองระบายน้ำรวมหน้ามหาวิทยาลัย (S16) สระบัวใหญ่ (S02) คูระบายน้ำหน้าตลาดดงสะเดา (S12) สระน้ำหน้าหอพักนานาชาติ (S04) คูระบายน้ำประตูโดมแมลง (S07) คูระบายน้ำข้างพืชผักเขตร้อน (S08) สระบัวเล็ก (S03) คูระบายน้ำหน้าคาวบอยแลนด์ (S09) บ่อบัวสวนสาธารณะ (S06) บ่อ 1 (S01) สระอภัยทาน (S13) และสระน้ำใกล้สนามกีฬา (S05) มีค่าเท่ากับ 1.748, 1.476, 1.451, 1.070, 1.010, 0.892, 0.889, 0.851, 0.729, 0.675, 0.664, 0.584, 0.475 และ 0.247 ตามลำดับ (ภาพที่ 28)

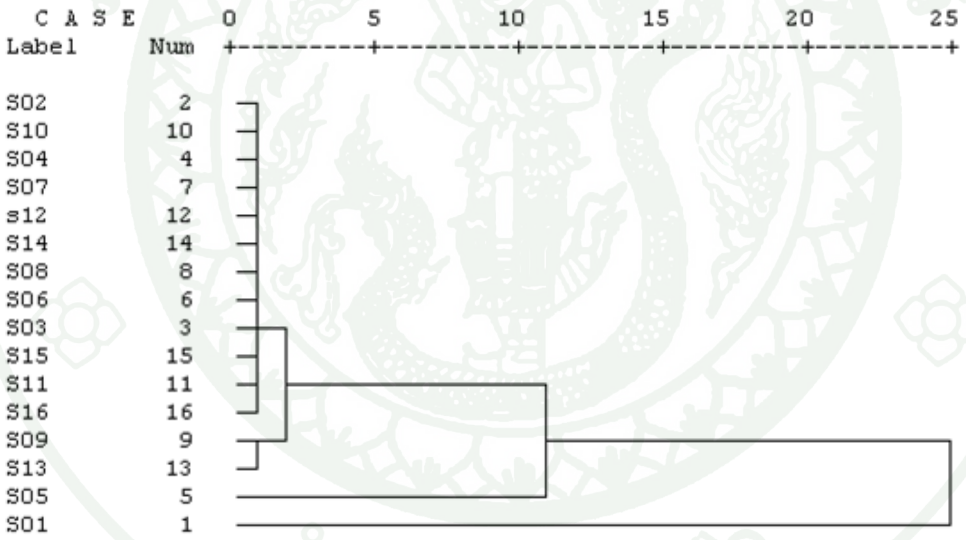


ภาพที่ 18 ค่าดัชนีความหลากชนิดของแมลงน้ำในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3 การจัดกลุ่มจุดเก็บตัวอย่างโดยใช้ข้อมูลการปรากฏของแมลงน้ำ

วิเคราะห์การจัดกลุ่มจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนตัวของแมลงน้ำที่พบในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง สามารถแบ่งความสัมพันธ์ได้เป็น 4 กลุ่ม กลุ่มที่หนึ่ง คือ สระบัวใหญ่ (S02) คูระบายน้ำป้อมยามฝั่งพนมทวน (S10) สระน้ำหน้าหอพักนานาชาติ (S04) คูระบายน้ำประตูโดมแมลง (S07) คูระบายน้ำหน้าตลาดดงสะเดา (S12) คูระบายน้ำหน้าคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (S14) คูระบายน้ำข้างพืชผักเขตร้อน (S08) บ่อบัวสวนสาธารณะ (S06) สระบัวเล็ก (S03) คูระบายน้ำหลังหอพักบุคลากร (S15) คูระบายน้ำหน้ามหาวิทยาลัย (S11) และคลองระบายน้ำรวมหน้ามหาวิทยาลัย (S16) กลุ่มที่สอง คือ คูระบายน้ำหน้าคาวบอยแลนด์ (S09) และสระอภัยทาน (S13) กลุ่มที่สาม คือ สระน้ำใกล้สนามกีฬา (S05) และกลุ่มที่สี่ คือ บ่อ 1 (S01) โดยกลุ่มที่หนึ่งกับกลุ่มที่สองจะเชื่อมโยงความสัมพันธ์กับกลุ่มที่สามและสี่ ตามลำดับ (ภาพที่ 29)



ภาพที่ 19 วิเคราะห์การจัดกลุ่มความเหมือนของจุดเก็บตัวอย่างโดยใช้แมลงน้ำที่พบในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

2. ปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี

ปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 12 ปัจจัย คือ อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิน้ำ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ค่าการนำไฟฟ้า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ ค่าความขุ่นใสของน้ำ ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำ ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำ ปริมาณออร์โธฟอสเฟตในน้ำและปริมาณซัลเฟตในน้ำ แสดงผลดังตารางที่ 4

2.1 อุณหภูมิอากาศ

ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศจุดเก็บตัวอย่างบ่อ 1 (S01) สระบัวใหญ่ (S02) สระบัวเล็ก (S03) สระน้ำหน้าหอพักนานาชาติ (S04) สระน้ำใกล้สนามกีฬา (S05) บ่อบัวสวนสาธารณะ (S06) คูระบายน้ำประตูโดมแมลง (S07) คูระบายน้ำข้างพืชผักเขตร้อน (S08) คูระบายน้ำหน้าคาวบอยแลนด์ (S09) คูระบายน้ำป้อมยามฝั่งพนมทวน (S10) คูระบายน้ำหน้ามหาวิทยาลัย (S11) คูระบายน้ำหน้าตลาดดงสะเดา (S12) สระอภัยทาน (S13) คูระบายน้ำหน้าคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (S14) คูระบายน้ำหลังหอพักบุคลากร (S15) และคลองระบายน้ำรวมหน้ามหาวิทยาลัย (S16) มีค่าเท่ากับ 31.22±0.55, 32.37±0.90, 32.02±0.64, 31.74±0.53, 32.04±0.56, 31.88±0.49, 30.95±0.50, 31.14±0.52, 31.09±0.50, 31.52±0.55, 31.74±0.39, 30.53±0.60, 33.00±0.66, 29.37±0.61, 31.95±0.39 และ 31.71±0.50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศบริเวณแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้งอยู่ระหว่าง 29.37-33.00 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างบริเวณแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้ง ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

จุดเก็บตัวอย่าง	อุณหภูมิอากาศ	อุณหภูมิน้ำ	ความเป็นกรด-ด่าง	ออกซิเจนละลายน้ำ	การนำไฟฟ้า	ของแข็งละลายน้ำ	ความขุ่น	ความเป็นด่าง	แอมโมเนียไนโตรเจน	ฟอสเฟต	ไนเตรทไนโตรเจน	ซัลเฟต
	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE
S01	30.83 ± 0.55	31.38 ± 0.54	9.18 ± 0.05	3.52 ± 0.57	291.86 ± 29.98	145.85 ± 15.16	17.42 ± 2.99	99.67 ± 10.21	0.63 ± 0.20	0.4 ± 0.15	2.35 ± 0.98	8.83 ± 1.99
S02	33.57 ± 0.90	32.47 ± 0.68	8.23 ± 0.15	3.11 ± 0.71	647.11 ± 56.91	327.28 ± 22.33	21.92 ± 4.66	135.67 ± 14.00	0.7 ± 0.10	0.82 ± 0.08	1.63 ± 0.10	54.58 ± 2.93
S03	32.23 ± 0.64	31.69 ± 0.57	7.62 ± 0.60	1.89 ± 0.37	594.67 ± 42.40	291.72 ± 22.90	28.67 ± 9.04	130.17 ± 17.10	3.46 ± 0.87	1.5 ± 0.25	1.98 ± 0.12	59 ± 4.63
S04	33.47 ± 0.53	32.5 ± 0.64	8.76 ± 0.08	2.99 ± 0.56	404 ± 31.20	201.64 ± 13.94	23.5 ± 4.83	91.83 ± 9.27	0.5 ± 0.07	0.38 ± 0.13	1.81 ± 0.08	40.67 ± 2.10
S05	31.27 ± 0.56	32.91 ± 0.67	10.1 ± 0.11	4.68 ± 0.93	410.61 ± 30.90	199.36 ± 15.22	107.42 ± 19.07	101 ± 8.63	1.14 ± 0.12	0.44 ± 0.07	4.1 ± 0.53	28.08 ± 3.31
S06	31.83 ± 0.49	32.73 ± 0.58	8.77 ± 0.05	3.44 ± 0.60	630.14 ± 54.82	312.33 ± 26.96	34.25 ± 4.58	128 ± 18.62	0.67 ± 0.07	0.49 ± 0.09	2.12 ± 0.11	72.08 ± 10.93
S07	31.87 ± 0.50	29.77 ± 0.34	8.22 ± 0.09	2.39 ± 0.40	850.17 ± 149.08	434.28 ± 73.82	12.33 ± 2.85	175.17 ± 27.81	0.56 ± 0.07	0.74 ± 0.11	1.41 ± 0.08	241 ± 68.01
S08	32.1 ± 0.52	30.55 ± 0.57	8.15 ± 0.03	2.28 ± 0.32	394.34 ± 35.61	204.86 ± 20.58	28.25 ± 10.98	143.67 ± 22.91	0.61 ± 0.09	0.98 ± 0.23	2.41 ± 0.74	37.42 ± 7.15

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 (ต่อ)

จุดเก็บตัวอย่าง	อุณหภูมิอากาศ	อุณหภูมิน้ำ	ความเป็นกรด-ด่าง	ออกซิเจนละลายน้ำ	การนำไฟฟ้า	ของแข็งละลายน้ำ	ความขุ่น	ความเป็นด่าง	แอมโมเนียไนโตรเจน	ฟอสเฟต	ไนเตรทไนโตรเจน	ซัลเฟต
	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE	Mean±SE
S09	32.27 ± 0.50	30.52 ± 0.49	7.91 ± 0.06	1.9 ± 0.27	873.69 ± 114.59	438.5 ± 56.06	22 ± 4.74	178.33 ± 24.55	1.68 ± 0.46	3.17 ± 0.78	1.84 ± 0.15	124.33 ± 25.20
S10	32.53 ± 0.55	30.37 ± 0.59	7.91 ± 0.05	1.98 ± 0.00	539.42 ± 101.18	292.17 ± 48.15	11.58 ± 2.80	148.17 ± 21.08	0.62 ± 0.05	0.83 ± 0.10	1.55 ± 0.07	56.55 ± 16.73
S11	32.9 ± 0.39	31.26 ± 0.37	7.95 ± 0.08	2.65 ± 0.56	717.47 ± 81.59	362.17 ± 41.80	13.92 ± 2.31	161.5 ± 21.81	0.69 ± 0.10	1.19 ± 0.13	1.5 ± 0.08	91.08 ± 18.72
S12	32.77 ± 0.60	30.04 ± 0.61	8.33 ± 0.13	1.75 ± 0.30	542.14 ± 74.99	276.83 ± 35.58	17.75 ± 4.70	142.17 ± 20.78	0.55 ± 0.04	0.61 ± 0.13	1.63 ± 0.12	57.58 ± 14.37
S13	31.3 ± 0.66	33.49 ± 0.61	8.61 ± 0.08	3.39 ± 0.61	638.14 ± 43.20	310.06 ± 21.31	41 ± 6.27	124.33 ± 17.35	0.88 ± 0.28	0.93 ± 0.22	2.18 ± 0.16	85.17 ± 12.14
S14	30.83 ± 0.61	29.41 ± 0.58	8.23 ± 0.06	1.64 ± 0.30	614.22 ± 140.97	334.17 ± 62.91	21.67 ± 2.53	130 ± 18.60	2.65 ± 0.69	0.82 ± 0.14	1.79 ± 0.12	143.5 ± 61.28
S15	33.6 ± 0.39	31.5 ± 0.47	7.78 ± 0.06	1.33 ± 0.21	629.44 ± 39.72	325.44 ± 25.04	32.08 ± 4.61	151.67 ± 20.08	6.13 ± 1.97	2.39 ± 0.58	2.28 ± 0.23	53.67 ± 9.20
S16	32.03 ± 0.50	30.88 ± 0.54	7.95 ± 0.03	1.45 ± 0.24	775.5 ± 99.28	401.67 ± 49.58	15.17 ± 4.96	142.33 ± 18.81	1.45 ± 0.17	1.47 ± 0.15	1.53 ± 0.15	95.28 ± 27.10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 อุณหภูมิของน้ำ

ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิน้ำจุดเก็บตัวอย่างบ่อ 1 (S01) สระบัวใหญ่ (S02) สระบัวเล็ก (S03) สระน้ำหน้าหอพักนานาชาติ (S04) สระน้ำใกล้สนามกีฬา (S05) บ่อบัวสวนสาธารณะ (S06) คูระบายน้ำประตูโดมแมลง (S07) คูระบายน้ำข้างพืชผักเขตร้อน (S08) คูระบายน้ำหน้าคาวบอยแลนด์ (S09) คูระบายน้ำป้อมยามฝั่งพนมทวน (S10) คูระบายน้ำหน้ามหาวิทยาลัย (S11) คูระบายน้ำหน้าตลาดดงสะเดา (S12) สระอภัยทาน (S13) คูระบายน้ำหน้าคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (S14) คูระบายน้ำหลังหอพักบุคลากร (S15) และคลองระบายน้ำรวมหน้ามหาวิทยาลัย (S16) มีค่าเท่ากับ 31.38±0.54, 32.47±0.68, 31.69±0.57, 32.50±0.64, 32.91±0.67, 32.73±0.58, 29.77±0.34, 30.55±0.57, 30.52±0.49, 30.37±0.59, 31.26±0.37, 30.04±0.61, 33.49±0.61, 29.41±0.58, 31.50±0.47 และ 30.88±0.54 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิน้ำบริเวณแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้งอยู่ระหว่าง 29.41-33.49 องศาเซลเซียส

2.3 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ

ค่าเฉลี่ยค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำจุดเก็บตัวอย่างบ่อ 1 (S01) สระบัวใหญ่ (S02) สระบัวเล็ก (S03) สระน้ำหน้าหอพักนานาชาติ (S04) สระน้ำใกล้สนามกีฬา (S05) บ่อบัวสวนสาธารณะ (S06) คูระบายน้ำประตูโดมแมลง (S07) คูระบายน้ำข้างพืชผักเขตร้อน (S08) คูระบายน้ำหน้าคาวบอยแลนด์ (S09) คูระบายน้ำป้อมยามฝั่งพนมทวน (S10) คูระบายน้ำหน้ามหาวิทยาลัย (S11) คูระบายน้ำหน้าตลาดดงสะเดา (S12) สระอภัยทาน (S13) คูระบายน้ำหน้าคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (S14) คูระบายน้ำหลังหอพักบุคลากร (S15) และคลองระบายน้ำรวมหน้ามหาวิทยาลัย (S16) มีค่าเท่ากับ 9.18±0.05, 8.23±0.15, 7.62±0.60, 8.76±0.08, 10.10±0.11, 8.77±0.05, 8.22±0.09, 8.15±0.03, 7.91±0.06, 7.91±0.05, 7.95±0.08, 8.33±0.13, 8.61±0.08, 8.23±0.06, 7.78±0.06 และ 7.95±0.03 ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ค่าเฉลี่ยค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำบริเวณแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้งอยู่ระหว่าง 7.62-10.10

2.4 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำจุดเก็บตัวอย่างบ่อ 1 (S01) สระบัวใหญ่ (S02) สระบัวเล็ก (S03) สระน้ำหน้าหอพักนานาชาติ (S04) สระน้ำใกล้สนามกีฬา (S05) บ่อบัว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สวนสาธารณะ (S06) คูระบายน้ำประตูโดมแมลง (S07) คูระบายน้ำข้างพืชผักเขตร้อน (S08) คูระบายน้ำหน้าคาวบอยแลนด์ (S09) คูระบายน้ำป้อมยามฝั่งพนมทวน (S10) คูระบายน้ำหน้ามหาวิทยาลัย (S11) คูระบายน้ำหน้าตลาดดงสะเดา (S12) สระอภัยทาน (S13) คูระบายน้ำหน้าคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (S14) คูระบายน้ำหลังหอพักบุคลากร (S15) และคลองระบายน้ำรวมหน้ามหาวิทยาลัย (S16) มีค่าเท่ากับ 3.52±0.57, 3.11±0.71, 1.89±0.37, 2.99±0.56, 4.68±0.93, 3.44±0.60, 2.39±0.40, 2.28±0.32, 1.90±0.27, 1.98±0, 2.66±0.56, 1.75±0.30, 3.39±0.61, 1.64±0.30, 1.33±0.21 และ 1.45±0.24 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำบริเวณแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้งอยู่ระหว่าง 1.33-4.68 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.5 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ

ค่าเฉลี่ยค่าการนำไฟฟ้าของน้ำจุดเก็บตัวอย่างบ่อ 1 (S01) สระบัวใหญ่ (S02) สระบัวเล็ก (S03) สระน้ำหน้าหอพักนานาชาติ (S04) สระน้ำใกล้สนามกีฬา (S05) บ่อบัวสวนสาธารณะ (S06) คูระบายน้ำประตูโดมแมลง (S07) คูระบายน้ำข้างพืชผักเขตร้อน (S08) คูระบายน้ำหน้าคาวบอยแลนด์ (S09) คูระบายน้ำป้อมยามฝั่งพนมทวน (S10) คูระบายน้ำหน้ามหาวิทยาลัย (S11) คูระบายน้ำหน้าตลาดดงสะเดา (S12) สระอภัยทาน (S13) คูระบายน้ำหน้าคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (S14) คูระบายน้ำหลังหอพักบุคลากร (S15) และคลองระบายน้ำรวมหน้ามหาวิทยาลัย (S16) มีค่าเท่ากับ 291.86±29.98, 647.11±56.91, 594.67±42.40, 404.00±31.20, 410.61±30.90, 630.14±54.82, 850.17±149.08, 394.34±35.61, 873.69±114.59, 539.42±101.18, 717.47±81.59, 542.14±74.99, 638.14±43.20, 614.22±140.97, 629.44±39.72 และ 775.50±99.28 ไมโครซีเมนซ์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ค่าเฉลี่ยค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ บริเวณแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้งอยู่ระหว่าง 291.86-873.69 ไมโครซีเมนซ์ต่อเซนติเมตร

2.6 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ

ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำจุดเก็บตัวอย่างบ่อ 1 (S01) สระบัวใหญ่ (S02) สระบัวเล็ก (S03) สระน้ำหน้าหอพักนานาชาติ (S04) สระน้ำใกล้สนามกีฬา (S05) บ่อบัวสวนสาธารณะ (S06) คูระบายน้ำประตูโดมแมลง (S07) คูระบายน้ำข้างพืชผักเขตร้อน (S08) คูระบายน้ำหน้าคาวบอยแลนด์ (S09) คูระบายน้ำป้อมยามฝั่งพนมทวน (S10) คูระบายน้ำหน้า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัย (S11) คูระบายน้ำหน้าตลาดดงสะเดา (S12) สระอภัยทาน (S13) คูระบายน้ำหน้าคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (S14) คูระบายน้ำหลังหอพักบุคลากร (S15) และคลองระบายน้ำรวมหน้ามหาวิทยาลัย (S16) มีค่าเท่ากับ 145.89±15.16, 327.28±22.33, 291.72±22.90, 201.64±13.94, 199.36±15.22, 312.33±26.96, 434.28±73.82, 204.86±20.58, 438.50±56.06, 292.17±48.15, 362.17±41.80, 276.83±35.58, 310.06±21.31, 334.17±62.91, 325.44±25.04 และ 401.67±49.58 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ บริเวณแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้งอยู่ระหว่าง 145.89-438.50 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.7 ค่าความขุ่นใสของน้ำ

