



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ

การใช้สิ่งมีชีวิตในน้ำบางชนิดประเมินผลกระทบจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในแม่น้ำปิง

โดย

นายประจวบ ฉายบุ

กุมภาพันธ์ 2552

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ

การใช้สิ่งมีชีวิตในน้ำบางชนิดประเมินผลกระทบจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืช
ในแม่น้ำปิง

โดย

นายประจวบ ฉายบุ
คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

รหัสโครงการ: TRG 4580035

ชื่อโครงการ การใช้สิ่งมีชีวิตในน้ำบางชนิดประเมินผลกระทบจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในแม่น้ำปิง

ชื่อนักวิจัย และสถาบัน: นายประจวบ ฉายบุ คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

E-mail Address : P_chaibu@hotmail.com

ระยะเวลาโครงการ : กรกฎาคม พ.ศ.2545 - กุมภาพันธ์ พ.ศ.2552

บทคัดย่อ

ทำการศึกษาการใช้กลุ่มสิ่งมีชีวิตในน้ำได้แก่ ปลา สัตว์หน้าดิน แมลงน้ำ เพื่อเป็นดัชนีชีวภาพในการประเมินผลกระทบจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืช กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมทในแม่น้ำปิง และลำน้ำแม่สา จังหวัดเชียงใหม่ ทำการศึกษาดังนี้

1.ศึกษาระดับการตอบสนองการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสจากสมองและซีรัมของปลานิล (*Oreochromis niloticus*) จากแหล่งเลี้ยงต่างกัน พบว่า cholinesterase Activity ของ Serum และ Whole brain ของทั้งปลา ทับทิมและปลานิลในแต่ละแหล่งเลี้ยงมีความสัมพันธ์กันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ทั้ง Serum-BChE Activity และ AChE Activity ของทั้งปลาทับทิมและปลานิลในแต่ละแหล่งเลี้ยงมีความสัมพันธ์กันอย่างไม่มีนัยสำคัญมีความสัมพันธ์กับ น้ำหนักปลา สามารถศึกษาใช้ BChE activity ได้เช่นเดียวกับการศึกษาจาก AChE activity

2.ศึกษาพิษเฉียบพลันและระดับการตอบสนองการทำงานของเอนไซม์ Acetylcholinesterase ของปลานวลจันทร์ น้ำจืด หอยเชอรี่ หอยขม แมลงปอและแมลงหนอนปลอกน้ำที่ได้รับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชบางชนิด ได้แก่ Methyl parathion, Methamidophos, Tiobencarb, Dicrotophos, Paraquat dichloride, Carbofuran, Cypermethrin มาใช้เป็นดัชนีในการประเมินผลกระทบจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชบางชนิดในห้องปฏิบัติการ พบว่า ค่าการทำงานของเอนไซม์ Acetylcholinesterase Activity ของสัตว์น้ำ ที่ได้รับสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโน ฟอสเฟตและคาร์บาเมท มีค่าลดลงเฉลี่ยตามระดับการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชใน น้ำ เช่นเดียวกับ ผลของการปนเปื้อนดินตะกอนจาก Dicrotophos ที่มีต่อระดับการทำงานของ Acetylcholinesterase Enzyme จากเหงือก กล้ามเนื้อและสมอง ของปลาไหล (*Monopterus albus*) ส่วนผลของ สารเคมีกำจัดศัตรูพืช Dicrotophos ต่ออัตราการเคลื่อนที่และความผิดปกติของ Sperm ปลาหมอไทย (*Anabas testudineus*) พบว่า Dicrotophos มีผลต่อการเคลื่อนที่และอัตราการรอดตายของ sperm

การวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำ (Water Quality Index) และ ดัชนีชีวภาพ Biological Monitoring working party (BMWP) และ Average Score Per Taxa (ASPT) โดยใช้ Benthic macroinvertebrate พบว่า สอดคล้องกัน ทั้งแม่น้ำปิง ค่า WQI และ ค่าดัชนีชีวภาพ (BMWP และ ASPT score) และมีสหสัมพันธ์เชิงลบกับ Turbidity, Total solids, PO_4 อย่างมีนัยสำคัญ ค่าดัชนี WQI, BMWP, และ ASPT มีสหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญจากผล การศึกษาพบว่า WQI และ ดัชนีชีวภาพ ระบบ BMWP, ASPT score มีศักยภาพในการใช้ประเมินคุณภาพน้ำใน แม่น้ำ และลำน้ำแม่สา ว่าคุณภาพน้ำของลำน้ำแม่สาอยู่ในเกณฑ์พอใช้ – ดี

พบว่าค่า Acetylcholinesterase activity (AChE) ของสัตว์น้ำบางชนิด คือ ตัวอ่อนแมลงปอ ปลาค้อ และ หอย 2 ในแต่ละฤดูมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ไม่พบปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืช กลุ่มออร์ กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมท ในน้ำและดินตะกอนของแม่น้ำปิงและลำน้ำแม่สา

Project code : TRG 4580035

Project Title : Using some aquatic fauna to assess impact from Pesticides in Ping River

Investigator : Prachaub Chaibu Faculty of Fisheries Tecnology and Aquatic Resources
Maejo University

E-mail Address : P_chaibu@hotmail.com

Project Period : July 2002 – February 2009

Abstract

Aquatic organisms including fishes, benthos, and aquatic insects were used as bioindicator to assess the impact of organophosphate and carbamate application in Ping River and Mae Sa River, Chiangmai province. The results were showed as following;

1. The effects of achetylcholinesterase activity in brain and serum of tilapia (*Oreochromis niloticus*) from different sites: It was found that Cholinesterase activity in serum and whole brain of black and red tilapia from different culture sites correlated with the concentrations of pesticides. In addition, both Serum-BChE Activity and AChE Activity of red and black tilapia varied in fish weight. However, either BChE activity or AChE activity could be used as bioindicator for organophosphate and carbamate exposure.

2. Acute toxicity and response levels of Acetylcholinesterase in Fish : *Cirrhinus microlepis* Mollusca : *Pomacea canaliculata* and *Filopaludina martensi*, Odonata : Dragonfly and Trichoptera that were exposed to some pesticides including Methyl parathion, Methamidophos, Tiobencarb, Dicrotophos, Paraquat dichloride, Cartbofuran, and Cypermethrin in order to use as indicator for assessment the impact of some pesticides. It was found that Acetylcholinesterase Activity of aquatic organisms exposed to these organophosphate and carbamate pesticides decreased. This response was dose-dependent. Dicrotophos contamination in sediment affected on Acetylcholinesterase Enzyme Activities in gills, muscle, and brain of eel (*Monopterus albus*). Dicrotophos caused the abnormality in motility, survival, and morphology of *Anabas testudineus* sperm.

These research included the analysis of Water Quality Index (WQI), Biological Monitoring working party (BMWP), and Average Score Per Taxa (ASPT) by using Benthic macroinvertebrates. All parameters were related. WQI and biological indices (BMWP and ASPT score) were negative correlated with Turbidity, Total solids, and PO₄. WQI, BMWP, and ASPT had significantly positive correlation. It was found that WQI and biological indices (BMWP, ASPT score) had potential for using to assess water quality in river. Referring to this study, the water quality of Ping and Mae Sa river could be classified as fair – good level.

Moreover , Acetylcholinesterase activity (AChE) in some aquatic organisms such as Dragonfly larva, Fish (Balitoridae), and bivalve significantly varies in season ($p < 0.05$). However, the concentrations of organophosphate and carbamate pesticides in water and sediments from Ping and Mae Sa river were under detection limit.

Key words : organophosphate and carbamate, Acetylcholinesterase activity, Ping River

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัย จากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว) รหัสโครงการ TRF 4580035 ต้องขอขอบคุณ สกว. ที่สนับสนุนทุน และให้โอกาสในการทำวิจัย การทำวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณนักวิจัยพี่เลี้ยงทั้งสองท่าน ท่านแรก รศ.ดร.พรทิพย์ จันทรมงคล ภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และท่านที่สอง อาจารย์ ดร.ทิพวรรณ ประภาคมณฑล สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สุขภาพ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ การแก้ไขปัญหาและอุปสรรคในการทำวิจัยครั้งนี้ ขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สุขภาพ คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และคณะเทคโนโลยีและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่เอื้อเฟื้อสนับสนุน สถานที่ และเครื่องมือ อุปกรณ์ ต่างๆ

ขอขอบคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่มีส่วนให้งานวิจัยสำเร็จ ลุล่วงได้

ผู้วิจัย

กุมภาพันธ์ 2552

สารบัญ

	หน้า
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	18
วิธีการและผลการศึกษา	
- การศึกษาการทำงานของเอนไซม์ Cholinesterase จากสมองและซีรัมของปลานิลจากแหล่งเลี้ยงต่างกัน	19
- การศึกษาพิษเฉียบพลันและระดับการตอบสนองของสัตว์น้ำบางชนิดเพื่อใช้เป็นดัชนีในการประเมินผลกระทบจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในห้องปฏิบัติการ	26
- ผลของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชชนิดคาร์บาริลต่อค่าการทำงานของเอนไซม์ Acetylcholinesterase (AChE) ในหอยเชอรี่และหอยขม	31
- ผลการศึกษาค่าการทำงานของเอนไซม์ Acetylcholinesterase (AChE) ในหอยเชอรี่และหอยขมต่อสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชชนิดเมทิลพาราไรออน	33
- ผลสารเคมีกำจัดศัตรูพืช Cypermethrin และ Methanidophos ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ที่มีต่อระดับการทำงานของเอนไซม์ Cholinesterase จากตัวอ่อนแมลงน้ำ	38
- ศึกษาผลของไดโครโตฟอส ต่อปลานวลจันทร์น้ำจืด <i>Cirrhinus microlepis</i>	44
- ศึกษาผลของการปนเปื้อนดินตะกอนจาก Dicrotophos ที่มีต่อระดับการทำงานของ Acetylcholinesterase Enzyme (AChE) activity จากส่วนต่างๆ ของปลาไหล	48
- ศึกษาผลของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช Dicrotophos ต่ออัตราการเคลื่อนที่และความผิดปกติของ Sperm ปลาทอมไทย	53
- ศึกษาผลกระทบของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชจากการเกษตรและคุณภาพน้ำบางประการที่มีต่อชุมชนสิ่งมีชีวิตโดยใช้ดัชนีในการประเมินคุณภาพในแม่น้ำปิงและลำน้ำแม่สา	60
- การติดตามตรวจสอบผลกระทบการใช้สารกำจัดศัตรูพืชในลำน้ำโดยการตรวจสอบค่า Acetylcholinesterase activity (AChE) ในสัตว์น้ำบางชนิด	70
ภาคผนวก	
เอกสารภาคผนวกที่ 1	82
เอกสารภาคผนวกที่ 2	87
เอกสารภาคผนวกที่ 3	98
เอกสารแนบหมายเลข 4	99

บทนำ

ปัญหาในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจากผลพวงจากการพัฒนาประเทศในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการเกษตรแผนใหม่ การอุตสาหกรรม การขยายชุมชนหรือการตัดไม้ทำลายป่าเพื่อเพิ่มพูนพื้นที่ทำกินซึ่งเป็นปัญหาอย่างมากในปัจจุบันปัจจุบันก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการปนเปื้อนของสารเคมีที่ใช้ในการเกษตรลงสู่แหล่งน้ำทำให้เกิดผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ ประเทศไทยนำเข้าสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์เพิ่มขึ้นทั้งปริมาณและมูลค่าตามลำดับโดยในปี พ.ศ. 2543 มีปริมาณการนำเข้าสารออกฤทธิ์ทั้งหมด 31,453.7 ตัน คิดเป็นมูลค่า 7,294.38 พันล้านบาท ในขณะที่ 20 กว่าปีที่แล้วคือปี พ.ศ. 2520 มีปริมาณการนำเข้าสารออกฤทธิ์ทั้งหมด 8,832 ตัน คิดเป็นมูลค่า 581 ล้านบาท มีการเพิ่มปริมาณการนำเข้า และมูลค่าประมาณ 3.5 และ 12.5 เท่า ตามลำดับ ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ แยกตามกลุ่มสารฆ่าแมลง สารฆ่ารา สารฆ่าวัชพืช และสารกลุ่มอื่นๆ เช่นสารฆ่าหนู สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ในช่วงปี พ.ศ. 2520-2543 พบว่าปริมาณ และมูลค่าการนำเข้าสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์เพิ่มขึ้นเฉลี่ย/ปีร้อยละ 7.5 และ 13.3 ตามลำดับ ในช่วงก่อนปี พ.ศ. 2533 พบว่าสัดส่วนการนำเข้าสารฆ่าแมลงมีมากที่สุด รองลงมาคือสารฆ่าวัชพืช และสารฆ่าเชื้อราตามลำดับ แต่หลังจากปี พ.ศ. 2533 เป็นต้นมา มีการนำเข้าสารฆ่าวัชพืชมากที่สุด รองลงมาได้แก่ สารฆ่าแมลงและสารฆ่าเชื้อราตามลำดับ ในปี พ.ศ. 2543 มีปริมาณการนำเข้าสารฆ่าวัชพืชคิดเป็นร้อยละ 55.7 ของปริมาณนำเข้าสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ทั้งหมด รองลงมาได้แก่สารฆ่าแมลง สารฆ่าเชื้อรา และสารอื่นๆ โดยมีปริมาณคิดเป็นร้อยละ 21.9 15.7 และ 6.8 ตามลำดับ ปัจจัยสำคัญที่ทำให้มีการนำเข้าสารฆ่าวัชพืชมากขึ้นคือ การขาดแรงงานในภาคเกษตรเนื่องจากมีการย้ายแรงงานเข้าสู่โรงงานอุตสาหกรรมมากขึ้น ทำให้ค่าจ้างในการกำจัดวัชพืชด้วยแรงงานคนสูงกว่าการใช้สารเคมี ดังนั้นเกษตรกรจึงหันมาใช้สารเคมีมากขึ้นเพื่อลดต้นทุนในการผลิต

นอกจากนี้ สถานการณ์ของสารเคมีทางการเกษตรในประเทศไทยมีแนวโน้มนำเข้าเพิ่มขึ้นนับแต่ได้มีการนำสารกำจัดศัตรูพืชเข้ามาใช้ในประเทศไทยเป็นครั้งแรกตามแนวทางการปฏิวัติเขียว โดยเฉพาะอย่างยิ่งตั้งแต่หลังจากที่ได้มีการดำเนินงานตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 1 พ.ศ. 2504 พบว่าปริมาณการนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืชมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปี (Alternative Agricultural Network, 2003) จากข้อมูลของกองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการ การเกษตร รายงานการนำเข้าสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในปี พ.ศ.2539 คิดเป็นปริมาณ 45,701,167 กิโลกรัม และเพิ่มขึ้นเป็น 79,837,476 กิโลกรัม ในปี พ.ศ. 2546 จะสังเกตได้ว่าปริมาณการเพิ่มขึ้นเกือบเป็นสองเท่าในช่วงระยะเวลาเพียงแค่ 8 ปี ซึ่งทำให้ทราบว่าปริมาณการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในภาคการเกษตรของเกษตรกรชาวไทยมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกๆปี

จากข้อมูลการนำเข้าวัตถุดิบทางการเกษตร โดยกรมวิชาการเกษตร ในปี พ.ศ. 2546 พบว่า ปริมาณรวมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่นำเข้ามาคิดเป็น 79,837,476 กิโลกรัม โดยสารกำจัดวัชพืชมีจำนวนการนำเข้ามากที่สุดคือ 50,463,916 กิโลกรัม รองลงมาคือสารเคมีกำจัดแมลงซึ่ง

ตาราง 1 สรุปการนำเข้าวัตถุดิบอันตรายทางการเกษตร ตั้งแต่ปี พ.ศ.2539 -2547

ลำดับ	ประเภทของวัตถุดิบอันตราย	ปี พ.ศ. 2539	ปี พ.ศ. 2540	ปี พ.ศ. 2541	ปี พ.ศ. 2542	ปี พ.ศ. 2543	ปี พ.ศ. 2544	ปี พ.ศ. 2545	ปี พ.ศ. 2546	ปี พ.ศ. 2547
		ปริมาณ (กก.)	ปริมาณ (กก.)	ปริมาณ (กก.)	ปริมาณ (กก.)	ปริมาณ (กก.)	ปริมาณ (กก.)	ปริมาณ (กก.)	ปริมาณ (กก.)	ปริมาณ (กก.)
1	สารกำจัดแมลง	14,401,650	12,543,015	12,823,306	19,525,622	12,532,000	16,673,615	16,356,676	14,996,297	5,461,132
2	สารป้องกันและกำจัดโรคพืช	6,447,339	5,820,836	3,683,336	7,204,375	7,392,000	7,824,913	8,891,945	10,326,423	4,163,125
3	สารกำจัดวัชพืช	23,535,564	22,459,792	15,108,080	27,639,414	29,714,000	32,422,569	36,596,148	50,463,961	32,971,138
4	สารกำจัดไร	463,931	237,666	235,737	157,142	274,000	296,287	339,903	363,363	125,185
5	สารกำจัดหูก	82,229	191,480	224,160	216,000	141,000	199,700	131,430	122,020	93,350
6	สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช	89,416	219,180	190,852	876,524	1162,000	1,460,108	1,417,186	2,092,813	924,690
7	สารกำจัดหอยและหอยทาก	369,620	538,302	587,218	150,148	226,000	156,141	187,020	422,850	96,980
8	สารรมควันพืช	92,000	72,680	46,339	285,809	569,000	784,085	1,089,675	792,885	437,304
9	สารกำจัดไส้เดือนฝอย	215,518	24,750	255	22,400	21,000	-	-	20	-
10	สารชีวอินทรีย์กำจัดศัตรูพืช	3,900	72,634	78,337	43,287	7,392,000	79,962	68,440	124,364	49,448
11	methyl chloride	-	-	-	-	-	-	-	132,480	88,320
12	อื่น ๆ	-	-	-	745,207	-	644,070	231,840	-	-
	รวม	45,701,167	42,180,335	32,977,620	56,865,928	59,423,000	60,541,450	65,310,258	79,837,476	44,410,672
	ราคา	4,922,528,469	4,991,352,807	5,092,441,954	11,059,380,390	7,294,379,088	8,760,561,182	9,115,779,185	11,385,761,404	5,196,107,490

แหล่งที่มา: กรมวิชาการการเกษตร , 2547 (www.doa.go.th)

หมายเหตุ: ปี 2547 รายงานตั้งแต่เดือนมกราคม-11 มิถุนายน 2547

มีปริมาณการนำเข้า 14,996,297 กิโลกรัม สารป้องกันกำจัดโรคพืช 10,326,423 กิโลกรัม สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช 2,092,813 กิโลกรัม และสารอื่นๆ ตามลำดับ

รายละเอียดปริมาณการนำเข้านำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตรตั้งแต่ พ.ศ. 2539-2547 ได้รวบรวมไว้ในตาราง 1 รวมถึง กราฟแสดงปริมาณการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตรตั้งแต่ พ.ศ. 2539-2547 และราคารวมการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตรตั้งแต่ พ.ศ. 2539-2547 (กรมวิชาการเกษตร, 2547) เมื่อพิจารณาการนำเข้าสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในปี พ.ศ. 2546 พบว่ามีจำนวนสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชนำเข้าทั้งหมด 246 รายการ โดยนำเข้าจากต่างประเทศทั้งหมด 44 ประเทศ ทั้งนี้มีปริมาณการนำเข้าจากประเทศจีนมากที่สุด คือ 37,893,644 กิโลกรัม หรือคิดเป็นร้อยละ 47.40 รองลงมาคือ ประเทศมาเลเซีย 6,583,715 กิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 8.24

เมื่อทำการจัดกลุ่มสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช 246 รายการที่นำเข้ามาในปี พ.ศ. 2546 โดยอ้างอิงตามความเป็นพิษ พบว่าสารที่มีพิษอันตรายร้ายแรงมาก มีการนำเข้าทั้งหมด 4 รายการ เป็นจำนวน 2,280,070 กิโลกรัม และเป็นสารที่มีพิษอันตรายร้ายแรง มีการนำเข้าทั้งหมด 14 รายการ เป็นจำนวน 8,961,797 กิโลกรัม รายละเอียดแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 แสดงรายการสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีพิษอันตรายร้ายแรงมากและพิษอันตรายร้ายแรงที่นำเข้ามาในปี พ.ศ. 2546

ลำดับที่	ชื่อสามัญ	กลุ่ม	ลักษณะผลิตภัณฑ์	ปริมาณ (กก.)	มูลค่า (บาท)
1	Difethialone	Ia	สารกำจัดหนู	200	261,247
2	EPN	Ia	สารกำจัดแมลง	79,000	25,608,021
3	Flocoumafen	Ia	สารกำจัดหนู	58,320	4,608,633
4	Parathion methyl	Ia	สารกำจัดแมลง	2,142,550	175,882,132
รวม				2,280,070	206,360,033
1	Carbofuran	Ib	สารกำจัดแมลง	1,121,735	53,778,691
2	Dichlorvos	Ib	สารกำจัดแมลง	283,856	24,858,376
3	Dicrotophos	Ib	สารกำจัดแมลง	355,714	53,723,804
4	Edifenphos	Ib	สารกำจัดโรคพืช	43,588	11,983,551
5	Methamidophos	Ib	สารกำจัดแมลง	1,318,327	68,474,279
6	Methidathion	Ib	สารกำจัดแมลง	8,752	2,497,055
7	Methiocarb	Ib	สารกำจัดแมลง	5,000	2,905,044
8	Methomyl	Ib	สารกำจัดแมลง	746,595	283,757,755
9	Omethoate	Ib	สารกำจัดแมลง	216,200	17,565,301
10	Oxamyl	Ib	สารกำจัดไส้เดือนฝอย	20	23,485
11	Oxydemeton methyl	Ib	สารกำจัดแมลง	4,210	697,129
12	Pirimiphos ethyl	Ib	สารกำจัดแมลง	10,300	3,610,313
13	Triazophos	Ib	สารกำจัดแมลง	223,860	40,983,379
14	Zinc phosphide	Ib	สารกำจัดหนู	63,500	6,201,941
รวม				8,961,797	571,060,103

จากสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช 246 รายการในปี พ.ศ. 2546 เมื่อทำการจัดลำดับสารที่มีปริมาณการนำเข้าสูงสุด 20 อันดับแรก ได้ข้อมูลแสดงในตาราง 3

ตาราง 3 การนำเข้าสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชสูงสุด 20 อันดับ ในปี พ.ศ. 2546

ลำดับที่	วัตถุอันตราย 20 อันดับ ในปี พ.ศ. 2546			
	ชื่อสาร	กลุ่ม	ประเภท	ปริมาณ (กก.)
1	glyphosate isopropylammnoium	U	สารกำจัดวัชพืช	24,812,105
2	paraquat dichloride	II	สารกำจัดวัชพืช	8,366,582
3	2,4-D	II	สารกำจัดวัชพืช	5,114,724
4	ametryn	III	สารกำจัดวัชพืช	2,374,950
5	atrazine	U	สารกำจัดวัชพืช	2,364,450
6	parathion methyl	Ia	สารกำจัดแมลง	2,142,550
7	mancozeb	U	สารกำจัดโรคพืช	1,933,884
8	endosulfan	II	สารกำจัดแมลง	1,764,600
9	carbendazim	II	สารกำจัดโรคพืช	1,494,349
10	methamidophos (ยกเลิกการใช้ พ.ศ. 2546)	Ib	สารกำจัดแมลง	1,318,327
11	chlorpyrifos	II	สารกำจัดแมลง	1,311,629
12	butachlor	U	สารกำจัดวัชพืช	1,309,267
13	sulfur	U	สารกำจัดโรคพืช	1,286,892
14	copper oxychloride	III	สารกำจัดโรคพืช	1,225,729
15	carbofuran	Ib	สารกำจัดแมลง	1,121,735
16	alachlor	III	สารกำจัดวัชพืช	1,104,694
17	diuron	U	สารกำจัดวัชพืช	984,245
18	abamectin	-	สารกำจัดแมลง	925,749
19	propanil	III	สารกำจัดวัชพืช	827,333
20	paclobutrazol	III	สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช	812,040
รวม	62,595,834 กก.			
รวม	6,514,207,572 บาท			

จากสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่นำเข้ามากที่สุด 20 อันดับแรกในตาราง 3 พบว่าเป็นสารกำจัดวัชพืช จำนวน 8 รายการ คือ glyphosate isopropylammnoium, paraquat dichloride, 2,4-D, atrazine, butachlor, alachlor, diuron, และ propanil เป็นสารกำจัดวัชพืช 1 รายการ คือ ametryn เป็นสารกำจัดแมลง 6 รายการ คือ parathion methyl, endosulfan, methamidophos (ยกเลิกการใช้ในปี พ.ศ. 2546), chlorpyrifos, carbofuran, และ abamectin เป็นสารกำจัดโรคพืช 4 รายการ คือ mancozeb, carbendazim, copper oxychloride, และ sulfur และเป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช 1 รายการ คือ paclobutrazol เมื่อพิจารณาตามระดับความเป็นพิษพบว่า จากสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่นำเข้ามากที่สุด 20 อันดับแรก เป็นสารที่มีพิษอันตรายร้ายแรงมาก (Class Ia) อยู่ 1 รายการ คือ parathion methyl เป็นสารที่มีพิษอันตรายร้ายแรง (Class Ib) อยู่ 2 รายการ คือ methamidophos (ยกเลิกการใช้ในปี พ.ศ. 2546) และ carbofuran เป็นสารที่มีพิษอันตรายปานกลาง (Class II) อยู่ 4 รายการ คือ 2,4-D, endosulfan, carbendazim, และ chlorpyrifos เป็นสารที่มีพิษอันตรายน้อย (class III) อยู่ 5 รายการ คือ ametryn, copper oxychloride, alachlor, propanil และ paclobutrazol เป็นสารออกฤทธิ์สำคัญที่ไม่มีแนวโน้มจะแสดงพิษเฉียบพลันเมื่อใช้ปกติ glyphosate isopropylammnoium, atrazine, mancozeb, butachlor, sulfur, และ diuron

การปนเปื้อนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในผลผลิตการเกษตร

จากการนำเข้าสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชจำนวนมากและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกๆปี สังเกตได้จากปี 2536 มีปริมาณการนำเข้ารวมทั้งหมด 29,189 ตัน และเพิ่มขึ้นเป็น 79,837 ตันในปี 2546 ซึ่งเป็นที่แน่นอนว่าสารเคมีดังกล่าวต้องถูกใช้ไปในภาคเกษตรกรรมโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มผลผลิตของเกษตรกร หากว่าการใช้สารเหล่านั้นมีเพียงก่อให้เกิดประโยชน์ในแง่เพิ่มผลผลิตผลิตเท่านั้น ยังก่อปัญหาการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชในพืชผัก ผลไม้ ตลอดจนสินค้าการเกษตรต่างๆ ซึ่งกลายเป็นปัญหาด้านการตลาดภายในประเทศและตลาดสินค้าเกษตรส่งออก และอาจนำมาซึ่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภคที่รับประทานผัก ผลไม้ที่มีการปนเปื้อนสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชอยู่ในชีวิตประจำวัน ดังการศึกษาของส่วนบริหารศัตรูพืช สำนักพัฒนาคุณภาพสินค้าเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร ได้ร่วมมือกับสำนักงานเกษตรจังหวัด ทุกจังหวัดทั่วประเทศ ดำเนินการสุ่มเก็บตัวอย่างพืชผักและผลไม้ของเกษตรกรทั่วไป มาตรวจสอบเคมีตกค้างโดยชุดน้ำยาตรวจสอบ (GT) ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข และเครื่องตรวจสอบสารเคมีตกค้างอย่างละเอียดด้วยเทคนิค gas chromatography ในปี พ.ศ. 2545 ได้ดำเนินการจัดเก็บสุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 3,115 ตัวอย่าง ไม่พบสารเคมีตกค้างจำนวน 1,988 ตัวอย่าง หรือคิดเป็นร้อยละ 64.0 พบสารเคมีตกค้างในระดับปลอดภัยและไม่ปลอดภัย จำนวน 1,127 ตัวอย่าง หรือร้อยละ 36.0 จากจำนวนตัวอย่างชนิดพืชผักทั้งหมดที่ใช้ในการตรวจสอบ พบว่า พืชผักที่พบการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในระดับไม่ปลอดภัย 9 อันดับแรก คือ ผักกาดขาวปลี (ร้อยละ10.95) พริก (ร้อยละ8.84) ผักชี (ร้อยละ8.51) คะน้า (ร้อยละ7.33) กวางตุ้ง (ร้อยละ6.83) กะหล่ำปลี (ร้อยละ6.13) มะเขือ (ร้อยละ5.56) ถั่วฝักยาว (3.36) และ แตงกวา (1.50) นอกจากนั้นยังพบว่า ผลไม้ และ ผักอื่นๆ (71 ชนิด) พบการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในระดับไม่ปลอดภัย ร้อยละ 6.70 และ 6.60 ตามลำดับ และไม่พบการปนเปื้อนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในระดับไม่ปลอดภัย ในตัวอย่าง ข้าวและ ผักบุงจีน

ในการศึกษาในเขตภาคเหนือ ตัวอย่างที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นผักธรรมชาติ ผักติดป้ายปลอดสารพิษ ผักที่ปลูกแบบ IPM และผักที่ปลูกแบบเกษตรอินทรีย์ โดยผักดังกล่าวได้แก่ ผักคะน้า กะหล่ำปลี กวางตุ้ง บร็อคเคอรี่ และอื่นๆ เป็นต้น การศึกษาส่วนใหญ่ใช้วิธีทดสอบโดยใช้น้ำยาตรวจสอบ (GT) ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ จึงสามารถรายงานการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชเฉพาะสารประเภท ออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตเท่านั้น และไม่สามารถระบุรายชื่อของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชแต่ละชนิดได้ตลอดจนไม่สามารถวิเคราะห์สารตกค้างในกลุ่มออร์กาโนคลอรีน และไพรีทรอยด์ได้ ตั้งแต่อดีตในปัจจุบันผู้บริโภคในประเทศไทยได้บริโภคผลผลิตทางการเกษตรที่มีสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างเป็นเวลายาวนาน นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2537 เป็นต้นมาสารที่ตกค้างในพืชผักส่วนใหญ่เป็นสารออร์กาโนฟอสเฟต คาร์บาเมต ไพรีทรอยด์ และสารออร์กาโนคลอรีน และเมื่อพิจารณาสารตกค้างดังกล่าวเป็นรายตัว ดังกรณีการศึกษาของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ โดย กนกพร และคณะ (2546)และสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (2543) พบว่า สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างทั้งหมดมีทั้ง สารอันตรายร้ายแรงที่สุด

(Class 1a) เช่น methyl parathion สารอันตรายร้ายแรง (Class Ib) เช่น carbofuran, methomyl, monocrotophos และ dicrotophos สารอันตรายปานกลาง (Class II) เช่น cypermethrin, endosulfan, profenophos และ chlorpyrifos สารอันตรายน้อย (Class III) เช่น dicrofol เป็นต้นที่สามารถตรวจและระบุชื่อสารเคมีตกค้างได้ให้ข้อสรุปสอดคล้องกันว่า สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างมากที่สุดในผลผลิตทางการเกษตรในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาคือ สาร cypermethrin, endosulfan, methamodophos, dicrotophos, carbofuran และ methomyl ซึ่งสารเหล่านี้จัดอยู่ในกลุ่ม สารอันตรายร้ายแรง (Class Ib) เป็นที่สังเกตว่า รายงานการวิจัย (b) และสารอันตรายปานกลาง (Class II) ทั้งสิ้น ปัจจุบันจึงน่าเป็นห่วงว่าผู้บริโภคทั้งผู้ใหญ่ คนชราและเด็กกำลังมีความเสี่ยงในการได้รับสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างมาในผลผลิตทางการเกษตรที่รับประทานอยู่ทุกวัน แม้ว่าผลผลิตนั้นจะติดฉลากว่าเป็นผักหรือผลไม้ปลอดสารพิษก็ตาม ซึ่งระดับปริมาณสารตกค้างที่เข้าสู่ร่างกายอาจมีผลกระทบต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้

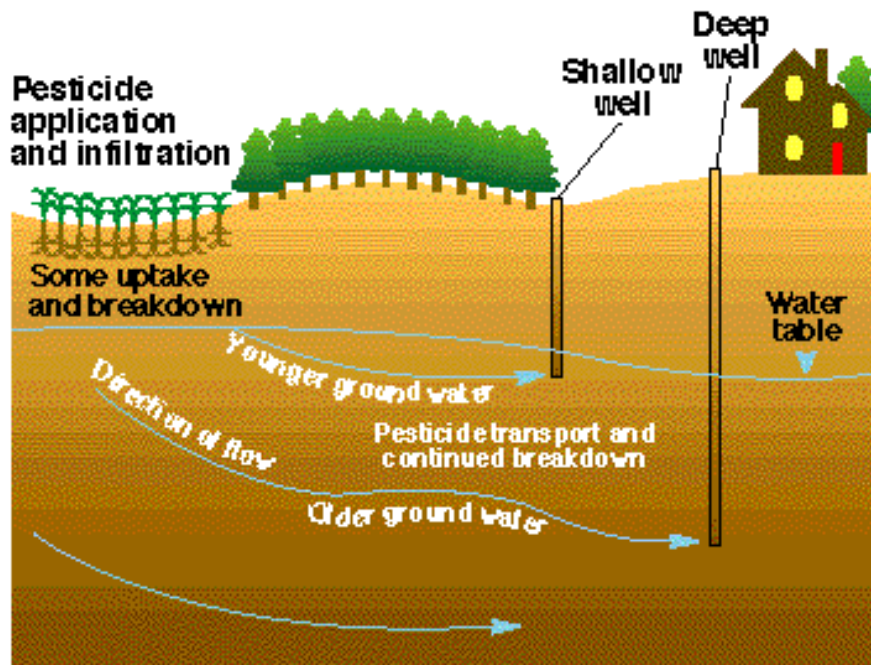
ประเทศไทยเป็นแหล่งประเทศที่มีแหล่งน้ำและทรัพยากรธรรมชาติที่อุดมสมบูรณ์แต่ทุกวันนี้ ปัญหาความเสื่อมโทรมและปริมาณที่ลดลงของทรัพยากรธรรมชาติกำลังเป็นปัญหาที่ทุกฝ่ายพยายามหาวิธีการแก้ไขอย่างเร่งด่วน มีการกำหนดนโยบายและการออกกฎหมายเพื่อคุ้มครองทรัพยากรที่เหลืออยู่ซึ่งเมื่อพิจารณาตามความเป็นจริงแล้วจะพบว่ากฎหมายหรือข้อปฏิบัติเหล่านี้มิได้สามารถรักษาทรัพยากรธรรมชาติเอาไว้ได้ ทรัพยากรน้ำเป็นทรัพยากรที่มีความต้องการบริโภคสูงต่างฝ่ายก็ต้องการใช้ประโยชน์โดยไม่คำนึงถึงที่จะตามมา ทั้งปัญหาแหล่งน้ำเน่าเสีย ปัญหาแหล่งน้ำไม่เพียงพอต่อการอุปโภคหรือบริโภค การใช้ทรัพยากรน้ำอย่างไม่มีประสิทธิภาพและขาดแคลน การพิจารณาในด้านการอนุรักษ์โดยเฉพาะทรัพยากรสัตว์น้ำทำให้เกิดความเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำ ทำให้สัตว์น้ำขาดที่อยู่อาศัยและกำลังจะสูญพันธุ์ไปในที่สุด ดังนั้นการศึกษาถึงปัญหาที่แท้จริงที่ส่งผลให้แหล่งน้ำเสื่อมโทรมและมีการป้องกันแก้ไขที่รวดเร็วและมีประสิทธิภาพก็จะช่วยให้แหล่งน้ำยังอุดมสมบูรณ์และเต็มไปด้วยสัตว์น้ำที่มีความหลากหลายมากมายเช่นเดิม ปัญหาของสารเคมีที่ทำให้แหล่งน้ำเสื่อมโทรมร้อยละ 30 พบว่าเป็นพวกสารกำจัดศัตรูพืชและอีกร้อยละ 70 เป็นกลุ่มของโลหะหนัก (กรมวิชาการเกษตร, 2541) สารอินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำนั้น 3 ใน 4 ส่วนมาจากการทำการเกษตร

สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่มีการใช้มากที่สุดคือ กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ปัจจุบันมีการขึ้นทะเบียนอยู่ 46 ชนิดแต่มีใช้อยู่ประมาณ 30 ชนิด รองลงมาคือกลุ่มคาร์บาเมตที่มีการขึ้นทะเบียน 21 ชนิด แต่ใช้อยู่ประมาณ 10 ชนิด การใช้สารเคมีสองกลุ่มนี้เมื่อรวมแล้วคิดเป็นปริมาณมากกว่า 80 % ของสารเคมีกำจัดแมลงทั้งหมด (กรมวิชาการเกษตร, 2545) แนวโน้มการใช้ในอนาคตสารเคมีทั้งสองกลุ่มนี้จะยังคงมีการใช้ต่อไปอีกเป็นระยะเวลานาน เนื่องจากเป็นกลุ่มที่มีประสิทธิภาพสูงและราคาไม่แพง เกษตรกรในประเทศไทยส่วนใหญ่ยังคงยากจนไม่สามารถซื้อสารเคมีใหม่ ๆ ซึ่งมีราคาแพงมาทดแทนได้ (ประจวบ, 2547) สารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตนั้นมีความเป็นพิษต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมสูง โดยเฉพาะเมื่อเกิดการปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำทำให้เกิดพิษต่อทั้งสัตว์น้ำและผู้บริโภคน้ำได้ การเกิดพิษจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในระยะเวลาที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบันส่วนใหญ่เกิดจากสารเคมีสองกลุ่มนี้ จะเห็นได้ว่าปัญหาดังกล่าวจะยังคงมีอยู่ต่อไปเพราะเป็นกลุ่มที่มีการ

ใช้ปริมาณที่มาก การที่เกษตรกรยังนิยมใช้สารเคมีเหล่านี้ทำให้เกิดการแข่งขันในตลาดของสารเคมีที่ต้องแย่งกันขายสินค้า มีการตั้งชื่อทางการค้าต่างๆ มากมายเพื่อให้เกิดความหลากหลาย และปัญหาเหล่านี้หากไม่มีการป้องกันและแก้ไขที่ล้ำลึกเกินไป จนอาจทำให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมมากเกินกว่าที่จะรักษาและกลับมาเป็นเช่นเดิม

การปนเปื้อนของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในน้ำ

น้ำมีความจำเป็นในการดำรงชีวิตของมนุษย์โดยใช้ในการอุปโภค บริโภค การเกษตร ครัวเรือนและอุตสาหกรรม น้ำบนพื้นโลกแบ่งเป็นน้ำผิวดิน (surface water) และน้ำใต้ดิน (ground water) มากกว่า 97% ของน้ำทั้งหมดบนโลกเป็นน้ำเค็มและน้อยกว่า 1% เท่านั้นที่เป็นน้ำจืดที่นำมาใช้ประโยชน์ได้ และ 2 ใน 3 ส่วนของน้ำจืดทั้งหมดเป็นส่วนของน้ำใต้ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2544) ทำให้สารเคมีเข้าไปปนเปื้อนในแหล่งน้ำได้หลายทางเช่นโดยการฉีดพ่นลงในแหล่งน้ำโดยตรงเพื่อควบคุมวัชพืชน้ำหรืออาจเกิดการปนเปื้อนโดยไม่ตั้งใจจากการฉีดพ่นสารใกล้กับแหล่งน้ำแล้วละอองสารเคมีปลิวลงไปแหล่งน้ำหรือสารเคมีที่ถูกดูดซับโดยอนุภาคดินแล้วถูกลมหรือน้ำพัดพาไปแหล่งน้ำผิวดิน ส่วนน้ำใต้ดินมีโอกาสที่สารเคมีเข้าไปปนเปื้อนโดยผ่านชั้นดิน 2 ทางด้วยกันคือโดยการชะละลายและผ่านไปตามบ่อน้ำ เนื่องจากน้ำใต้ดินเป็นแหล่งน้ำบริโภคที่สำคัญของมนุษย์ (กรมควบคุมมลพิษ, 2542) ดังนั้นการศึกษาผลของสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชที่ปนเปื้อนลงในสภาพแวดล้อมจึงมีความจำเป็นเพื่อให้เราทราบถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นและการหาหนทางป้องกันที่มีประสิทธิภาพต่อไป



ภาพ 1 รูปแบบการปนเปื้อนของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชลงสู่แหล่งน้ำใต้ดิน(ยุพา, 2544)

ปัจจัยที่มีผลต่อการปนเปื้อนของสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชในแหล่งน้ำ

การปนเปื้อนของสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ในแหล่งน้ำมีปัจจัยเกี่ยวข้องที่สำคัญ 4 ปัจจัยหลัก คือ คุณสมบัติของสารเคมี คุณสมบัติของดิน ลักษณะของพื้นที่ และการปฏิบัติต่างๆ เกี่ยวกับการเกษตร (สุขุม, 2544)

1. คุณสมบัติของสารเคมี (properties of pesticides) คุณสมบัติการละลาย การดูดซับโดยอนุภาคดินหรือสารอินทรีย์ การกลายเป็นไอของสารเคมีเป็นปัจจัยสำคัญในการถูกชะละลายลงสู่แหล่งน้ำ สารที่ละลายน้ำได้น้อย และถูกยึดด้วยอนุภาคของดินสูงจะอยู่บริเวณผิวน้ำดินมีโอกาสปนเปื้อนในแหล่งน้ำน้อย เช่นสารในกลุ่มคลอรีนเตท ไฮโดรคาร์บอน ได้แก่ ดีดีที ดีลดริน ในทางตรงข้ามสารที่มีการตกค้างสั้นและเคลื่อนย้ายในดินได้ดีเช่น สารในกลุ่มพีนอกซียูเรีย กลุ่มคาร์บาเมท จะไม่ยึดติดกับอนุภาคดินและบางส่วนสามารถละลายน้ำได้ ดังนั้นจึงถูกชะละลายได้ง่ายจึงมีโอกาสปนเปื้อนในแหล่งน้ำมากกว่าส่วนสารที่มีแรงดันไอสูงซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นแก๊สและเข้าสู่ชั้นบรรยากาศได้เร็วจึงมีโอกาสชะละลายลงสู่น้ำต่ำ

2. คุณสมบัติของดิน (properties of soil) ลักษณะเนื้อดิน (soil texture) โครงสร้างของดิน (soil structure) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter) และความชื้นในดิน (soil moisture) มีผลต่อการชะละลายของสารเคมีลงสู่แหล่งน้ำ ดินที่มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินเหนียว การระบายน้ำไม่ดีทำให้การชะละลายของสารน้อยกว่าดินทรายที่มีเนื้อดินหยาบกว่านอกจากนี้ดินเหนียวสามารถดูดซับสารเคมีได้ดีกว่าดินทรายหรือดินที่มีเนื้อหยาบกว่า ส่วนโครงสร้างของดินที่มีการอัดตัวแน่นหรือมีช่องว่างในดิน (soil pore) น้อย การชะละลายของสารเคมีสู่น้ำต่ำกว่าดินที่ร่วนซุย

3. ลักษณะของพื้นที่ (site conditions) ลักษณะและตำแหน่งที่ตั้งของพื้นที่ๆ มีฝนชุกและมีความลาดชันน้อยมีโอกาที่จะชะละลายสารเคมีลงสู่ลำน้ำได้ดินสูง พื้นที่ๆ มีระดับน้ำใต้ดินตื้นและไม่มีชั้นของหินดินดานมีโอกาสนปนเปื้อนจากการถูกชะละลายของสารเคมีสูง

4. การปฏิบัติต่างๆ เกี่ยวกับการเกษตร (agricultural practices) การปฏิบัติต่างๆ เกี่ยวกับการเกษตรโดยเฉพาะการให้น้ำเป็นปัจจัยสำคัญในการชะละลายของสารเคมี การเลือกชนิดของสารเคมีที่จะนำมาใช้ควรมีคุณสมบัติที่ชะละลายได้น้อย เวลาในการใช้ที่เหมาะสมเช่นเลี่ยงการใช้ก่อนฝนตก เป็นต้น

การคงทนของสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ในสิ่งแวดล้อม

การคงทนของสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อมนั้นมีทั้งข้อดีและข้อเสีย ข้อดีคือหากต้องการให้สารออกฤทธิ์ควบคุมศัตรูพืชนานๆ การคงทนของสารเป็นสิ่งดี แต่หากสารดังกล่าวไปอยู่ในบริเวณที่ไม่ต้องการการคงทนของสารต่ำเป็นสิ่งที่ดี การคงทนของสารวัดได้จากค่าครึ่งชีวิตหรือมีความสัมพันธ์กับการแตกสลายโมเลกุลของสาร หากสารมีการแตกสลายโมเลกุลช้า หรือมีค่าครึ่งชีวิตยาวการคงทนจะสูง

Rao and Hornby (2001) ได้แบ่งกลุ่มการคงทนในดินของสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ตามค่าครึ่งชีวิต 3 กลุ่มด้วยกันคือ

1. สารที่ไม่คงทน (non-persistent) ได้แก่สารที่มีค่าครึ่งชีวิตน้อยกว่าหรือเท่ากับ 30 วัน

2. สารที่คงทนปานกลาง (moderately-persistent) ได้แก่สารที่มีค่าครึ่งชีวิตมากกว่า 30 วันแต่น้อยกว่า 100 วัน
3. สารที่คงทน (persistent) ได้แก่สารที่มีค่าครึ่งชีวิตมากกว่าหรือเท่ากับ 100 วัน (Rao and Hornby, 2001)



ภาพ 2 การใช้สารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืชในสวนผลไม้

เอนไซม์โคลีนเอสเทอเรส (Cholinesterase)

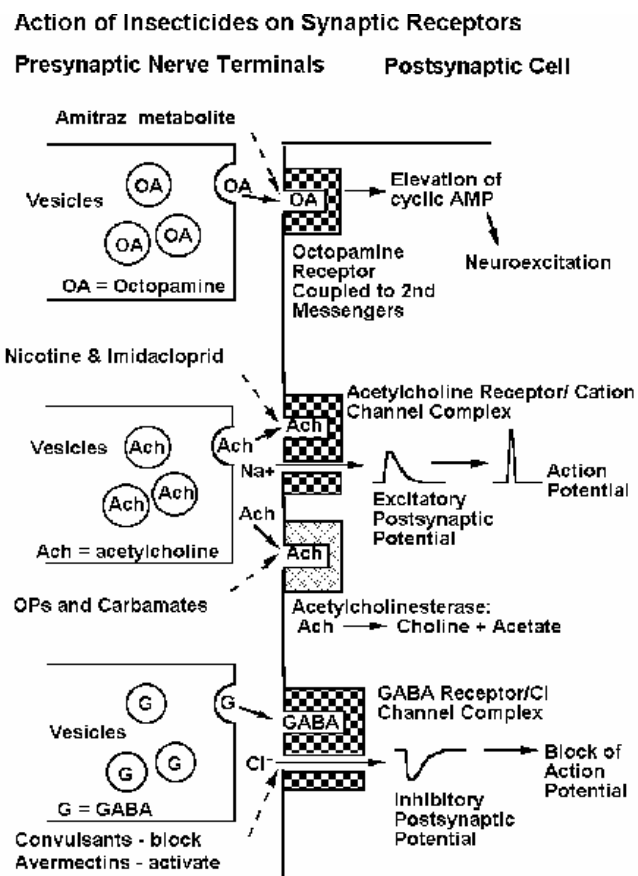
การค้นพบเอนไซม์โคลีนเอสเทอเรส โดย Sir Henry Dale ในปี พ.ศ. 1914 โดยกล่าวไว้ว่ามีเอนไซม์ชนิดหนึ่งในซีรัมคนที่สามารถ hydrolyse acetylcholine ได้ ต่อมาเมื่อมีการศึกษาเพิ่มขึ้นพบว่า เอนไซม์นี้มีในเนื้อเยื่อของสัตว์ทุกชนิดและพบได้ในพืชหลาย ๆ ชนิด และสามารถ hydrolyse choline ester ได้ในอัตราที่ต่างกัน ในปี ค.ศ. 1920 Engelhart รายงานว่าเอนไซม์ที่สกัดจากกล้ามเนื้อหัวใจจะถูกยับยั้งการทำงานโดย alkaloide eserine ได้ Alles และ Hawes ค้นพบในปี 1940 กล่าวว่า esterase ในซีรัมของคนเป็นคนละชนิดกับ esterase ในเม็ดเลือดแดงของคนจึงได้มีการตั้งชื่อเอนไซม์ esterase ตาม substrate ที่เอนไซม์มี affinity มากที่สุด (Fernandez *et al.* 2001)