ค่าเฉลี่ยค่าความขุ่นใสของน้ำจุดเก็บตัวอย่างบ่อ 1 (S01) สระบัวใหญ่ (S02) สระบัวเล็ก (S03) สระน้ำหน้าหอพักนานาชาติ (S04) สระน้ำใกล้สนามกีฬา (S05) บ่อบัวสวนสาธารณะ (S06) คูระบายน้ำประตูโดมแมลง (S07) คูระบายน้ำข้างพืชผักเขตร้อน (S08) คูระบายน้ำหน้าคาวบอยแลนด์ (S09) คูระบายน้ำป้อมยามฝั่งพนมทวน (S10) คูระบายน้ำหน้ามหาวิทยาลัย (S11) คูระบายน้ำหน้าตลาดดงสะเดา (S12) สระอภัยทาน (S13) คูระบายน้ำหน้าคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (S14) คูระบายน้ำหลังหอพักบุคลากร (S15) และคลองระบายน้ำรวมหน้ามหาวิทยาลัย (S16) มีค่าเท่ากับ 17.42±2.99, 21.92±4.66, 28.67±9.04, 23.50±4.83, 107.42±19.07, 34.25±4.58, 12.33±2.85, 28.25±10.98, 22.00±4.74, 11.58±2.80, 13.92±2.31, 17.75±4.70, 41.00±6.27, 21.67±2.53, 32.08±4.61 และ 15.17±4.96 เอฟทียู ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ค่าเฉลี่ยค่าความขุ่นใสของน้ำบริเวณแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้งอยู่ระหว่าง 11.58-107.42 เอฟทียู

2.8 ค่าความเป็นด่างของน้ำ

ค่าเฉลี่ยค่าความเป็นด่างของน้ำจุดเก็บตัวอย่างบ่อ 1 (S01) สระบัวใหญ่ (S02) สระบัวเล็ก (S03) สระน้ำหน้าหอพักนานาชาติ (S04) สระน้ำใกล้สนามกีฬา (S05) บ่อบัวสวนสาธารณะ (S06) คูระบายน้ำประตูโดมแมลง (S07) คูระบายน้ำข้างพืชผักเขตร้อน (S08) คูระบายน้ำหน้าคาวบอยแลนด์ (S09) คูระบายน้ำป้อมยามฝั่งพนมทวน (S10) คูระบายน้ำหน้ามหาวิทยาลัย (S11) คูระบายน้ำหน้าตลาดดงสะเดา (S12) สระอภัยทาน (S13) คูระบายน้ำหน้าคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (S14) คูระบายน้ำหลังหอพักบุคลากร (S15) และคลองระบายน้ำรวมหน้ามหาวิทยาลัย (S16) มีค่าเท่ากับ 99.67±10.21, 135.67±14.00, 130.17±17.10, 91.83±9.27, 101.00±8.63,

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

128.00±18.62, 175.17±27.81, 143.67±22.91, 178.33±24.55, 148.17±21.08, 161.50±21.81, 142.17±20.78, 124.33±17.35, 130.00±18.60, 151.67±20.08 และ 142.33±18.81 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ค่าเฉลี่ยค่าความเป็นด่างของน้ำ บริเวณแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้งอยู่ระหว่าง 91.83-178.33 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.9 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำ

ค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำจุดเก็บตัวอย่างบ่อ 1 (S01) สระบัวใหญ่ (S02) สระบัวเล็ก (S03) สระน้ำหน้าหอพักนานาชาติ (S04) สระน้ำใกล้สนามกีฬา (S05) บ่อบัวสวนสาธารณะ (S06) คูระบายน้ำประตูโดมแมลง (S07) คูระบายน้ำข้างพืชผักเขตร้อน (S08) คูระบายน้ำหน้าคาวบอยแลนด์ (S09) คูระบายน้ำป้อมยามฝั่งพนมทวน (S10) คูระบายน้ำหน้ามหาวิทยาลัย (S11) คูระบายน้ำหน้าตลาดดงสะเดา (S12) สระอภัยทาน (S13) คูระบายน้ำหน้าคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (S14) คูระบายน้ำหลังหอพักบุคลากร (S15) และคลองระบายน้ำรวมหน้ามหาวิทยาลัย (S16) มีค่าเท่ากับ 0.63±0.20, 0.70±0.10, 3.46±0.87, 0.50±0.07, 1.14±0.12, 0.67±0.07, 0.56±0.07, 0.61±0.09, 1.68±0.46, 0.62±0.05, 0.69±0.10, 0.55±0.04, 0.88±0.28, 2.65±0.69, 6.13±1.97 และ 1.45±0.17 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำบริเวณแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้งอยู่ระหว่าง 0.50-6.13 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.10 ปริมาณออร์โธฟอสเฟตในน้ำ

ค่าเฉลี่ยปริมาณออร์โธฟอสเฟตในน้ำจุดเก็บตัวอย่างบ่อ 1 (S01) สระบัวใหญ่ (S02) สระบัวเล็ก (S03) สระน้ำหน้าหอพักนานาชาติ (S04) สระน้ำใกล้สนามกีฬา (S05) บ่อบัวสวนสาธารณะ (S06) คูระบายน้ำประตูโดมแมลง (S07) คูระบายน้ำข้างพืชผักเขตร้อน (S08) คูระบายน้ำหน้าคาวบอยแลนด์ (S09) คูระบายน้ำป้อมยามฝั่งพนมทวน (S10) คูระบายน้ำหน้ามหาวิทยาลัย (S11) คูระบายน้ำหน้าตลาดดงสะเดา (S12) สระอภัยทาน (S13) คูระบายน้ำหน้าคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (S14) คูระบายน้ำหลังหอพักบุคลากร (S15) และคลองระบายน้ำรวมหน้ามหาวิทยาลัย (S16) มีค่าเท่ากับ 0.40±0.15, 0.82±0.08, 1.50±0.25, 0.38±0.13, 0.44±0.07, 0.49±0.09, 0.74±0.11, 0.98±0.23, 3.17±0.78, 0.83±0.10, 1.19±0.13, 0.61±0.13, 0.93±0.22, 0.82±0.14, 2.39±0.58 และ 1.47±0.15 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ค่าเฉลี่ยปริมาณออร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โธฟอสเฟตในน้ำบริเวณแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้งอยู่ระหว่าง 0.38-3.17 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.11 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำ

ค่าเฉลี่ยปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำจุดเก็บตัวอย่างบ่อ 1 (S01) สระบัวใหญ่ (S02) สระบัวเล็ก (S03) สระน้ำหน้าหอพักนานาชาติ (S04) สระน้ำใกล้สนามกีฬา (S05) บ่อบัวสวนสาธารณะ (S06) คูระบายน้ำประตูโดมแมลง (S07) คูระบายน้ำข้างพืชผักเขตร้อน (S08) คูระบายน้ำหน้าคาวบอยแลนด์ (S09) คูระบายน้ำป้อมยามฝั่งพนมทวน (S10) คูระบายน้ำหน้ามหาวิทยาลัย (S11) คูระบายน้ำหน้าตลาดดงสะเดา (S12) สระอภัยทาน (S13) คูระบายน้ำหน้าคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (S14) คูระบายน้ำหลังหอพักบุคลากร (S15) และคลองระบายน้ำรวมหน้ามหาวิทยาลัย (S16) มีค่าเท่ากับ 2.35±0.93, 1.63±0.10, 1.98±0.12, 1.81±0.08, 4.10±0.53, 2.12±0.11, 1.41±0.08, 2.41±0.74, 1.84±0.15, 1.55±0.07, 1.50±0.08, 1.63±0.12, 2.18±0.16, 1.79±0.12, 2.28±0.23 และ 1.53±0.15 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ค่าเฉลี่ยปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำบริเวณแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้งอยู่ระหว่าง 1.41-4.10 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.12 ปริมาณซัลเฟตในน้ำ

ค่าเฉลี่ยปริมาณซัลเฟตในน้ำจุดเก็บตัวอย่างบ่อ 1 (S01) สระบัวใหญ่ (S02) สระบัวเล็ก (S03) สระน้ำหน้าหอพักนานาชาติ (S04) สระน้ำใกล้สนามกีฬา (S05) บ่อบัวสวนสาธารณะ (S06) คูระบายน้ำประตูโดมแมลง (S07) คูระบายน้ำข้างพืชผักเขตร้อน (S08) คูระบายน้ำหน้าคาวบอยแลนด์ (S09) คูระบายน้ำป้อมยามฝั่งพนมทวน (S10) คูระบายน้ำหน้ามหาวิทยาลัย (S11) คูระบายน้ำหน้าตลาดดงสะเดา (S12) สระอภัยทาน (S13) คูระบายน้ำหน้าคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (S14) คูระบายน้ำหลังหอพักบุคลากร (S15) และคลองระบายน้ำรวมหน้ามหาวิทยาลัย (S16) มีค่าเท่ากับ 8.83±1.99, 54.58±2.93, 59.00±4.63, 40.67±2.10, 28.08±3.31, 72.08±10.93, 241.00±68.01, 37.42±7.15, 124.33±25.20, 56.55±16.73, 91.08±18.72, 57.58±14.37, 85.17±12.14, 143.50±61.28, 53.67±9.20 และ 95.28±27.10 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ค่าเฉลี่ยปริมาณซัลเฟตในน้ำบริเวณแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้งอยู่ระหว่าง 8.83- 241.00 มิลลิกรัมต่อลิตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำและแมลงน้ำ

ความสัมพันธ์ระหว่างแมลงน้ำและคุณภาพน้ำ ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554 พบว่าอุณหภูมิอากาศมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับแมลงน้ำวงศ์ Spercheidae และ Culicidae อย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) กล่าวคือ ถ้าอุณหภูมิอากาศสูงจะพบจำนวนตัวของแมลงน้ำวงศ์ Spercheidae และ Culicidae น้อยลง อุณหภูมิน้ำมีความสัมพันธ์กับแมลงน้ำวงศ์ Hydrometridae ในเชิงลบอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิน้ำสูงขึ้นจะพบจำนวนตัวของแมลงน้ำวงศ์ Hydrometridae น้อยลง ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับแมลงวงศ์ Gerridae และ Notonectidae แต่มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับแมลงน้ำวงศ์ Hydrometridae อย่างมีนัยสำคัญ (p<0.01) และมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับแมลงน้ำวงศ์ Dytiscidae อย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) กล่าวคือ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำสูงจะพบจำนวนตัวของแมลงน้ำวงศ์ Gerridae และ Notonectidae มากขึ้นด้วย แต่พบจำนวนตัวของแมลงน้ำวงศ์ Hydrometridae และ Dytiscidae น้อยลง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับแมลงน้ำวงศ์ Gerridae และ Notonectidae อย่างมีนัยสำคัญ (p<0.01) และ (p<0.05) ตามลำดับ แต่มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับแมลงน้ำวงศ์ Hydrometridae และ Belostomatidae อย่างมีนัยสำคัญ (p<0.01) และ (p<0.05) ตามลำดับ กล่าวคือ ถ้าปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำสูงจะพบจำนวนตัวของแมลงน้ำวงศ์ Gerridae และ Notonectidae เพิ่มขึ้นด้วย แต่พบจำนวนตัวของแมลงน้ำวงศ์ Hydrometridae และ Belostomatidae น้อยลง ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับแมลงน้ำวงศ์ Dytiscidae และมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับแมลงน้ำวงศ์ Polymitarcyidae และ Caenidae อย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) คือ ถ้าค่าการนำไฟฟ้าของน้ำสูงจะพบจำนวนตัวของแมลงน้ำวงศ์ Dytiscidae มากขึ้นด้วยเช่นกัน แต่พบจำนวนตัวของแมลงน้ำวงศ์ Polymitarcyidae และ Caenidae ลดลง ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับแมลงน้ำวงศ์ Dytiscidae และมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับแมลงน้ำวงศ์ Hydropsychidae, Ecnomidae, Polymitarcyidae และ Caenidae อย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) คือ ถ้าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำสูงจะพบจำนวนตัวของแมลงน้ำวงศ์ Dytiscidae มากขึ้นด้วยเช่นกัน แต่พบจำนวนตัวของแมลงน้ำวงศ์ Hydropsychidae, Ecnomidae, Polymitarcyidae และ Caenidae น้อยลง ค่าความขุ่นใสของน้ำมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับแมลงน้ำวงศ์ Notonectidae อย่างมีนัยสำคัญ (p<0.01) กล่าวคือ ถ้าค่าความขุ่นใสของน้ำสูงจะพบจำนวนตัวของแมลงน้ำวงศ์ Notonectidae มากขึ้นด้วย ค่าความเป็นด่างของน้ำมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับแมลงน้ำวงศ์ Libellulidae แต่มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับแมลงน้ำวงศ์ Gerridae อย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) คือ ถ้าค่าความเป็นด่างของน้ำสูงจะพบจำนวนตัว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ของแมลงน้ำวงศ์ Libellulidae มากขึ้น แต่พบจำนวนตัวของแมลงน้ำวงศ์ Gerridae น้อยลง ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับแมลงน้ำวงศ์ Belostomatidae และ Stratiomyidae อย่างมีนัยสำคัญ (p<0.01) และแมลงน้ำวงศ์ Culicidae อย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) กล่าวคือ ถ้าปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำสูงจะพบจำนวนตัวของแมลงน้ำวงศ์ Belostomatidae, Stratiomyidae และ Culicidae มากขึ้น ปริมาณออร์โธฟอสเฟตในน้ำมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับแมลงน้ำวงศ์ Belostomatidae และ Dytiscidae อย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05) กล่าวคือ ถ้าปริมาณออร์โธฟอสเฟตในน้ำสูง จะพบจำนวนตัวของแมลงน้ำวงศ์ Belostomatidae และ Dytiscidae มากขึ้นด้วย ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำ มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับแมลงน้ำวงศ์ Gerridae และ Notonectidae อย่างมีนัยสำคัญ (p<0.01) กล่าวคือ ถ้าปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำสูงจะพบจำนวนตัวของแมลงน้ำวงศ์ Gerridae และ Notonectidae เพิ่มขึ้นด้วย ปริมาณซัลเฟตในน้ำ มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับแมลงน้ำวงศ์ Libellulidae และ Sialidae อย่างมีนัยสำคัญ (p<0.01) และ (p<0.05) ตามลำดับ กล่าวคือ ถ้าปริมาณซัลเฟตในน้ำสูงจะพบจำนวนตัวของแมลงน้ำวงศ์ Libellulidae และ Sialidae มากขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีกับแมลงน้ำระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

Taxa/Parameters	Air temperature	Water temperature	pH	DO	Conductivity	TDS	Turbidity	Alkalinity	NH_3-N	PO_4^{3-}	NO_3-N	SO_4^{2-}
Air temperature		0.853**										
Water temperature				0.709**			0.549*	-0.572*				
pH					-0.564*	-0.600*		-0.704**				
DO			0.871**			-0.506*	0.653**			-0.560*	0.640**	
Conductivity						0.993**		0.799**				0.775**
TDS										0.576*	-0.564**	
Turbidity			0.734**								0.938**	
Alkalinity				-0.600*		0.819**				0.627**	-0.521*	0.643**
NH_3-N										0.594*		
PO_4^{3-}			-0.588*		0.583*							
NO_3-N			0.759**		-0.527*							
SO_4^{2-}		-0.498*				0.793**						
Polymitarcyidae					-0.618*	-0.609*						
Caenidae					-0.518*	-0.518*						
Libellulidae								0.535*				0.608*

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 5 (ต่อ)

Taxa/Parameters	Air temperature	Water temperature	pH	DO	Conductivity	TDS	Turbidity	Alkalinity	NH_3-N	PO_4^{3-}	NO_3-N	SO_4^{2-}
Sialidae												0.652**
Gerridae			0.798**	0.698**				-0.517*			0.575**	
Belostomatidae			-0.558*	-0.504*					0.750**	0.526*		
Notonectidae			0.662**	0.591*			0.890**				0.791**	
Hydrometridae		-0.620*	-0.625**	-0.719								
Dytiscidae			-0.502*		0.520*	0.514*				0.588*		
Spercheidae	-0.542*											
Hydropsychidae						-0.497*						
Ecnomidae						-0.497*						
Stratiomyidae									0.681**			
Culicidae	-0.541*								0.499*			

หมายเหตุ ** หมายถึง มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.01$), + หมายถึง มีความสัมพันธ์เชิงบวก

* หมายถึง มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$), - หมายถึง มีความสัมพันธ์เชิงลบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิจารณ์

1. ความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงน้ำ

ความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงน้ำ ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554 ในบริเวณที่ทำการศึกษาทั้งหมด 16 จุดเก็บตัวอย่าง โดยแบ่งเป็นบริเวณแหล่งน้ำธรรมชาติ 6 จุด พบแมลงน้ำทั้งหมด 6 อันดับ 25 วงศ์ อันดับ Hemiptera มีความหลากหลายของวงศ์มากที่สุด 9 วงศ์ รองลงมาคือ อันดับ Odonata และอันดับ Coleoptera 4 วงศ์ อันดับ Hemiptera และ Coleoptera ส่วนใหญ่เป็นแมลงบกที่เป็นแมลงน้ำมีเพียงเล็กน้อย อันดับที่มีความหลากหลายของวงศ์น้อยที่สุด คือ อันดับ Trichoptera พบเพียง 2 วงศ์ คือ วงศ์ Hydropsychidae และ Ecnomidae โดยที่ทั้ง 2 วงศ์ พบในจุดเก็บบ่อ 1 (S01) พบจำนวนตัวถึง 1,694 ตัวและ 122 ตัว ตามลำดับ สาเหตุที่พบแมลงน้ำวงศ์ Hydropsychidae และ Ecnomidae ในบ่อ 1 (S01) เพราะแหล่งที่อยู่อาศัยเป็นก้อนหินและแมลงหนอนปลอกน้ำต้องอาศัยเฉพาะเจาะจงอยู่กับก้อนหินเพราะมีการสร้างปลอกติดกับก้อนหิน (Wiggins, 1996) บริเวณแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากกิจกรรมทางการเกษตร 5 จุดเก็บ พบแมลงน้ำทั้งหมด 6 อันดับ 26 วงศ์ โดยอันดับ Hemiptera มีความหลากหลายของจำนวนวงศ์มากที่สุด 9 วงศ์ รองลงมาคือ อันดับ Odonata 6 วงศ์ และอันดับที่มีความหลากหลายของวงศ์น้อยที่สุดคือ อันดับ Megaloptera พบเพียง 1 วงศ์ คือ วงศ์ Sialidae จะพบทั้งในแหล่งน้ำไหลและน้ำนิ่ง แต่แมลงวงศ์นี้ชอบอยู่ในแหล่งน้ำนิ่งที่ค่อนข้างสงบและมีพวกซากอินทรีย์วัตถุสะสมอยู่ตามตะกอนพื้นท้องน้ำที่มีลักษณะอ่อนนุ่ม (McCafferty and Provonsha, 1981) พบในจุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำประตูโดมแมลง (S07) และคูระบายน้ำข้างพืชผักเขตร้อน (S08) บริเวณแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากอาคารเรียนและหอพัก 5 จุดเก็บ พบแมลงน้ำทั้งหมด 4 อันดับ 23 วงศ์ โดยอันดับ Hemiptera มีความหลากหลายของจำนวนวงศ์มากที่สุด 9 วงศ์ รองลงมาคือ อันดับ Odonata และ Coleoptera 4 วงศ์ อันดับที่มีความหลากหลายน้อยที่สุดคือ อันดับ Ephemeroptera พบวงศ์ Polymitarcyidae, Caenidae และ Baetidae โดยจุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำตลาดสะเดา (S12) จะพบจำนวนตัวของทั้ง 3 วงศ์มากที่สุด ส่วนในอันดับ Diptera พบวงศ์ Chironomidae, Stratiomyidae และ Culicidae โดยวงศ์ Chironomidae จะพบจำนวนตัวมากและพบทุกจุดเก็บตัวอย่าง