คุณสมบัติของ Cholinesterase

เอนไซม์โคลีนเอสเทอเรสเป็นสาร mucoprotein มีครึ่งชีวิต 3 – 4 วัน มีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ระหว่าง 300,000 – 348,000 kDa โครงสร้างประกอบด้วย 2 active sites คือ anionic site และ esteratic site ซึ่งเป็นจุดที่จะเกิด hydrolytic action ทำให้เอนไซม์ affinity ต่อ cationic substrate เช่น cholineester (acetylcholine, benzoycholine และ butyrylcholine) การทำงานของเอนไซม์นี้ไม่ต้องอาศัย specific prosthetic group หรือ metal ion ช่วย แต่ถ้ามี cations จะช่วยเพิ่มการ

ทำงานของเอนไซม์ การที่ acetylcholine จะดึงเอา H^+ ion จาก active site ของ Cholinesterase แล้วกลายเป็น choline ส่วนตัวเอนไซม์จะรวมกับ acetyl group กลายเป็น acetylated cholinesterase ซึ่งจะรวมตัวกับน้ำและเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเป็น acetic acid และ active cholinesterase ซึ่งสามารถเข้าย่อย acetylcholine ตัวต่อไปได้ทันที (สุจิตรา, 2530)

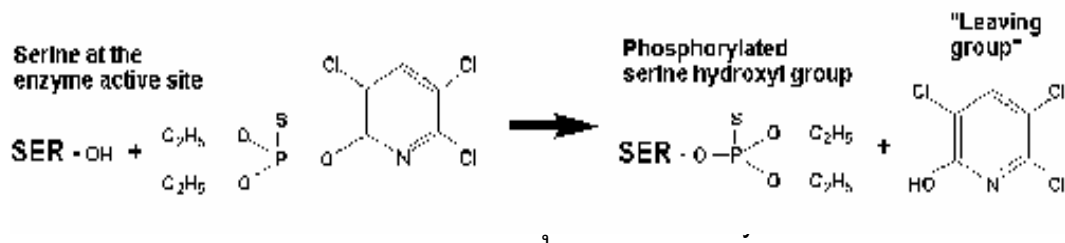
สารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมท เป็นกลุ่มของสารเคมีที่ออกฤทธิ์ต่อระบบประสาทโดยตรง การเกิดพิษของสารที่มีตำแหน่งการออกฤทธิ์ที่ synaptic receptors บริเวณ synapse เป็นบริเวณรอยต่อซึ่งเป็นช่องว่างระหว่างเซลล์ประสาทดังแสดงในภาพ กระแสประสาท (nerve impulse) สามารถผ่านช่องว่างนี้ได้ต้องอาศัยสารนำกระแสประสาท (neurotransmitters) สารที่สำคัญในสัตว์คือ acetylcholine (Ach) หลังจากนำกระแสประสาทผ่าน synapse เรียบร้อยแล้วเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส (acetyl cholinesterase) ทำการย่อยสาร acetylcholine สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมทที่มีการออกฤทธิ์ที่ synaptic receptors (สมิง, 2537)



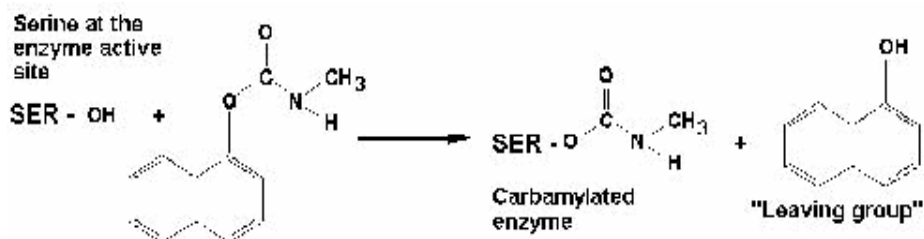
ภาพ 3 การออกฤทธิ์ของสารกำจัดศัตรูพืชที่ synaptic receptor (Ellman *et al*, 1961)

สารฆ่าแมลงที่มีการออกฤทธิ์ที่ **cynaptic receptors** แบ่งออกเป็นกลุ่มต่าง ๆ ดังนี้

1. สารยับยั้งเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส (**cholinesterase inhibition**) ได้แก่ สารกลุ่ม OPs และ carbamates ออกฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Ach โดยโมเลกุลของสารกำจัดศัตรูพืชจะจับกับเอนไซม์ดังกล่าวที่ serine hydroxyl group ทำให้เอนไซม์ไม่สามารถทำงานได้ ผลที่ตามมาคือมีการสะสมของ acetylcholin จึงมีการกระตุ้นของกระแสประสาทอย่างรุนแรง (hyperexcitation) ในแมลงผลของสารกลุ่ม organophosphates จะจำกัดอยู่เฉพาะระบบประสาทส่วนกลาง (CNS) เนื่องจากมี acetylcholine อยู่บริเวณดังกล่าว ดังนั้นสารจะต้องเดินทางและแทรกซึมผ่านเข้าไปในเส้นประสาท (ventral nerve cord) และปมประสาท (ganglion) การไปจับตัวกับเอนไซม์ของสารฆ่าแมลงกลุ่ม organophosphates เรียกว่าเกิดกระบวนการ phosphorylation และเป็นการเกิดที่ค่อนข้างอยู่ได้นาน (persistent) ซึ่งการจะกลับคืนมาสู่รูปเดิมของเอนไซม์ (reactivation) ต้องใช้เวลาหลายชั่วโมงหรืออาจเป็นวัน การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ acetylcholinesterase โดยสารกลุ่ม OPs

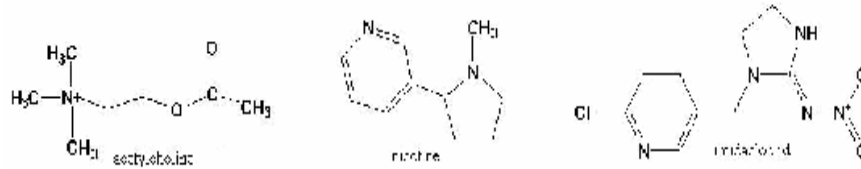


ส่วนการออกฤทธิ์ของสารฆ่าแมลงกลุ่ม carbamates มีลักษณะเช่นเดียวกันกับสารกลุ่ม OPS แต่กระบวนการที่เกิดยับยั้งเรียกว่า carbamylation ซึ่งไปจับตำแหน่งเดียวกันกับ OPS คือ serine hydroxyl group ลักษณะอาการของแมลงก็คล้ายกับของสารกลุ่ม OPs อย่างไรก็ตามการยับยั้งของสารกลุ่ม carbamates จะยับยั้งได้สั้นกว่าสารกลุ่ม OPs กล่าวคือเกิดกระบวนการ carbamylation นั้นเกิดขึ้นได้ไม่นานซึ่งจะมีระยะเวลาไม่กี่นาที่นั่นหมายความว่า แมลงที่ได้รับสารกลุ่มดังกล่าวจะฟื้นขึ้นได้เร็วกว่ากลุ่ม OPs กระบวนการยับยั้งการทำงานของ acetylcholinesterase โดยสารกลุ่ม carbamates



ภาพ 5 การจับของสารกลุ่ม carbamates กับ acetylcholinesterase

2. สารที่มีกลไกการทำงานคล้ายอะซิติลโคลีน (Acetylcholine mimics) สารกลุ่มนี้ได้แก่ nicotine และ imidacloprid เนื่องจากสารทั้งสองชนิดนี้มีโครงสร้างทางเคมีคล้ายสารอะซิติลโคลีน



ภาพ 6 สูตรโครงสร้างทางเคมีของ acetylcholine, nicotine และ imidacloprid

ในสภาพที่ไม่มีสารฆ่าแมลงดังกล่าว acetylcholine ซึ่งถูกสร้างขึ้นที่ presynaptic nerve จะนำกระแสประสาทไปยัง post-synaptic โดยไปจับกับ acetylcholin receptor ที่บริเวณดังกล่าว หลังจากส่งกระแสประสาทเรียบร้อยแล้ว acetylcholin ถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ acetylcholinesterase กระแสประสาทจึงถูกหยุดส่ง เมื่อมีสาร nicotine และ imidacloprid สารทั้ง 2 ชนิดนี้ทำหน้าที่เหมือน acetylcholine แต่ไม่ถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ acetylcholinesterase ทำให้การจับกับ acetylcholine receptor ของสารดังกล่าวเกิดขึ้นยาวนานทำให้มีการส่งผ่านกระแสประสาทอยู่ตลอด ที่บริเวณ post-synaptic nerve ทำให้เกิดการสั่น ชักกระตุก อัมพาตและตายในที่สุด ตำแหน่งการออกฤทธิ์

สารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมทมีกลไกการเกิดพิษที่คล้ายกันมากคือ ยับยั้งการทำงานของ Acetylcholinesterase (AChE) ซึ่งเป็นเอนไซม์ในพลาสมาทำหน้าที่ในการทำลาย Acetylcholine (ACh) ผลจากการยับยั้งการทำงานดังกล่าวทำให้เกิดการคั่งของ ACh ตามตำแหน่งต่างๆ ของระบบประสาทอัตโนมัติและในสมอง (ภาคภูมิ, 2541) ความแตกต่างที่สำคัญประการหนึ่งของออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมทในกลไกการเป็นพิษคือ ออร์กาโนฟอสเฟต เช่น Palathion จะยับยั้งการทำงานของ AChE แบบถาวร (Irreversible process) โดยมีขบวนการที่เรียกว่า Aging เกิดตามมาในภายหลัง กล่าวคือเมื่อออร์กาโนฟอสเฟตจับกับเอนไซม์แล้วจะเป็น Complex ซึ่งเมื่อทิ้งไว้นาน Complex นี้จะค่อยๆ ละลายน้ำและถูก Hydrolysis ทำให้สูญเสีย Alkyl group ไป 1 ตัว ซึ่งการสูญเสียนี้จะทำให้ Complex มีความคงทนมาก ทำให้เอนไซม์ไม่สามารถกลับคืนสภาพเดิมได้ และที่เรียกว่า Aging นั้นเพราะว่า AChE ที่ถูกจับไว้เป็นเสมือนเอนไซม์ที่ตายไปแล้ว ไม่สามารถทำลาย ACh ได้อีก (Ferrari et al, 2002) ส่วนคาร์บาเมทนั้นจะยับยั้ง AChE แบบชั่วคราว (Reversible process) และไม่มีขบวนการ Aging เกิดขึ้นไม่ว่าจะปล่อยทิ้งไว้เป็นระยะเวลานานเท่าไรก็ตาม ดังนั้นระยะเวลาที่ AChE ถูกยับยั้งการทำงานด้วยคาร์บาเมทจึงสั้นกว่าการถูกยับยั้งด้วยออร์กาโนฟอสเฟต (Bodhipaksha, 1997) ปกติ AChE มีหน้าที่ในการ

ทำลาย ACh ซึ่งเป็นสารสื่อประสาท (neurotransmitter) ส่วนต่าง ๆ ของระบบประสาทอัตโนมัติ ที่ neuromuscular junction และที่สมอง ดังนั้นหากมีการยับยั้งการทำงานของ AChE แล้วก็จะทำให้มี ACh สะสมหรือที่เรียกว่า ACh overdose อยู่ที่ตัวจับ (receptor) (ดวงใจ, 2542)

1. ที่ ganglion ทั้งของระบบ sympathetic และ parasympathetic nervous system
2. ที่ muscarinic receptor ของปลายประสาทระบบ parasympathetic nervous system
3. ที่ neuromuscular junction ของกล้ามเนื้อลาย
4. ที่สมอง

ปัจจุบันมีการใช้ที่ดินในพื้นที่ราบสูงเพิ่มมากขึ้น มีพื้นที่ป่ามีการถูกรบกวนทั้งจากภัยธรรมชาติและมนุษย์ โดยการเข้าไปใช้พื้นที่ในด้านต่างๆ โดยขาดการจัดการและการตรวจสอบ ที่เหมาะสม ทำให้มีปัญหาการปนเปื้อนของมลพิษลงในลำธารส่งผลต่อประชากรสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ ที่ปัจจุบันความเจริญอย่างรวดเร็วของบ้านเมือง ทำให้เกิดปัญหาน้ำเสียที่เพิ่มมากขึ้นจนเป็นผลเสียต่อแหล่งน้ำธรรมชาติ และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ หรือทำให้มีการเปลี่ยนแปลงพันธุ์ของสัตว์น้ำเกิดขึ้น จากเหตุผลดังกล่าวจึงได้มีงานวิจัยหลายฉบับทำการศึกษาผลกระทบของการใช้พื้นที่ทางการเกษตรต่อแหล่งน้ำธรรมชาติ ปัญหาหลักที่ทำให้แหล่งน้ำปนเปื้อนจากยาฆ่าแมลง และปุ๋ยเคมีจากพื้นที่เกษตรกรรม รวมไปถึงการชะล้างหน้าดิน (soil erosion) ดัง Sangkapitux *et al.* (1999) รายงานว่า ตรวจสอบ AChE activity ในเลือดของเกษตรกรที่ใช้ สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่ม Organophosphate บางชนิด (Mevinphos) พื้นที่บ้านแม่สาใหม่ ในการปลูกกระหล่ำและสวนลิ้นจี่ มีความสัมพันธ์กับภาวะสุขภาพบางประการเกษตรกรภายหลังการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช เช่น ปวดศีรษะ, หายใจไม่สะดวก เป็นต้น เช่นเดียวกับเกษตรกรในพื้นที่การเกษตรภาคกลางจากผลการศึกษาของ ไตรยาและพูลสุข (2542) ที่พบสารตกค้างกลุ่ม organochlorine ถึง 8 ชนิดจาก 96.15% ของตัวอย่างเลือดเกษตรกร การเฝ้าระวังและติดตามการปนเปื้อนสารพิษการเกษตรในน้ำและตะกอนบริเวณลุ่มน้ำปากพนังของคิวาภรณ์ (2542) ในน้ำพบ สารพิษตกค้างกลุ่มออร์กาโนคลอรีน 60% ของตัวอย่างทั้งหมดชนิดที่พบได้แก่ ดีดีที และอนุพันธ์ ดีลดริน เอนโดซัลแฟน เฮพตาคลอร์และเอพตาคลอร์อีพอกไซด์ เป็นต้น สารกำจัดวัชพืช 26.7% ของตัวอย่างทั้งหมด ส่วนในตะกอนพบทั้งออร์กาโนคลอรีน ออร์กาโนฟอสเฟต , ในแม่น้ำระยองและแม่น้ำประแสร์ (จันทร์จรัสและปิยะวรรณ, 2542) , พบว่ามีการตกค้างของสารพิษกลุ่มนี้ในเนื้อปลา น้ำในแหล่งน้ำพื้นที่แปลงเกษตรกรจังหวัดเชียงใหม่ (ชานีและคณะ, 2542) เป็นต้น

การศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมหรือคุณภาพน้ำอันเกิดจากสารมลพิษนั้นสามารถใช้กลุ่มของสิ่งมีชีวิตได้หลายชนิดทั้ง สาหร่าย พืชน้ำ แพลงตอนพืช แพลงตอนสัตว์ โปรโตซัว ปลาและสัตว์หน้าดิน (Pinder and Morley, 1995) โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มของแมลงน้ำซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตกลุ่มใหญ่ที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำไหล ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในการใช้สิ่งมีชีวิตกลุ่มนี้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพควบคู่กับการประเมินคุณภาพน้ำทางเคมีและทางกายภาพโดยอาศัยแนวความคิดที่ว่าความทนทานของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดต่อสภาวะมลพิษของแหล่งน้ำนั้นจะแตกต่าง

กันทำให้สิ่งมีชีวิตที่ปรากฏอยู่จะแตกต่างกันในระดับชนิดและปริมาณโดยขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงและประเภทของมลพิษ (Abel, 1989) สำหรับวิธีการประเมินคุณภาพของแหล่งน้ำทางชีวภาพประกอบไปด้วย 1). การทดสอบระดับความเป็นพิษของสารมลพิษต่อสิ่งมีชีวิต 2). ศึกษาการสะสมของสารพิษในสิ่งมีชีวิตตลอดจนศึกษาผลกระทบของการสะสมสารพิษในห่วงโซ่อาหาร 3). ศึกษาเปรียบเทียบบริเวณซึ่งได้รับผลกระทบกับบริเวณซึ่งไม่ได้รับผลกระทบจากสารมลพิษหรือศึกษาการเปลี่ยนแปลงจากสภาวะปกติของพื้นที่หนึ่งเปรียบเทียบกับเมื่อมีกิจกรรมอันก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยในบริเวณนั้น 4). การใช้สิ่งมีชีวิตเป็นตัวบ่งชี้สภาวะเป็นพิษจากสารมลพิษในแหล่งน้ำและ 5). การประเมินผลกระทบของสารพิษ การใช้พื้นที่และ การใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำต่อระบบนิเวศ ซึ่งวิธีการในการประเมินผลกระทบดังกล่าวมีความจำเป็นที่จะต้องทราบองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ต้องมีความรู้ในการจัดจำแนกสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดในบริเวณที่ศึกษา (Norris and Norris, 1995)

ในการประเมินผลกระทบของสารพิษที่ปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำต่อสิ่งมีชีวิตนอกจากจะศึกษาจากองค์ประกอบของกลุ่มสิ่งมีชีวิตหลายกลุ่มที่มีบทบาทในการกินใน Trophic level ที่หลากหลายในระบบนิเวศน้ำไหลแล้ว ยังมีการศึกษาการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดต่อสารพิษอันประกอบด้วยวิธีการศึกษาทางชีวเคมี การศึกษาเกี่ยวกับผลของสารพิษต่อการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อและสรีรวิทยาของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด (individual organisms) เนื่องจากผลของสารพิษที่มีต่อสิ่งมีชีวิตอาจไม่ทำให้สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ตายในทันทีแต่จะไปมีผลทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอย่างใดอย่างหนึ่ง (sublethal effect/chronic effect) เช่น การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม อัตราการเจริญเติบโตหรือระบบสืบพันธุ์ การเปลี่ยนแปลงเอนไซม์ การเบี่ยงเบนต่อความสมมาตรของร่างกาย โดยมีหลายวิธีที่นิยมใช้ในการศึกษา คือ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับของเอนไซม์ (Tapunya, 2000 ; Luadee *et al.*, 2001) การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางพฤติกรรมและวงชีวิต (Holdway *et al.*, 1995) การเบี่ยงเบนของสมมาตรร่างกายในปลาบางชนิด (Utayopas 1996; 2001a; 2001b) นอกจากนี้มีการศึกษาเกี่ยวกับการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตในน้ำต่อสารพิษในประเทศไทยรูปแบบอื่นอีก เช่น Tapunya (2000) พบว่าสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่ม Organophosphate และ Carbamate มีผลลดการทำงานของเอนไซม์ cholinesterase ของ Chironomids ในลำธารแม่สา น้อยต่ำกว่าลำธารควบคุมบนดอยสุเทพเช่นเดียวกับผลต่อความหนาแน่นของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินขนาดใหญ่ และ การศึกษาของ Laudee *et al.* (2001) ศึกษาพบว่า สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่ม Organophosphate และ Carbamate มีผลยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ cholinesterase ของ Stenopsychids (Trichoptera) ระยะดักแด้ ในลำธารพื้นที่ป่าและเกษตรกรรมของลุ่มน้ำดอยเชียงดาว

การประเมินทางชีวภาพ (Biological assessment) เป็นการใช้สิ่งมีชีวิตเป็นตัวประเมินคุณภาพน้ำ โดยอาศัยการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตต่อสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป และเลือกสิ่งมีชีวิตที่เป็นตัวบ่งชี้ ซึ่งมีสิ่งมีชีวิตหลายชนิดที่สามารถนำมาใช้ประเมินคุณภาพน้ำ เช่น แบคทีเรีย แพลงก์ตอน พืชน้ำ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน และปลา ขึ้นอยู่กับว่าในบริเวณนั้นมีการศึกษาสิ่งมีชีวิตชนิดใดมาก และต้องมีความรู้ข้อมูลมาก่อน เทคนิคการประเมินทางชีวภาพของคุณภาพสิ่งแวดล้อมของแหล่งน้ำเท่าที่มีการศึกษาในช่วงสิบปีที่ผ่านมา นั้น Parnrong (2002) กล่าวถึงว่า ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่เป็นการศึกษาของนักวิชาการมหาวิทยาลัย ขอนแก่น ใช้กลุ่ม

Benthic macroinvertebrates มีทั้ง sampling Techniques มีทั้ง quantitative ของ Saegpradub *et al.*(1998), Semi-quantitative, Scoring Systems ที่ใช้ได้แก่ BMWP/ASPT, SIGNAL และ HBI, Community Structure ของ Saegpradub(1999) (Pong Score และ Q index (นาฬิกาสัตว์หน้าดิน, Benthos clock) Diversity Indices System (richness measures, diversity indices), ส่วน Indicator species นั้นมีการศึกษาในหลายกลุ่ม ได้แก่ แพลงตอนพืช โคลิฟอร์มแบคทีเรีย แมลงน้ำไทรคอปเทอรา (Chaibu, 2000; Laudee, 2001) Chironomid Pupal Exuvia Technique (Mustow, 1997), The Fluctuating Asymmetry Method โดยใช้ชนิดปลา *Esomus metallicus*, *Trichopsis vittatus*, *Trichogaster trichopterus* ในร่องสวนผลไม้ โดยใช้เปรียบเทียบ Meristic และ Morphometric characters (Utayopas, 1996; 2001a; 2001b)

ดังนั้นในการศึกษานี้จึงทำการศึกษาผลกระทบดังกล่าวจากสารพิษทางการเกษตรที่เกษตรกรใช้ โดยใช้หลักการทางพิษวิทยาสิ่งแวดล้อมทั้งในห้องปฏิบัติการและสภาพแวดล้อมจริงในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่มาเป็นสิ่งบ่งชี้การประเมินความเสี่ยงทางสิ่งแวดล้อมของแหล่งน้ำ (Van der Oost *et al.* 2003) สารพิษที่ติดตามตรวจสอบโดยทั่วไป นั้นได้แก่ กลุ่ม สารพิษที่ตกค้างระยะสั้น คือ Organophosphates และ carbamate โดยใช้กลุ่มสิ่งมีชีวิตในน้ำและปลา ในการประเมินผลกระทบและศึกษาการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดต่อสิ่งแวดล้อมโดยศึกษาจากการเปลี่ยนแปลงเอ็นไซม์ Cholinesterase ที่ควบคุมระบบประสาท (neurotransmitter) ในระบบประสาทของหอยหรือสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังอื่น เป็นตัวแทนของสิ่งมีชีวิตกลุ่ม benthic macroinvertebrates และในสมองและเหงือกของปลาบางชนิดตัวแทนกลุ่มสัตว์มีกระดูกสันหลัง (Perry *et al.* 1998) ซึ่งการใช้กลุ่มสิ่งมีชีวิตที่มีบทบาทในสายใยอาหารที่ต่างกันในระบบนิเวศน้ำ ร่วมกับการศึกษาการตกค้างในสิ่งแวดล้อมทั้งในน้ำและตะกอนดิน และการใช้ดัชนีชีวภาพในระดับชุมชนสิ่งมีชีวิตมาใช้เพื่อเปรียบเทียบกันระหว่างบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในการเกษตรในพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์จากพื้นที่หลายประเภทต่างกัน เช่น การปลูกพืชไร่ พืชสวน นาข้าว และชุมชน ในแม่น้ำปิงและแหล่งน้ำอื่น จังหวัดเชียงใหม่ มาใช้เป็นดัชนีพื้นฐานในการประเมินสภาพผลกระทบก่อนที่สิ่งเหล่านี้จะสะสมอยู่ในแหล่งน้ำและมีผลต่อมนุษย์ในชุมชนที่นำน้ำและสิ่งมีชีวิตในน้ำบางชนิดที่ผ่านกิจกรรมการเกษตรของชุมชนและมาใช้อุปโภคบริโภคของชุมชนอีกด้วย นอกจากนี้ยังเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนติดตามตรวจสอบผลกระทบจากการลดการใช้สารเคมีและกิจกรรมที่มีผลกระทบต่อแหล่งน้ำอันมีผลทำให้สมาชิกชุมชนมีคุณภาพชีวิตที่ดีและเป็นองค์ความรู้ในการจัดการพื้นที่ลุ่มน้ำอื่นต่อไป