แมลงน้ำอันดับ Hemiptera พบจำนวนวงศ์มากที่สุด เพราะแมลงน้ำอันดับ Hemiptera เป็นผู้ล่าที่ดีในแหล่งน้ำ และเกือบทุกวงศ์มีการกระจายได้กว้างสามารถพบได้ตามแหล่งน้ำทั่วไป ทั้งในแหล่งน้ำนิ่งและแหล่งน้ำไหล ในแหล่งน้ำไหลมีความหลากหลายสูงกว่า (ศุภลักษณ์ และ นฤมล,

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2548) และเป็นแมลงน้ำที่มีอวัยวะช่วยในการหายใจและมีการเคลื่อนไหวได้เร็วและไกล สามารถทนอยู่ในแหล่งน้ำที่มีสารพิษได้ จึงสามารถพบแมลงน้ำกลุ่มนี้กระจายได้อย่างกว้างขวาง แมลงน้ำวงศ์ Coenagrionidae สามารถพบได้เกือบทุกจุดเก็บตัวอย่าง เนื่องจากแมลงวงศ์นี้ดำรงชีวิตโดยการปีนป่าย หรือเกาะติดอยู่กับพันธุ์ไม้น้ำข้างๆ ริมฝั่ง การที่มีพันธุ์ไม้น้ำในแหล่งน้ำมากทำให้พบแมลงวงศ์นี้มากด้วย (Williams and 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) แมลงน้ำกลุ่ม EPT อันดับ Ephemeroptera อันดับ Plecoptera และอันดับ Trichoptera จัดเป็นแมลงน้ำกลุ่มที่มีความไวต่อสิ่งแวดล้อม และอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำที่สะอาด โดยเฉพาะแหล่งน้ำไหลที่มีปริมาณออกซิเจนสูง หรือมีสารพิษน้อยจะพบแมลงน้ำกลุ่มนี้ โดยปกติจะอาศัยอยู่บริเวณพื้นที่ต้นน้ำ (Merritt and Cummins, 1978) จากการศึกษาพบแมลงน้ำเพียง 2 กลุ่ม คือ อันดับ Ephemeroptera และอันดับ Trichoptera ส่วนแมลงน้ำอันดับ Plecoptera ไม่พบเนื่องจากแมลงน้ำในอันดับนี้ระยะตัวอ่อนเกือบทุกชนิดอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำไหลที่มีอุณหภูมิค่อนข้างเย็น (Pescador *et al.*, 2000) เป็นน้ำค่อนข้างสะอาด และมีการไหลเวียนของออกซิเจนในน้ำดี (Lehmkuhl, 1979) โดยบริเวณแหล่งน้ำธรรมชาติจะพบแมลงในกลุ่ม ET มากกว่าบริเวณอื่น โดยเมื่อเปรียบเทียบความหลากหลายของจำนวนวงศ์ภายในกลุ่ม ET พบว่าแมลงน้ำอันดับ Ephemeroptera มีจำนวนวงศ์มากที่สุด โดยแมลงชีปะขาววงศ์ Caenidae และ Baetidae พบความหลากหลายของจำนวนตัวมาก (ภาพที่ 22) และพบได้ทั้งในบริเวณแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากกิจกรรมทางการเกษตร และแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากอาคารเรียนและหอพัก ส่วนวงศ์ Baetidae พบในเกือบทุกจุดเก็บตัวอย่างยกเว้นบริเวณสระอภัยทาน แมลงน้ำอันดับ Ephemeroptera วงศ์ Baetidae วงจรชีวิตของตัวอ่อนอาศัยอยู่ในน้ำยาวนาน มีการแพร่กระจายทั่วไปในแหล่งน้ำนิ่งและแหล่งน้ำไหล ตั้งแต่น้ำที่มีคุณภาพดีมากจนถึงน้ำที่มีคุณภาพพอใช้ หลายชนิดสามารถอยู่ได้ในน้ำที่มีคุณภาพน้ำไม่ดีนัก (สุภลักษณ์ และนฤมล, 2548) ซึ่งสอดคล้องกับคุณภาพน้ำบริเวณแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากกิจกรรมทางการเกษตร ที่พบว่าปัจจัยคุณภาพน้ำที่บ่งชี้ถึงคุณภาพน้ำที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ ค่าความเป็นด่างของน้ำ ปริมาณออร์โธฟอสเฟตในน้ำและปริมาณซัลเฟตในน้ำมีค่าสูงในบริเวณนี้ด้วย แมลงน้ำในอันดับ Trichoptera พบ 2 วงศ์ คือ วงศ์ Hydropsychidae และ Ecnomidae เป็นวงศ์ที่พบเพียงจุดเก็บตัวอย่างเดียวคือ บ่อ 1 (S01) และพบความหลากหลายของจำนวนตัวมากที่สุดในแมลงน้ำวงศ์ Hydropsychidae (ภาพที่ 27) ที่พบแมลงน้ำวงศ์ Hydropsychidae และ Ecnomidae ในบ่อ 1 (S01) เพราะมีแหล่งที่อยู่อาศัยเป็นก้อนหินและแมลงหนอนปลอกน้ำต้อง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อาศัยเฉพาะเจาะจงอยู่กับก้อนหินเพราะมีการสร้างปลอกติดกับก้อนหิน ซึ่งจุดเก็บตัวอย่างอื่นๆ ไม่มีแหล่งที่อยู่อาศัยดังกล่าวจึงทำให้ไม่พบแมลงหนอนปลอกน้ำ ทั้งนี้ในการศึกษาจะต้องมีการพิจารณาถึงสภาวะแวดล้อมที่มีต่อแหล่งน้ำประกอบด้วย ไม่ว่าจะเป็นลักษณะทางกายภาพของแหล่งน้ำ ลักษณะทางธรณีวิทยาหรือทางด้านภูมิศาสตร์ รวมถึงผลกระทบจากกิจกรรมการใช้พื้นที่บริเวณรอบๆ จุดเก็บตัวอย่างทั้งจากสัตว์และมนุษย์ (William and Feltmate, 1992)

การจัดกลุ่มจุดเก็บตัวอย่างโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนตัวของแมลงน้ำที่พบในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง สามารถแบ่งความสัมพันธ์ได้เป็น 4 กลุ่ม กลุ่มที่หนึ่ง คือ สระบัวใหญ่ (S02) คูระบายน้ำป้อมยามฝั่งพนมทวน (S10) สระน้ำหน้าหอพักนานาชาติ (S04) คูระบายน้ำประตูโดมแมลง (S07) คูระบายน้ำหน้าตลาดดงสะเดา (S12) คูระบายน้ำหน้าคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (S14) คูระบายน้ำข้างพืชผักเขตร้อน (S08) บ่อบัวสวนสาธารณะ (S06) สระบัวเล็ก (S03) คูระบายน้ำหลังหอพักบุคลากร (S15) คูระบายน้ำหน้ามหาวิทยาลัย (S11) และคลองระบายน้ำรวมหน้ามหาวิทยาลัย (S16) กลุ่มที่สอง คือ คูระบายน้ำหน้าคาวบอยแลนด์ (S09) และสระอภัยทาน (S13) กลุ่มที่สาม คือ สระน้ำใกล้สนามกีฬา (S05) และกลุ่มที่สี่ คือ บ่อ 1 (S01) โดยกลุ่มที่หนึ่งกับกลุ่มที่สองจะเชื่อมโยงความสัมพันธ์กับกลุ่มที่สามและสี่ ตามลำดับ จะพบว่ากลุ่มที่หนึ่งกับกลุ่มที่สองมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันมากจะเห็นได้จากภาพที่ 29 เพราะความหลากหลายและจำนวนวงศ์ของแมลงน้ำทั้งสองกลุ่มมีความใกล้เคียงกันและจุดเก็บตัวอย่างมีแหล่งที่อยู่อาศัยของแมลงน้ำใกล้เคียงกันคือ มีพันธุ์ไม้น้ำขึ้นอยู่รอบๆ ริมฝั่งซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยของแมลงน้ำบางชนิด และเชื่อมโยงกับกลุ่มที่สามและสี่ ซึ่งค่อนข้างจะห่างจากกลุ่มที่หนึ่งและสอง เพราะว่ามีความหลากหลายและจำนวนวงศ์ของแมลงน้ำที่แตกต่างกันกับจุดเก็บตัวอย่างอื่นและแหล่งที่อยู่อาศัยของแมลงน้ำแตกต่างกันจึงจัดอยู่คนละกลุ่ม โดยเฉพาะกลุ่มที่สี่มีแหล่งที่อยู่อาศัยของแมลงน้ำแตกต่างจากทุกกลุ่มอย่างเห็นได้ชัด คือ มีก้อนหินซึ่งเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของแมลงหนอนปลอกน้ำจึงทำให้พบแมลงน้ำวงศ์นี้ในกลุ่มที่สี่

2. คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี

คุณภาพน้ำเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อความอุดมสมบูรณ์และการกระจายตัวของสัตว์หน้าดิน (Dance and Hynes, 1980) การตรวจวัดถึงคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำจึงมีความสำคัญมากกับการศึกษาความหลากลายทางชีวภาพของแมลงน้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1 คุณภาพน้ำทางกายภาพ

อุณหภูมิน้ำและอากาศในแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้ง มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 29.41-33.49 องศาเซลเซียส และ 29.37-33.00 องศาเซลเซียส ตามลำดับ พบว่าบริเวณแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากอาคารเรียนและหอพัก จุดเก็บตัวอย่างสระอภัยทาน (S13) มีอุณหภูมิน้ำและอากาศเฉลี่ยสูงสุด เพราะบริเวณนี้เป็นพื้นที่โล่งจึงทำให้ได้รับแสงแดดเต็มที่ และทำการตรวจวัดอุณหภูมิน้ำและอากาศในช่วงบ่ายที่มีแสงแดดจัด จึงทำให้อุณหภูมิน้ำและอากาศสูง อุณหภูมิอากาศแถบภูมิภาคเอเชียช่วงละติจูด 0°-30° เป็นบริเวณที่ได้รับแสงอาทิตย์อย่างชัดเจน (Dudgeon, 1999) เมื่ออุณหภูมิอากาศสูงจึงเกิดการถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำอุณหภูมิน้ำจึงสูงขึ้น (สรจิต, 2530) อุณหภูมิน้ำจะมีค่าแปรผันตรงกับอุณหภูมิอากาศ โดยการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิน้ำจะเป็นปัจจัยหลักต่อการเจริญของไข่และตัวอ่อนแมลง (Brittain, 1990) บริเวณที่มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิน้ำและอากาศต่ำที่สุด คือ จุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหน้าคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (S14) เพราะทำการตรวจวัดอุณหภูมิน้ำในตอนเช้า และในบริเวณนั้นมีต้นไม้ปกคลุมและให้ร่มเงาอยู่ตลอดแนวคู ซึ่งสอดคล้องกับ Hauer and Hill (1996) พบว่าลำธารที่มีขนาดเล็ก ผิวน้ำมีการปกคลุมด้วยร่มเงาจากต้นไม้ที่ขึ้นริมฝั่ง ซึ่งร่มเงาจากต้นไม้ที่ขึ้นริมฝั่งมีผลต่ออุณหภูมิของน้ำ บริเวณแหล่งน้ำธรรมชาติ มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิน้ำและอากาศอยู่ในช่วงระหว่าง 31.38-32.91 องศาเซลเซียส และ 31.22-32.37 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งจากการตรวจวัดพบว่าจุดเก็บตัวอย่างบ่อ 1 (S01) มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิน้ำและอากาศต่ำ ส่วนอุณหภูมิน้ำและอากาศสูงในจุดเก็บตัวอย่างสระน้ำใกล้สนามกีฬา (S05) และสระบัวใหญ่ (S02) ตามลำดับ (ตารางที่ 4) บริเวณแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากกิจกรรมทางการเกษตร มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิน้ำและอากาศอยู่ในช่วงระหว่าง 29.77-31.26 องศาเซลเซียส และ 30.95-31.74 องศาเซลเซียส ตามลำดับ พบว่าจุดเก็บตัวอย่างคลองระบายน้ำหน้ามหาวิทยาลัย (S11) ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศสูงสุด และจุดเก็บตัวอย่างคลองระบายน้ำประตูโดมแมลง (S07) มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิน้ำและอากาศต่ำสุด ค่าความขุ่นใสของน้ำในแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้ง มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 11.58-107.42 เอฟทียู จุดเก็บตัวอย่างที่มีความขุ่นมากที่สุดคือ สระน้ำใกล้สนามกีฬา (S05) เพราะบริเวณนี้น้ำมีสีเขียวซึ่งเกิดจากแพลงก์ตอนพืชที่เพิ่มขึ้น ชีวมวลของแพลงก์ตอนพืชมีอิทธิพลต่อค่าความขุ่นใสของน้ำ (Lewis, 1978) และจุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำป้อมยามฝั่งพนมทวน (S10) มีค่าเฉลี่ยค่าความขุ่นใสของน้ำน้อยที่สุด เพราะบริเวณนี้มีการสะสมของตะกอนน้อยมาก จึงทำให้มีค่าความขุ่นของน้ำน้อย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 คุณภาพน้ำทางเคมี

ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำในแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 7.62-10.10 เป็นค่าที่บ่งบอกสภาพความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ แสดงถึงปริมาณ H^+ ที่ละลายอยู่ในน้ำและเป็นตัวควบคุมการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย (ศิริเพ็ญ, 2543) ในช่วงเช้ามีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำต่ำ เนื่องจากปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแหล่งน้ำสูง เพราะสิ่งมีชีวิตมีการหายใจในเวลากลางคืนจึงมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงสู่แหล่งน้ำ ดังที่พบในจุดเก็บตัวอย่างสระบัวเล็ก (S03) มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำต่ำ เพราะผิวน้ำในสระบัวเล็กถูกปกคลุมด้วยพืชน้ำจำนวนมาก ทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถูกกักเก็บในแหล่งน้ำส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำต่ำ ส่วนจุดเก็บตัวอย่างสระน้ำใกล้สนามกีฬา (S05) มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างค่อนข้างสูง เพราะในน้ำมีปริมาณอิออนพวกคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบอยู่มาก (นันทนา, 2539) ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำมีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำในแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.33-4.68 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีความสำคัญมากกับสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ เช่น ปลา แมลงและพืชน้ำ ในแหล่งน้ำนิ่งปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำได้มาจากการสังเคราะห์แสงของพืชและจากบรรยากาศโดยตรง (Boulton and Brock, 1999) บริเวณแหล่งน้ำธรรมชาติมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำสูง เนื่องจากมีต้นไม้หนาแน่นและอากาศค่อนข้างเย็น การระเหยของน้ำสู่บรรยากาศน้อยทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำมาก ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำเพิ่มขึ้นมีผลต่อความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำและผลผลิตในแหล่งน้ำ (Egborge, 1994) ส่วนบริเวณแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากอาคารเรียนและหอพัก จุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหลังหอพักบุคลากร (S15) มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำต่ำ เพราะได้รับผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ในการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่คูน้ำโดยไม่ได้รับการบำบัดจึงทำให้น้ำสกปรก ซึ่งมีผลต่อออกซิเจนที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำลดลง ทำให้ปริมาณสารอาหารในน้ำมากเกินส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนไม่สามารถละลายน้ำได้เพียงพอ (Mustapha and Omotosho, 2005) ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้ง มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 291.86-873.69 ไมโครซีเมนซ์ต่อเซนติเมตร การนำไฟฟ้าคือ ความสามารถของน้ำที่จะให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ซึ่งขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของอิออนที่มีอยู่ในน้ำและอุณหภูมิน้ำที่มีอิออนของสารต่างๆ ละลายอยู่สามารถนำไฟฟ้าได้ โดยบริเวณแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากกิจกรรมทางการเกษตรมีค่าการนำไฟฟ้าของน้ำสูงมาก ณ จุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหน้าคาวบอยแลนด์ (S09) เพราะบริเวณนี้ได้รับน้ำทิ้งมาจากกิจกรรมทาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเกษตรจึงมีการปล่อยสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ต่างๆ ลงสู่แหล่งน้ำจึงทำให้ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำสูง เมื่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำแตกตัวให้อิออนบวกและลบ ทำให้น้ำสามารถที่จะเกิดการนำกระแสไฟฟ้า ดังนั้นเมื่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำสูงค่าการนำไฟฟ้าของน้ำจะสูงตามไปด้วย (ยุพิน, 2537) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าในบริเวณแหล่งน้ำธรรมชาติ แหล่งรองรับน้ำทิ้งจากกิจกรรมทางการเกษตรและแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากอาคารเรียนและหอพัก มีค่าการนำไฟฟ้าสูง ส่งผลให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำสูงขึ้นด้วย ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ แต่ความสัมพันธ์นี้ไม่มีค่าตายตัวหรือคงที่ มั่นสิน และมั่นรักษ์ (2545) อัตราส่วนระหว่างค่าการนำไฟฟ้าของน้ำต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำจะมีค่าสูงสำหรับน้ำที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำสูงมากหรือค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำต่ำมาก และมีค่าลดลงเมื่อน้ำอยู่ในช่วงที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเป็นกลาง ค่าความเป็นด่างของน้ำในแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 91.83-178.33 มิลลิกรัมต่อลิตร จุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหน้าคาวบอยแลนด์ (S09) มีค่าเฉลี่ยสูง อาจเกิดจากน้ำมีการปนเปื้อนมาจากกิจกรรมทางการเกษตร ค่าความเป็นด่างของน้ำมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงคล้ายกับค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำในแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.50-14.07 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าบริเวณแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากอาคารเรียนและหอพัก จุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหลังหอพักบุคลากร (S15) มีค่าเฉลี่ยของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำสูง เพราะมีการสะสมของตะกอนมากและยังได้รับแอมโมเนียโดยตรงจากการปล่อยน้ำทิ้งและสิ่งปฏิกูลต่างๆ จากหอพัก จึงทำให้จุดนี้มีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำค่อนข้างสูง ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำในแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.41-4.10 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าจุดเก็บตัวอย่างสระน้ำใกล้สนามกีฬา (S05) มีปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำสูงกว่าจุดเก็บอื่น ไนเตรทซึ่งเป็นสารประกอบไนโตรเจนยังถูกชะล้างมาจากพื้นที่ที่ทำการเกษตร ภูวดล (2549) ซึ่งพบว่าในจุดเก็บตัวอย่างนี้มีการปนเปื้อนของน้ำมาจากการใช้ปุ๋ยในการปลูกพืชผลทางการเกษตรบริเวณข้างสระน้ำ อย่างไรก็ตามปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำในแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้งยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำผิวดินที่กำหนดไว้ให้มีไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร (กองจัดการคุณภาพน้ำ, 2540) ปริมาณออร์โธฟอสเฟตในน้ำในแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.38-3.17 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าจุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหน้าคาวบอยแลนด์ (S09) มีปริมาณออร์โธฟอสเฟตในน้ำสูง เพราะฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบของสารทำความสะอาดต่างๆ เช่น ผงซักฟอก น้ำยาล้างจาน หรือผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร (ภูวดล, 2549) ที่มีการชะล้างลงสู่จุดเก็บตัวอย่างบริเวณนี้ จึงทำให้มีปริมาณออร์โธฟอสเฟตในน้ำสูง ฟอสเฟตเป็นสารอาหาร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จำกัดสำหรับการเติบโตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ แต่ถ้ามีปริมาณฟอสเฟตในน้ำมากเกินไปก็จะทำให้เกิดสภาวะที่เรียกว่ายูโทรฟิเคชั่น ปริมาณซัลเฟตในน้ำในแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 8.83-241.00 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับปริมาณซัลเฟตในน้ำที่พบว่ามีค่าสูงในจุดเก็บตัวอย่างคลองระบายน้ำประตูโดมแมลง (S07) เป็นผลมาจากซัลเฟตจะฝังตัวอยู่ในตะกอนลึกและมีแบคทีเรียบางตัว (Desulfavibrion) ในการปรับเปลี่ยนรูปแบบของซัลเฟตในแหล่งน้ำนิ่ง (Boulton and Brock, 1999) จึงทำให้พบปริมาณซัลเฟตในน้ำสูงในจุดเก็บตัวอย่างนี้

จากผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำผิวดิน พบว่าคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้งจัดเป็นแหล่งน้ำประเภทที่ 3-5 (กรมควบคุมมลพิษ, 2546) ซึ่งเป็นแหล่งรับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการอุปโภคบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อตามปกติและผ่านการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน และผ่านการปรับปรุงคุณภาพน้ำพิเศษก่อน โดยแหล่งน้ำประเภทที่ 3 สามารถเป็นประโยชน์เพื่อการเกษตร แหล่งน้ำประเภทที่ 4 สามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุตสาหกรรม แหล่งน้ำประเภทที่ 5 สามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม

3. ความสัมพันธ์ระหว่างแมลงน้ำและปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี

แมลงน้ำมีความไวต่อลักษณะแหล่งที่อยู่อาศัยและการตอบสนองต่อคุณภาพน้ำ (Rosenberg and Resh, 1993) จึงเป็นเหตุผลที่ใช้แมลงน้ำเป็นตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพในการประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ (Barbour *et al.*, 1999)

Lenat (1999) พบว่าในลำธารที่ได้รับน้ำมาจากการเกษตรมีสารแขวนลอยและตะกอนเพิ่มขึ้น ซึ่งอนุภาคสารอินทรีย์มีผลทำให้สารอาหารมีปริมาณมากขึ้น ทำให้ความชุกชุมของแมลงน้ำอันดับ Ephemeroptera Plecoptera และ Trichoptera น้อยลง ซึ่งในงานวิจัยนี้มีการตรวจสอบคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้งที่ได้รับมลพิษแตกต่างกัน ผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ ทั้งกิจกรรมทางการเกษตร อาคารเรียนและหอพัก ส่งผลต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำ ทำให้ความหลากหลายของแมลงน้ำลดลง มีเพียงแมลงน้ำอันดับ Ephemeroptera และ Trichoptera ที่สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำที่ดีได้ เพราะแมลงน้ำอันดับ Ephemeroptera และ Trichoptera ตัวอ่อนอาศัยอยู่ในน้ำหายใจด้วยเหงือก ซึ่งต้องการออกซิเจนในน้ำมาก และเมื่อในแหล่งน้ำได้รับสารพิษแมลงน้ำกลุ่มนี้จะได้รับผลกระทบมากที่สุด จากการศึกษาในจุดเก็บตัวอย่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บ่อ 1 (S01) พบความหลากหลายของแมลงน้ำอันดับ Ephemeroptera และ Trichoptera มากที่สุด เนื่องจากบ่อ 1 (S01) มีแหล่งที่อยู่อาศัยเป็นก้อนหินและแมลงหนอนปลอกน้ำต้องอาศัยเฉพาะเจาะจงอยู่กับก้อนหินเพราะมีการสร้างปลอกติดกับก้อนหิน จุดเก็บตัวอย่างบ่อ 1 (S01) มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำค่อนข้างสูง อุณหภูมิอากาศและน้ำต่ำ จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำกับแมลงน้ำ พบว่าแมลงน้ำอันดับ Ephemeroptera วงศ์ Polymitarcyidae และ Caenidae มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับค่าการนำไฟฟ้าและปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ และแมลงน้ำอันดับ Trichoptera วงศ์ Hydropsychidae และ Ecnomidae มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ อย่างมีนัยสำคัญ (p <0.05) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ได้ว่าแมลงน้ำอันดับ Ephemeroptera และ Trichoptera ไม่สามารถทนอยู่ได้ในแหล่งน้ำที่มีค่าการนำไฟฟ้าและปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำที่สูงได้ ปริมาณออร์โธฟอสเฟตต่ำ Maul *et al.* (2004) พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่ต่ำทำให้มีความหลากหลายของแมลงน้ำอันดับ Ephemeroptera และ Trichoptera ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้ และพบแมลงน้ำอันดับ Ephemeroptera วงศ์ Caenidae และ Baetidae ในบริเวณแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากกิจกรรมทางการเกษตรและแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากอาคารเรียนและหอพัก ซึ่งสอดคล้องกับสุมาลี (2547) ที่พบแมลงน้ำวงศ์ Caenidae มีบทบาทที่สำคัญในการสลายเศษซากใบไม้ในแหล่งน้ำ ค่อนข้างทนต่อมลพิษเช่นเดียวกับวงศ์ Baetidae และพบกระจายอยู่ทั่วไปในแหล่งน้ำไหลและน้ำนิ่งตั้งแต่น้ำที่มีคุณภาพดีมากไปจนถึงคุณภาพพอใช้ เช่นเดียวกับวงศ์ Baetidae จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแมลงน้ำและคุณภาพน้ำยังพบว่าแมลงน้ำวงศ์ Gerridae และ Notonectidae อยู่ในแหล่งน้ำที่มีไนเตรท-ไนโตรเจนที่สูงได้ แมลงน้ำวงศ์ Belostomatidae Stratiomyidae และ Culicidae สามารถอยู่ในแหล่งน้ำที่มีปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่สูงได้ อีกทั้งวงศ์ Belostomatidae ยังสามารถอยู่ในแหล่งน้ำที่มีปริมาณออร์โธฟอสเฟตสูงได้ อย่างมีนัยสำคัญ (p <0.01, p <0.05) ซึ่งส่วนใหญ่พบแมลงน้ำวงศ์ Belostomatidae ในแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากกิจกรรมทางการเกษตรและแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากอาคารเรียนและหอพัก แมลงน้ำที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณสารอาหาร เพราะแมลงน้ำมีความต้องการสารอาหารจากแหล่งน้ำ แต่ถ้าปริมาณสารอินทรย์ต่างๆในแหล่งน้ำมีค่าสูงหรือต่ำจนเกินไป อาจส่งผลกระทบต่อจำนวนตัวและความหลากหลายของแมลงน้ำได้ (Navia *et al.,* 1997) เนื่องจากถ้ามีปริมาณสารอินทรย์ต่างๆ มากเกินจะทำให้แหล่งน้ำมีคุณภาพลดลงได้ ดังนั้นในแหล่งน้ำควรมีปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสัตว์ด้วย

ผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ที่เพิ่มขึ้น ทำให้สัดส่วนของแมลงน้ำที่มีบทบาทการกินอาหารแบบกินตะกอนดิน (Gatherers) และพวกที่เก็บสะสม กรองกิน (Filterers) จำพวกแมลงน้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อันดับ Diptera จะเพิ่มขึ้น และสัดส่วนของแมลงน้ำที่มีบทบาทการกินอาหารแบบขูดกินสิ่งชีวิตที่อยู่บนผิวของพืช (Scrapers) จำพวกแมลงน้ำอันดับ Ephemeroptera แมลงน้ำที่มีบทบาทการกินซากอินทรีย์ขนาดใหญ่เป็นอาหาร (Shredders) จำพวกแมลงน้ำอันดับ Coleoptera และพวกที่เป็นผู้ล่า (Perdators) จำพวกแมลงน้ำอันดับ Hemiptera, Magaloptera และ Odonata จะลดลง (Kerans and Karr, 1994) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยนี้คือ ในแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากกิจกรรมทางการเกษตรและแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากอาคารเรียนและหอพัก มีสัดส่วนความชุกชุมของ Gatherers และ Filterers ที่สูง ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ปริมาณสารอินทรีย์ (Plafkin *et al.*, 1989) Scrapers มีความชุกชุมในจุดเก็บตัวอย่างบ่อ 1 (S01) ซึ่ง Scrapers และ Shredders จะได้รับผลกระทบจากสารพิษมากกว่า Gatherers หรือ Filterers ซึ่งทนต่อสารมลพิษและความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำนั้นได้ Perdators มีความไวต่อการรบกวนของมนุษย์ เพราะได้รับผลกระทบจากมลพิษที่มีการสะสมเพิ่มขึ้นในลำดับขั้นห่วงโซ่อาหาร และการรบกวนของมนุษย์ส่งผลกระทบต่อประชากรของเหยื่อ (Ormerod, 2002)

4. การบริหารและการจัดการแหล่งน้ำภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

จากการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงน้ำและตรวจวัดคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมี สามารถนำมาประเมินคุณภาพน้ำภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ได้ว่าจุดเก็บตัวอย่างบ่อ 1 (S01) ซึ่งรับน้ำมาจากคลองชลประทานของแม่น้ำแม่กลอง นำไปใช้เพื่อการอุปโภคบริโภคภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จัดเป็นแหล่งน้ำประเภทที่ 3 (กรมควบคุมมลพิษ, 2546) แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อนและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการเกษตรโดยปริมาณออกซิเจนค่อนข้างสูง ประกอบกับเป็นพื้นที่ๆ อยู่ไกลจากแหล่งชุมชนจึงทำให้บริเวณนี้ได้รับผลกระทบของคุณภาพน้ำค่อนข้างน้อยกว่าจุดอื่นๆ และพบแมลงน้ำอันดับ Trichoptera ซึ่งพบในจุดนี้เพียงจุดเดียว และพบแมลงน้ำอันดับ Ephemeroptera มากที่สุดในจุดเก็บตัวอย่างนี้ด้วย ซึ่งแมลงทั้งสองสามารถใช้ประเมินคุณภาพน้ำได้ กล่าวคือ แมลงน้ำทั้งสองกลุ่มนี้มีความทนทานได้น้อยต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ ตัวอ่อนชีปะขาวและแมลงหนอนปลอกน้ำจะทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม พบในน้ำคุณภาพดีจนถึงคุณภาพพอใช้ จุดเก็บตัวอย่างสระบัวใหญ่ (S02) สระบัวเล็ก (S03) คูระบายน้ำหน้าคาวบอยแลนด์ (S09) และคูระบายน้ำป้อมยามฝั่งพนมทวน (S10) ควรมีการกำจัดวัชพืชออก ซึ่งมีปริมาณฟอสเฟตในน้ำมากเกินทำให้เกิดสภาวะที่เรียกว่ายูโทรฟิเคชั่น และทำให้พบแมลงน้ำที่ทนอยู่ได้ในสภาพน้ำที่สกปรกจำพวกวงศ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Stratiomyidae และ Culicidae จำนวนมาก และควรมีการบำบัดน้ำก่อนปล่อยลงสู่งแหล่งน้ำโดยใช้เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียตามแนวพระราชดำริ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ง่าย สะดวก และเป็นวิธีการที่อาศัยธรรมชาติให้ช่วยเหลือธรรมชาติด้วยกันเอง โดยการอาศัยพืชช่วยในการกรองหรือฟอกน้ำให้สะอาดขึ้น โดยการทำแปลงหรือบ่อเพื่อกักเก็บน้ำเสีย และปลูกพืชที่ผ่านการคัดเลือกว่าเหมาะสม 3 ชนิด คือธูปฤาษี กกกลม และหญ้าแฝกอินโดนีเซีย ช่วยในการบำบัดน้ำเสียอาศัยการกรองน้ำเสียขณะที่ไหลผ่านแปลงหญ้าและการปลดปล่อยก๊าซออกซิเจนที่ได้จากการสังเคราะห์แสงให้กับน้ำเสียนั้น ร่วมกับการใช้ดินผสมทรายช่วยในการกรองน้ำเสีย และการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ในดิน เพื่อให้การบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพมากขึ้น สำหรับเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นจะมีลักษณะการให้น้ำเสียหรือระบายน้ำเสียเข้าสู่ระบบ คือ ระบบที่ให้น้ำเสียขังไว้ 5 วัน และปล่อยทิ้งไว้ให้แห้ง 2 วัน เพื่อให้จุลินทรีย์ในดินมีโอกาสได้พักตัว และระบายน้ำที่ผ่านการบำบัดออกจากระบบโดยปล่อยระบายน้ำทางระบบท่อใต้ดินสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ เมื่ออายุของหญ้าครบระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัดจะตัดหญ้านั้นออกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดให้กับระบบ หญ้าที่ตัดออกเหล่านี้สามารถนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ได้ (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2552) และมีอนุรักษ์แหล่งน้ำโดยการส่งเสริมให้มีการปลูกต้นไม้และดูรักษาต้นไม้ ให้ความสำคัญในการปรับปรุงแหล่งน้ำขนาดเล็ก สร้างทัศนียภาพในแหล่งน้ำให้สวยงาม เสริมสร้างจิตสำนึกในการอนุรักษ์ทรัพยากรแหล่งน้ำ การใช้น้ำอย่างประหยัดเพื่อให้มีวินัยในการใช้น้ำอย่างถูกต้อง เพื่อให้เกิดความร่วมมือในการใช้น้ำอย่างประหยัดและรู้คุณค่าของทรัพยากรน้ำ บริเวณแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากกิจกรรมทางการเกษตร และแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากอาคารเรียนและหอพัก พบแมลงน้ำที่หลากหลายเนื่องจากมีพืชริมน้ำอาศัยอยู่บริเวณรอบๆ แหล่งน้ำ ซึ่งเป็นที่อยู่ของแมลงน้ำ แต่คุณภาพน้ำบริเวณดังกล่าวมีค่าคุณภาพน้ำค่อนข้างสูงและน้ำมีความสกปรกมาก จึงควรมีการบำบัดคุณภาพน้ำก่อนที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ เพื่อเป็นการอนุรักษ์แหล่งน้ำและช่วยกันรักษาความสะอาด ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. ความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงน้ำ ในแหล่งน้ำนิ่งธรรมชาติที่รองรับการปล่อยน้ำทิ้งทั้งหมด 16 จุดเก็บตัวอย่าง ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554 พบแมลงน้ำ 7 อันดับ 28 วงศ์ อันดับที่พบจำนวนวงศ์มากที่สุด คือ อันดับ Hemiptera (9 วงศ์) รองลงมาคืออันดับ Odonata (6 วงศ์) อันดับ Coleoptera (4 วงศ์) อันดับ Diptera และอันดับ Ephemeroptera (3 วงศ์) อันดับ Trichoptera (2 วงศ์) และอันดับ Megaloptera (1 วงศ์)

ดัชนีความหลากชนิดของกลุ่มแมลงน้ำมีค่า Shannon Index อยู่ระหว่าง 0.247-2.111 จุดเก็บตัวอย่างที่มีค่า Shannon Index มากที่สุดคือ คูระบายน้ำป้อมยามฝั่งพนมทวน (S10) มีค่า Shannon Index เท่ากับ 2.111 จุดเก็บตัวอย่างที่มีค่า Shannon Index รองลงมาคือ คูระบายน้ำหน้าคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (S14) มีค่า Shannon Index เท่ากับ 1.881 รองลงมาคือ จุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหน้ามหาวิทยาลัย (S11) คูระบายน้ำหลังหอพักบุคลากร (S15) และคลองระบายน้ำรวมหน้ามหาวิทยาลัย (S16) สระบัวใหญ่ (S02) คูระบายน้ำหน้าตลาดดงสะเดา (S12) สระน้ำหน้าหอพักนานาชาติ (S04) คูระบายน้ำประตูโดมแมลง (S07) คูระบายน้ำข้างพืชผักเขตร้อน (S08) สระบัวเล็ก (S03) คูระบายน้ำหน้าคาวบอยแลนด์ (S09) บ่อบัวสวนสาธารณะ (S06) บ่อ 1 (S01) สระอภัยทาน (S13) และสระน้ำใกล้สนามกีฬา (S05) มีค่า Shannon Index เท่ากับ 1.748, 1.476, 1.451, 1.070, 1.028, 0.893, 0.889, 0.851, 0.729, 0.677, 0.664, 0.584, 0.475 และ 0.247 ตามลำดับ ค่า Shannon Index สูงแสดงถึงจุดเก็บตัวอย่างนั้นมีชนิดที่มีความหนาแน่นและการกระจายตัวของแมลงน้ำมาก

จัดกลุ่มจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนตัวของแมลงน้ำที่พบในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง สามารถแบ่งความสัมพันธ์ได้เป็น 4 กลุ่ม

กลุ่มที่หนึ่ง คือ สระบัวใหญ่ (S02) คูระบายน้ำป้อมยามฝั่งพนมทวน (S10) สระน้ำหน้าหอพักนานาชาติ (S04) คูระบายน้ำประตูโดมแมลง (S07) คูระบายน้ำหน้าตลาดดงสะเดา (S12) คูระบายน้ำหน้าคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (S14) คูระบายน้ำข้างพืชผักเขตร้อน (S08) บ่อบัวสวนสาธารณะ (S06) สระบัวเล็ก (S03) คูระบายน้ำหลังหอพักบุคลากร (S15)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คูระบายน้ำหน้ามหาวิทยาลัย (S11) และคลองระบายน้ำรวมหน้ามหาวิทยาลัย (S16)

กลุ่มที่สอง คือ คูระบายน้ำหน้าคาวบอยแลนด์ (S09) และสระอภัยทาน (S13)

กลุ่มที่สาม คือ สระน้ำใกล้สนามกีฬา (S05)

กลุ่มที่สี่ คือ บ่อ 1 (S01)

2. ปัจจัยทางกายภาพและเคมีในแหล่งน้ำที่ทำการศึกษา คือ อุณหภูมิอากาศและน้ำ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ค่าความขุ่นใสของน้ำ ปริมาณสารอาหารที่ละลายอยู่ในน้ำได้แก่ ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ปริมาณออร์โธฟอสเฟต และปริมาณซัลเฟต อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานสำหรับแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 3-5

3. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีกับแมลงน้ำ พบว่ามีปัจจัย 12 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิน้ำ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ ค่าความขุ่นใสของน้ำ ค่าความเป็นด่างของน้ำ ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนในน้ำ ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำ ปริมาณออร์โธฟอสเฟตในน้ำ และปริมาณซัลเฟตในน้ำ มีความสัมพันธ์กันทั้งในเชิงบวกและเชิงลบอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.01$, $p<0.05$) ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีชี้ให้เห็นว่าแมลงน้ำสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นดัชนีทางชีวภาพในการประเมินคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำได้

ข้อเสนอแนะ

1. การใช้สิ่งมีชีวิตในการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำให้ได้ผลดียิ่งขึ้นต้องมีการตรวจสอบในระยะยาว (Long term monitoring) จะทำให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

2. การศึกษาปัจจัยคุณภาพน้ำทางด้านเคมี ควรศึกษาให้ครบตามมาตรฐานกำหนดการตรวจวัดคุณภาพน้ำทางด้านเคมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. จากการประเมินคุณภาพน้ำภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ควรบำบัดน้ำก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ เพราะถ้ามีสารมลพิษปนเปื้อนในแหล่งน้ำปริมาณมากจะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ และควรมีการอนุรักษ์พันธุ์ไม้น้ำในแหล่งน้ำเพราะเป็นที่อยู่อาศัยของแมลงน้ำและสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ถ้ามีพันธุ์ไม้น้ำมากเกินไปควรมีการกำจัดออก แต่ไม่ควรใช้สารเคมีในการกำจัดเพราะเป็นมลพิษต่อแหล่งน้ำ ควรใช้เครื่องมือช่วยในการกำจัดหรือใช้แรงงานคนซึ่งไม่เป็นพิษต่อแหล่งน้ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรรณิการ์ สิริสิงห์. 2522. **เคมีของน้ำ น้ำโสโครกและการวิเคราะห์.** โรงพิมพ์บริษัทสารมวลชน จำกัด, กรุงเทพฯ.