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ศึกษาผลกระทบจากพื้นที่ที่มีกิจกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในแหล่งน้ำโดยใช้ระดับการตอบสนองการทำงานของเอนไซม์ Acetylcholinesterase จากเหงือกและสมองปลานิลในแหล่งเลี้ยงต่างกัน
 2. ศึกษาพิษเฉียบพลันของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชบางชนิดต่อกลุ่มสัตว์น้ำที่ใช้เป็นดัชนีในการประเมินผลกระทบจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชบางชนิดในห้องปฏิบัติการ
 3. ศึกษาระดับการตอบสนองการทำงานของเอนไซม์ Acetylcholinesterase ของกลุ่มสัตว์น้ำที่ใช้เป็นดัชนีในการประเมินผลกระทบจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชบางชนิดในระดับความเข้มข้นต่างๆในห้องปฏิบัติการ
 4. ศึกษาผลของการปนเปื้อนดินตะกอนจาก Dicrotophos ที่มีต่อระดับการทำงานของ Acetylcholinesterase Enzyme จากส่วนต่างๆ ของปลาไหล (*Monopterus albus*)
 5. ศึกษาผลของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช Dicrotophos ต่ออัตราการเคลื่อนที่และความผิดปกติของ Sperm ปลาทอมไทย (*Anabas testudineus*)
 6. ศึกษาผลกระทบของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชจากการเกษตรและคุณภาพน้ำบางประการที่มีต่อชุมชนสิ่งมีชีวิตโดยใช้ดัชนีในการประเมินคุณภาพในแม่น้ำปิงและลำน้ำแม่สา แม่น้ำปิง
- คำชี้แจงการปรับจากวัตถุประสงค์เดิม
2. ศึกษาผลกระทบของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชต่อการทำงานของเอนไซม์ Acetylcholinesterase ที่ควบคุมระบบประสาทของแมลงน้ำ Trichoptera ในระยะการเติบโตต่างกัน
 3. ผลกระทบของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชต่อพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงวงจรชีวิตของแมลงน้ำ Trichoptera
- เหตุผลเนื่องจาก ผู้วิจัยไม่ประสบความสำเร็จในการเก็บรวบรวมและเลี้ยงตัวอ่อนแมลงน้ำ Trichoptera ให้รอดตายได้ ทั้งในพื้นที่และห้องปฏิบัติการ
- โดยเพิ่มปรับวัตถุประสงค์และปรับวิธีทดลองดังนี้(ตามเอกสารแนบ 4-1 ในรายงานความก้าวหน้าของโครงการในรอบ 1 ปีดังกล่าว)
2. ศึกษาพิษเฉียบพลันของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชบางชนิดต่อกลุ่มสัตว์น้ำที่ใช้เป็นดัชนีในการประเมินผลกระทบจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชบางชนิดในห้องปฏิบัติการ
 3. ศึกษาระดับการตอบสนองการทำงานของเอนไซม์ Acetylcholinesterase ของกลุ่มสัตว์น้ำที่ใช้เป็นดัชนีในการประเมินผลกระทบจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชบางชนิดในระดับความเข้มข้นต่างๆในห้องปฏิบัติการ
 4. ศึกษาผลของการปนเปื้อนดินตะกอนจาก Dicrotophos ที่มีต่อระดับการทำงานของ Acetylcholinesterase Enzyme activity จากส่วนต่างๆ ของปลาไหล (*Monopterus albus*)
 5. ศึกษาผลของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช Dicrotophos ต่ออัตราการเคลื่อนที่และความผิดปกติของ Sperm ปลาทอมไทย (*Anabas testudineus*)

1.การศึกษาการทำงานเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสจากสมองและซีรัมของปลานิล

(*Oreochromis niloticus*) จากแหล่งเลี้ยงต่างกัน

บทนำ

ปัญหาในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจากผลพวงของการพัฒนาประเทศเราในด้านต่างๆไม่ว่าจะเป็น การเกษตรแผนใหม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการปนเปื้อนของสารเคมีที่ใช้ในการเกษตรลงสู่แหล่งน้ำทำให้เกิดผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ จากเหตุผลดังกล่าวจึงได้มีงานวิจัยหลายฉบับทำการศึกษาผลกระทบของการใช้พื้นที่ทางการเกษตรโดยใช้สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในบริเวณดังกล่าวเป็นตัวประเมิน ในการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมหรือคุณภาพน้ำอันเกิดจากสารมลพิษนั้นสามารถใช้กลุ่มของสิ่งมีชีวิตได้หลายชนิดการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดต่อสารพิษอันประกอบด้วยวิธีการศึกษาทางชีวเคมี เนื่องจากผลของสารพิษที่มีต่อสิ่งมีชีวิตอาจไม่ทำให้สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ตายในทันทีแต่จะไม่มีผลทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอย่างใดอย่างหนึ่ง (sublethal effect/chronic effect) เช่น การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม อัตราการเจริญเติบโตหรือระบบสืบพันธุ์ โดยวิธีที่นิยมใช้ในการศึกษาคือ มีการนำ neurotoxicity biomarker มาใช้เพื่อประเมินความเป็นพิษของยาฆ่าแมลงที่มีต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำโดยใช้การทำงานของเอนไซม์ Acetylcholinesterase และ Choline Acetyltransferase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ควบคุมการทำงานของระบบประสาทและเมื่อเกิดการยับยั้งการทำงานของสารกำจัดศัตรูพืช กลุ่ม Organophosphate และ Carbamate เป็นสาเหตุการตายในสิ่งมีชีวิตหลายชนิด เอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส (Cholinesterase) เป็นสาร mucoprotein มีครึ่งชีวิต 3-4 วัน พบในเนื้อเยื่อของสัตว์แทบทุกชนิด มี 2 ประเภท คือ Acetylcholinesterase (AChE) และ serum cholinesterase หรือ Pseudocholinesterase (PChE) มีการศึกษาการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส สามารถถูกยับยั้งด้วยตัวยับยั้งหลายชนิด เช่น กลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต (Organophosphate ; OP and carbamate; CP) ในร่างกายคน (ภัทรวดีและวีระวรรณ, 2543) Macroinvertebrates เช่น Chironomids (Tapunya, 2000), Caddisflies larva (Luadee และคณะ, 2001) ในปลาใน Gruber and Munn, 1998 ศึกษาการทำงานของเอนไซม์ AChE จากสมองขึ้นกับชนิด อายุ เพศ ของปลาและถูกยับยั้งด้วยการปนเปื้อนสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทางการเกษตรกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต ของ Royal Lake ใน Central Columbia Plateau, Washington และการศึกษาจากปลา Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) ของ Cunha Bastos และคณะ (1998) พบว่า เอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสทั้งจากสมองและซีรัม มีความไวต่อ Paraoxon การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบค่าการทำงานของเอนไซม์ cholinesterase ทั้ง Acetylcholinesterase และ Butylcholinesterase จากซีรัมจากสมองปลานิลและปลาทับทิมจากการแหล่งเลี้ยงที่สำคัญในจังหวัดเชียงใหม่ เพื่อใช้เปรียบเทียบกันระหว่างบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในการเกษตรในพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์จากพื้นที่หลายประเภทต่างกัน เช่น การปลูกพืชไร่ พืชสวน นาข้าว ในแหล่งน้ำสำคัญในจังหวัด

เชียงใหม่ มาใช้เป็นแนวทางในการใช้เป็นดัชนีพื้นฐานในการประเมินสภาพผลกระทบที่มีต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำไหลอื่นของประเทศไทยต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์และสารเคมี ใช้เครื่อง spectrophotometer (รุ่น CECIL, CF292, England), ELISA Reader (CERES UV900Hdi, Bio-tex Instrument, IWC), automatic pipette (Biohit proline, Finland and Gilson Pipetman, France) สารเคมีที่ใช้ได้แก่ acetylthiocholine iodide, butyrylthiocholine iodide, 5,5'-dithiobis-2-nitrobenzoic acid (DTNB) และ Eserine จาก Sigma Chemical Company, USA ; disodium hydrogen phosphate และ sodium dihydrogen phosphate จาก Merck, Germany

การเก็บตัวอย่างปลาไหลและปลาทับทิมจากแหล่งเลี้ยงต่างกัน

เก็บตัวอย่าง ปลาไหลและปลาทับทิม จากแหล่งเลี้ยงละ 5-10 ตัว ได้แก่ เชื้อนแม่จืด อ.แม่แตง, เชื้อนแม่กวัง อ.ดอยสะเก็ด, บ่อเลี้ยงปลาบ้านแม่กาด อ.สันทราย, แม่น้ำปิงบ้านป่าแดด อ.เมือง, และ ต.ดอยหล่อ กิ่งอ.ดอยหล่อ จ.เชียงใหม่ นำมาชั่งน้ำหนัก และความยาว และทำการเก็บตัวอย่าง สมอง และซีรัม โดย

- โดยการเปิดกระโหลกแล้วเก็บ whole brain ที่อุณหภูมิ -20°C

- เก็บ Serum โดยเจาะเลือดจาก dorsal aorta บริเวณ caudal peduncle หรือ เหนือ laterale line แซ่ตู้เย็น ทิ้งไว้ 30 นาที ปั่นแยก Serum ด้วย centrifuge 3,000 rpm แยกเก็บ serum ที่อุณหภูมิ -20°C

การศึกษา Cholinesterase Enzyme (ChE) activity

การควบคุมคุณภาพ

นำซีรัมที่เหลือจากการแยกเก็บมารวมกัน แยกใส่หลอดเพื่อเป็นซีรัมควบคุมเพื่อหาความแปรปรวนที่ดีที่สุดของการวิเคราะห์ (optimum conditions variance, OCV) โดยทำการวัดระดับเอนไซม์ ChE เป็นจำนวน 20 ครั้ง หาค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean $\pm$ SD) และ % ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน

การศึกษา Cholinesterase Enzyme (ChE) activity ของ Brain, Muscle และ Serum ของปลาไหลจากแหล่งเลี้ยงต่างกัน

1. นำตัวอย่างสมอง และเลือด มาทดสอบในห้องปฏิบัติการพิษวิทยา สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สุขภาพ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

2.) Serum ปลา ด้วย Rapid test ดัดแปลงของ Kallander *et al.* (1997) ตรวจสอบ Butyrylcholinesterase Enzyme (BChE) activity

3. บดสมองปลาด้วย Potter – Elvehjem type apparatus และสกัด Cholinesterase Enzyme (ChE) จากสมอง ตรวจสอบ Acetylcholinesterase Enzyme (AChE) activity ด้วยวิธี Rapid test ตามดัดแปลงของ Ellman *et al.* (1961)

4. หา Cholinesterase Enzyme (ChE) activity ได้จาก จำนวนจากวิธีดัดแปลงจาก Ellman's relationship ของ Cholinesterase Enzyme (ChE) activity rate และการเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสง ที่ 405 nm (Ellman *et al.* 1961) จำนวน ค่า Enzyme activity จากสูตร

$$\text{Enzyme activity} = (A_{\text{test}} - A_{\text{blank}}) \times \text{Factor}$$

Factor = Enzyme coefficient(103/13500) x (Total volume/sample volume) x dilution factor x (1/incubation times)

5.หาความสัมพันธ์ ของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสจากสมองและซีรัมของปลานิลและปลาตะเพียนกับความยาว, น้ำหนัก ด้วย Pearson correlation ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

6. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสของปลานิลและปลาตะเพียนจากแหล่งเลี้ยงต่างๆ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน และทดสอบค่าความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วย Turkey's Test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1.การทดสอบความเที่ยงตรงในการวิเคราะห์

การทดสอบความเที่ยงตรง OCV ของ Brain-AChE activity มีค่า 8.45566 ± 0.34770 CV=4.1%

การทดสอบความเที่ยงตรง OCV ของ Serum-BChE activity มีค่า $=0.50346 \pm 0.04026$ CV=7.9%

2. การศึกษาการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสจากสมองและซีรัมของปลานิลและปลาตะเพียน

การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสจากสมองและซีรัมของปลาตะเพียน และปลานิลขนาดความยาวเฉลี่ย 26.10 ซม. น้ำหนัก 377.10 กรัม จากการเลี้ยงกระชังในเขื่อนแม่กวง และแม่น้ำปิง พบว่า Serum-BChE Activity ไม่มีความสัมพันธ์กับความยาว($r=-0.130$, $p=0.983$)และน้ำหนัก ($r=-0.009$, $p=0.958$) ค่าเฉลี่ยของ cholinesterase Activity ซีรัม BChE Activity ไม่แตกต่างกัน ($F_{2,35} = 1.077$; $p=0.05$) ของปลาตะเพียนที่เลี้ยงในกระชังทั้ง 3 แหล่งน้ำ $0.48405 \pm 0.01812(100\%)$, $0.38886 \pm 0.04461(80.33\%)$, $0.42913 \pm 0.08533(88.65\%)$ uM/min/uL , ส่วน brain-AChE Activity สมอง มีความสัมพันธ์กับความยาว($r=-0.710$, $p<0.01$)และน้ำหนัก ($r=-0.950$, $p<0.01$) ของปลาตะเพียนที่มีความแตกต่างกัน($F_{2,35}=33.363$, $p<0.01$) เท่ากับ $4.28480 \pm 0.13826(100\%)$, $4.26046 \pm 0.30547(99.03\%)$ $1.91076 \pm 0.01375(44.59\%)$ uM/min/g ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1 Serum-BChE Activity ของปลาตะเพียนไม่มีความสัมพันธ์กับค่า AChE Activity($r=0.048$, $p=0.776$) ที่เลี้ยงในกระชังทั้ง 3 แหล่งน้ำ

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของ cholinesterase Activity ของ Serum และ Whole brain ปลาตะเพียนจากแหล่ง เลี้ยงต่างกัน

site	Weight (g)	Length (cm)	Serum-BChE Activity (mean $\pm$ SE; uM/min/uL)(%activity)	brain-AChE Activity(mean $\pm$ SE; uM/min/g) (%activity)
เขื่อนแม่กวง	298.33	24.67	0.48405 ± 0.01812^{ns} (100%)	4.28480 ± 0.13826^b (100%)
	510.00	27.50	0.38886 ± 0.04461^{ns} (80.33%)	1.91076 ± 0.01375^b (44.59%)
ป่าแดด				
ดอยหล่อ	355.00	27.25	0.42913 ± 0.08533^{ns} (88.65%)	4.26046 ± 0.30547^a (99.03%)
			$F_{df=2,35} = 1.077$; $p=.352$	$F_{df=2,35}=33.363$ $p<0.01$

^{a,b} the different letter in the same column show significance $p<0.01$

^{ns} in the same column show no significance $p<0.05$

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของ cholinesterase Activity ของ Serum และ Whole brain ปลา NIL จากแหล่งเลี้ยงต่างกัน

Site	Weight (g)	Length (cm)	Serum-BChE Activity (mean±SE; $\mu\text{M}/\text{min}/\mu\text{L}$) (%activity)	brain-AChE Activity (mean±SE; $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$) (%activity)
เขื่อนแม่งัด	120.00	20.57	0.80747±0.04387 ^a (100%)	5.85354±0.63276 ^a (100%)
ป่าแดด (12)	165.50	19.00	0.46285±0.11222 ^b (57.3%)	3.33005±0.06926 ^b (56.88%)
ดอยหล่อ (12)	237.50	23.25	0.46673±0.03980 ^b (57.8%)	(3.06166±0.24249) ^b (52.30%)
แม่แก้ว(12)	303.00	24.25	0.53456±0.01144 ^b (62.2%)	(2.44886±0.22515) ^b (41.83%)
เฉลี่ย	199.54	21.77	$F_{df=3,40} = 10.782; p < 0.01$	$F_{df=3,40} = 11.846; p < 0.01$

^{a,b} the different letter in the same column show significance $p < 0.01$

^{ns} in the same column show no significance $p < 0.05$

การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสจากสมองและซีรัมของปลานิลขนาดความยาวเฉลี่ย 21.77 ซม. น้ำหนัก 199.94 กรัม จากการเลี้ยงกระชังในเขื่อนแม่งัด แม่น้ำปิง และบ่อปลาบ้านแม่แก้ว พบว่า BChE Activity และ AChE Activity มีความสัมพันธ์กับน้ำหนัก ($r = -0.356$, $p = 0.018$ $r = -0.773$, $p < 0.01$) ตามลำดับ โดยไม่มีความสัมพันธ์กับความยาว ($r = -0.283$, $p = 0.062$) พบว่าค่าเฉลี่ยของ BChE Activity และ AChE Activity จากปลานิลในแต่ละแหล่งเลี้ยงแตกต่างกัน ($F_{3,40} = 10.782$; $p < 0.01$; $F_{3,40} = 11.846$; $p < 0.01$) โดยปลานิลที่เลี้ยงในเขื่อนแม่งัดที่มีการปนเปื้อนสารป้องกันศัตรูพืชน้อยมากมีค่าสูงสุด(100%) เท่ากับ 0.80747 ± 0.04387 , $\mu\text{M}/\text{min}/\mu\text{L}$ และ 5.85354 ± 0.63276 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$ ตามลำดับ นำมาเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของ BChE Activity จากแม่แก้ว ดอยหล่อ และป่าแดด ในแม่น้ำปิง มีค่าเท่ากับ 62.2%, 57.8% และ 57.3% ตามลำดับ และนำมาเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของ AChE Activity จากป่าแดด, ดอยหล่อในแม่น้ำปิง และแม่แก้ว มีค่าเท่ากับ 56.88%, 52.30% และ 41.83% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2 ค่า BChE Activity ของปลานิลมีความสัมพันธ์กับค่า AChE Activity ($r = -0.372$, $p = 0.013$) ที่เลี้ยงทั้ง 4 แหล่งน้ำ จึงสามารถศึกษา BChE จากการเก็บตัวอย่างจากปลานิลได้เช่นเดียวกับการศึกษาจาก AChE activity จากสมองเช่นเดียวกับการศึกษาของ Cunha Bastos และคณะ(1998) ในปลา Pacu

จากการทดลองนี้ ค่าการทำงานของ AChE และ BChE ทั้งปลานิลและปลาทับทิม ทุกแหล่งเลี้ยง มีค่าการยับยั้งในช่วง 1-58.17% สอดคล้องกับ Zinkl และคณะ(1991) รายงานว่าโดยทั่วไปแล้วการยับยั้งการทำงานของ ChE มากกว่า 70% มีผลทำให้ปลาตายได้ 20-70% อาจมีผลต่อการสืบพันธุ์ และพฤติกรรมของปลา เช่น การว่ายน้ำ การเปิดปิดเหงือกเร็วขึ้น เป็นต้น ในปลาไน Gruber และ Munn(1998)พบว่า มีการลดการทำงานของ AChE (3.47 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$) ลง 34.2% จากแหล่งน้ำที่ปนเปื้อนด้วยสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต คือ Chlorpyrifos, phos-methyl, Carbaryl และ ethoprop ในการศึกษาลำดับต่อไปผู้ศึกษาจะทำการศึกษาถึงระดับของ

สารป้องกันศัตรูพืชกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตบางชนิดที่มีผลต่อการตายและการยับยั้งการทำงานของ AchE และ BChE ในปลาบางชนิดและสิ่งมีชีวิตในน้ำอื่น รวมถึงความไวของสิ่งมีชีวิตชนิดที่เหมาะสมในการใช้เป็นดัชนีชีวภาพ และยังคงติดตามตรวจสอบสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มนี้ในแหล่งน้ำด้วยวิธีทางเคมีเป็นระยะๆ ต่อไป

สรุปผลการทดลอง

cholinesterase Activity ของ Serum และ Whole brain ของทั้งปลาทับทิมและปลานิลในแต่ละแหล่งเลี้ยงมีความสัมพันธ์กันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ทั้ง Serum-BChE Activity และ AChE Activity ของทั้งปลาทับทิมและปลานิลในแต่ละแหล่งเลี้ยงมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักปลา โดยค่า cholinesterase Activity ของ Serum และ Whole brain ของปลานิลจากแหล่งเลี้ยงเขื่อนแม่งัดมีค่าสูงสุดใช้อ้างอิงได้ คือ 0.80747 ± 0.04387 $\mu\text{M}/\text{min}/\mu\text{L}$, 5.85354 ± 0.63276 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$ tissue และสามารถศึกษาใช้ BChE activity ได้เช่นเดียวกับการศึกษาจาก AChE activity มาติดตามผลกระทบจากสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตจากกิจกรรมการเกษตรในแหล่งน้ำได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยการใช้สิ่งมีชีวิตในน้ำบางชนิดติดตามตรวจสอบสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในแม่น้ำปิง จังหวัดเชียงใหม่ TRG4580035 ได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนสนับสนุนการวิจัย และขอขอบคุณ คุณสุรัตน์ หงษ์สามสิบและเจ้าหน้าที่ ห้องปฏิบัติการพิษวิทยา สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สุขภาพ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และความสะดวกในการวิเคราะห์

เอกสารอ้างอิง

- ดวงใจ ผิวคำ. 2542. การศึกษาเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสของปลั้งและความไวของเอนไซม์ต่อสารเคมีกำจัด แมลง. ภาคนิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต(เทคนิคการแพทย์). คณะเทคนิคการแพทย์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 41 หน้า.
- ภัทรวดี พงษ์ระวีวงศ์ และวีระวรรณ เรืองยุทธิการณ์. 2543. การวัดระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในซีรัมของคนไทยปกติ. เชียงใหม่เวชสาร. 39(1-2) : 21-29.
- Cunha Bastos, V.L.F., A. Rossini, L.F. Ribeiro Pinto, L.M. de Lima, P.S. Ceccarelli, M.G.P. Coelho, and J. Cunha Bastos. 1998. Different Sensitivities to Paraoxon of Brain and Serum Cholinesterases from Pacu, an Indigenous Brazilian Fish. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 60 : 1-8.
- Ellman, G.L., K.D. Courtney, V.J. Andres, and R.M. Featherstone. 1961. A new and Rapid calorimetric determination of acetylcholinesterase activity. Biochem. Pharmacol. 7: 88-95.

- Fernandez-Vega, C., E. Sancho, M. D. Ferrando, and E. Andreu. 2002. Thiobencarb-Induced Changes in Acetylcholinesterase Activity of the Fish *Anguilla anguilla*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 72:55-63.
- Gruber, S.J. and M.D.Munn. 1998. Organophosphate and Carbamate Insecticides in Agricultural Waters and Cholinesterase(ChE) Inhibition in Common Carp(*Cyprinus carpio*). *Arch.Environ.Contam.Toxicol*. 35 : 391-396.
- Luadee P, Chantaramongkol P,Prapamontol T. Sublethal effects of Organophosphorous and Carbamate Pesticides on Cholinesterase Activity of *Stenopsyche siamensis*(Trichoptera:Stenopsychidae) .2001.
- Pavlov, D.F. 1996. Induced reactivation of inhibited acetylcholinesterase:application for fish physiology and toxicology studies. *Contaminant Effects on Fish Symposym Proceeding(Physiology section),International Congress on the Biology of Fishes,San Francisco State University,July 14-18. P. 43-48.*
- Tapunya D. Impact of Pesticides Use on Macroinvertebrate Community and Cholinesterase Activity of Chironomids at Ban Mae Sa Mai Chiang Mai Province. M.S.Thesis. Chiang Mai University. 2000.
- Zinkl, J.G., Lockhard, W.L., Kenny, S.A.,Ward, F.J. 1991. The effects of cholinesterase inhibiting insecticide on fish. In:Mineau P(ed) *Cholinesterase inhibiting insecticides*. Elsevier, New York. P. 233-254.
-

เอกสารนี้นำเสนอในที่ประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ภาคโปสเตอร์ ระหว่างวันที่ 2-3 ธันวาคม พ.ศ. 2545 ณ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (บทคัดย่อ หน้า 148-149).

2.การศึกษาพิษเฉียบพลันและระดับการตอบสนองของสัตว์น้ำบางชนิดเพื่อใช้เป็นดัชนีในการประเมินผลกระทบจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในห้องปฏิบัติการ

ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมหรือคุณภาพน้ำอันเกิดจากสารมลพิษนั้นสามารถใช้กลุ่มของสิ่งมีชีวิตได้หลายชนิดการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดต่อสารพิษอันประกอบด้วยวิธีการศึกษาทางชีวเคมี เนื่องจากผลของสารพิษที่มีต่อสิ่งมีชีวิตอาจไม่ทำให้สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ตายในทันทีแต่จะไปมีผลทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอย่างใดอย่างหนึ่ง (sublethal effect/chronic effect) เช่น การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม อัตราการเจริญเติบโตหรือระบบสืบพันธุ์ โดยวิธีที่นิยมใช้ในการศึกษาคือ มีการนำ neurotoxicity biomarker มาใช้เพื่อประเมินความเป็นพิษของยาฆ่าแมลงที่มีต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำโดยใช้การทำงานของเอนไซม์ Acetylcholinesterase และ Choline Acetyltransferase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ควบคุมการทำงานของระบบประสาทและเมื่อเกิดการยับยั้งการทำงานของสารกำจัดศัตรูพืช กลุ่มOrganophosphate และ Carbamate เป็นสาเหตุการตายในสิ่งมีชีวิตหลายชนิด เอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส (Cholinesterase) เป็นสาร mucoprotein มีครึ่งชีวิต 3-4 วัน พบในเนื้อเยื่อของสัตว์แทบทุกชนิด มี 2 ประเภท คือ Acetylcholinesterase(AChE) และ serum cholinesterase หรือ Pseudocholinesterase(PChE)

Saunders and Harper (1994) กล่าวว่า สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต มีผลในการยับยั้งเอนไซม์อะซีทิลโคลีนเอสเตอเรสในสมองได้มากกว่าในกล้ามเนื้อ มีการศึกษาความเป็นพิษของสารดังกล่าวในปลาหมักลายซึ่งเป็นปลาน้ำจืดสวยงามที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพเพื่อเป็นตัวชี้วัดสภาพความเป็นปกติของแหล่งน้ำพบว่า ความเข้มข้นของสารเพียง 0.005 ppb มีความสามารถในการยับยั้งเอนไซม์อะซีทิลโคลีนเอสเตอเรสในสมองให้ลดลง 2 ใน 5 ส่วนของสภาพปกติ (Gibson *et al.*, 1996) ในปลาตุ๊กตาความเป็นพิษของพาราไทออน(สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต)แสดงความเป็นพิษโดยพบว่าที่ระดับความเข้มข้นของพาราไทออนเพียง 0.01 ppm สามารถยับยั้งระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในซีรัมและลดลงเหลือเพียง 8.06 หน่วยเท่านั้น และยังพบว่าระดับความเป็นพิษที่ทำให้ปลาตุ๊กตาอายุประมาณ 3 เดือนตายคือ 10 ppm โดยใช้ระยะเวลาในการสัมผัสเพียง 10 นาที (วราและอัจฉริยา, 2537)

Brethead (1999) ได้ทำการศึกษาความเป็นพิษของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตบางชนิดต่อระดับเอนไซม์อะซีทิลโคลีนเอสเตอเรสในปลาทองพบว่า ระดับความเข้มข้นที่ 0.05 ppm ที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง สามารถยับยั้งการสร้างเอนไซม์อะซีทิลโคลีนเอสเตอเรส โดยลดลงจากสภาพปกติประมาณ 500 ไมโครกรัมเนื้อเยื่อ หรือประมาณ 85 – 87% สุพัตรา (2541) กล่าวว่าความเป็นพิษของเมทิลพาราไทออนซึ่งเป็นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในกุ้งกุลาดำและปลากระพงขาว พบว่ากุ้งกุลาดำมีความไวต่อความเป็นพิษมากกว่าปลากะพงขาวถึง 30 เท่า โดยความเข้มข้นที่กุ้งกุลาดำสามารถทนได้ในระยะเวลา 96 ชั่วโมง คือ 1 ppm และจะตายหมดเมื่อเวลาที่ 150 ชั่วโมง และจากการตรวจสอบทางจุลพยาธิสภาพพบว่าความผิดปกติของกุ้งกุลาดำที่รอดตายแสดงให้เห็นว่ามีการเสียหายของเหงือก ตับ และกล้ามเนื้อ และพบการยับยั้งเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสอย่างรุนแรงทั้งในกล้ามเนื้อและในสมอง ซึ่งแสดงเป็นดัชนีบ่งบอกความเป็นพิษของสารเคมีกำจัด

ศัตรูพืชกลุ่มนี้ได้เป็นอย่างดี ในปลาใน Gruber and Munn(1998) พบว่า มีการลดการทำงานของ AChE (3.47 uM/min/g) ลง 34.2% จากแหล่งน้ำที่ปนเปื้อนด้วยสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต คือ Chlorpyrifos, phos-methyl, Carbaryl และ ethoprop ในการศึกษาลำดับต่อไปผู้ศึกษาจะทำการศึกษาถึงระดับของสารป้องกันศัตรูพืชกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตบางชนิดที่มีผลต่อการตายและการยับยั้งการทำงานของ AchE และ BChE ในปลาบางชนิดและสิ่งมีชีวิตในน้ำอื่น รวมถึงความไวของสิ่งมีชีวิตชนิดที่เหมาะสมในการใช้เป็นดัชนีชีวภาพ และยังคงติดตามตรวจสอบสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มนี้ในแหล่งน้ำด้วยวิธีทางเคมีเป็นระยะๆ ต่อไป

กลุ่มของหอยน้ำจืด จากการเปรียบเทียบกับสัตว์น้ำอื่น ๆ ที่ได้รับสารเคมีเมทิลพาราไรออน จะเห็นว่าหอยขมสามารถทนต่อสารเคมีเมทิลพาราไรออนได้ดีกว่าหอยเชอรี่แต่ Oteifab. A. และคณะ (1975) รายงานว่าหอยพวก *Biomphalaria alexandrina* ไข่และตัวอ่อนเป็นสัตว์ที่สามารถรับสารเคมีได้มากกว่าสัตว์น้ำตัวอื่น ๆ ที่กล่าวมา สารฆ่าแมลงในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตมีผลยับยั้งการทำงานของอะซิติลโคลีนเอสเทอเรสมีความสำคัญต่อการควบคุมการทำงานของระบบประสาทในสิ่งมีชีวิตซึ่ง ดวงใจ (2542) รายงานว่าการใช้ parathion-methyl ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเทอเรสจากผึ้ง จะเห็นว่า % Activity ของเอนไซม์จะลดลงตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของ parathion-methyl และ % Activity ของเอนไซม์จะลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ parathion-methyl ต่อการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเทอเรสในเม็ดเลือดแดง แต่จะค่อนข้างคงที่ในการทดลองในพลาสมา ญาณินและคณะ (2544) รายงานว่า ค่าการทำงานของ เอนไซม์โคลีนเอสเทอเรสในกล้ามเนื้อหอยแครงกลุ่มทดลองที่สัมผัสกับ methyl-parathion ขนาด 10 ppb เป็นเวลา 90 ชั่วโมงมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าการกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตมีผลในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเทอเรสในกล้ามเนื้อเท้าของหอยแครงอายุระหว่าง 150-180 ได้ประมาณ 75% ของปริมาณเอนไซม์โคลีนเอสเทอเรสที่สามารถวิเคราะห์ได้จากตัวอย่างของหอยแครงที่อยู่ในแหล่งน้ำที่สะอาด (ญาณิน, 2544)

จากตารางแสดงให้เห็นถึงระดับความเข้มข้นของสารกลุ่มคาร์บาเมตที่สัตว์น้ำบางชนิดสามารถจะทนต่อความเป็นพิษได้ในระยะเวลา 96 ชั่วโมง กุ้งก้ามกรามเป็นสัตว์น้ำที่มีความไวการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมเป็นอย่างมากทำให้ค่า LC₅₀ ในระยะเวลา 96 ชั่วโมงมีค่าต่ำสุดอยู่ที่ 0.067 ppm. การทำงานของ AchE หอยขมที่สัมผัสกับคาร์บาริลที่ความเข้มข้น 776.00 ppb. และ 155.20 ppb. ตามลำดับ ที่เวลา 0 และ 24 ชั่วโมงนั้นพบว่าค่าการทำงานของ AchE ในหอยขมมีค่าความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุม Gilles et al., (1990) อ้างโดยญาณิน (2544) กล่าวว่าได้ศึกษาค่าการทำงานของ ChE ทั้ง AchE และ PChE โดยใช้ Substrate ที่จำเพาะต่อเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิด ในสัตว์น้ำจำพวก ปลา กุ้ง และหอย พบว่าโดยส่วนใหญ่แล้วจะพบการทำงานของ AChE มากกว่า PChE ในเนื้อเยื่อเกือบทุกชนิดที่นำมาทดสอบ

กลุ่มแมลงน้ำ จากการศึกษาความเป็นพิษของเมทามิโดฟอสที่ระดับความเข้มข้นต่างกันต่อตัวอ่อนแมลงปอ ซึ่งพบว่า ระดับความเข้มข้นที่ทำให้ตัวอ่อนแมลงปอตาย 50 เปอร์เซ็นต์ อยู่ที่ 1.31 ppm วิภา (2541) กล่าวว่า เมทามิโดฟอสมีคุณสมบัติทางเคมี เป็นผลึกสีขาว ละลายได้ในน้ำ อุณหภูมิ 46.1 °C ละลายได้ในน้ำ และเมทามิโดฟอสยังเป็นสารที่คงทนเมื่ออยู่ในสภาพอุณหภูมิ

แวลลุ่มปกติที่ pH 3 แต่เมื่อถูกความร้อนก็จะสลายตัวโดยไม่ต้องถึงกับเดือด การตายของตัวอ่อนแมลงปอเนื่องมาจากตัวอ่อนของแมลงมักมีความไวต่อสารพิษระยะตัวอ่อนนั้นกระบวนการเมแทบอลิซึมของสารพิษในร่างกายยังไม่สมบูรณ์

วิธีการศึกษา

ทำการศึกษาระดับความเป็นพิษของสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชบางชนิด (Methyl parathion, Methamidophos, Tiobencarb, Dicrotophos, Paraquat dichloride, Cartbofuran, Cypermethrin) โดยศึกษาพิษเฉียบพลันและผลต่อระดับการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตที่ใช้เป็นดัชนีในการประเมินต่อสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชสัตว์น้ำบางชนิด โดยกลุ่มตัวอย่างสัตว์น้ำที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ ปลาน้ำจืด หอยน้ำจืด และแมลงน้ำ ซึ่งเมื่อแยกชนิดในแต่ละกลุ่มตัวอย่างได้ดังนี้

1. ปลาน้ำจืด ได้แก่ ปลาไหล
2. หอยน้ำจืด ได้แก่ หอยขม หอยเชอรี่
3. แมลงน้ำ ได้แก่ แมลงปอและหนอนปลอกน้ำ

โดยมีการศึกษาและการทดลองดังนี้

1.-ทดสอบความเป็นพิษของสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืชบางชนิด (Methyl parathion, Methamidophos, Tiobencarb, Dicrotophos, Paraquat dichloride, Cartbofuran, Cypermethrin) กับกลุ่มสิ่งมีชีวิตในน้ำได้แก่ ปลา หอย และตัวอ่อนแมลงน้ำ หาค่า LC_{50} ตาม standard method ของ APHA, AWWA, and WEF(1998)

2.-ตรวจสอบระดับการทำงานของ AChE activity ของสิ่งมีชีวิตดังกล่าวใช้เครื่อง spectrophotometer (รุ่น CECIL, CF292, England), ELISA Reader (CERES UV900Hdi, Bio-tex Instrument, IWC), automatic pipette (Biohit proline, Finland and Gilson Pipetman, France) สารเคมีที่ใช้ได้แก่ acetylthiocholine iodide, butyrylthiocholine iodide, 5,5'-dithiobis-2-nitrobenzoic acid (DTNB) และ Eserine จาก Sigma Chemical Company, USA ; disodium hydrogen phosphate และ sodium dihydrogen phosphate จาก Merck, Germany ด้วยวิธี ดัดแปลงของ Kallander *et al.* (1997), ตรวจสอบ Cholinesterase Enzyme (ChE) activity ด้วยวิธี ดัดแปลงของ Ellman *et al.* (1961) ตรวจวัดความเข้มข้นของโปรตีน ใน supernatant ด้วยวิธี ดัดแปลงของ Scaps *et al.* (1997) หา Cholinesterase Enzyme (ChE) activity ได้จาก คำนวณจากวิธีดัดแปลงจาก Ellman's relationship ของ Cholinesterase Enzyme (ChE) activity rate และ การเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสง ที่ 410 nm (Ellman *et al.* 1961)

ผลและวิจารณ์ผล

1. หอยน้ำจืด (Mollusca)

ผลการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของคาร์บาริล และเมทิลพาราไรออนที่มีต่อหอยเชอรี่ และหอยขม

จากการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของคาร์บาริลต่อหอยเชอรี่และหอยขม โดยนำความเข้มข้นที่ได้จากการทำการทดลองขึ้นต้น คือความเข้มข้นสูงสุดที่ทำให้หอยเชอรี่และหอยขมไม่ตาย มีค่าเท่ากับ 25 ppm. และ 1 ppm. ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นต่ำสุดที่ทำให้หอยเชอรี่และหอยขมตาย 100 % เท่ากับ 30 ppm. และ 25 ppm. ตามลำดับ มาเปลี่ยนเป็นค่า Logarithm และได้ความเข้มข้น 5 ระดับในแต่ละชนิดของหอย ผลการทดลองจึงได้ค่า LC_{50} ที่เวลา 96 ชั่วโมงของหอยเชอรี่และหอยขมมีค่าเท่ากับ 26.79 ppm. และ 7.76 ppm. ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบค่า LC_{50} ของคาร์บาริลต่อสัตว์น้ำต่าง ๆ

ชนิดสัตว์น้ำ	เวลา (ชั่วโมง)	LC_{50} (ppm.)	อ้างอิง
ปลาตะเพียน	96	1.84	วินิจ (2528)
ปลาตะเพียนขาว	96	7.36	ชาลิต (2529)
ปลาไน	48	7.00	มนู (2529)
ปลาช่อน	96	2.3, 6.2, 22.97	นงนุช (2530)
ปลานิล	96	7.20	มานิตย์ (2531)
กุ้งก้ามกราม	96	0.067	ชาลิต (2529)
ปลาทอง	96	3.00	Ferrari และคณะ (2002)
หอยเชอรี่	96	26.79	การทดลองครั้งนี้
หอยขม	96	7.76	การทดลองครั้งนี้

จากการเปรียบเทียบกับสัตว์น้ำอื่น ๆ ที่ได้รับสารเคมีคาร์บาริล จะเห็นว่าหอยเชอรี่เป็นสัตว์น้ำที่ทนต่อสภาพความเป็นพิษของคาร์บาริล ได้ดีและทนกว่าหอยขมและสัตว์น้ำอื่น ๆ เป็นเพราะหอยเชอรี่เป็นหอยที่ทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดี สามารถจำศีลได้นาน แม้น้ำจะแห้งนาน 3-4 เดือน (ชมพูนุทและทักษิณ ,2534)

คาร์บาริลเป็นสารเคมีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมีผลยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Acetylcholinesterase (AChE) ซึ่งมีความสำคัญต่อการควบคุมการทำงานของระบบประสาทในสิ่งมีชีวิต Gilles *et al.*, (1990) อ้างมาโดยญานินและคณะ (2544) กล่าวว่าได้ศึกษาค่าการทำงานของ ChE ทั้ง AChE และ PChE โดยใช้ Substrate ที่จำเพาะต่อเอนไซม์ทั้ง 2 ชนิด ในสัตว์น้ำจำพวก ปลา กุ้ง และหอย พบว่าโดยส่วนใหญ่แล้วจะพบการทำงานของ AChE มากกว่า PChE ในเนื้อเยื่อเกือบทุกชนิดที่นำมาทดสอบ

การศึกษาครั้งนี้พบว่า การทำงานของ AChE ในหอยเชอรี่ที่ได้สัมผัสกับ คาร์บาริลที่ความเข้มข้น 2679.00 ppb. และ 535.80 ppb. ตามลำดับไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติและหอยขมที่สัมผัสกับคาร์บาริลที่ความเข้มข้น 776.00 ppb. และ 155.20 ppb. ตามลำดับ ที่เวลา 0 และ 24

ชั่วโมงนั้นพบว่าค่าการทำงานของ AchE ในหอยขมมีค่าความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุม ส่วน ณ เวลาอื่น ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการที่ค่าการทำงานของเอนไซม์ ไม่มีความแตกต่างกัน และที่ค่าของ AchE มีค่าที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงไม่สัมพันธ์กัน เนื่องจากค่าการทำงานของตัวหอยในแต่ละตัวที่แตกต่างกันและการตอบสนองต่อสารเซฟวินก็แตกต่างกันด้วย เพราะหอยแต่ละตัวมีขนาดที่ไม่ได้เท่ากันทุกตัว

สำหรับคุณภาพน้ำตลอดระยะเวลาทำการทดลองทั้งความเป็นพิษเฉียบพลันและการทดสอบเอนไซม์เมื่อเทียบกับคุณภาพน้ำก่อนการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างกันจึงไม่ใช้สาเหตุที่เป็นอันตรายต่อสัตว์ทดลอง

จากการทดลองความเป็นพิษเฉียบพลันของเมทิลพาราไรออนต่อหอยเชอรี่และหอยขม โดยนำความเข้มข้นที่ได้จากการทำการทดลองขึ้นต้น คือความเข้มข้นสูงสุดที่ทำให้หอยเชอรี่และหอยขมไม่ตายเลย มีค่าเท่ากับ 1 ppm. และ 10 ppm. ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นต่ำสุดที่ทำให้หอยเชอรี่และหอยขมตาย 100 % เท่ากับ 40 ppm. และ 20 ppm. ตามลำดับ มาเปลี่ยนเป็นค่า Logarithm และได้ความเข้มข้น 5 ระดับในแต่ละชนิดของหอย ผลการทดลองจึงได้ค่า LC₅₀ ที่เวลา 96 ชั่วโมงของหอยเชอรี่และหอยขมมีค่าเท่ากับ 5.37 ppm. และ 13.18 ppm. ตามลำดับ(ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่า LC₅₀ ของเมทิลพาราไรออนต่อสัตว์น้ำต่าง ๆ

ชนิดสัตว์น้ำ	เวลา (ชั่วโมง)	ความเป็นพิษ	อ้างอิง
กุ้ง <i>penaeus indicus</i>	48	ค่า LC ₅₀ เท่ากับ 14.0 mg/l	Finney (1964)
หอยพวกร <i>Biomphalaria alexandrina</i> (ตัวเต็มวัย)	24	LD ₅₀ เท่ากับ 9.3 mg/l และ ค่า LC ₉₀ เท่ากับ 14.2 mg/l	Oteifab. A.และคณะ (1975)
หอยพวกร <i>Biomphalaria alexandrina</i> (ไข่และตัวอ่อน)	24	ค่า LC ₁₀₀ เท่ากับ 24.0 mg/l	Oteifab. A.และคณะ (1975)
ปลา trout	96	ค่า LC ₅₀ เท่ากับ 2.75 mg/l	Pigmental (1971)
ปลาน้ำจืด		ค่า LC ₅₀ เท่ากับ 7.5mg/l	Srivastava (1987)
ปลาทอง	48	ค่า LC ₅₀ เท่ากับ 8.0 mg/l	Ray <i>et al.</i> (1988)
ปลาทอง	24	ค่า LC ₅₀ เท่ากับ 14.0 mg/l	Ray <i>et al.</i> (1988)
ปลาทอง	96	ค่า LC ₅₀ เท่ากับ 6.9 mg/l	EPA (1994)
กุ้งกุลาดำ <i>penaeus monodon</i> วัยรุ่น	48	ค่า LC ₅₀ เท่ากับ 0.003 mg/l	Bodhipaksha (1994)
ปลากะพงขาว	96	ค่า LC ₅₀ เท่ากับ 1.48 mg/l	ภักตรา (2536)
ปลากะพงขาว	96	ค่า LC ₅₀ เท่ากับ 1.83 mg/l	อรัญญา (2538)
หอยเชอรี่	96	ค่า LC ₅₀ เท่ากับ 5.37 ppm.	การทดลองครั้งนี้
หอยขม	96	ค่า LC ₅₀ เท่ากับ 13.18 ppm.	การทดลองครั้งนี้

จากการเปรียบเทียบกับสัตว์น้ำอื่น ๆ ที่ได้รับสารเคมีเมทิลพาราไรออน จะเห็นว่าหอยขมสามารถทนต่อสารเคมีเมทิลพาราไรออนได้ดีกว่าหอยเชอรี่แต่ Oteifab. A. และคณะ (1975) รายงานว่าหอยพวก *Biomphalaria alexandrina* (ไข่และตัวอ่อน) เป็นสัตว์ที่สามารถรับสารเคมีได้มากกว่าสัตว์น้ำตัวอื่น ๆ ที่กล่าวมา

2. ผลของสารเคมีป้องกันศัตรูพืชชนิดคาร์บาริลต่อค่าการทำงานของเอนไซม์

Acetylcholinesterase (AChE) ในหอยเชอรี่และหอยขม

การศึกษากลุ่มของหอยน้ำจืดได้เลือกตัวอย่างของหอยน้ำจืดมา 2 ชนิดได้แก่ หอยขม (*Filopaludina martensi*) และหอยเชอรี่ (*Pomacea canaliculata*) โดยทำการศึกษาดังนี้

หอยเชอรี่และหอยขมทุกตัวในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ได้รับการสัมผัสกับเซฟวิน ไม่แสดงอาการผิดปกติตลอดการทดลอง เมื่อวัดค่าการทำงานของ Acetylcholinesterase ในกล้ามเนื้อเท้าของหอยเชอรี่ พบว่า ค่าเฉลี่ยของ (AChE) เมื่อเริ่มสัมผัสกับเซฟวินที่เวลา 0 ชั่วโมงที่ความเข้มข้น 0.00, 2679.00 และ 535.80 ppb. มีค่าเท่ากับ $2.62767 \pm 0.50278 \times 10^{-8}$, $2.55533 \pm 0.45335 \times 10^{-8}$, $2.51533 \pm 0.91787 \times 10^{-8}$ $\mu\text{M}/\text{min}/\text{uL}$ ตามลำดับ ที่เวลา 24 ชั่วโมงในความเข้มข้น 0.00, 2679.00 และ 535.80 ppb. มีค่า AChE เท่ากับ $2.26533 \pm 0.44009 \times 10^{-8}$, $1.53500 \pm 0.85383 \times 10^{-8}$ และ $0.86967 \pm 0.03350 \times 10^{-8}$ $\mu\text{M}/\text{min}/\text{uL}$ ตามลำดับ ที่เวลา 48 ชั่วโมง มีค่า AChE เท่ากับ $1.73600 \pm 0.49605 \times 10^{-8}$, $2.67600 \pm 0.46334 \times 10^{-8}$ และ $1.40233 \pm 0.03310 \times 10^{-8}$ $\mu\text{M}/\text{min}/\text{uL}$ ตามลำดับของความเข้มข้นของสารที่ 0.00, 2679.00 และ 535.80 ppb. ที่เวลาผ่านไป 72 ชั่วโมง ค่า AChE เท่ากับ $1.96400 \pm 0.33518 \times 10^{-8}$, $2.62133 \pm 0.46447 \times 10^{-8}$ และ $2.34700 \pm 0.37486 \times 10^{-8}$ $\mu\text{M}/\text{min}/\text{uL}$ ตามลำดับความเข้มข้นของเซฟวินที่ 0.00, 2679.00 และ 535.80 ppb. เมื่อครบเวลา 96 ชั่วโมงที่ค่าความเข้มข้นของเซฟวิน 0.00, 2679.00 และ 535.80 ppb. มีค่าเฉลี่ยของ AChE เท่ากับ $3.03867 \pm 1.05923 \times 10^{-8}$, $2.65543 \pm 0.47740 \times 10^{-8}$ และ $2.45967 \pm 0.41213 \times 10^{-8}$ $\mu\text{M}/\text{min}/\text{uL}$ ตามลำดับซึ่งเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติแล้วพบว่าในแต่ละความเข้มข้นในแต่ละเวลาที่ทดลองมีค่าเฉลี่ยของ AChE ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$)

การทดลองหาค่าการทำงานของ AChE ในกล้ามเนื้อเท้าของหอยขม พบว่า ที่เวลาเริ่มสัมผัสกับเซฟวินที่ความเข้มข้น 0.00, 776.00 และ 155.20 ppb. มีค่าเฉลี่ยของ AChE เท่ากับ $2.21300 \pm 0.33484 \times 10^{-9}$, $2.58600 \pm 0.26670 \times 10^{-9}$ และ $4.66267 \pm 0.97153 \times 10^{-9}$ $\mu\text{M}/\text{min}/\text{uL}$ ตามลำดับซึ่งค่าเฉลี่ย AChE ที่ได้รับการสัมผัสเซฟวินจะมีค่าแตกต่างกันทางสถิติโดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ซึ่งความเข้มข้นที่ 155.20 ppb. จะแตกต่างจากชุดควบคุม เมื่อเวลาที่หอยขมสัมผัสเซฟวินเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 0.00, 776.00 และ 155.20 ppb. พบว่าค่าเฉลี่ยของ AChE เท่ากับ $5.01233 \pm 1.27880 \times 10^{-9}$, $2.32267 \pm 0.23520 \times 10^{-9}$ และ $1.18200 \pm 0.23395 \times 10^{-9}$ $\mu\text{M}/\text{min}/\text{uL}$ ตามลำดับซึ่งค่าเฉลี่ยของ AChE ในแต่ละความเข้มข้นมีค่าแตกต่างกันในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ

($P < 0.05$) โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือที่ความเข้มข้น 776.00 กับชุดควบคุมไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนที่ความเข้มข้น 155.20 มีค่า AChE มากกว่าและต่างจากความเข้มข้นอื่นเมื่อหอยขมสัมผัสได้เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ยของ AChE ที่ความเข้มข้น 0.00, 776.00 และ 155.20 ppb. มีค่าเท่ากับ $1.84867 \pm 0.32073 \times 10^{-9}$, $1.66267 \pm 0.05070 \times 10^{-9}$ และ $1.88833 \pm 0.10272 \times 10^{-9}$ $\mu\text{M}/\text{min}/\text{uL}$ ตามลำดับ ซึ่งค่าเฉลี่ยของ AChE ของหอยขมที่ได้รับสัมผัสกับเซฟวินเมื่อเวลาผ่านไปเป็น 72 ชั่วโมง ในความเข้มข้น 0.00, 776.00 และ 155.20 ppb. แต่ค่าเฉลี่ยของ AChE เท่ากับ $2.36733 \pm 0.55398 \times 10^{-9}$, $1.82833 \pm 0.67604 \times 10^{-9}$ และ $3.19233 \pm 0.73850 \times 10^{-9}$ $\mu\text{M}/\text{min}/\text{uL}$ ตามลำดับ และเมื่อครบเวลา 96 ชั่วโมงที่หอยขมได้สัมผัสกับเซฟวินที่ความเข้มข้น 0.00, 776.00 และ 155.20 ppb. มีค่าเฉลี่ย AChE เท่ากับ $3.48667 \pm 0.30093 \times 10^{-9}$, $2.38333 \pm 0.61469 \times 10^{-9}$ และ $3.59367 \pm 0.68727 \times 10^{-9}$ $\mu\text{M}/\text{min}/\text{uL}$ ตามลำดับ ซึ่งพบว่าที่เวลา 48, 72 และ 96 ชั่วโมงค่าเฉลี่ยของ AChE ที่ได้สัมผัสสารและที่ไม่ได้สัมผัสสารไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในตารางที่ 3, 4

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยของการทำงานของ AChE ในกล้ามเนื้อส่วนเท้าของหอยเชอรี่ ที่สัมผัสกับคาร์บาริล ที่ความเข้มข้นต่างกัน

ความเข้มข้น ของคาร์บาริล (ppb.)	ค่าการทำงานของ AChE (mean $\pm$ SE; $\mu\text{M}/\text{min}/\text{uL}$) (10^{-8})				
	0 hr.	24hr.	48hr.	72hr.	96hr.
0.00	$2.62767 \pm 0.50278^{\text{ns}}$	$2.26533 \pm 0.44009^{\text{ns}}$	$1.73600 \pm 0.49605^{\text{ns}}$	$1.96400 \pm 0.33518^{\text{ns}}$	$3.03867 \pm 1.05923^{\text{ns}}$
2679.00	$2.55533 \pm 0.45335^{\text{ns}}$	$1.53500 \pm 0.85383^{\text{ns}}$	$2.67600 \pm 0.46334^{\text{ns}}$	$2.62133 \pm 0.46447^{\text{ns}}$	$2.65543 \pm 0.47740^{\text{ns}}$
535.80	$2.51533 \pm 0.91787^{\text{ns}}$	$0.86967 \pm 0.0335^{\text{ns}}$	$1.40233 \pm 0.0331^{\text{ns}}$	$2.34700 \pm 0.37486^{\text{ns}}$	$2.45967 \pm 0.41213^{\text{ns}}$

^{a,b} the different letter in the same column show significance $p < 0.05$

^{ns} in the same column show no significance $p < 0.05$

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยของการทำงานของ AChE ในกล้ามเนื้อส่วนเท้าของหอยขม ที่สัมผัสกับคาร์บาริล ที่ความเข้มข้นต่างกัน

ความเข้มข้น ของคาร์บาริล (ppb.)	ค่าการทำงานของ AChE (mean $\pm$ SE; $\mu\text{M}/\text{min}/\text{uL}$) (10^{-9})				
	0 hr.	24hr.	48hr.	72hr.	96hr.
0.00	$2.21300 \pm 0.33484^{\text{a}}$	$5.01233 \pm 1.27880^{\text{a}}$	$1.84867 \pm 0.32073^{\text{ns}}$	$2.36733 \pm 0.55398^{\text{ns}}$	$3.48667 \pm 0.30093^{\text{ns}}$
776.00	$2.58600 \pm 0.26670^{\text{ab}}$	$2.32267 \pm 0.23520^{\text{a}}$	$1.66267 \pm 0.0507^{\text{ns}}$	$1.82833 \pm 0.67604^{\text{ns}}$	$2.38333 \pm 0.61469^{\text{ns}}$
155.20	$4.66267 \pm 0.97153^{\text{b}}$	$1.18200 \pm 0.23395^{\text{b}}$	$1.88833 \pm 0.10272^{\text{ns}}$	$3.19233 \pm 0.73850^{\text{ns}}$	$3.59367 \pm 0.68727^{\text{ns}}$

^{a,b} the different letter in the same column show significance $p < 0.05$

^{ns} in the same column show no significance $p < 0.05$

3. ผลการศึกษาค่าการทำงานของเอนไซม์ Acetylcholinesterase (AChE) ในหอยเชอรี่และหอยขมต่อสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชชนิด เมทิลิพาราไรออน

หอยเชอรี่และหอยขมทุกตัวในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ได้รับการสัมผัสกับเฟินพาราไรไม่แสดงอาการผิดปกติตลอดการทดลอง เมื่อวัดค่าการทำงานของ Acetylcholinesterase ในกล้ามเนื้อเท้าของหอยเชอรี่ พบว่า ค่าเฉลี่ยของ AChE เมื่อเริ่มสัมผัสกับเฟินพาราไรที่เวลา 0 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 0.00, 537.00 และ 107.40 ppb. มีค่าเท่ากับ $1.25067 \pm 0.29815 \times 10^{-9}$, $1.98367 \pm 0.55783 \times 10^{-9}$, $1.47300 \pm 0.14506 \times 10^{-9}$ $\mu\text{M}/\text{min}/\text{uL}$ ตามลำดับ ที่เวลา 24 ชั่วโมงในความเข้มข้น 0.00, 537.00 และ 107.40 ppb. มีค่า AChE เท่ากับ $2.57267 \pm 0.82934 \times 10^{-9}$, $1.72833 \pm 0.32354 \times 10^{-9}$ และ $2.02067 \pm 0.10679 \times 10^{-9}$ $\mu\text{M}/\text{min}/\text{uL}$ ตามลำดับ ที่เวลา 48 ชั่วโมง มีค่า AChE เท่ากับ $2.25800 \pm 0.84656 \times 10^{-9}$, $1.42933 \pm 0.28646 \times 10^{-9}$ และ $2.31200 \pm 1.03046 \times 10^{-9}$ $\mu\text{M}/\text{min}/\text{uL}$ ตามลำดับของความเข้มข้นของสารที่ 0.00, 537.00 และ 107.40 ppb. ที่เวลาผ่านไป 72 ชั่วโมง ค่า AChE เท่ากับ $3.04200 \pm 0.75295 \times 10^{-9}$, $1.36733 \pm 0.18739 \times 10^{-9}$ และ $2.22033 \pm 0.36908 \times 10^{-8}$ $\mu\text{M}/\text{min}/\text{uL}$ ตามลำดับความเข้มข้นของเซฟวินที่ 0.00, 537.00 และ 107.40 ppb. เมื่อครบเวลา 96 ชั่วโมงที่ค่าความเข้มข้นของเซฟวิน 0.00, 537.00 และ 107.40 ppb. มีค่าเฉลี่ยของ AChE เท่ากับ $2.64200 \pm 0.55052 \times 10^{-9}$, $3.33067 \pm 1.37344 \times 10^{-9}$ และ $1.70433 \pm 0.19774 \times 10^{-9}$ $\mu\text{M}/\text{min}/\text{uL}$ ตามลำดับ ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติแล้วพบว่าในแต่ละความเข้มข้นในแต่ละเวลาที่ทดลองมีค่าเฉลี่ยของ AChE ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 5

การทดลองหาค่าการทำงานของ AChE ในกล้ามเนื้อเท้าของหอยขม พบว่า ที่เวลาเริ่มสัมผัสกับเฟินพาราไรที่ความเข้มข้น 0.00, 1318.00 และ 263.60 ppb. มีค่าเฉลี่ยของ AChE เท่ากับ $1.53100 \pm 0.91542 \times 10^{-9}$, $1.67200 \pm 0.86646 \times 10^{-9}$ และ $2.57633 \pm 1.79539 \times 10^{-9}$ $\mu\text{M}/\text{min}/\text{uL}$ ตามลำดับ เมื่อเวลาที่หอยขมสัมผัสเฟินพาราไรเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 0.00, 1318.00 และ 263.60 ppb. พบว่าค่าเฉลี่ยของ AChE เท่ากับ $5.62933 \pm 2.45708 \times 10^{-9}$, $2.99733 \pm 0.20535 \times 10^{-9}$ และ $1.35367 \pm 0.55907 \times 10^{-9}$ $\mu\text{M}/\text{min}/\text{uL}$ ตามลำดับ เมื่อหอยขมสัมผัสได้เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ค่าเฉลี่ยของ AChE ที่ความเข้มข้น 0.00, 1318.00 และ 263.60 ppb. มีค่าเท่ากับ $0.96233 \pm 0.34706 \times 10^{-9}$, $1.00767 \pm 0.30956 \times 10^{-9}$ และ $1.43533 \pm 0.56399 \times 10^{-9}$ $\mu\text{M}/\text{min}/\text{uL}$ ตามลำดับ ซึ่งค่าเฉลี่ยของ AChE ของหอยขมที่ได้รับการสัมผัสกับเฟินพาราไรเมื่อเวลาผ่านไปเป็น 72 ชั่วโมง ในความเข้มข้น 0.00, 1318.00 และ 263.60 ppb. แต่ค่าเฉลี่ยของ AChE เท่ากับ $1.04133 \pm 0.35909 \times 10^{-9}$, $1.66233 \pm 1.01807 \times 10^{-9}$ และ $1.64733 \pm 0.74495 \times 10^{-9}$ $\mu\text{M}/\text{min}/\text{uL}$ ตามลำดับ และเมื่อครบเวลา 96 ชั่วโมงที่หอยขมได้สัมผัสกับเฟินพาราไรที่ความเข้มข้น 0.00, 1318.00 และ 263.60 ppb. มีค่าเฉลี่ยของ AChE เท่ากับ $3.29600 \pm 0.84290 \times 10^{-9}$, $1.46267 \pm 0.56421 \times 10^{-9}$ และ $1.71567 \pm 0.73808 \times 10^{-9}$ $\mu\text{M}/\text{min}/\text{uL}$ ตามลำดับ ซึ่ง

เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติแล้วพบว่าในแต่ละความเข้มข้นในแต่ละเวลาที่ทดลองค่าเฉลี่ยของ AChE ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยของการทำงานของ AChE ในกล้ามเนื้อส่วนเท้าของหอยเชอรี่ที่สัมผัสกับเมทิลพาราไรออนที่ความเข้มข้นต่างกัน

ความเข้มข้นของ เมทิลพาราไรออน (ppb.)	ค่าการทำงานของ AChE(mean(SE; (M/min/uL)(10 ⁻⁹))				
	0 hr.	24hr.	48hr.	72hr.	96hr.
0.00	1.25067±0.29815 ^{ns}	2.57267±0.82934 ^{ns}	2.25800±0.84656 ^{ns}	3.04200±0.75295 ^{ns}	2.64200±0.55052 ^{ns}
537.00	1.98367±0.96620 ^{ns}	1.72833±0.32354 ^{ns}	1.42933±0.28646 ^{ns}	1.36733±0.18739 ^{ns}	3.33067±1.37344 ^{ns}
107.40	1.47300±0.25125 ^{ns}	2.02067±0.10679 ^{ns}	2.31200±1.03046 ^{ns}	2.22033±0.36908 ^{ns}	1.70433±0.19774 ^{ns}

^{ns} in the same column show no significance $p < 0.05$

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยของการทำงานของ AChE ในกล้ามเนื้อส่วนเท้าของหอยขมที่สัมผัสกับเมทิลพาราไรออนที่ความเข้มข้นต่างกัน

ความเข้มข้นของ เมทิลพาราไรออน (ppb.)	ค่าการทำงานของ AChE(mean±SE; μ M/min/uL)(10 ⁻⁹)				
	0 hr.	24hr.	48hr.	72hr.	96hr.
0.00	1.53100±0.91542 ^{ns}	5.62933±2.45708 ^{ns}	0.96233±0.34706 ^{ns}	1.04133±0.35909 ^{ns}	3.29600±0.84290 ^{ns}
1318.00	1.67200±0.86646 ^{ns}	2.99733±0.20535 ^{ns}	1.00767±0.30956 ^{ns}	1.66233±1.01807 ^{ns}	1.46267±0.56421 ^{ns}
263.60	2.57633±1.79539 ^{ns}	1.35367±0.55907 ^{ns}	1.43533±0.56399 ^{ns}	1.64733±0.74495 ^{ns}	1.71567±0.73808 ^{ns}

^{ns} in the same column show no significance $p < 0.05$

คุณภาพน้ำก่อนการทดลองหาค่าการทำงานของเอนไซม์ Acetylcholinesterase

คุณภาพน้ำก่อนการทดลองหาค่าการทำงานของเอนไซม์ Acetylcholinesterase ของหอยเชอรี่ต่อคาร์บาริล ซึ่งมีอุณหภูมิอยู่ที่ 22.5 องศาเซลเซียส ความเป็นกรดเป็นด่าง อยู่ระหว่าง 7.2-7.4 ความนำประจุไฟฟ้า อยู่ที่ 490 μ S/cm. และความกระด้างของน้ำอยู่ระหว่าง 122.12- 138.47 mg/l ซึ่งจัดว่าเป็นน้ำที่ค่อนข้างกระด้าง

คุณภาพน้ำก่อนการทดลองหาค่าการทำงานของเอนไซม์ Acetylcholinesterase ของหอยขมต่อคาร์บาริล ซึ่งมีอุณหภูมิอยู่ที่ 22.5 องศาเซลเซียส ความเป็นกรดเป็นด่าง อยู่ระหว่าง 7.2-7.4 ความนำประจุไฟฟ้า อยู่ที่ 492 μ S/cm. และความกระด้างของน้ำอยู่ระหว่าง 122.12- 138.47 mg/l ซึ่งจัดว่าเป็นน้ำที่ค่อนข้างกระด้าง

คุณภาพน้ำก่อนการทดลองหาค่าการทำงานของเอนไซม์ Acetylcholinesterase ของหอยเชอรี่ต่อเมทิลพาราไรออน ซึ่งมีอุณหภูมิอยู่ที่ 27.5 องศาเซลเซียส ความเป็นกรดเป็นด่าง อยู่ระหว่าง 6.9-7.2 ความนำประจุไฟฟ้า อยู่ที่ 220-310 μ S/cm. และความกระด้างของน้ำอยู่ระหว่าง 84.084-96.096 mg/l ซึ่งจัดว่าเป็นน้ำที่ค่อนข้างกระด้าง

คุณภาพน้ำก่อนการทดลองหาค่าการทำงานของเอนไซม์ Acetylcholinesterase ของหอยขมต่อเมทิลพาราไรออน ซึ่งมีอุณหภูมิอยู่ที่ 27.0 องศาเซลเซียส ความเป็นกรดเป็นด่าง อยู่ระหว่าง

7.4-7.6 ความนำประจุไฟฟ้า อยู่ที่ 180-210 $\mu\text{s/cm}$. และความกระต้างของน้ำอยู่ระหว่าง 73.874-75.675 mg/l ซึ่งจัดว่าเป็นน้ำที่ค่อนข้างกระต้าง

สารฆ่าแมลงในกลุ่ม ออร์กาโนฟอสเฟต มีผลยับยั้งการทำงานของอะซิติลโคลีนเอสเทอเรสมีความสำคัญต่อการควบคุมการทำงานของระบบประสาทในสิ่งมีชีวิตซึ่ง ดวงใจ (2542) รายงานว่า การใช้ parathion-methyl ในการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเทอเรสจากผึ้ง จะเห็นว่า % Activity ของเอนไซม์จะลดลงตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของ parathion-methyl และ % Activity ของเอนไซม์จะลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ parathion-methyl ต่อการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเทอเรสในเม็ดเลือดแดง แต่จะค่อนข้างคงที่ในการทดลองในพลาสมา

ญานินและคณะ (2544) รายงานว่า ค่าการทำงานของ เอนไซม์โคลีนเอสเทอเรสในกล้ามเนื้อหอยแครงกลุ่มทดลองที่สัมผัสกับ methyl-parathion ขนาด 10 ppb เป็นเวลา 90 ชั่วโมงมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ค่าการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเทอเรสในกล้ามเนื้อเท้าของหอยแครงอายุระหว่าง 150-180 วันจากแหล่งเลี้ยงในจังหวัดสมุทรสาครโดยประยุกต์วิธีการของ Ellman et al., (1961) พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.49 ± 1.55 unit (ระบิลและคณะ ,2543)

การศึกษาครั้งนี้พบว่าการทำงานของ AChE ในเนื้อเท้าหอยเชอรี่และหอยขมที่ได้รับสารเคมีและที่ไม่ได้รับสารเคมี ในแต่ละช่วงเวลาที่ทำการศึกษา ไม่มีความแตกต่างกันเลยในทางสถิติ

สำหรับคุณภาพน้ำตลอดระยะเวลาทำการทดลองทั้งความเป็นพิษเฉียบพลันและการทดสอบเอนไซม์เมื่อเทียบกับคุณภาพน้ำก่อนการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างกันจึงไม่ใช้สาเหตุที่เป็นอันตรายต่อสัตว์ทดลอง

สรุปผลการทดลอง

1.การศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของคาร์บาริล และเมทิลพาราไรธอนที่มีต่อหอยเชอรี่และหอยขม

จากการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของคาร์บาริลที่มีต่อหอยเชอรี่และหอยขมพบว่าความเข้มข้นที่สูงที่สุดที่ไม่ทำให้หอยเชอรี่และหอยขมตาย คือ 25.00 ppm. และ 1.00 ppm. ตามลำดับความเข้มข้นต่ำสุดที่ทำให้หอยเชอรี่และหอยขมตาย 100 % คือ 30.00 ppm. และ 25.00 ppm. ตามลำดับ การทดลองครั้งนี้ใช้เวลานาน 96 ชั่วโมง เมื่อทำการวิเคราะห์ผลการทดลองหาความเป็นพิษเฉียบพลันแบบ Probit พบว่า หอยเชอรี่ มีค่า 96 ชั่วโมง LC_{50} เท่ากับ 26.79 ppm. หอยขมมีค่า 96 ชั่วโมง LC_{50} เท่ากับ 7.76 ppm. แสดงว่าหอยเชอรี่สามารถทนต่อความเป็นพิษของคาร์บาริลได้มากกว่าหอยขม

จากการศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของเมทิลพาราไรธอนที่มีต่อหอยเชอรี่และหอยขมพบว่าความเข้มข้นที่สูงที่สุดที่ไม่ทำให้หอยเชอรี่และหอยขมตาย คือ 1.00 ppm. และ 10.00 ppm. ตามลำดับความเข้มข้นต่ำสุดที่ทำให้หอยเชอรี่และหอยขมตาย 100 % คือ 40.00 ppm. และ 20.00 ppm. ตามลำดับ การทดลองครั้งนี้ใช้เวลานาน 96 ชั่วโมง เมื่อทำการวิเคราะห์ผลการทดลองหา

ความเป็นพิษเฉียบพลันแบบ Probit พบว่า หอยเชอรี่ มีค่า 96 ชั่วโมง LC_{50} เท่ากับ 5.37 ppm. หอยขมมีค่า 96 ชั่วโมง LC_{50} เท่ากับ 13.18 ppm. แสดงว่าหอยขมสามารถทนต่อความเป็นพิษของเมทิลพาราไธออนได้มากกว่าหอยเชอรี่

2.การทำงานของเอนไซม์ Acetylcholinesterase จากหอยเชอรี่และหอยขม ที่ได้รับสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชชนิดคาร์บาริลและเมทิลพาราไธออน

จากการทดลองพบว่าค่าการทำงานของเอนไซม์ Acetylcholinesterase จากหอยเชอรี่ที่ได้รับสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชชนิดคาร์บาริลและเมทิลพาราไธออน มีค่า AchE เฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ส่วนหอยขมที่ได้รับสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชชนิดคาร์บาริลมีค่าแตกต่างกันทางสถิติที่เวลา 0 และ 24 ชั่วโมง แต่หอยขมที่ได้รับสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชชนิดเมทิลพาราไธออนมีค่า AchE เฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

เอกสารอ้างอิง

- ญาณิน ลิ้มปานนท์ และคณะ.2544. ผลของเมทิลพาราไธออนต่อค่าการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในกล้ามเนื้อหอยแครง. วารสารเวชศาสตร์สัตวแพทย์ ปีที่ 31(1).กรุงเทพมหานคร, 51-54.
- ดวงใจ ผิวคำ.2542. การศึกษาเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสของฝัองและความไวของเอนไซม์ต่อสารเคมีกำจัดแมลง. ภาคนิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต(เทคนิคการแพทย์).คณะเทคนิคการแพทย์,มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.21-22.
- ดีพร้อม ไชยวงศ์เกียรติ. 2527. ยาฆ่าแมลง. ชมรมถ่ายทอดเทคโนโลยีทางการเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, บางเขน กรุงเทพฯ : 3,25 หน้า.
- ประยูร ดีมา. 2522. วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการเกษตรและสาธารณสุข. กรมวิชาการเกษตรกรุงเทพ มหานคร. 895 หน้า.
- ฝ่ายจัดการสารพิษ.2533. เมทิลพาราไธออน (Methylparathion) . กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม.สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. กรุงเทพฯ ฯ.
- มานิตย์ บุรณเจริญกิจ. 2531. ความเป็นพิษเฉียบพลันของเซฟวินต่อปลานิล.ปัญหาพิเศษสาขาการประมง ,มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.5-13 หน้า.
- มนู โพรธาส.2529. พิษของยาฆ่าแมลงเซฟวิน ที่มีต่อปลาในขนาดเล็ก. รายงานประจำปี. แผนกการเพาะเลี้ยงกบบำรุงพันธุ์สัตว์น้ำ กรมประมง.กรุงเทพฯ. 118-120 หน้า.
- มโนชัย กীরติกสิกร. 2528. หลักการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 120 หน้า.
- มาลินี ลิ้มโกคา. 2527.พิษวิทยาและปัญหาที่พบในสัตว์. จรัสสินทวงศ์,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 100 หน้า.