_____. 2525. **เคมีของน้ำ น้ำโสโครกและการวิเคราะห์.** พิมครั้งที่ 2. บริษัทประยูรวงศ์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

กรมควบคุมมลพิษ. 2538. **เกณฑ์ระดับคุณภาพน้ำ มาตรฐานคุณภาพน้ำประเทศไทย**. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

_____. 2546. **คู่มือการติดตามตรวจสอบและประเมินคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำจืดผิวดิน**. ส่วนแหล่งน้ำจืด สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ, กรุงเทพฯ.

กองจัดการคุณภาพน้ำ. 2540. **เกณฑ์ระดับคุณภาพน้ำและมาตรฐานคุณภาพน้ำประเทศไทย.** กรมควบคุมมลพิษ. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

เดชาพล รุกขมธุร์. 2544. **การศึกษาคุณภาพน้ำผิวดิน โครงการเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

แตงอ่อน พรหมมิ. 2542. **ความหลากหลายและการกระจายของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยจากลำธารที่ความสูงต่างกัน บนอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นราธิป เพียงจริง. 2543. **การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในแม่น้ำบางปะกง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นันทนา คชเสนี. 2539. **คู่มือปฏิบัติการนิเวศวิทยาน้ำจืด.** สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และคณิตา ตังคณานุรักษ์. 2550. **หลักการการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี.** พิมครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ประเทือง เชาว์วันกลาง. 2534. **คุณภาพน้ำทางการประมง**. แผนกประมง คณะสัตวศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยราชมงคล วิทยาเขตลำปาง, ลำปาง.

ปาริชาต โล่ห์คำ. 2542. **ผลของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินต่อคุณภาพน้ำทางกายภาพในน้ำท่าของลุ่มน้ำตัวอย่าง กรณีศึกษา: ลุ่มน้ำแม่แตง, เชิญ และคลองยัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เปี่ยมศักดิ์ มานะเสวต. 2539. **แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ.** พิมพ์ครั้งที่ 7. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ภูวดล เชื้อผู้ดี. 2549. **ความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงหนอนปลอกน้ำตัวเต็มวัยบริเวณริมฝั่งพื้นที่ชุ่มน้ำในเชียงใหม่เพื่อติดตามตรวจสอบสภาพแวดล้อม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และมั่นรักษ์ ตัณฑุลเวศม์. 2545. **เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย.** พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพมหานคร โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจารุวรรณ สมศิริ. 2528. **คุณสมบัติของน้ำและการวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง**. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ, กรมประมง, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ยุพิน ถือดำ. 2537. การใช้กลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินขนาดใหญ่ในการแบ่งชั้นคุณภาพน้ำจากลำธารบนดอยอินทนนท์ และแม่น้ำปิง โดยใช้ดัชนีไบโอติกและซาโพรบิก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วิไลลักษณ์ กิจจนะพานิช. 2531. **คู่มือการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย**. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศานิต รัตนภุมมะ. 2550. **กีฏวิทยาแม่บท.** ฉบับปรับปรุงแก้ไขครั้งที่ 2. ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ศิริเพ็ญ ตรัยไชยาพร. 2543. **การสำรวจสถานภาพของพื้นที่ชุ่มน้ำสำคัญบริเวณแอ่งที่ราบเชียงใหม่-ลำพูน**. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ศุภลักษณ์ สาวิภาค และนฤมล แสงประดับ. 2548. **การเชื่อมโยงตัวอ่อนแมลงชีปะขาวอันดับย่อย Baetidae Caenidae และEphemeroidae ในลำธารห้วยหญ้าเครือ อุทยานแหล่งชาติน้ำหนาว.** ใน: บทคัดย่อโครงการวิจัยและวิทยานิพนธ์ 2548. วิสุทธิ์ ใบไม้ และรังสิมา ตัณฑเลขา (บรรณาธิการ). ห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงพิมพ์ชวนพิมพ์, กรุงเทพฯ.

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน). 2552. **คู่มือเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียตามแนวพระราชดำริ การบำบัดน้ำเสียด้วยระบบพืชกรองน้ำเสีย**. แหล่งที่มา: http://www.haii.or.th/wiki84/index.php/, 8 กันยายน 2554

สัทธา มีอ่อง. 2529. **ผลกระทบของการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อคุณภาพน้ำทางกายภาพบริเวณลุ่มน้ำแม่กลอง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม. 2541. **ความหลากหลายทางชีวภาพ.** เอกสารเผยแพร่สำหรับนักเรียน นักศึกษา. ฝ่ายทรัพยากรชีวภาพ กองประสานงานการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ. (อัดสำเนา)

สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์. 2549. **ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำ.** พิมพครั้งที่ 1. ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุจิตรา ไทยทำนัส. 2538. **การศึกษาสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในลำห้วยหญ้าเครืออุทยานแห่งชาติน้ำหนาว จ.เพชรบูรณ์**. ซีเนียร์โปรเจค. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุมาลี สีนอเนตร. 2547. **การสลายเศษซากใบไม้ในลำธารต้นน้ำของประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อนุชา เกตุเจริญ. 2534. **การตรวจวัดคุณภาพน้ำบางประการในลุ่มน้ำภาคตะวันออก**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อิสระ ธานี. 2537. **การศึกษาสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในห้วยพรมแล้ง อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว จ.เพชรบูรณ์**. ซีเนียร์โปรเจค. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

อุดร จารุรุตน์ และจารุรัตน์ วรนิสรากุล. 2524. **วิศวกรรมประปาและสุขาภิบาล**. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

Abel, P.D. 1989. **Water Pollution Biology**. Ellis Horwood Limited, Chichester.

APHA, AWWA, WPCF. 1992**. Standard method for the examination of water and wastewater. 18th ed.** American Public Health Association. Washington D.C.

Barbour, M.T., J. Gerritsen, B. D. Snyder and J. B. Stribling. 1999. **Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable Rivers: perphyton, benthic macroinvertebrates, and fish-Second edition.** EPA 841-B-99-002. U.S. Envoronmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C.

Bishop, J.E. 1973. **Limnology of a small Malayan River Sungai Gombak.** Dr. W. Junk B.V. Publisher, The Hague.

Brittain, J. E. 1990. **Life history strategies in Ephemeroptera and Plecoptera**. In Campbell, I. C., ed. Mayflies and Stoneflies, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: 1-12.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Boulton, A. J. and M. A. Brock. 1999. **Australian Freshwater Ecology Processes and Management.** Gleneagles Publishing, Adelaide.

Boyd, C. E. and C. S. Tucker. 1998. **Pond aquaculture water quality management**. Kluwer Academic Publishers, Massachusetts.

Campbel, I.C. 1982. Bioogical water quality monitoring: an Australian viewpoint. **Water quality management: Monitoring program and diffuse runoff** B.T. Hart, ed. 39-66.

Chantaramongkol, P. 1983. Light-trapped caddisflies (Trichoptera) as water quality indicators in large rivers, results from the Danube at Veroce, Hungary. **Aquatic Insects** 5(1): 33-37.

Chaibu, P., P. Chantaramongkol and H. Malicky. 2002. The caddisflies (Trichoptera) of the Ping, northern Thailand, with particular reference to domestic pollution, pp 331-342. *In* Mey, W., ed. **Proceedings of the 10th International Symposium on Trichoptera, 30 July-05 August, 2000, Potsdam, Germany.** Nova Supplementa Entomologica, Keltern, Germany.

Chessman, B.C. 1995. Rapid assessment of river using macroinvertebrates: A procedure based on habit-specific sampling, family level identification and biotic index. **Australian Journal of Ecology** 20: 122-129.

Collier, K.J. 1995. Environmental factors affecting the taxonomic composition of aquatic macroinvertebrate communities in lowland waterways of Northland, New Zaeland. **New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research** 29: 453-465.

Dance, K.W. and Hynes, H.B.N. 1980. Some effects of agriculture land use on stream insect communities. **Environ Pollut Ser A** 22: 19-28.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

De Zwart, D. and R.C. Trivedi. 1994. **Manual on intregrated water quality evaluation**. Report 802023003. National Institute of Public Health and Environment Protection (RIVM), Bilthoven, The Netherlands.

Dohet, A. 1999. Ordination and classification of Trichopteran assemblages of the rhithral part of some basins with little or no anthropogenic disturbance in the Oesling (G.D.of Luxembourg), pp 75-81. *In* Malicky, H. and P. Chantaramongkol, eds. **Proceedings of the 9th International Symposium on Trichoptera, Chiang Mai, 1998**. Faculty of Science, University of Chiang Mai.

Dohet, A. 2002. Are caddisflies an ideal group for the biological assessment of water quality in streams, pp 507-520. *In* Mey, W., ed. **Proceedings of the 10th International Symposium on Trichoptera, Potsdam, 2000, Germany.** Nova Supplementa Entomologica, Keltern, Germany.

Douhertyg, J.E. and M.D. Morgan. 1991. Benthic community response (Primaly Chironomidae) to nutrient enrichment and alkalization in shallow, soft water lakes. **Hydrologia** 215: 73-82.

Dudgeon, D. 1994. **Tropical Asian streams**. Hong Kong University Press, Hong Kong.

Dudgeon, D. 1999. **Tropical Asian streams zoobenthos, Ecology and Conservation.** Hong Kong University Press, Hong Kong.

Edward, R., J. Mayer and S. Findley. 1992. The relative contribution of benthic and suspended bacteria to system biomass, production, and metabolism in a low-gradient black-water river. **Journal of the North American Benthological Society** 9(3): 216-228.

Egborge, A.B.M. 1974. The seasonal variation and distribution of phytoplankton in the River Oshun, Nigeria. **Freshwater Biology** 4: 177-191.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Elliott, J.M. 1982a. The life cycle and spatial distribution of the aquatic parasitoid *Agriotypus armatus* (Hymenoptera) and is caddis host *Silo pallipes* (Trichoptera: Goeridae). **Journal of Animal Ecology** 51: 923-941.

Elliott, J.M. 1982b. A quantitative study of the life cycle of the case-building caddis *Odontocerum albicorne* (Trichoptera: Odontoceridae) in a Lake District stream. **Freshwater Biology** 12: 241-255.

EPA. 1973. **Chemistry of organomercurials in aquatic system.** Environmental Protection Agency, Washington D.C.

_____. 1973. **Water quality criteria 1972.** A report of the committee on quality criteria. Environmental Studies Board U.S. government printing office, Washington D.C.

Eugene P.D.olum. 1983. **Basic Ecology**. CB5 Collage Phublishing 415.

Hauer, F.R. and W.R. Hill. 1996. Temperature, light, and oxygen, pp 93-106. *In* Hauer, F.R. and G.A. Lamberti, eds. **Methods in stream ecology**. Academic Press, California.

Hawkins, C.P. and R.H. Norris. 2000. Performance of different landscape classifications for aquatic bioassessment: Introduction series. **Journal of the North American Benthological Society** 19(3): 367-369.

Hawkins, C.P. and M.R. Vinsons. 2000. Weak correspondence between landscape classification and stream invertebrate assemblages: Implication for bioassessments. **Journal of the North American Benthological Society** 19(3): 501-517.

Hawkins, C.P., R.H. Norris, J. Gerritsen, R.M. Hughes, S.K. Jackson, R.K. Johnson and R.J. Stevenson. 2000. Evaluation of the use of landscape classifications for the prediction of

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

freshwater biota: Synthesis and recommendations. **Journal of the North American Benthological Society** 19(3): 541-556.

Hellawell, J.M. 1986. **Biological indicators of freshwater pollution and environment management.** Elsevier Applied Science Publishers, London.

Hellawell, J.M. 1989. **Biological indicators of freshwater pollution and environment management.** Elsevier Applied Science Publishers, London.

Henriksen, A. and H.M. Seip. 1980. Strong and week acids in surface waters of Southern Norway and Southern Scottland. **The journal of the international association on water pollution research** 14(7): 309-813.

Huisman, J. 1989. A study of Trichoptera in Sabah and Sarawak, pp 275-279. *In* Tomaszewski, C., ed. **Proceedings of the 6th International Symposium on Trichoptera**. Adam Mickiewiscz University Press, Poznan, Poland.

Hynes, H.B.N. 1984. The ecology of aquatic insects**,** *In* Resh, V.H. and D.M. Rosenberg, eds. **Taxonomy and ecology**. Preager publishers, New York.

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

Kerans, B.L. and J.R. Karr. 1994 A benthic index of biotic integrity (B-IBI) for rivers of the Tennessee valley. Ecological Applications. **Ecological Society of America** 4: 768–785.

Kingsford, R. T. 2000. Ecological impacts of dams, water diversions and river management on floodplain wetlands in Austral Ecology. **Austral Ecology** 25: 109-127.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Laudee, P. 2002. **Diversity of some aquatic insects from Chiang Dao Watershed, Chiang Mai Province for environmental bioassessment**. Ph.D. thesis. Chiang Mai University.

Lehmkuhl, M.D. 1979. **How to know the Aquatic Insects**. Wm. C. U.S.A.: Brown Company Publisher.

Lemly, A.D. 1998. Bacterial growth on stream insects: Potential for use in bioassessment. **Journal of the North American Benthological Society** 17: 228-238.

Lenat, R.D. and V.H. Resh. 2001. Taxonomy and stream ecology-The benefits of genus and species-level identifications. **Journal of the North American Benthological Society** 20(2): 287-298.

Lewis, W.M. 1978. Dynamics and succession of the phytoplankton in a tropical Lake: Lake Lanao, Philippines. **Journal Ecological** 66: 849-880.

Liess, M. 1998. Significance of agricultural pesticides on stream macroinvertebrate communities. **Verh. Internat. Verein. Limnol** 26: 1245-1249.

Malicky, H. 1999. The net-spinning larvae of the giant microcaddisfly, *Ugandatrichia* spp. (Trichoptera, Hydroptilidae), pp 199-204. *In* Malicky, H. and P. Chantaramongkol, eds. **Proceedings of the 9th International Symposium on Trichoptera, Chiang Mai, 1998.** Faculty of Science, University of Chiang Mai.

Malicky, H. 2010. **Atlas of Southeast Asian Trichoptera**. Biology Department, Faculty of Science, Chiang Mai University.

Malicky, H. and P. Chantaramongkol. 1991. Beschreibung von Trichomacronema paniae

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

n.sp. (Trichoptera: Hydropsychidae) aus Nord-Thailand und Beobachtungen über ihre Lebensweise (Arbeiten über thailändische Köcherfliegen Nr. 9). **Entomologishe Berichte Luzern** 25: 113-122.

Malicky, H. and T. Prommi,. 2006. Beschreibungen einiger Köcherfliegen aus Süd-Thailand (Trichoptera) (Arbeit Nr. 42 über thailändische Köcherfliegen). **Linzer Biologische Beiträge** 38(2): 1591-1608.

Maul, J.D., J.L. Farris, , C.D. Milam, C.M. Cooper, S. Testa and D.L Feldam. 2004. The influence of stream habitat and water quality on macroinvertebrate communities in degraded streams of northwest Mississippi. **Hydrobiologia** 518: 79-94.

McCafferty, W. P. and A.V. Provonsha. 1981. **Aquatic Entomology.** Jones and Bartlett Publishers, Inc. Boston.

McGriff, E.C. 1972. The Effects of Urbanization on Water Quality. **Journal Environmental Quality** 1(1): 86-88.

Merritt, R. W. and K. W. Cummins. 1978. **An introduction to the aquatic insects of North America**. Kendall/Hunt Publisching Copany, Lowa.

Metcalfe, J.L. 1989. Biological water quality assessment of running water based on macroinvertebrate communities: History and present status in Eurppe. **Environmental Pollution** 60: 101-139.

Mores, J.C. 2001. Trichoptera World Checklist. E-mail: jmorse@clemson.edu: www.http://biowww.clemson.edu./ento/home.html.

Mustapha, M.K. and J.S. Omotosho. 2005. An assessment of the physic-chemical properties of Moro lake, Kwara State, Nigeria. **African Journal of Applied Zoology and**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Environmental Biology 7: 73-77.

Mustow, S.E. 1997. **Aquatic macroinvertebrates and environmental quality for river in northern Thailand.** Unpublished Ph.D. Thesis. University of London.

National Water Council. 1981. **River quality; the 1980 survey and future outlook**. National Water Council, London.

Navia, Y.V.B., M.D.C . Zuniga De Cardoso and A.M. Rojas De Hernandez. 1997. **Distribution and structure of the order Trichoptera in various drainages of the Cauca River basin, Colombia, and Their relationship to water quality**. 8th Proc. Internat. Symp. On Trichoptera, Minnesota, USA., 19-23.

Ormerod, S.J. 2002. Applied issue with predators and predation: editor's introduction. **Journal of Applied Ecology** 39: 181-188.

Pescador, L.M., K.A. Rasmussen and H.B. Richard. 2000. **A Guide of the stoneflies (Plecoptera) of Florida**. Department of Environmantal Protection, Division of Water Resource Management, Tallahassee, Florida A and M University.

Pinder, L.C.V. and D.J. Morley. 1995. **Chironomidae as Indicators of Water Quality-With a Comparison of the Chironomid Faunas of a Series of Contrasting Cumbrian Tarns**. Insects in a Changing Environment, 17th Symposium of The Royal Entomological Society of London 7-10 September 1993. 271-293.

Plafkin, J.L., T.M. Barbour, K.D. Poter, S.K. Gross and R.M. Hughes. 1989. **Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers. Benthic macroinvertebrates and fish.** EPA/444/4-89-001. Office of water regulations and standards, US Environmental Protection Agency, Washington, D.C.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Prommi, T., S. Permkam and H. Malicky. 2006a. The immature stages of *Pseudoleptonema quinquefasciatum* MART. and *P. supalak* Malicky and Chantaramongkol (Trichoptera: Hydropsychidae). **Braueria** 33: 26-30.

Prommi, T., S. Permkam and H. Malicky. 2006b. Description of larvae and pupae of *Hydatomanicus klanklini* Malicky and Chantaramongkol and *H. adonis* Malicky & Chantaramongkol (Trichoptera: Hydropsychidae) from southern Thailand. **Braueria** 33: 31-36.

Prommi, T. 2007. **Taxonomy of Hydropsychidae (Trichoptera) in Mountain Streams of Southern Thailand.** Unpublished Ph.D. Thesis. Prince of Songkla University.

Reid, G.K. 1961. **Ecology of Inland Waters and Estuaries**. Newyork: Reinhold Publishing Corporation, Chapman and Hall, Ltd.

Resh, V.H. and J.H. Jackson. 1993. Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates, pp 195-233. *In* Rosenberg, D.M. and V.H. Resh, eds. **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. Chapman and Hall, New York.

Roback, S.S. 1974. Trichoptera, pp 150-154. *I*n Hart and Samual. **Pollution Ecology of Freshwater Invertbrates.** Academic, New York.

Robertson, P. 2006. The Influence of Agricultural Land Use and the Mediating Effect of Riparian Vegetation on Water Quality in Jones Creek, Alberta, Canada. **Enquiries Journal of Interdisciplinary Studies for High School Students** 2 (1) 13-24.

Rosenberg, D.M. and V.H. Resh. 1993. Introduction to Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates, pp 1-9. *In* Rosenberg, D.M. and V.H. Resh, eds. **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. Chapman and Hall, New York.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Rundel, S.D., A. Jenkins and S.I. Ormerod. 1993. Macroinvertebrate communities in streams in Himalaya, Nepal. **Freshwater Biology** 30: 169-180.

Sangpradub, N., Y. Inmuong, C. Hanjavanit and U. Inmuong. 1996. A correlation study between freshwater benthic macroinvertebrates fauna and environmental quality factors in Nam Pong Basin Thailand. **A research report to the Thailand Research Fund**.

Sangpradub, N., C. Hanjavanit and Y. Inmuong. 1998. Classifying the Pong River by Using Biological Invertebrate Indicators. **Journal of KKU Sciences** 26(4): 289-304.

Sommerhauser, M., P. Kock, B. Robert and H. Schuhmacher. 1999. Caddisflies as indicators for the classification of riparian systems along lowland streams, pp 337-345. *In* Malicky, H. and P. Chantaramongkol, eds. **Proceedings of the 9th International Symposium on Trichoptera, Chiang Mai, 1998.** Faculty of Science, University of Chiang Mai.

Steedman, R.J. 1994. Ecosystem health as a management goal. **J.N. Am. Benthol. Soc.** 13(4): 605-610.

Stocker, S.H. and S.L. Seager. 1976. **Environmental chemistry: Air and water pollution.** Oakland: Scott, foresman and company.

Stuijfzand, S.C., M.J. Joker, W. Ammelrooy and W. Admiraal. 1998. Caddisflies (Trichoptera: *Hydropsychidae*) used for assessing the state of pollution in large European rivers. pp 61-83. *In* Stuijfzand, S.C., ed. **Variables Determining the Response of Invertebrate Species to Toxicants a Case Study on the River Meuse**. Dienst Emmen, Amsterdam.

Sykora, J.L., M. Koryar and J.M. Fowles. 1997. Adult Trichoptera as indicators of water quality in the Upper Ohio River Drainage Basin, pp 441-444. *In* Holzenthal, R.W. and O.S. Flint, eds. **Proceedings of the 8th International Symposium on Trichoptera**. Ohio Biological Survey, Columbus.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Thamsenanupap, P., P. Chantaramongkol and H. Malicky. 2005. Description of caddis larvae (Trichoptera) from northern Thailand of the genera *Himalopsyche* (Rhyacophilidae), *Arctopsyche* (Arctopsychidae), cf. *Eoneureclipsis* (Psychomyiidae) and *Inthanopsyche* (Odontoceridae). **Braueria** 32: 7-11.

Ward, J.V. 1992. **Aquatic insect ecology**. Colorado State University. John Wiley and Sons, Inc. Fort Collins, Colorado, USA.

Wert, J.W. and F.J. Keller. 1963**. Preliminary study of sediment source and transport in the Potonac River Basin**. Interstate Commission on Potonac River Basin, D.C. Tech Bull. 11: 42.

Wiggins, G.B. 1996**. Larvae of the North American Caddisfly Genera (Trichoptera).** 2nd edition. University of Toronto Press.

Williams, D.D. and B.W. Feltmate. 1992. **Aquatic Insects**. CAB International. Wallingford. UK. 358.

Yule, C.M. and Y.H. Sen. 2004. **Freshwater invertebrates of the Malaysian region**. Aura Productions Sdn. Bhd. Selangor, Malaysia.

.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ก

แมลงน้ำที่พบบริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำจำนวน 16 แห่ง ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553
ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก1 จำนวนตัวของแมลงน้ำที่พบในจุดเก็บตัวอย่างบ่อ 1 (S01) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

อันดับ	วงศ์	จุดเก็บตัวอย่างบ่อ 1 (S01)											
		มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
Ephemeroptera	Polymitarcyidae	6	1	1		1							
	Caenidae	13	25	4	5	38	7	21	42	8		23	29
	Baetidae		1			6		8	27	11	58		6
Odonata	Coenagrionidae	1	1				1		1		5		
Hemiptera	Gerridae	9	31	17	30	23	44	84	14	3	35	22	45
	Mesoveliidae	1					1			1			
	Helotrephidae										2		2
Coleoptera	Hydrophilidae						1			7			
	Dytiscidae	1											
Trichoptera	Hydropsychidae	140	63	124	131	101	37	84	358	300	122	137	97
	Ecnomidae	3		62	8	18	2	4	10	16	19	14	28
Diptera	Chironomidae	229	171		143	99	534	274	114	51	15	15	11

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก2 จำนวนตัวของแมลงน้ำที่พบในจุดเก็บตัวอย่างสระบัวใหญ่ (S02) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

อันดับ	วงศ์	จุดเก็บตัวอย่างสระบัวใหญ่ (S02)											
		มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
Ephemeroptera	Baetidae										1		2
Odonata	Coenagrionidae	3	15	21									10
	Libellulidae	2	5	8	2	1			1	2			2
	Corduliidae	1	1	1									4
	Platycnemididae							1					
Hemiptera	Gerridae	2					1	2			1	2	15
	Belostomatidae	3	8	6	14	7	6	3	6		12	8	5
	Naucoridae	1	2	2	4	3	2	7					1
	Notonectidae			1	1				1	17	1	5	6
	Nepidae	4				1	2	7	13				
	Mesoveliidae						1				2		
	Micronectidae								17	6			
	Hydrometridae										1		
	Helotrephidae				1			1				1	
Coleoptera	Hydrophilidae	8	1	18	36	1	6	2	1	3	20	1	10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก2 (ต่อ)

อันดับ	วงศ์	จุดเก็บตัวอย่างสระบัวใหญ่ (S02)											
		มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
	Dytiscidae			3	40					1	4		4
	Spercheidae									2			
	Noteridae		1	8									
Diptera	Chironomidae										1	2	10
	Culicidae		15	4									

ตารางผนวกที่ ก3 จำนวนตัวของแมลงน้ำที่พบในจุดเก็บตัวอย่างสระบัวเล็ก (S03) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

อันดับ	วงศ์	จุดเก็บตัวอย่างสระบัวเล็ก (S03)											
		มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
Ephemeroptera	Baetidae					2			1				
Odonata	Coenagrionidae	1	1	2	1	1			1				
	Libellulidae	2	2		4	3	14		21		1		2
	Platycnemididae							5					

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก3 (ต่อ)

อันดับ	วงศ์	จุดเก็บตัวอย่างสระบัวเล็ก (S03)											
		มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
Hemiptera	Gerridae										1		
	Belostomatidae	10	25	9	17	25	35	14	33	56	15	30	26
	Notonectidae			25					1				
	Nepidae								1			1	
	Mesoveliidae								1				2
	Hydrometridae							2	2				1
	Helotrephidae												1
Coleoptera	Hydrophilidae	7	11	4	1	1	5	5	19	2			9
	Dytiscidae	2	6	1		1			4	3		3	
	Noteridae												1
Diptera	Chironomidae								1	1	1	8	
	Stratiomyidae		6	6	1	1	4		1	1	4	6	
	Culicidae				16		3	7	6				

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก4 จำนวนตัวของแมลงน้ำที่พบในจุดเก็บตัวอย่างสระน้ำหน้าหอพักนานาชาติ (S04) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

อันดับ	วงศ์	จุดเก็บตัวอย่างสระน้ำหน้าหอพักนานาชาติ (S04)											
		มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
Ephemeroptera	Baetidae	1				2	1						
Odonata	Coenagrionidae	23	16	9	13	6	2	3	2		6	3	8
	Libellulidae				1						2		
Hemiptera	Gerridae		2	1	1	42	2	5	22	1			6
	Belostomatidae	12	2	2	9	1	2	3	10	10	4		1
	Naucoridae							7	5		1		1
	Notonectidae							1					
	Nepidae			2	1	3	2	3	1		1	4	2
	Mesoveliidae		3	2								1	1
	Micronectidae				1			1					
	Hydrometridae	1									1		
	Helotrephidae								2				
Coleoptera	Hydrophilidae	30	5	1	9	11		5	6	5	4		6
	Dytiscidae							2	3				
Diptera	Chironomidae			1	13	3	1					1	1
	Stratiomyidae			1		1							

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก5 จำนวนตัวของแมลงน้ำที่พบในจุดเก็บตัวอย่างสระน้ำใกล้สนามกีฬา (S05) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

อันดับ	วงศ์	จุดเก็บตัวอย่างสระน้ำใกล้สนามกีฬา (S05)											
		มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
Ephemeroptera	Baetidae			1									
Odonata	Coenagrionidae		1										
Hemiptera	Gerridae	20	2	31	8	47	73	5	19	29	26	29	60
	Belostomatidae	3		2	2		2						
	Notonectidae	106	19	216	52	113	103	76	506	181	198	12	39
	Nepidae	1	1										
	Mesoveliidae			1		1				1			
	Micronectidae						2						
Coleoptera	Hydrophilidae	3	7	1	1	1			1		1		
Diptera	Chironomidae			1									
	Stratiomyidae			1									

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก6 จำนวนตัวของแมลงน้ำที่พบในจุดเก็บตัวอย่างบ่อบัวสวนสาธารณะ (S06) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

อันดับ	วงศ์	จุดเก็บตัวอย่างบ่อบัวสวนสาธารณะ (S06)											
		มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
Ephemeroptera	Polymitarcidae						1						
	Baetidae					8	1	1		25			
Odonata	Coenagrionidae	4		2	1	57	7		2		2		4
	Libellulidae					2			1	1			
	Corduliidae						5						
Hemiptera	Gerridae	8	7	21	54	51	79	28	20	22	33	40	18
	Belostomatidae					2	2	10	11	4			2
	Naucoridae						1						
	Notonectidae	9	1	10	3	5		6	1	1	21	1	
	Nepidae	2	3				3	3	3				
	Mesoveliidae						2			1			
	Micronectidae						2			2			
	Helotrephidae									1			
Coleoptera	Hydrophilidae	5	2	1	6	3	11	1	1	1	2		1
Diptera	Chironomidae	2											
	Stratiomyidae				1								

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก7 จำนวนตัวของแมลงน้ำที่พบในจุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำประตูโดมแมลง (S07) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

อันดับ	วงศ์	จุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำประตูโดมแมลง (S07)											
		มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
Ephemeroptera	Caenidae		1									4	
	Baetidae			5				1		2			
Odonata	Coenagrionidae	1		1			1			1	2	2	
	Libellulidae	1	1	9	15	6	65		1	20	12	7	4
	Calopterygidae										1		
	Platycnemididae							7		1			
	Gomphidae				1								
Megaloptera	Sialidae		1	1					4	4	3	1	
Hemiptera	Gerridae	3							10			9	21
	Belostomatidae	1				1	5	1					
	Naucoridae	1				1		1			1	1	
	Notonectidae								8				
	Nepidae					2				1			
	Hydrometridae					1	1						

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก7 (ต่อ)

อันดับ	วงศ์	จุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำประตูโดมแมลง (S07)											
		มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
Coleoptera	Hydrophilidae	3				1	6	6	2				
	Dytiscidae		4				1						1
Diptera	Chironomidae	2			2		31	3	2	2	35	8	5

ตารางผนวกที่ ก8 จำนวนตัวของแมลงน้ำที่พบในจุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำข้างพืชผักเขตร้อน (S08) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

อันดับ	วงศ์	จุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำข้างพืชผักเขตร้อน (S08)											
		มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
Ephemeroptera	Caenidae	10	2	1						1	9	2	
	Baetidae					1	5	2			3		
Odonata	Coenagrionidae	34	2	4	6	3	16	65	45	13	21	6	13
	Libellulidae				1				3	2		5	3
	Corduliidae	3	2					1	1		1	2	1
	Calopterygidae										1		
	Platycnemididae	1		6		7	1	40	86	28	8	1	1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก8 (ต่อ)

อันดับ	วงศ์	จุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำข้างพืชผักเขตร้อน (S08)											
		มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
Megaloptera	Sialidae		1	2								1	
Hemiptera	Gerridae		13	4	3	15	7	17	2	3	7	1	6
	Belostomatidae					2			1				
	Naucoridae	5				2		2	1		1		
	Notonectidae				1								
	Nepidae				1		1						
	Mesoveliidae	1											
	Helotrephidae										1		
Coleoptera	Hydrophilidae				1	4	3	1	2		2		2
	Dytiscidae				3	1	1		1				
	Spercheidae						3						
Diptera	Chironomidae		16	4	2		4	11	9		6	5	13
	Stratiomyidae				1				1				
	Culicidae					2	1						

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก9 จำนวนตัวของแมลงน้ำที่พบในจุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหน้าคาวบอยแลนด์ (S09) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

อันดับ	วงศ์	จุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหน้าคาวบอยแลนด์ (S09)											
		มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
Ephemeroptera	Caenidae											1	
	Baetidae					1							
Odonata	Coenagrionidae	4	2			1	6		5		5	4	
	Libellulidae	1		1					1	1	6	6	4
	Platycnemididae							2					
Hemiptera	Gerridae	13	13	2	8		13	11	20	8		4	1
	Belostomatidae	4	1	4	4	7	14	3	11	14	3	9	6
	Naucoridae	2								2			
	Notonectidae	4	15	132	12	50	90	42	17	59	10	75	72
	Nepidae	5			1		2			1	1	2	2
	Micronectidae				1	2	27	2	6	1			
	Hydrometridae						2	2				1	
	Helotrephidae										1	1	
Coleoptera	Hydrophilidae	5	2	2	10	1	1		7	1	2	2	3
	Dytiscidae		2	2		3	15	3	2	2	2	9	6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก9 (ต่อ)

อันดับ	วงศ์	จุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหน้าคาวบอยแลนด์ (S09)											
		มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
Diptera	Chironomidae			4			8	1	1	6			
	Culicidae					1			1				

ตารางผนวกที่ ก10 จำนวนตัวของแมลงน้ำที่พบในจุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำป้อมยามฝั่งพนมทวน (S10) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

อันดับ	วงศ์	จุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำป้อมยามฝั่งพนมทวน (S10)											
		มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
Ephemeroptera	Caenidae			2		1			1				
	Baetidae		1	1				4	3				
Odonata	Coenagrionidae		1	3	8	4	5	9	6	2	2	1	2
	Libellulidae	8		5	5	5			6	24	3	2	2
	Corduliidae				1								
	Platycnemididae							5					
	Gomphidae				1	1		1		4			

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก10 (ต่อ)

อันดับ	วงศ์	จุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำป้อมยามฝั่งพนมทวน (S10)											
		มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
Hemiptera	Gerridae		27		7		5						1
	Belostomatidae	20	4	3	7	9	10	3					5
	Notonectidae		1	3	5	3	23	1				1	
	Nepidae				4	1	2	1					
	Mesoveliidae			2			1	1				2	
	Hydrometridae			1	1	2	3			1	1		
	Helotrephidae						3	4	3				
Coleoptera	Hydrophilidae	3	3	8	7	15	3	3	1		2	9	17
	Dytiscidae			2		2	5	4	2		2		
Diptera	Chironomidae				5	15			1	4			
	Stratiomyidae	1										1	1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก11 จำนวนตัวของแมลงน้ำที่พบในจุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหน้ามหาวิทยาลัย (S11) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

อันดับ	วงศ์	จุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหน้ามหาวิทยาลัย (S11)											
		มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
Ephemeroptera	Caenidae											1	
	Baetidae		1								1		
Odonata	Coenagrionidae		1	2	8		2		1		1		4
	Libellulidae		1	1	6		3		1	5	1		
	Corduliidae				4								
	Platycnemididae							1					
Hemiptera	Gerridae		9		10	3			26	4	2	14	79
	Belostomatidae	7	19	26	72	2	93	1	1		10	1	29
	Naucoridae			1			3	1					29
	Notonectidae				17	1	5			2	4	3	5
	Nepidae	2			1		4	5	3		3		1
	Mesoveliidae				1		4						10
	Micronectidae								3				
	Hydrometridae				1		3						
	Helotrephidae					1	5	13			7		

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก11 (ต่อ)

อันดับ	วงศ์	จุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหน้ามหาวิทยาลัย (S11)											
		มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
Coleoptera	Hydrophilidae	4	21	2	9	4	25	12	9	3	9	9	17
	Dytiscidae		4	3		2	7	3				1	1
	Noteridae							1					
Diptera	Chironomidae			43	212	3	55				5		54
	Stratiomyidae	1		2		1	5	2		1			
	Culicidae		1		1								