- ภัทรา หาญจริยากุล.2536.การศึกษาพิษเฉียบพลันและพิษในขนาดที่ไม่ทำให้ปลาตายของเมทิลพาราไรธอนต่อปลากะพงขาว (*Lates calcarifer*) . วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาวิชาเกษตรวิทยา.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิฑูรย์ อ้วนโง และ ไพโรจน์ อุ่นสมบัติ. 2529.พิษวิทยาคลินิก : ยาปราบศัตรูพืช. โครงการตำราศิริราช.กรุงเทพมหานคร. 8-22 หน้า.
- ระบิล รัตนพานิช, ปิยะรัตน์ ศุภขลัสถ์ และเจนนุช ว่องวัชรชัย.2543. สมรรถนะของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในกล้ามเนื้อหอยแครง. ประมวลเรื่องการประชุมวิชาการทางสัตวแพทย์และการเลี้ยงสัตว์ครั้งที่ 26.กรุงเทพมหานคร, 15-17.
- อรัญญา พลพรพิสิฐ.2538.ผลของเมทิลพาราไรธอนต่อกระบวนการกลืนทำลายของฟาโกไซท์ในปลากะพงขาว. วารสารวาริชศาสตร์ ปีที่ 1(2). กรุงเทพมหานคร,167-173.
- Bodhipaksha, N.1994. Effects of methyl parathion on the cellular immune responses in giant black tiger shrimp, *Peneaus monodon*. Ph.D Dissertation,School of Marine Science.The college of William and Mary,Virginia Institute of Technology.
- EPA.1994.Methyl parathion. In ESCAP/EU. Database on pesticides and the environment:chemical fact sheet for methyl parathion. Fact sheet number 117.
- Ellman, G.L., K.d. Courtney, V.J. Andres, and R.M. Featherstone. 1961. A new and Rapid calorimetric determination of acetylcholinesterase activity. Biochem Pharmacol. 7: 88-95.
- Ferrari, A., A. Venturino, and A.M. Pechn de D'Angelo. 2002. Time course of brain cholinesteraseInhibition and recovery following acute and subacute azinphosmethyl, parathion and carbaryl exposure in the goldfish (*Carassius auratus*). Sciencedirect. 1-5
- Finney, D.J. 1964. Probit analysis. Cambridge University Press, London.
- Ray,S.,I. Chakraborty, A. Bose and R. Sur.1988. Effect of sublethal concentrations of methylparathion on the activities of acetylcholinesterase , esterase, mitochondrial ATP- ase,GOT and GPT of an aquatic gastropod *Thiara lineate*.Environ.Ecol.6.
- Somphong Sittiprom.2544.หอยขม. คณะวิทยาศาสตร์,มหาวิทยาลัยขอนแก่น (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก: www.champa.kku.ac.th/somphong/snail/snail.htm.
- Srivastava, A.K.1987. Influence of methyl parathion on blood chloride level in the Indian catfish (*Heteropneustes fossilis*). Journal of Advanced Zoology.
- Wolff N.L.,R.G.Zepp and D.F.Paris.1987. Carbaryl , Prophan and Chlorophopham.Acomparision of the rates of hydrolysis and photolysis with rate of fiolysis.

2.ผลสารเคมีกำจัดศัตรูพืช Cypermethrin และ Methanidophos ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ที่มีต่อระดับการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสจากตัวอ่อนแมลงน้ำ

2.1 ผลศึกษาระดับการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสจากตัวอ่อนแมลงปอ (Odonata : Dragonfly) ที่ได้รับสารกำจัดแมลง Cypermethrin และ Methanidophos ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

ในการศึกษาได้เลือกตัวอ่อนแมลงปอ (Dragonfly larva) ซึ่งเป็นระยะตัวอ่อนที่อาศัยอยู่ในน้ำมาเป็นตัวอย่างของสัตว์น้ำเพื่อศึกษาผลของ Cypermethrin ที่ระดับความเข้มข้นต่างกันต่อระดับเอนไซม์อะซีติลโคลีนเอสเตอเรสต่อตัวอ่อนแมลงปอ โดยเป็นการศึกษาในห้องปฏิบัติการ โดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง คือ ชุดการทดลองที่ 1 ความเข้มข้น 0 ppm เป็นชุดควบคุม, ชุดการทดลองที่ 2 ความเข้มข้น 0.020 ppm, ชุดการทดลองที่ 3 ความเข้มข้น 0.034 ppm, ชุดการทดลองที่ 4 ความเข้มข้น 0.050 ppm และการศึกษาผลของ Methanidophos ต่ออัตราการตายและการเปลี่ยนแปลงของเอนไซม์อะซีติลโคลีนเอสเตอเรสที่ความเข้มข้นของ Methanidophos และเวลาที่ต่างกัน โดยตัวอย่างของตัวอ่อนแมลงปอที่ใช้ทดลองมีขนาดดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงน้ำหนักและความยาวเฉลี่ยของตัวอ่อนของแมลงปอ

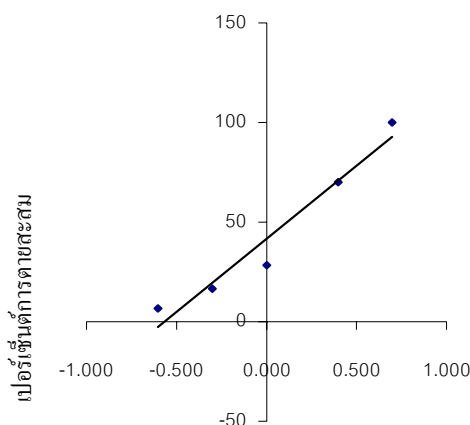
ชุดการทดลอง	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม $\pm$ SD)	ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร $\pm$ SD)
1	0.9495 $\pm$ 0.07	1.29 $\pm$ 0.09
2	0.9307 $\pm$ 0.07	1.27 $\pm$ 0.12
3	0.8961 $\pm$ 0.06	1.23 $\pm$ 0.12
4	0.0197 $\pm$ 0.14	1.26 $\pm$ 0.11

2.1.1 ผลการศึกษาระดับการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสจากตัวอ่อนแมลงปอที่ได้รับสารกำจัดแมลง Cypermethrin ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่าค่า AChE Activity ตัวอ่อนแมลงปอไม่มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักและความยาว โดยเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติพบว่าค่า AChE Activity ของตัวอ่อนแมลงปอในชุดการทดลองที่ 3 และ 4 มีค่าไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ 1 และ 2 พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกัน ($p < 0.05$) โดยพบว่าค่า AChE Activity ของตัวอ่อนแมลงปอ และจากการทดลองพบว่า AChE Activity ของตัวอ่อนแมลงปอในชุดการทดลองที่ 1 ซึ่งเป็นชุดควบคุมมีค่าสูงสุดคือ $0.0008 + 0.0006 \text{ } \mu\text{M/min/g}$ รองมาได้แก่ชุดการทดลองที่ 2 (ความเข้มข้น 0.020 ppm), ชุดการทดลองที่ 3 (ความเข้มข้น 0.034 ppm) และชุดการทดลองที่ 4 (ความเข้มข้น 0.050 ppm) คือมีค่าเท่ากับ $0.0005 + 0.0008 \text{ } \mu\text{M/min/g}$, $0.0003 + 0.0003 \text{ } \mu\text{M/min/g}$ และ $0.0003 + 0.0004 \text{ } \mu\text{M/min/g}$ ตามลำดับ โดยระดับ AChE Activity ของตัวอ่อนแมลงปอจะมีค่าที่ไม่แตกต่างกันกับความเข้มข้นของ Cypermethrin ที่เพิ่มสูงขึ้น

ตารางที่ 2 แสดงค่า cholinesterase Activity ของแมลงหอนปอที่ได้รับ Cypermethrin ความเข้มข้นต่างกัน

ชุดการทดลอง	AChE Activity (mean±SD; $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$)
1	0.0008 ± 0.0006^a
2	0.0005 ± 0.0008^b
3	0.0003 ± 0.0003^c
4	0.0003 ± 0.0004^c

2.1.2 ผลของ Methanidophos ต่ออัตราการตายและการเปลี่ยนแปลงของเอนไซม์อะซีติลโคลีนเอสเทอเรสที่ความเข้มข้นของ Methanidophos และเวลาที่ต่างกัน เมื่อสิ้นสุดการศึกษาพบว่าเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของตัวอ่อนแมลงปอเพิ่มขึ้นสูงสุดในชั่วโมงที่ 6 ของการทดลอง และยังพบว่าความเข้มข้นของ Methanidophos ที่ 1 ppm ขึ้นไปทำให้ตัวอ่อนแมลงปอตาย 100 เปอร์เซ็นต์



ภาพ 1 แสดงเปอร์เซ็นต์การตายสะสมของตัวอ่อนแมลงปอ

เมื่อเวลาผ่านไปมากกว่า 24 ชั่วโมง และจากผลการศึกษาพบว่าตัวอ่อนแมลงปอที่ได้รับ ความเข้มข้นของ Methanidophos ที่ 0.25 ppm ซึ่งเป็นค่าน้อยที่สุดนั้น

ปริมาณเอนไซม์อะซีติลโคลีนเอสเทอเรสของตัวอ่อนแมลงปอที่ได้รับ Methanidophos ใน ระดับความเข้มข้นต่างกันเป็นเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง พบว่า ที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ที่ ระดับความเข้มข้นต่างกันของปริมาณเอนไซม์ที่มีความแตกต่างกันมากกว่า 50 % และพบว่าเมื่อ

เทียบกันตัวอ่อนแมลงปอที่อยู่ในแหล่งน้ำที่สะอาดพบว่าค่าความแตกต่างอยู่ที่ประมาณ 80 % ของระดับโคลีนเอสเทอเรสที่สามารถวิเคราะห์ได้

ตารางที่ 3 ปริมาณเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสในตัวอ่อนแมลงปอที่ได้รับMethanidophosในระดับความเข้มข้นต่างๆ

ระดับความเข้มข้น (ppm)	ปริมาณเอนไซม์ (μM /min / g tissue)	
	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง
0	3.988×10^{-9}	2.459×10^{-9}
0.25	3.118×10^{-9}	3.223×10^{-9}
0.60	1.325×10^{-9}	2.949×10^{-9}
1.31	1.201×10^{-9}	1.788×10^{-8}

จากการศึกษาความเป็นพิษของเมทาไมโดฟอสที่ระดับความเข้มข้นต่างกันต่อตัวอ่อนแมลงปอ ซึ่งพบว่า ระดับความเข้มข้นที่ทำให้ตัวอ่อนแมลงปอตาย 50 เปอร์เซ็นต์ อยู่ที่ 1.31 ppm ซึ่งMethanidopho มีคุณสมบัติทางเคมี เป็นผลึกสีขาว ละลายได้ดีในน้ำ และเป็นสารที่คงทนเมื่ออยู่ในสภาพอุณหภูมิแวดล้อมปกติที่ pH 3 แต่เมื่อถูกความร้อนก็จะสลายตัวโดยไม่ต้องถึงกับเดือด การตายของตัวอ่อนแมลงปอเนื่องมาจากตัวอ่อนของแมลงมักมีความไวต่อสารพิษเพราะว่าระยะตัวอ่อนนั้นกระบวนการเมแทบอลิซึมของสารพิษในร่างกายยังไม่สมบูรณ์

2.2การศึกษาระดับการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเทอเรสจากตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ (Trichoptera ; Calamocaratidae)ที่ได้รับสารกำจัดแมลง Cypermethrin ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

แมลงหนอนปลอกน้ำมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างระหว่างการเจริญแบบสมบูรณ์ คือมีการเจริญจากไข่เปลี่ยนเป็นระยะตัวอ่อน ระยะดักแด้ และระยะตัวเต็ม การผสมพันธุ์ของตัวเต็มวัยอาจเกิดขึ้นบนพื้นดินหรือบนพืช ตัวเมียจะมีการวางไข่ที่มีลักษณะแตกต่างกันไปแต่ละชนิดโดยทั่วไปจะวางไข่ในน้ำ แต่มีบางชนิดที่วางไข่บริเวณพืชน้ำที่อยู่ตามริมน้ำ ตัวอ่อนจะคลานลงสู่แหล่งน้ำภายหลังการฟัก ตัวอ่อนมีการกินอาหารหลายแบบ เช่น กินสัตว์หรือพืชขนาดเล็กที่อยู่ในน้ำเป็นอาหาร ในการศึกษาใช้หนอนปลอกน้ำตัวอย่างที่เก็บมาจากแหล่งน้ำธรรมชาติในพื้นที่สูง(น้ำตกแม่สา และน้ำตกมณฑาธาร)บริเวณอุทยานแห่งชาติ ดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่)ที่คาดว่าจะมีและไม่มีการปนเปื้อนของสารเคมีต่างๆ มาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาความเป็นพิษของ Cypermethrin ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ และต่อระดับเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสต่อหนอนปลอกน้ำ โดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลอง คือ ชุดการทดลองที่ 1 ความเข้มข้น 0 ppm เป็นชุด

ควบคุม, ชุดการทดลองที่ 2 ความเข้มข้น 0.0012 ppm, ชุดการทดลองที่ 3 ความเข้มข้น 0.0025 ppm, ชุดการทดลองที่ 4 ความเข้มข้น 0.0049 ppm ได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 4 แสดงน้ำหนักและความยาวเฉลี่ยของแมลงหอนปลอกน้ำที่นำมาใช้ในการทดลอง

ความเข้มข้น ppm	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม $\pm$ SD)	ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร $\pm$ SD)
0	0.0173 $\pm$ 0.003	1.34 $\pm$ 0.17
0.0012	0.0182 $\pm$ 0.005	1.40 $\pm$ 0.19
0.0025	0.0181 $\pm$ 0.008	1.31 $\pm$ 0.24
0.0049	0.0197 $\pm$ 0.003	1.44 $\pm$ 0.20

การศึกษาระดับการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสจากแมลงหอนปลอกน้ำที่ได้รับสาร Cypermethrin ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่าค่า AChE Activity แมลงหอนปลอกน้ำไม่มีความสัมพันธ์กับน้ำหนัก($r=-0.009$, $p=0.958$) และความยาว ($r=-0.130$, $p=0.983$)

การศึกษาระดับการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสจากแมลงหอนปลอกน้ำที่ได้รับ Cypermethrin ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่า เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติพบว่าค่า AChE Activity ของแมลงหอนปลอกน้ำจากน้ำตกแม่สาในชุดการทดลองที่ 1 แตกต่างกับค่า AChE Activity ของแมลงหอนปลอกน้ำในชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบว่าค่า AChE Activity ของแมลงหอนปลอกน้ำในชุดการทดลองที่ 2 และ 3 มีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($p>0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ 4 พบว่ามีค่าที่แตกต่างกันในทางสถิติ ($p<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 2 และจากการทดลองพบว่า AChE Activity ของแมลงหอนปลอกน้ำในชุดการทดลองที่ 1 ซึ่งเป็นชุดควบคุมมีค่าสูงสุดคือ 0.4704 ± 0.810 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$ รองมาได้แก่ชุดการทดลองที่ 2 (ความเข้มข้น 0.0012 ppm), ชุดการทดลองที่ 3 (ความเข้มข้น 0.0025 ppm) และชุดการทดลองที่ 4 (ความเข้มข้น 0.0049 ppm) คือมีค่าเท่ากับ 0.0116 ± 0.005 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$ 0.0090 ± 0.005 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$ 0.0053 ± 0.004 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$ ตามลำดับตามลำดับ โดยระดับ AChE Activity ของแมลงหอนปลอกน้ำจะมีค่าลดลงตามระดับความเข้มข้นของ Cypermethrin ที่เพิ่มสูงขึ้น

การศึกษาระดับการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสจากแมลงหอนปลอกน้ำจากน้ำตกมณฑาธาร ที่ได้รับ Cypermethrin ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ พบว่าพบว่าค่า AChE Activity ของแมลงหอนปลอกน้ำในชุดการทดลองที่ 1 แตกต่างกับค่า AChE Activity ของแมลงหอนปลอกน้ำในชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ($p<0.05$) โดยพบว่าค่า AChE Activity ของแมลงหอนปลอกน้ำในชุดการทดลองที่ 2 และ 3 มีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($p>0.05$) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ 4 พบว่ามีค่าที่แตกต่างกันในทางสถิติ ($p<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 2 และจากการทดลองพบว่า AChE Activity ของแมลงหอนปลอกน้ำในชุดการ

ทดลองที่ 1 ซึ่งเป็นชุดควบคุมมีค่าสูงสุดคือ $0.0588 \pm 0.03 \text{ } \mu\text{M/min/g}$ รองมาได้แก่ชุดการทดลองที่ 2 (Cypermethrin ความเข้มข้น 0.0012 ppm),ชุดการทดลองที่3 (Cypermethrin ความเข้มข้น 0.0025 ppm) และชุดการทดลองที่ 4 (Cypermethrin ความเข้มข้น 0.0049 ppm) คีอมีค่าเท่ากับ $0.0114 \pm 0.04 \text{ } \mu\text{M/min/g}$, $0.0100 \pm 0.07 \text{ } \mu\text{M/min/g}$ และ $0.0047 \pm 0.03 \text{ } \mu\text{M/min/g}$ ตามลำดับ โดยระดับ AChE Activity ของแมลงหอนปลอกน้ำจะมีค่าลดลงตามระดับความเข้มข้นของ Cypermethrin ที่เพิ่มสูงขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงค่า Acetylcholinesterase Activity ของแมลงหอนปลอกน้ำที่ได้รับ Cypermethrin ความเข้มข้นต่างกัน

ความเข้มข้น ppm	AChE Activity (mean $\pm$ SD; $\mu\text{M/min/g}$) (น้ำตกแม่สา)	AChE Activity (mean $\pm$ SD; $\mu\text{M/min/g}$) (น้ำตกมณฑาธาร)
0	0.04704 ± 0.810^a	0.0588 ± 0.03^a
0.0012	0.0116 ± 0.005^b	0.0114 ± 0.04^b
0.0025	0.0090 ± 0.005^b	0.0100 ± 0.07^b
0.0049	0.0053 ± 0.004^b	0.0047 ± 0.03^c

วิจารณ์ผลและสรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองผลของไซเพอร์เมทรินต่อระดับ AChE Activity ของแมลงหอนปลอกน้ำมีค่าลดลงตามระดับการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นไซเพอร์เมทริน ดวงใจ (2542) ได้ศึกษาการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในผึ้ง โดยใช้ยาฆ่าแมลง Parathion-methyl เป็น Inhibitor พบว่าเปอร์เซ็นต์ของ Activity ของเอนไซม์จะลดลงตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของ Parathion-methyl โดยการทดลองพบว่าแมลงหอนปลอกน้ำในชุดการทดลองที่ 1 ซึ่งไม่ได้รับ Cypermethrin มีค่า AChE Activity สูงสุด และพบว่า ในชุดการทดลองที่ 4 ซึ่งได้รับ Cypermethrin ความเข้มข้นสูงสุดมีค่า AChE Activity ต่ำสุด ซึ่งการลดลงของค่า AChE Activity เนื่องจากผลของ Cypermethrin ที่ออกฤทธิ์ต่อระบบประสาทโดย วราดูล (2536) กล่าวว่าความเป็นพิษของของสารกำจัดแมลงกลุ่มไพรีทรอยด์อันดับแรกๆ ของอาการที่พบในแมลงศัตรูพืชอาการหยุดการเคลื่อนไหวหรือมีการเคลื่อนไหวที่ผิดปกติ หากเกิดพิษในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมจะพบว่าทำให้หัวใจเต้นแรงผิดปกติอาจมีอาการร่วมกับอาการหอบหรือเหนื่อย เนื่องจากผลการกดระบบประสาทส่วนกลางให้ทำงานผิดปกติซึ่งเป็นอาการที่พบได้ในผู้ป่วยที่ได้รับสารฆ่าแมลงกลุ่มออกาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต

ดังนั้นการทดลองนี้อาจสรุปได้ว่า Cypermethrin มีผลต่อระดับเอนไซม์อะซีติลโคลีนเอสเตอเรสของแมลงหอนปลอกน้ำ ซึ่งอาจมีการศึกษาขั้นต่อไปเพื่อศึกษาผลของ Cypermethrin ต่อความผิดปกติของแมลงหอนปลอกน้ำในด้านต่างๆ เพื่อใช้ประโยชน์ในการใช้เป็นดัชนีติดตามตรวจสอบการปนเปื้อนของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในแหล่งน้ำตามธรรมชาติต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2547. กรมวิชาการเกษตรและสหกรณ์. ออนไลน์. แหล่งที่มา <http://www.doa.go.th> (9 มีนาคม 2550)
- ดวงใจ ผิวคำ. 2542. การศึกษาเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสของผึ้งและความไวของเอนไซม์ต่อสารเคมีกำจัดแมลง. ภาคนิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เทคนิคการแพทย์) คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. น 1-6.
- ธรรมศักดิ์ สมมาตรย์. 2543. สารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืช. พิมพ์ครั้งที่ 3 : สำนักพิมพ์รั้วเขียว. น 1-5.
- นลินี ศรีพวง เพ็ญศรี อนันตกุลนธิ วิสันติ เลาหุดมโชค ศศินัดดา สุวรรณโณ และภักนีสิริ ปุ.2537. ข้อมูลสารเคมี. กองอาชีวอนามัย กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. น 92-101.
- ประจวบ ฉายบุ. 2547. การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมทางน้ำอย่างยั่งยืน : การประเมินแหล่งน้ำทางชีวภาพแบบมีส่วนร่วม. ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. น 1-5.
- ปริญญา ภาณุเวช. 2548. การสำรวจองค์ความรู้ด้านสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในมิติสุขภาพ. รายงานความก้าวหน้าโครงการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในระดับนโยบาย. กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. น 1-10.
- เพ็ญแข ธรรมเสนานภาพ. 2544. ชีวประวัติและอัตราผลผลิตขั้นที่สองของแมลงหนอนปลอกน้ำ (Trichoptera : Catamoceratidae) ในลำธารที่แตกต่างกันบนอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์: วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. น 2-19.
- วราดุล ฉัตรทอง. 2536. พิษเจาะจงของสารเคมีกำจัดแมลง. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. น 8-12.
- สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดมหาสารคาม.ออนไลน์.แหล่งที่มา <http://www.envimk.com> (9 มีนาคม 2550)
- อรัญ งามผ่องใสและสุนทร พิพิธแสงจันทร์. 2547. สารพิษในการควบคุมศัตรูพืช. ออนไลน์. แหล่งที่มา <http://classroom.psu.ac.th>
- Ellman, G.L., K.D. Courtney, V.J. Andres, and R.M. Featherstone. 1961. A new and Rapid calorimetric determination of acetylcholinesterase activity. Biochem. Pharmacol. 7: 88-95.
- Korseby Online – Diptera. [Online]. Available: [http:// www.korseby.net](http://www.korseby.net) (9 March 2007)

3.ศึกษาผลของไดโครโตฟอส ต่อปลานวลจันทร์น้ำจืด *Cirrhinus microlepis*

วิธีการศึกษา

การทดลองเพื่อศึกษาระดับความเข้มข้น ไดโครโตฟอสที่มีผลต่อการตายของลูกปลานวลจันทร์ โดยทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี ชีววิเคราะห์ (Static bioassay) เพื่อหาค่าความเข้มข้นที่ทำให้ สัตว์ทดลองตาย 50 เปอร์เซ็นต์ หรือค่า Median Lethal Concentration ตามวิธีของขวัญชัย (2528) ภายใน 48 ชั่วโมง เพื่อที่จะหาระดับความเข้มข้นที่ทำให้สัตว์ทดลองตายที่ 50 เปอร์เซ็นต์ (LC₅₀) โดยจะต้องมีการควบคุมปัจจัยสภาพแวดล้อมอย่างอื่นที่มีผลต่อการตายของลูกปลานวลจันทร์ หลังจากได้ระดับความเข้มข้นที่ทำให้ลูกปลานวลจันทร์ 50 เปอร์เซ็นต์แล้วก็ทำการวิเคราะห์หา ปริมาณเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส ตามวิธีของ Ellman *et al.* (1961) เปรียบเทียบปริมาณ เอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสของลูกปลานวลจันทร์ที่ 48 ชั่วโมง ในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance (ANOVA) โดยใช้ F-Test แล้วเปรียบเทียบ ความแตกต่างของปริมาณเอนไซม์โดยวิธีของDuncance ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $P < 0.05$ ด้วย โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

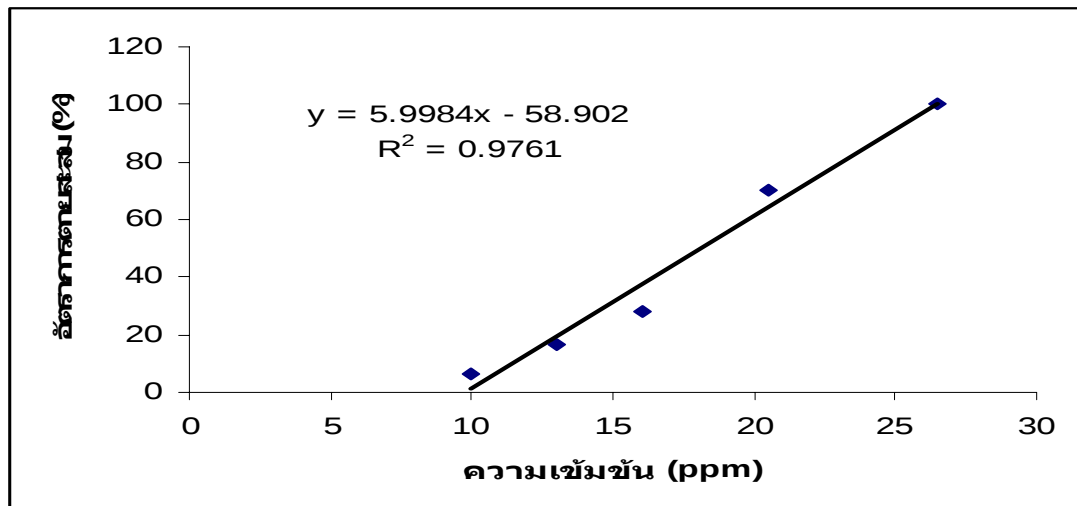
ผลการทดลอง

1. ความเป็นพิษของระดับความเข้มข้นไดโครโตฟอส ต่อตัวลูกปลานวลจันทร์

จากการศึกษาระดับความเข้มข้นของไดโครโตฟอสที่มีต่อตัวลูกปลานวลจันทร์ที่ระดับ10, 13, 16, 20.5 และ 26 ส่วนในล้านพบว่า ที่ระดับความเข้มข้นต่างกันมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การตายสะสม ต่อลูกปลานวลจันทร์ อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง คือ ระดับความเข้มข้น 26 ส่วนในล้าน มีเปอร์เซ็นต์การ ตายสะสมของลูกปลานวลจันทร์มากที่สุด รองลงมาคือ 20.5, 16, 13 และ 10 ส่วนในล้าน ซึ่งพบ จำนวนเปอร์เซ็นต์การตายสะสมคือ 100, 69.90, 28.25, 16.60 และ 6.60 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดย ที่ระดับความเข้มข้น 17.10 ส่วนในล้าน ทำให้ลูกปลานวลจันทร์ตาย 50 เปอร์เซ็นต์ ที่ 48 ชั่วโมง

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของลูกปลานวลจันทร์น้ำจืดต่อสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชชนิด ไดโครโตฟอสในแต่ละระดับความเข้มข้น

ความ เข้มข้น (ppm)	เวลา (ชั่วโมง)						อัตราการตายสะสม (%)
	4	6	12	24	36	48	
10.00	0	0	0.33	0.66	0.33	0	6.60
13.00	0	0.33	0.33	1	1	0.66	16.60
16.00	0	0.33	1.66	2.33	1.33	0	28.25
20.50	0	5.66	4.66	3.66	0	0	69.90
26.50	0.33	10.33	7.33	2	0	0	100.00



ภาพที่ 1 อัตราการตายสะสม(%) ของลูกปลานวลจันทร์น้ำจืดที่ระดับความเข้มข้น(ppm)ต่างกัน

2. ปริมาณเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสของลูกปลานวลจันทร์ที่ได้รับไดโครโตฟอสในระดับความเข้มข้นต่างกันในเวลา 48 ชั่วโมง

ผลจากการศึกษาปริมาณเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรส พบว่า ที่เวลา 48 ชั่วโมง ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน ปริมาณเอนไซม์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของการทำงานของเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเทอเรสที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในเวลา 48 ชั่วโมง

ความเข้มข้นของ ไดโครโตฟอส (ppm)	ค่าการทำงานของ AChE(mean $\pm$ SE; $\mu\text{M}/\text{min}/\text{uL}$) (10^{-7})
	48 ชั่วโมง
0	3.59000 $\pm$ 3.071351 ^{ns}
2.58	4.28333 $\pm$ 0.287330 ^{ns}
6.64	3.71500 $\pm$ 0.439204 ^{ns}
17.10	0.55000 $\pm$ 0.168226 ^{ns}

^{ns} in the same column show no significance $p < 0.05$

3. คุณภาพน้ำก่อนและหลังการทำการทดลองค่าความเป็นพิษเฉียบพลัน

คุณภาพน้ำก่อนการทดลองค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของไดโครโตฟอสต่อลูกปลานวลจันทร์ มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 22.0-24.0 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่างมีค่า 7.4 และ ความนำประจุไฟฟ้า มีค่าอยู่ที่ 490 ($\mu\text{s}/\text{cm}$.)