ตารางผนวกที่ ก12 จำนวนตัวของแมลงน้ำที่พบในจุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหน้าตลาดดงสะเดา (S12) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

อันดับ	วงศ์	จุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหน้าตลาดดงสะเดา (S12)											
		มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
Ephemeroptera	Caenidae	1			1		1			9	1		
	Baetidae	4		1	2	4	8	6	7	7	1		
Odonata	Coenagrionidae	15	1	7	3	1	8		12	7	13		9
	Libellulidae	1	1		1				6				

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก12 (ต่อ)

อันดับ	วงศ์	จุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหน้าตลาดดงสะเดา (S12)											
		มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
	Corduliidae		1	1		1							8
	Platycnemididae							4					
Hemiptera	Gerridae	23	18	8	6		1			19	10	29	9
	Belostomatidae		4	3	13	12	25	12	33	35	1		3
	Naucoridae	1					1					1	
	Notonectidae	2								2	10	8	
	Nepidae	2	4		4						3		
	Mesoveliidae			2	3	1	1		3	4		2	5
	Micronectidae	11				10	1	6	4	9			2
	Hydrometridae						1		1	1	1		1
	Helotrephidae				5	11	12	15	30	10			
Coleoptera	Hydrophilidae			1							1		1
	Dytiscidae					3		1				1	
	Noteridae		1				1		1				
Diptera	Chironomidae			1	1								13
	Culicidae				1			1					

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก13 จำนวนตัวของแมลงน้ำที่พบในจุดเก็บตัวอย่างสระอภัยทาน(S13) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

อันดับ	วงศ์	จุดเก็บตัวอย่างสระอภัยทาน (S13)											
		มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
Odonata	Coenagrionidae											3	
	Libellulidae	2											
Hemiptera	Gerridae	3	9	16		30	49	5	9	11	6	8	1
	Belostomatidae					1							
	Notonectidae	6		4	156	266	2	19	1	4	26	8	236
	Mesoveliidae	3											
Coleoptera	Hydrophilidae			2						1			
Diptera	Chironomidae			1									

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก14 จำนวนตัวของแมลงน้ำที่พบในจุดเก็บตัวอย่างระบายน้ำหน้าคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์(S14) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

อันดับ	วงศ์	จุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหน้าคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (S14)											
		มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
Ephemeroptera	Baetidae			2				10		1			
Odonata	Coenagrionidae				1		1	55	52	2			3
	Libellulidae			4	1								
Hemiptera	Gerridae	1	19	34	6	23	10	19	29	12	3	6	15
	Belostomatidae				2			1	1	19	6	3	
	Naucoridae			1	6		2	1	1	2	2	1	12
	Notonectidae	3	7	2	6	6	12	38	23	40	16	15	26
	Nepidae	1					1	1	4	1	1	1	1
	Mesoveliidae							5	7	3			
	Micronectidae						1	2	1	1			
	Hydrometridae			1	1	1				1	1		
	Helotrephidae					1							
Coleoptera	Hydrophilidae						1	9	11	2	3	7	11
	Dytiscidae									1			1
	Spercheidae								4	1			

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก14 (ต่อ)

อันดับ	วงศ์	จุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหน้าคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (S14)											
		มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
Diptera	Chironomidae						14	13	2	2		3	4
	Stratiomyidae			1									
	Culicidae							83					

ตารางผนวกที่ ก15 จำนวนตัวของแมลงน้ำที่พบในจุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหลังหอพักบุคลากร (S15) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

อันดับ	วงศ์	จุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหลังหอพักบุคลากร (S15)											
		มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
Ephemeroptera	Baetidae		1	1	1						1		
Odonata	Coenagrionidae	3						1					
Hemiptera	Gerridae		11	8				1	3	1			
	Belostomatidae	7	36	17	31	31	56	47	28	128	2	13	12
	Notonectidae	1						11					
	Nepidae	1	2			1					1		

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก15 (ต่อ)

อันดับ	วงศ์	จุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหลังหอพักบุคลากร (S15)											
		มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
	Mesoveliidae					1	2		5	6	1		
	Micronectidae										2		
	Hydrometridae		1				2	1					
	Helotrephidae				1	1	14	6	3	13	3	8	
Coleoptera	Hydrophilidae	9	6	12	6	2	6	3	4	1	10	1	
	Dytiscidae	1	4	3		1	2				2		

ตารางผนวกที่ ก16 จำนวนตัวของแมลงน้ำที่พบในจุดเก็บตัวอย่างคลองระบายน้ำรวมหน้ามหาวิทยาลัย (S16) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

อันดับ	วงศ์	จุดเก็บตัวอย่างคลองระบายน้ำรวมหน้ามหาวิทยาลัย (S16)											
		มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
Ephemeroptera	Baetidae			2					1				
Odonata	Coenagrionidae	3		3	3				1	1	2		
	Libellulidae	11		3							3		

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก16 (ต่อ)

อันดับ	วงศ์	จุดเก็บตัวอย่างคลองระบายน้ำรวมหน้ามหาวิทยาลัย (S16)											
		มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
Hemiptera	Gerridae	3	3			1	10	9	5	1		6	24
	Belostomatidae	16	14	7	23	10	4		6	7	6	6	2
	Naucoridae	1											2
	Notonectidae	15			1		3	2					
	Mesoveliidae	1		1		1					2		3
	Micronectidae					16		4	2				
	Hydrometridae									1	1		
Coleoptera	Hydrophilidae	6	8	7	14	8		1	4	1	4		
	Dytiscidae	4	8	4	1	4	2			2	1		
Diptera	Chironomidae			1	72	3	5	119	36	59	2	65	
	Culicidae			3									
	Dytiscidae	4	8	4	1	4	2			2	1		
Diptera	Chironomidae			1	72	3	5	119	36	59	2	65	
	Culicidae			3									

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ข

คุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีบริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำจำนวน 16 แห่ง ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข1 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีทั้งหมด 12 ปัจจัยในจุดเก็บตัวอย่างบ่อ 1 (S01) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

ปัจจัยคุณภาพน้ำ	จุดเก็บตัวอย่างบ่อ 1 (S01)											
	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
อุณหภูมิอากาศ	30.83	31.43	32.93	34.93	31.93	33.20	30.67	30.13	27.87	29.03	31.47	30.23
อุณหภูมิน้ำ	32.00	31.63	32.73	35.10	31.83	32.97	30.17	28.93	28.87	28.90	31.50	31.97
ความเป็นกรดเป็นด่าง	9.13	9.13	9.10	9.40	9.60	9.40	9.17	9.00	9.07	9.00	9.00	9.10
ออกซิเจนละลายน้ำ	2.27	2.20	1.51	1.74	1.25	1.43	6.20	5.62	4.00	5.40	4.89	5.76
การนำไฟฟ้า	274.00	295.33	266.00	190.60	540.33	326.33	228.00	182.33	182.67	410.33	270.00	336.33
ของแข็งละลายน้ำ	135.33	149.33	131.33	95.73	275.00	164.67	114.00	91.00	91.00	199.67	136.67	167.00
ความขุ่น	14.00	10.00	23.00	13	19.00	29.00	22.00	16.00	10.00	2	10.00	41.00
ความเป็นด่าง	130.00	138.00	130.00	142	96.00	134.00	108.00	72.00	82.00	44	66.00	54.00
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	0.27	0.23	2.49	0.35	1.60	0.36	0.37	0.58	0.26	0.34	0.34	0.40
ฟอสเฟต	0.11	0.21	0.32	0.19	1.94	0.14	0.91	0.12	0.09	0.17	0.30	0.29
ไนเตรท-ไนโตรเจน	2.10	1.40	1.40	1.90	0.60	0.90	12.50	1.30	1.10	1.7	1.20	2.10
ซัลเฟต	7.00	28.00	9.00	8	9.00	14.00	9.00	8.00	2.00	4	2.00	6.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข2 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีทั้งหมด 12 ปัจจัยในจุดเก็บตัวอย่างสระบัวใหญ่ (S02) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

ปัจจัยคุณภาพน้ำ	จุดเก็บตัวอย่างสระบัวใหญ่ (S02)											
	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
อุณหภูมิอากาศ	32.17	32.17	32.17	32.17	32.17	32.17	32.17	32.17	32.17	32.17	32.17	32.17
อุณหภูมิน้ำ	32.83	31.53	31.07	37.10	35.33	33.00	32.60	28.87	32.27	29.23	31.30	34.47
ความเป็นกรดเป็นด่าง	7.83	7.53	7.50	7.90	8.03	9.00	8.93	8.60	8.87	8.30	8.07	8.20
ออกซิเจนละลายน้ำ	1.57	0.61	0.70	1.25	0.86	0.90	6.77	5.96	5.30	3.64	3.25	6.56
การนำไฟฟ้า	660.67	368.00	916.00	221.67	604.00	653.67	688.67	666.33	652.67	821.33	894.00	618.33
ของแข็งละลายน้ำ	303.33	178.67	441.67	226.33	303.33	324.00	342.33	330.67	324.67	407.67	437.67	307.00
ความขุ่น	12.00	14.00	12.00	12	9.00	35.00	15.00	25.00	20.00	5.00	49.00	55.00
ความเป็นด่าง	200.00	178.00	206.00	138	158.00	150.00	162.00	122.00	90.00	80.00	80.00	64.00
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	0.53	0.81	1.67	0.85	0.82	0.56	0.51	0.57	0.51	0.49	0.48	0.62
ฟอสเฟต	0.38	0.75	1.21	1.14	0.92	1.03	0.96	0.69	0.40	0.61	0.85	0.88
ไนเตรท-ไนโตรเจน	1.70	1.90	1.10	2.40	1.80	1.40	1.60	1.40	1.50	1.60	1.30	1.80
ซัลเฟต	45.00	69.00	59.00	72	68.00	53.00	51.00	50.00	53.00	48.00	45.00	42.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข3 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีทั้งหมด 12 ปัจจัยในจุดเก็บตัวอย่างสระบัวเล็ก (S03) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

ปัจจัยคุณภาพน้ำ	จุดเก็บตัวอย่างสระบัวเล็ก (S03)											
	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
อุณหภูมิอากาศ	32.23	32.83	33.60	37.07	33.43	29.67	30.83	29.07	32.83	29.83	30.63	32.23
อุณหภูมิน้ำ	33.07	32.60	32.33	35.73	32.17	29.87	29.93	28.47	32.70	29.60	31.13	32.73
ความเป็นกรดเป็นด่าง	8.03	7.87	7.57	7.67	7.53	7.37	7.80	7.47	7.63	7.67	7.47	7.33
ออกซิเจนละลายน้ำ	2.11	0.88	0.77	0.84	0.49	0.57	3.28	2.89	4.21	3.14	1.15	2.32
การนำไฟฟ้า	675.67	552.33	818.33	339	820.67	531.00	582.33	488.33	530.67	672.67	694.00	430.67
ของแข็งละลายน้ำ	285.00	274.67	430.00	143.67	410.33	264.67	291.00	245.67	264.67	334.33	341.67	215.00
ความขุ่น	10.00	3.00	17.00	7	14.00	40.00	8.00	30.00	22.00	13.00	73.00	107.00
ความเป็นด่าง	188.00	234.00	188.00	154	154.00	114.00	168.00	102.00	78.00	74.00	56.00	52.00
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	0.72	1.86	2.38	1.17	1.48	2.52	1.08	1.16	9.20	8.2	5.75	5.95
ฟอสเฟต	0.34	1.55	1.04	0.83	1.10	0.80	1.83	0.65	1.96	3.25	2.56	2.09
ไนเตรท-ไนโตรเจน	1.60	2.20	1.80	1.90	1.50	1.20	2.10	2.20	2.40	2.50	2.00	2.40
ซัลเฟต	49.00	72.00	61.00	50	95.00	70.00	69.00	59.00	59.00	45.00	40.00	39.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข4 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีทั้งหมด 12 ปัจจัยในจุดเก็บตัวอย่างสระน้ำหน้าหอพักนานาชาติ (S04) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

ปัจจัยคุณภาพน้ำ	จุดเก็บตัวอย่างสระน้ำหน้าหอพักนานาชาติ (S04)											
	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
อุณหภูมิอากาศ	33.47	31.97	31.33	33.50	32.40	32.67	31.80	28.40	32.83	27.93	31.40	33.20
อุณหภูมิน้ำ	33.90	34.07	30.90	34.87	33.93	33.20	31.27	28.63	32.47	28.47	34.23	34.07
ความเป็นกรดเป็นด่าง	8.17	8.90	8.87	9.07	8.77	8.80	8.87	8.53	8.77	8.53	9.27	8.60
ออกซิเจนละลายน้ำ	1.61	1.24	1.22	1.29	0.80	0.81	5.33	4.65	4.65	4.41	5.26	4.56
การนำไฟฟ้า	494.00	376.67	599.67	267.00	273.67	459.67	394.00	347.33	413.33	522.67	448.00	252.00
ของแข็งละลายน้ำ	246.67	178.33	273.33	135.33	189.33	231.67	192.33	173.67	204.67	259.33	222.00	113.00
ความขุ่น	6.00	13.00	10.00	10	25.00	32.00	28.00	31.00	17.00	5.00	46.00	59.00
ความเป็นด่าง	134.00	102.00	126.00	102	96.00	144.00	92.00	72.00	78.00	58.00	54.00	44.00
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	0.35	0.39	0.42	0.40	0.40	1.24	0.38	0.51	0.55	0.4	0.42	0.52
ฟอสเฟต	0.17	0.17	0.17	0.58	1.64	0.08	0.15	0.15	0.57	0.09	0.40	0.38
ไนเตรท-ไนโตรเจน	1.50	2.10	1.50	1.50	1.80	1.50	1.90	2.10	1.80	2.00	1.80	2.20
ซัลเฟต	39.00	57.00	38.00	36	40.00	43.00	49.00	45.00	42.00	36.00	32.00	31.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข5 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีทั้งหมด 12 ปัจจัยในจุดเก็บตัวอย่างสระน้ำใกล้สนามกีฬา (S05) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

ปัจจัยคุณภาพน้ำ	จุดเก็บตัวอย่างสระน้ำใกล้สนามกีฬา (S05)											
	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
อุณหภูมิอากาศ	31.27	33.60	33.50	33.87	34.97	31.03	31.77	28.67	32.90	28.73	32.63	31.60
อุณหภูมิน้ำ	31.50	34.17	33.87	35.40	35.87	32.40	31.63	29.17	33.07	28.63	34.93	34.33
ความเป็นกรดเป็นด่าง	9.83	9.63	9.77	10.53	10.33	10.27	10.27	10.17	10.10	9.40	10.80	10.07
ออกซิเจนละลายน้ำ	2.41	2.59	2.02	2.29	1.26	1.25	9.39	10.24	7.75	4.37	6.16	6.47
การนำไฟฟ้า	540.33	375.00	542.67	258.67	549.00	339.33	416.00	320.00	328.67	497.33	477.33	283.00
ของแข็งละลายน้ำ	269.00	167.00	282.67	132.67	251.33	192.33	207.67	157.67	162.67	254.00	179.33	136.00
ความขุ่น	160.00	37.00	63.00	2	51.00	102.00	97.00	101.00	119.00	162.00	245.00	150.00
ความเป็นด่าง	114.00	122.00	112.00	154	100.00	124.00	110.00	104.00	64.00	92.00	42.00	74.00
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	0.74	0.86	1.04	0.42	1.15	1.32	1.86	1.75	1.40	0.98	0.98	1.13
ฟอสเฟต	0.44	0.55	0.35	1.09	0.45	0.13	0.60	0.22	0.20	0.23	0.60	0.38
ไนเตรท-ไนโตรเจน	3.90	2.70	1.90	1	3.10	3.60	5.70	4.60	4.50	5.30	7.90	5.00
ซัลเฟต	12.00	38.00	16.00	54	31.00	33.00	33.00	29.00	22.00	20.00	31.00	18.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข6 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีทั้งหมด 12 ปัจจัยในจุดเก็บตัวอย่างบ่อบัวสวนสาธารณะ (S06) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

ปัจจัยคุณภาพน้ำ	จุดเก็บตัวอย่างบ่อบัวสวนสาธารณะ (S06)											
	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
อุณหภูมิอากาศ	31.83	32.87	32.93	32.60	32.83	31.40	30.73	29.13	30.50	29.33	33.97	34.37
อุณหภูมิน้ำ	33.23	33.83	33.07	34.30	34.53	32.03	31.10	29.37	31.87	29.50	34.97	35.00
ความเป็นกรดเป็นด่าง	8.60	8.77	8.73	8.70	8.70	8.90	8.77	8.93	8.90	8.30	8.93	9.00
ออกซิเจนละลายน้ำ	2.13	2.39	1.51	1.35	0.99	0.99	5.78	6.12	4.67	4.33	4.66	6.31
การนำไฟฟ้า	733.00	790.33	727.33	475	965.00	927.00	492.00	422.33	455.33	529.67	538.00	506.67
ของแข็งละลายน้ำ	354.00	384.00	359.33	245	483.33	461.00	242.33	209.00	224.33	262.33	265.33	258.00
ความขุ่น	30.00	45.00	32.00	51	27.00	50.00	6.00	32.00	20.00	17.00	61.00	40.00
ความเป็นด่าง	128.00	180.00	142.00	278	140.00	170.00	140.00	94.00	88.00	86.00	42.00	48.00
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	0.44	0.53	0.45	0.82	0.53	0.58	1.10	0.56	1.02	0.63	0.50	0.87
ฟอสเฟต	0.21	0.83	0.65	0.2	0.28	0.14	0.67	0.29	0.60	0.32	1.11	0.55
ไนเตรท-ไนโตรเจน	1.90	1.70	2.60	2.2	1.70	1.60	2.70	2.30	1.80	2.10	2.60	2.20
ซัลเฟต	58.00	71.00	100.00	22	135.00	150.00	50.00	62.00	64.00	39.00	52.00	62.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข7 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีทั้งหมด 12 ปัจจัยในจุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำประตูโดมแมลง (S07) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

ปัจจัยคุณภาพน้ำ	จุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำประตูโดมแมลง (S07)											
	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
อุณหภูมิอากาศ	31.87	33.00	32.60	32.30	29.97	32.17	28.83	30.30	27.87	28.70	31.50	32.27
อุณหภูมิน้ำ	30.67	30.83	30.27	31.33	28.73	30.13	28.37	28.33	28.87	28.13	30.73	30.83
ความเป็นกรดเป็นด่าง	8.47	7.97	8.03	8.00	7.93	8.13	8.23	8.33	9.07	8.23	8.13	8.07
ออกซิเจนละลายน้ำ	1.64	1.49	1.19	1.05	0.58	0.71	3.82	4.07	4.00	3.24	3.03	3.90
การนำไฟฟ้า	253.00	1048.00	1053.67	356.67	596.67	1478.00	1456.33	1627.33	171.33	525.33	461.00	1174.67
ของแข็งละลายน้ำ	158.00	521.00	540.33	179.67	309.67	779.00	715.00	818.00	112.00	261.67	229.67	587.33
ความขุ่น	7.00	8.00	16.00	8	12.00	24.00	13.00	4.00	4.00	8.00	6.00	38.00
ความเป็นด่าง	160.00	218.00	290.00	346	242.00	214.00	232.00	130.00	72.00	66.00	64.00	68.00
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	0.30	0.45	0.53	0.76	1.18	0.52	0.37	0.67	0.43	0.43	0.44	0.61
ฟอสเฟต	0.34	0.68	0.66	1.05	0.92	0.48	1.18	0.66	0.34	0.32	1.53	0.77
ไนเตรท-ไนโตรเจน	1.30	1.00	1.60	1.10	1.50	1.20	1.80	1.30	1.40	1.50	1.30	1.90
ซัลเฟต	43.00	68.00	300.00	630	710.00	270.00	275.00	370.00	19.00	18.00	39.00	150.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข8 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีทั้งหมด 12 ปัจจัยในจุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำข้างพืชผักเขตร้อน (S08) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

ปัจจัยคุณภาพน้ำ	จุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำข้างพืชผักเขตร้อน (S08)											
	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
อุณหภูมิอากาศ	32.10	32.93	32.13	34	29.63	31.23	29.37	28.70	31.50	28.07	31.53	32.47
อุณหภูมิน้ำ	31.90	32.47	31.93	32.87	29.00	31.03	29.00	27.07	31.07	27.43	30.70	32.17
ความเป็นกรดเป็นด่าง	8.07	8.20	8.17	8.20	7.93	8.13	8.23	8.40	8.23	8.00	8.13	8.10
ออกซิเจนละลายน้ำ	1.67	1.84	1.40	1.33	0.78	0.92	3.80	3.80	2.58	2.68	2.94	3.66
การนำไฟฟ้า	327.77	443.67	269.00	305.67	521.33	419.00	462.33	323.00	220.67	660.00	320.00	459.67
ของแข็งละลายน้ำ	132.03	220.00	200.00	153	347.33	219.67	229.67	161.67	116.67	325.67	158.00	194.67
ความขุ่น	15.00	12.00	13.00	4	135.00	67.00	26.00	10.00	4.00	0.00	23.00	30.00
ความเป็นด่าง	316.00	184.00	204.00	182	110.00	196.00	180.00	92.00	74.00	66.00	68.00	52.00
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	0.35	0.61	0.54	0.52	1.47	0.97	0.52	0.51	0.44	0.48	0.38	0.55
ฟอสเฟต	0.40	1.02	0.60	0.62	3.25	0.51	1.35	0.38	0.66	0.54	1.61	0.82
ไนเตรท-ไนโตรเจน	1.40	2.10	1.40	1.40	10.40	1.40	2.10	1.80	1.30	1.60	1.20	2.80
ซัลเฟต	27.00	51.00	45.00	31	105.00	34.00	33.00	21.00	21.00	51.00	11.00	19.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข9 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีทั้งหมด 12 ปัจจัยในจุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหน้าคาวบอยแลนด์ (S09) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

ปัจจัยคุณภาพน้ำ	จุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหน้าคาวบอยแลนด์ (S09)											
	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
อุณหภูมิอากาศ	32.27	32.03	31.37	34.73	30.20	32.00	28.87	28.93	32.03	28.77	30.63	31.23
อุณหภูมิน้ำ	32.33	31.77	30.90	32.80	29.50	30.13	27.93	28.03	31.50	28.50	31.27	31.53
ความเป็นกรดเป็นด่าง	7.83	8.10	8.07	7.73	7.80	8.07	8.23	8.03	7.97	7.80	7.67	7.63
ออกซิเจนละลายน้ำ	1.64	2.01	1.38	1.09	0.66	0.97	3.44	3.48	2.93	2.06	1.59	1.55
การนำไฟฟ้า	458.33	1276.00	469.00	916	1551.67	1436.00	1140.33	564.67	641.67	953.33	482.67	594.67
ของแข็งละลายน้ำ	261.00	635.67	230.67	457	763.33	723.00	569.67	283.00	321.00	476.67	244.33	296.67
ความขุ่น	21.00	39.00	20.00	2	28.00	31.00	39.00	15.00	6.00	2.00	8.00	53.00
ความเป็นด่าง	178.00	248.00	242.00	226	242.00	304.00	258.00	118.00	102.00	74.00	70.00	78.00
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	0.84	1.05	2.54	1.43	6.35	1.01	1.39	2.22	0.46	1.2	0.67	1.05
ฟอสเฟต	3.95	2.35	7.10	2.95	10.00	1.48	1.16	2.13	1.23	2.25	1.54	1.87
ไนเตรท-ไนโตรเจน	2.20	1.60	2.20	1.50	2.70	1.30	2.20	2.50	1.30	1.30	1.20	2.10
ซัลเฟต	52.00	80.00	115.00	150	155.00	370.00	165.00	90.00	80.00	125.00	64.00	46.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข10 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีทั้งหมด 12 ปัจจัยในจุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำป้อมยามฝั่งพนมทวน (S10) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

ปัจจัยคุณภาพน้ำ	จุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำป้อมยามฝั่งพนมทวน (S10)											
	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
อุณหภูมิอากาศ	32.53	32.70	33.63	34.53	31.43	31.73	30.73	28.83	32.40	28.17	29.60	31.93
อุณหภูมิน้ำ	33.00	31.60	31.27	33.33	30.20	30.03	28.93	26.17	31.73	28.03	29.60	30.50
ความเป็นกรดเป็นด่าง	7.90	8.13	7.77	7.97	7.83	7.80	8.20	7.87	8.03	8.07	7.60	7.77
ออกซิเจนละลายน้ำ	1.98	1.72	0.82	1.09	0.81	0.93	3.16	2.47	2.37	2.43	2.09	1.86
การนำไฟฟ้า	366.33	391.67	237.67	1132	1329.33	457.33	732.33	338.33	397.00	502.67	234.67	353.67
ของแข็งละลายน้ำ	199.00	315.33	245.33	565.67	669.67	227.33	364.00	171.33	198.33	252.00	118.33	179.67
ความขุ่น	6.00	4.00	18.00	1	14.00	33.00	23.00	11.00	5.00	1.00	7.00	16.00
ความเป็นด่าง	196.00	206.00	184.00	272	194.00	162.00	208.00	90.00	84.00	58.00	56.00	68.00
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	0.43	0.55	0.67	0.98	0.95	0.50	0.68	0.55	0.59	0.39	0.45	0.64
ฟอสเฟต	0.53	0.73	1.50	0.55	1.30	0.74	0.72	0.81	0.73	0.29	0.95	1.06
ไนเตรท-ไนโตรเจน	1.40	1.40	1.70	1.30	1.20	1.40	1.90	1.60	2.00	1.50	1.60	1.60
ซัลเฟต	59.00	64.00	74.00	1.65	220.00	27.00	95.00	38.00	32.00	22.00	30.00	16.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข11 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีทั้งหมด 12 ปัจจัยในจุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหน้ามหาวิทยาลัย (S11) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

ปัจจัยคุณภาพน้ำ	จุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหน้ามหาวิทยาลัย (S11)											
	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
อุณหภูมิอากาศ	32.90	31.07	30.53	33.97	33.00	32.80	31.47	29.47	32.00	29.90	31.60	32.20
อุณหภูมิน้ำ	31.53	31.60	29.83	33.27	31.50	32.07	31.00	28.67	32.20	29.57	31.77	32.10
ความเป็นกรดเป็นด่าง	7.70	7.57	7.73	7.67	7.67	8.13	8.17	8.43	8.10	8.17	8.07	8.03
ออกซิเจนละลายน้ำ	1.48	0.85	0.58	0.75	0.62	0.76	4.93	4.46	3.87	4.58	4.61	4.39
การนำไฟฟ้า	527.00	479.00	1044.67	792	856.67	1370.33	847.67	723.00	432.00	535.33	469.00	533.00
ของแข็งละลายน้ำ	242.67	240.33	556.67	390.33	434.33	686.33	422.33	363.00	245.67	266.33	232.00	266.00
ความขุ่น	14.00	9.00	26.00	10	6.00	22.00	22.00	12.00	9.00	1.00	11.00	25.00
ความเป็นด่าง	166.00	206.00	212.00	220	216.00	282.00	210.00	150.00	88.00	62.00	54.00	72.00
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	0.49	0.86	1.05	0.71	0.81	1.52	0.49	0.57	0.39	0.43	0.36	0.60
ฟอสเฟต	0.56	1.43	1.31	2.07	1.75	1.33	0.92	1.01	1.14	0.71	0.74	1.32
ไนเตรท-ไนโตรเจน	1.80	1.80	1.70	1.10	1.30	1.20	1.50	1.50	1.30	1.50	1.30	2.00
ซัลเฟต	43.00	74.00	90.00	110	230.00	190.00	115.00	105.00	42.00	30.00	19.00	45.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข12 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีทั้งหมด 12 ปัจจัยในจุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหน้าตลาดดงสะเดา (S12) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

ปัจจัยคุณภาพน้ำ	จุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหน้าตลาดดงสะเดา (S12)											
	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
อุณหภูมิอากาศ	32.77	32.53	29.60	33.77	31.27	31.00	29.67	26.93	29.57	27.13	30.73	31.40
อุณหภูมิน้ำ	32.63	31.70	29.60	32.83	30.53	29.87	28.03	26.23	29.30	27.23	30.50	32.03
ความเป็นกรดเป็นด่าง	8.43	8.47	8.13	9.63	7.93	8.50	8.13	8.37	8.20	8.00	7.97	8.20
ออกซิเจนละลายน้ำ	1.78	1.05	0.57	1.29	0.44	0.52	2.33	3.31	2.49	1.45	2.49	3.33
การนำไฟฟ้า	429.00	409.33	572.33	446	1204.67	464.33	829.33	203.67	337.67	430.33	566.67	612.33
ของแข็งละลายน้ำ	211.00	233.67	290.00	228	591.67	323.00	384.33	103.00	168.00	219.33	279.33	290.67
ความขุ่น	15.00	3.00	10.00	16	2.00	29.00	20.00	12.00	10.00	0.00	50.00	46.00
ความเป็นด่าง	136.00	212.00	252.00	186	204.00	184.00	198.00	90.00	72.00	48.00	58.00	66.00
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	0.44	0.41	0.48	0.85	0.41	0.53	0.44	0.62	0.57	0.79	0.49	0.52
ฟอสเฟต	0.39	0.15	1.32	1.17	0.72	1.37	0.38	0.24	0.11	0.46	0.34	0.63
ไนเตรท-ไนโตรเจน	2.30	1.10	1.60	1.8	1.40	0.90	1.50	1.50	1.90	2.00	1.30	2.20
ซัลเฟต	20.00	67.00	36.00	69	185.00	115.00	65.00	11.00	11.00	39.00	36.00	37.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข13 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีทั้งหมด 12 ปัจจัยในจุดเก็บตัวอย่างสระอภัยทาน (S13) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

ปัจจัยคุณภาพน้ำ	จุดเก็บตัวอย่างสระอภัยทาน (S13)											
	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
อุณหภูมิอากาศ	31.30	33.37	34.57	34.80	34.97	30.33	33.20	30.03	36.40	29.17	33.40	34.50
อุณหภูมิน้ำ	32.43	34.20	34.90	35.40	35.53	31.97	33.00	30.27	34.73	29.23	34.83	35.40
ความเป็นกรดเป็นด่าง	8.53	8.20	8.73	8.20	8.23	8.70	8.93	8.70	8.87	8.53	9.07	8.57
ออกซิเจนละลายน้ำ	1.95	2.06	1.52	1.30	0.94	0.96	6.27	5.59	4.38	4.30	5.87	5.54
การนำไฟฟ้า	755.67	751.00	942.67	452.33	795.33	652.67	629.00	507.00	542.00	486.33	640.00	503.67
ของแข็งละลายน้ำ	353.00	336.67	496.67	231.33	352.33	316.67	328.33	252.00	272.00	236.67	296.67	248.33
ความขุ่น	31.00	21.00	35.00	12	29.00	72.00	75.00	47.00	42.00	11.00	59.00	58.00
ความเป็นด่าง	162.00	194.00	140.00	218	140.00	166.00	164.00	88.00	70.00	52.00	44.00	54.00
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	0.35	0.53	0.56	3.95	0.44	0.68	0.78	0.92	0.54	0.52	0.59	0.69
ฟอสเฟต	0.25	0.19	1.33	1.1	0.54	0.18	0.70	2.63	1.41	0.32	1.82	0.68
ไนเตรท-ไนโตรเจน	1.50	1.50	2.10	1.3	1.90	2.00	3.00	2.60	2.30	2.60	3.00	2.40
ซัลเฟต	47.00	85.00	60.00	205	51.00	62.00	100.00	95.00	90.00	74.00	95.00	58.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข14 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีทั้งหมด 12 ปัจจัยในจุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหน้าคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (S14) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

ปัจจัยคุณภาพน้ำ	จุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหน้าคณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (S14)											
	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
อุณหภูมิอากาศ	30.83	32.07	28.57	31.00	30.67	30.47	28.17	24.47	29.50	26.70	29.47	30.57
อุณหภูมิน้ำ	31.20	32.13	28.77	31.50	30.00	29.73	27.77	24.93	29.27	27.37	29.53	30.70
ความเป็นกรดเป็นด่าง	8.23	8.43	7.97	8.03	8.00	8.70	8.47	8.13	8.17	8.33	8.17	8.13
ออกซิเจนละลายน้ำ	2.09	1.01	0.60	0.49	0.39	0.46	3.10	2.50	1.69	2.83	1.49	2.98
การนำไฟฟ้า	1087.33	323.00	418.33	1084.67	1868.33	222.00	248.33	476.33	358.33	389.00	406.00	489.00
ของแข็งละลายน้ำ	541.67	254.33	301.67	541.00	866.33	151.33	124.00	238.67	182.67	211.33	202.00	395.00
ความขุ่น	14.00	19.00	33.00	11	11.00	34.00	24.00	33.00	17.00	13.00	28.00	23.00
ความเป็นด่าง	194.00	198.00	192.00	150	238.00	36.00	124.00	114.00	102.00	90.00	60.00	62.00
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	2.10	1.94	1.62	0.5	4.80	0.61	0.92	5.50	1.73	8.5	1.67	1.93
ฟอสเฟต	0.60	0.34	0.96	0.34	1.10	0.26	0.62	1.07	0.59	2.05	1.04	0.91
ไนเตรท-ไนโตรเจน	1.80	2.00	1.90	1.1	1.30	1.10	2.30	2.20	1.80	2.20	1.80	2.00
ซัลเฟต	150.00	173.00	75.00	69	800.00	29.00	23.00	74.00	32.00	57.00	120.00	120.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข15 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีทั้งหมด 12 ปัจจัยในจุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหลังหอพักบุคลากร (S15) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

ปัจจัยคุณภาพน้ำ	จุดเก็บตัวอย่างคูระบายน้ำหลังหอพักบุคลากร (S15)											
	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
อุณหภูมิอากาศ	33.60	31.07	31.37	32.67	32.50	33.97	32.77	30.30	32.60	29.33	32.23	31.03
อุณหภูมิน้ำ	33.03	31.30	31.17	33.30	33.20	32.97	30.73	28.87	31.80	28.30	32.03	31.27
ความเป็นกรดเป็นด่าง	7.90	7.87	7.73	7.97	7.70	7.70	7.77	8.13	7.77	7.50	7.43	7.83
ออกซิเจนละลายน้ำ	1.27	1.00	0.52	0.74	0.47	0.53	2.10	2.73	1.68	1.52	1.30	2.14
การนำไฟฟ้า	579.00	695.33	818.67	357.00	570.33	684.33	840.00	572.67	653.00	742.67	517.67	522.67
ของแข็งละลายน้ำ	270.33	348.00	408.67	162.33	470.00	343.67	420.00	287.67	327.67	370.67	255.00	241.33
ความขุ่น	15.00	11.00	26.00	14	19.00	54.00	41.00	35.00	30.00	32.00	54.00	54.00
ความเป็นด่าง	168.00	214.00	166.00	162	162.00	164.00	308.00	168.00	108.00	78.00	62.00	60.00
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	5.60	0.89	1.98	0.5	2.18	0.65	19.50	20.00	6.20	5.35	2.45	8.20
ฟอสเฟต	1.95	2.23	1.20	0.22	1.32	1.09	6.90	5.70	0.55	2.55	2.20	2.75
ไนเตรท-ไนโตรเจน	2.10	2.20	1.60	1.5	1.50	1.60	4.30	2.70	2.60	2.40	1.90	3.00
ซัลเฟต	51.00	78.00	53.00	48	140.00	71.00	43.00	25.00	47.00	28.00	26.00	34.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข16 ค่าเฉลี่ยคุณภาพน้ำทางกายภาพและเคมีทั้งหมด 12 ปัจจัยในจุดเก็บตัวอย่างคลองระบายน้ำรวมหน้ามหาวิทยาลัย (S16) ระหว่างเดือนมิถุนายน 2553 ถึงเดือนพฤษภาคม 2554

ปัจจัยคุณภาพน้ำ	จุดเก็บตัวอย่างคลองระบายน้ำรวมหน้ามหาวิทยาลัย (S16)											
	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค
อุณหภูมิอากาศ	32.03	30.57	32.63	34.07	32.93	30.50	30.50	28.03	32.37	30.40	33.47	33.07
อุณหภูมิน้ำ	32.17	30.53	31.70	33.23	32.13	29.90	29.33	26.57	30.80	29.37	31.93	32.93
ความเป็นกรดเป็นด่าง	7.97	7.87	7.83	8.03	8.00	7.83	8.10	8.13	7.80	8.00	7.83	8.00
ออกซิเจนละลายน้ำ	1.75	0.66	0.64	0.65	0.50	0.52	2.75	2.32	1.35	2.00	2.24	2.02
การนำไฟฟ้า	659.00	505.00	1254.33	427.33	1414.00	1158.67	992.00	761.33	477.67	498.33	480.33	678.00
ของแข็งละลายน้ำ	428.67	312.33	656.67	217.00	707.67	580.67	496.67	362.67	241.00	238.67	253.00	325.00
ความขุ่น	16.00	12.00	14.00	3	17.00	67.00	12.00	11.00	11.00	0	4.00	15.00
ความเป็นด่าง	140.00	194.00	186.00	186	220.00	200.00	204.00	134.00	64.00	78	48.00	54.00
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน	1.01	2.23	1.55	1.54	1.45	1.34	2.65	1.53	1.11	0.7	0.49	1.81
ฟอสเฟต	0.73	1.64	0.99	1.47	2.40	0.86	1.65	1.40	1.12	1.4	2.27	1.66
ไนเตรท-ไนโตรเจน	1.30	2.60	1.30	1	1.30	0.70	2.10	1.40	2.00	1.5	1.20	2.00
ซัลเฟต	58.00	82.00	40.00	145	350.00	20.00	155.00	125.00	58.00	1.4	29.00	80.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล	นางสาวสุธิดา ทับจาก
วัน เดือน ปี ที่เกิด	16 มกราคม 2530
สถานที่เกิด	อำเภอกงไกรลาศ จังหวัดสุโขทัย
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)ประเภทบัณฑิตศึกษา ประจำปี 2553 ได้รับทุนเรียนดีจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน (พ.ศ. 2553)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์