คุณภาพน้ำหลังการทดลองค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของไดโครโตฟอสต่อลูกปลานวลจันทร์น้ำจืด ซึ่งมีอุณหภูมิ อยู่ระหว่าง 23.0-24.0 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่าง มีค่า 7.0-7.3 และความนำประจุไฟฟ้า มีค่าอยู่ที่ 490-600 ($\mu\text{s}/\text{cm}$.)

วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

1. จากการศึกษาความเป็นพิษของไดโครโตฟอสที่ระดับความเข้มข้นต่างกันต่อลูกปลานวลจันทร์น้ำจืดซึ่งพบว่า ระดับความเข้มข้นที่ทำให้ลูกปลานวลจันทร์น้ำจืดตาย 50 เปอร์เซ็นต์ อยู่ที่ 17.10 ส่วนในล้านส่วน โดยที่ระดับความเข้มข้น 26 ส่วนในล้าน มีอัตราการตายสูงสุด และที่ระดับความเข้มข้น 10 ส่วนในล้าน มีอัตราการตายน้อยที่สุด ซึ่งอัตราการตายมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) โดยลูกปลานวลจันทร์น้ำจืดเริ่มตายในชั่วโมงที่ 4 จะตายมากขึ้นในชั่วโมงที่ 6 และตายอย่างต่อเนื่องจนชั่วโมงที่ 48 อาจเนื่องมาจากไดโครโตฟอสละลายได้ดีในน้ำแต่ไม่ละลายตัว ซึ่ง เสริม (2532) กล่าวว่า ไดโครโตฟอสมีคุณสมบัติทางเคมีเป็นผลึกสีขาว ละลายได้ดีในน้ำอุณหภูมิ 46.1 องศาเซลเซียส แต่เมื่อถูกความร้อนก็จะละลายตัวได้เร็วโดยไม่ถึงกับเดือด การตายของลูกปลานวลจันทร์น้ำจืดเนื่องมาจากลูกปลามีความไวต่อสารพิษ ระยะในวัยอ่อนนั้นกระบวนการ เมตาบอลิซึมของร่างกายยังไม่สมบูรณ์ (สุภาณี, 2540)

2. ปริมาณเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรสที่ได้รับไดโครโตฟอสที่ระดับความเข้มข้นต่างกันในเวลา 48 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณเอนไซม์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เนื่องจากระดับความเข้มข้นของไดโครโตฟอสที่ใช้ในการทดลองมีช่วงห่างของระดับความเข้มข้นไม่ต่างกันมาก ปริมาณเอนไซม์จึงไม่มีความแตกต่างกัน

3. จากการศึกษาความเป็นพิษของไดโครโตฟอสที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกันต่อลูกปลานวลจันทร์น้ำจืด พบว่า ระดับความเข้มข้นของไดโครโตฟอสที่ลูกปลานวลจันทร์น้ำจืดสามารถทนอยู่ได้ อยู่ในช่วง 0-17.10 ส่วนในล้าน แสดงว่าค่า LC_{50} เท่ากับ 17.10 ส่วนในล้าน ระดับความเข้มข้น 26 ส่วนในล้านพบลูกปลานวลจันทร์ตายมากที่สุด และระดับความเข้มข้น 10 ส่วนในล้านพบลูกปลานวลจันทร์น้ำจืดตายน้อยที่สุด แสดงว่า ความเข้มข้นของไดโครโตฟอสที่มากขึ้นมีผลต่อการตายของลูกปลานวลจันทร์น้ำจืดเพิ่มขึ้น

4. จากการศึกษาปริมาณเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรสของลูกปลานวลจันทร์น้ำจืดที่ได้รับ ไดโครโตฟอสที่ระดับความเข้มข้นต่างกันในเวลา 48 ชั่วโมงพบว่า ปริมาณเอนไซม์อะซิติลโคลีนเอสเตอเรสไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>1.50$)

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่า LC₅₀ ของไดโครโตฟอสต่อสัตว์น้ำชนิดอื่นๆ

ชนิดสัตว์น้ำ	เวลา (ชั่วโมง)	LC ₅₀ (ppm)	อ้างอิง
ปลาตะเพียน	96	1.84	ประยูร (2522)
ปลานิล	96	7.20	มานิตย์ (2531)
ปลากะพงขาว	96	1.83	ภัทรา(2536)
ปลาไน	48	17.00	ประยูร (2522)
ปลานวลจันทร์น้ำจืด	48	17.10	การทดลองครั้งนี้

จากการเปรียบเทียบกับสัตว์น้ำชนิดอื่นๆ ที่ได้รับสารไดโครโตฟอสจะเห็นว่าสัตว์น้ำแต่ละชนิดมีความไวต่อสารพิษแตกต่างกันออกไปและทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอายุ , ปริมาณของสารพิษและระยะเวลาที่สัมผัสกับสารพิษชนิดนี้ด้วย สำหรับคุณภาพน้ำตลอดระยะเวลาทำการทดลองทั้งความเป็นพิษเฉียบพลันและการทดสอบเอนไซม์ เมื่อเปรียบเทียบกับคุณภาพน้ำก่อนการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างกันจึงไม่ใช่สาเหตุที่เป็นอันตรายต่อสัตว์ทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- ขวัญชัย สมบัติศิริ. 2528. สารฆ่าแมลง: หลักการและวิธีการใช้. กรุงเทพฯ ฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 256 หน้า.
- ประยูร ดีมา. 2522. วัตถุที่มีพิษในการเกษตรและสาธารณสุข. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 895 หน้า.
- ภัทรา หาญจรยากุล. 2536. การศึกษาพิษเฉียบพลันและพิษในขนาดที่ไม่ทำให้ปลาตายของไดโครโตฟอสต่อปลากะพงขาว (*Lates calgarafer*). วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. สาขาวิชาเภสัชวิทยา. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 15-17 หน้า.
- มานิตย์ บุรณเจริญกิจ. 2531. ความเป็นพิษเฉียบพลันของสารออกาโนฟอสเฟตต่อปลานิล. ปัญหาพิเศษ. สาขาการประมง , มหาวิทยาลัยแม่โจ้ , เชียงใหม่ . 5-13 หน้า.
- สุภาณี พิมพ์สมาน. 2540. สารฆ่าแมลง. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 163 หน้า.
- สุวิมล เลิศวีระศิริกุล และคณะ. 2538. วิจัยปริมาณสารพิษตกค้างของไดโครโตฟอสในส้มเขียวหวานเพื่อกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง (ครั้งที่ 1). ข่าวสารวัตถุที่พิษ. 28(2) : 3-15 หน้า.
- เสริม อุณสมบัติ. 2532. วัตถุที่มีพิษที่ใช้ในทางเกษตร. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 95 หน้า.
- Ellman, G.L., K.d. Courtney, V.J. Andres, and R.M. Featherstone, 1961. Anew and Rapid Calorimetric determination of acetylcholinesterase activity. Biochem Pharmacol 7: 88-95.

4.ศึกษาผลของการปนเปื้อนดินตะกอนจาก *Dicrotophos* ที่มีต่อระดับการทำงานของ Acetylcholinesterase Enzyme (AChE) activity จากส่วนต่าง ๆ ของปลาไหล (*Monopterus albus*)

วิธีการศึกษา

ตัวอย่างปลาที่ใช้ในการทดลองมาจากตลาดแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ มาพักในบ่อเพื่อปรับสภาพให้คุ้นเคยกับสภาพการเลี้ยงแบบกักขัง จากนั้นเตรียมหน่วยทดลอง ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 เลี้ยงในน้ำสะอาด (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 เลี้ยงในตะกอนดิน (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 3 เลี้ยงในตุ่มีตะกอนดินเติม *Dicrotophos* (ปอง 33) ความเข้มข้น 10 ppm

ชุดการทดลองที่ 4 เลี้ยงในตุ่มีตะกอนดินเติมปอง 33 ความเข้มข้น 50 ppm

โดยปริมาตรน้ำในแต่ละชุดการทดลองเท่ากับ 30 ลิตร ก่อนการเก็บตัวอย่างเนื้อเยื่อและเลือดนำปลามาชั่งน้ำหนัก และความยาว จากนั้นทำการเก็บตัวอย่าง สมอง กล้ามเนื้อ เหงือก เลือดและซีรัม โดย -โดยการเปิดกะโหลกแล้วเก็บ whole brain ที่อุณหภูมิ -20°C

- เปิดผิวหนังเก็บกล้ามเนื้อ ที่อุณหภูมิ -20°C

- เปิดกระดูกปิดเหงือกเก็บส่วนของเหงือกทั้งหมด ที่อุณหภูมิ -20°C

- เก็บตัวอย่างเลือดโดยหยดบนสไลด์เพื่อทำสไลด์เม็ดเลือด จากนั้นนำไปย้อมสี

- เก็บ Serum โดยเจาะเลือดจาก dorsal aorta บริเวณ caudal peduncle หรือ เหนือ laterale line แซ่ตู้เย็น ทิ้งไว้ 30 นาที ปั่นแยก Serum ด้วย centrifuge 5,000 rpm แยกเก็บ serum ที่อุณหภูมิ -20°C

การศึกษา Acetylcholinesterase Enzyme (AChE) activity

1. ซีรัม

นำตัวอย่างซีรัมมาวิเคราะห์หา AChE ด้วยวิธีของ Ellman et al.1961

2. ตัวอย่างเหงือก กล้ามเนื้อ และสมอง

นำตัวอย่างสมอง และเลือด มาทดสอบในห้องปฏิบัติการ โดยนำมาบดให้ละเอียด เก็บตัวอย่าง 20 mg เติม 0.1 M Phospahte buffer pH 7.2 นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 3,500 rpm 10 นาที เก็บส่วนใสนำไปวิเคราะห์หา AChE ด้วยวิธีของ Ellman et al.1961

3. การหา Acethylcholinesterase Enzyme (AChE) activity ได้จาก คำนวนจากวิธีดัดแปลงจาก Ellman's relationship ของ Acethylcholinesterase Enzyme (AChE) activity rate และ การเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสง ที่ 405 nm (Ellman et al.1961) คำนวน ค่า Enzyme activity จากสูตร $\text{Enzyme activity} = (\text{A}_{\text{test}} - \text{A}_{\text{blank}}) \times \text{Factor}$

$\text{Factor} = \text{Enzyme coefficient}(103/13500) \times (\text{Total volume/sample volume}) \times \text{dilution factor} \times (1/\text{incubation times})$

4. หาความสัมพันธ์ ของ Acetylcholinesterase enzyme จากสมอง กล้ามเนื้อ เหนือก และซีรัมของปลาไหลกับความยาว, น้ำหนัก ด้วย Pearson correlation ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

5. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการทำงานของ Acetylcholinesterase enzyme ของปลาไหล ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน และทดสอบค่าความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วย Duncsn Test ด้วย โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ผลและวิจารณ์

ศึกษาผลของ Dicrotophos ที่ความเข้มข้นต่างกัน (สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโน ฟอสเฟต) ต่อระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสจากสมอง กล้ามเนื้อและซีรัมของปลานิล จากผล การศึกษาพบว่า

1. การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบการทำงานของ Acetylcholinesterase enzyme จากสมอง เหนือก กล้ามเนื้อและซีรัมของปลาไหล ขนาดความยาวเฉลี่ย 31.80 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 34.25 กรัม พบว่าระดับ AChE Activity ไม่มีความสัมพันธ์กับความยาว($r=-0.130$, $p=0.983$) และ น้ำหนัก ($r=-0.009$, $p=0.958$)

2. การศึกษาระดับการทำงานของ Acetylcholinesterase enzyme จากสมอง เหนือก กล้ามเนื้อและซีรัมของปลาไหล พบว่าหลังจากที่ปลาไหลได้รับสารที่ระดับ 10 ppm และ 50 ppm ตลอดระยะเวลาการทดลองไม่แสดงอาการที่ผิดปกติจากการสังเกตลักษณะภายนอก และเมื่อ ทำการศึกษาระดับระดับ Acetylcholinesterase enzyme จากเซรัมพบว่าระดับการทำงานของ เอนไซม์ในแต่ละช่วงเวลาทำการทดลองให้ผลที่แตกต่างกับชุดควบคุมและแต่ละระดับความ เข้มข้นก็ให้ผลที่แตกต่างกัน ($p < 0.05$)

ตารางที่ 1 ระดับ Acetylcholinesterase enzyme จากซีรัมปลาไหล ที่เวลาต่างๆ หลังจากได้รับ Dicrotophos ในระดับความเข้มข้น 10 และ 50 ppm.

Time (h)	Total activity ($\mu\text{mol/min/g wt wt}$)	
	10 ppm	50 ppm
0	8.25 ± 0.65	8.25 ± 0.65
1	7.50 ± 2.45	3.81 ± 0.12
2	7.58 ± 0.13	3.21 ± 4.73
3	6.22 ± 1.55	1.09 ± 5.93
12	5.95 ± 2.15	0.92 ± 0.46
24	6.28 ± 3.56	1.08 ± 0.23
36	6.20 ± 0.05	1.43 ± 0.02
48	5.15 ± 0.05	4.15 ± 0.62
72	6.43 ± 0.02	5.61 ± 0.52

ตารางที่ 2 ระดับ Acetylcholinesterase enzyme จากสมองปลาไหลที่เวลาต่างๆ หลังจากได้รับ Dicrotophos ในระดับความเข้มข้น 10 และ 50 ppm.

Time (h)	Total activity ($\mu\text{mol/min/g wt wt}$)	
	10 ppm	50 ppm
0	9.11 $\pm$ 6.41	9.11 $\pm$ 6.41
1	8.63 $\pm$ 2.08	8.12 $\pm$ 3.05
2	8.90 $\pm$ 8.88	7.53 $\pm$ 4.04
3	7.33 $\pm$ 1.02	6.83 $\pm$ 5.13
12	6.45 $\pm$ 1.19	5.51 $\pm$ 3.18
24	6.11 $\pm$ 0.22	5.77 $\pm$ 0.50
36	7.65 $\pm$ 3.18	5.29 $\pm$ 3.05
48	8.06 $\pm$ 0.23	6.12 $\pm$ 0.34
72	8.48 $\pm$ 0.63	6.45 $\pm$ 0.19

ตารางที่ 3 ระดับ Acetylcholinesterase enzyme จากกล้ามเนื้อปลาไหลที่เวลาต่างๆ หลังจากได้รับ Dicrotophos ในระดับความเข้มข้น 10 และ 50 ppm.

Time (h)	Total activity ($\mu\text{mol/min/g wt wt}$)	
	10 ppm	50 ppm
0	17.77 $\pm$ 2.30	17.77 $\pm$ 2.30
1	8.133 $\pm$ 1.16	8.21 $\pm$ 6.42
2	9.53 $\pm$ 1.48	9.52 $\pm$ 1.05
3	9.86 $\pm$ 1.16	9.62 $\pm$ 1.11
12	10.69 $\pm$ 4.26	9.25 $\pm$ 2.31
24	9.33 $\pm$ 4.16	11.31 $\pm$ 4.78
36	9.17 $\pm$ 4.51	9.14 $\pm$ 1.02
48	12.67 $\pm$ 2.06	10.95 $\pm$ 0.26
72	14.25 $\pm$ 2.54	15.15 $\pm$ 5.35

ตารางที่ 4 ระดับ Acetylcholinesterase enzyme จากเหงือกปลาไหลที่เวลาต่างๆ หลังจากได้รับ Dicrotophos ในระดับความเข้มข้น 10 และ 50 ppm.

Time (h)	Total activity ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g wt wt}$)	
	10 ppm	50 ppm
0	1.91 ± 5.03	1.91 ± 5.03
1	1.42 ± 2.16	0.67 ± 0.12
2	0.94 ± 1.12	0.91 ± 0.33
3	0.88 ± 2.89	0.76 ± 0.51
12	0.86 ± 6.18	0.67 ± 0.43
24	0.86 ± 8.18	0.88 ± 0.05
36	1.01 ± 3.41	0.87 ± 0.35
48	0.88 ± 0.17	0.85 ± 1.19
72	0.63 ± 0.15	0.71 ± 0.51

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระดับเอนไซม์ Acetylcholinesterase ในปลา *Monopterus albus* ที่ได้รับ Thiobencarb ซึ่ง Thiobencarb เป็นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต ในการศึกษาใช้ปลา *Monopterus albus* น้ำหนัก 20 – 30 กรัมและความยาว 16 – 20 เซนติเมตร โดยทำการเลี้ยงปลาไหลในน้ำที่มีสารละลายของ Thiobencarb ที่ความเข้มข้น 0.22 ppm ซึ่งเป็นระดับที่ไม่เกินมาตรฐานของแหล่งน้ำตามธรรมชาติโดยทั่วไป (น้ำเพื่อใช้ในการเกษตรทั่วไปไม่รวมน้ำที่ใช้ในการอุปโภคและบริโภค) เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่าช่วงแรกของการทดลองปริมาณของ Acetylcholinesterase จะลดลงแต่เมื่อเวลาการทดลองเพิ่มขึ้นจะพบว่า Acetylcholinesterase จะคงที่และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นทั้งนี้อาจเนื่องจากการปรับตัวของปลาและการจับของสารละลาย Thiobencarb กับตะกอนในบ่อเลี้ยงปลาไหล

ตารางที่ 5 แสดงระดับของ Acetylcholinesterase(AChE) และปริมาณโปรตีนจากสมองของปลา *Monopterus albus* ที่ได้รับ Thiobencarb ที่ระดับความเข้มข้น 0.22 ppm

เวลา(ชั่วโมง)	ปริมาณ AChE ทั้งหมด ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g wt}$)	ปริมาณโปรตีนทั้งหมด ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g protein}$)
0	9.61 ± 0.78	0.05 ± 0.00
2	6.03 ± 1.06	0.04 ± 0.00
12	6.59 ± 1.38	0.04 ± 0.01
24	7.62 ± 0.85	0.04 ± 0.00
48	8.06 ± 0.84	0.06 ± 0.01
72	8.21 ± 0.71	0.05 ± 0.01
96	7.73 ± 0.67	0.04 ± 0.00

ตารางที่ 6 แสดงระดับของ Acetylcholinesterase(AChE) และปริมาณโปรตีนจากกล้ามเนื้อของปลา *Monopterus albus* ที่ได้รับ Thiobencarb ที่ระดับความเข้มข้น 0.22 ppm

เวลา(ชั่วโมง)	ปริมาณ AChEทั้งหมด ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g wt}$)	ปริมาณโปรตีนทั้งหมด ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g protein}$)
0	16.48 ± 3.37	0.17 ± 0.02
2	7.74 ± 1.97	0.05 ± 0.01
12	13.38 ± 2.73	0.08 ± 0.03
24	10.61 ± 2.65	0.09 ± 0.01
48	7.06 ± 1.29	0.08 ± 0.02
72	10.71 ± 2.33	0.10 ± 0.01
96	13.98 ± 2.98	0.11 ± 0.02

ตารางที่ 7 แสดงระดับของ Acetylcholinesterase(AChE) และปริมาณโปรตีนจากเหงือกของปลา *Monopterus albus* ที่ได้รับ Thiobencarb ที่ระดับความเข้มข้น 0.22 ppm

เวลา(ชั่วโมง)	ปริมาณ AChEทั้งหมด ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g wt}$)	ปริมาณโปรตีนทั้งหมด ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g protein}$)
0	1.18 ± 0.22	0.027 ± 0.004
2	0.76 ± 0.23	0.16 ± 0.003
12	0.68 ± 0.24	0.14 ± 0.03
24	0.71 ± 0.27	0.015 ± 0.006
48	0.61 ± 0.15	0.011 ± 0.04
72	0.88 ± 0.17	0.013 ± 0.007
96	0.63 ± 0.15	0.016 ± 0.006

5.ศึกษาผลของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช *Dicrotophos* ต่ออัตราการเคลื่อนที่และความผิดปกติของ Sperm ปลาทอมไทย (*Anabas testudineus*)

การประเมินผลกระทบของสารกำจัดศัตรูพืชที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำยังนอกจากจะส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิต การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมหรือลักษณะที่ผิดปกติภายนอกแล้วยังมีการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อและสรีระด้วย เนื่องจากผลของสารเหล่านี้ต่อสิ่งมีชีวิตไม่อาจทำให้สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำตายในทันทีแต่จะมีผลทำให้เกิดผลกระทบอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น อัตราการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงระบบสืบพันธุ์ การเปลี่ยนแปลงเอนไซม์ เป็นต้น ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงทำการศึกษาโดยใช้ปลาทอมไทยในการประเมินผลกระทบจากสารกำจัดแมลง ปอง 33 โดยศึกษาจากความผิดปกติต่อ Sperm ที่ได้รับสารเคมีดังกล่าวเพื่อเปรียบเทียบกับระหว่าง การได้รับสารและการไม่ได้รับสาร ซึ่งสามารถใช้เป็นแนวทางในการประเมินผลกระทบของแหล่งน้ำที่มีการใช้สารกำจัดแมลง กลุ่ม Organophosphate ซึ่งการที่สารเหล่านี้มีในแหล่งน้ำธรรมชาติอาจทำให้ลักษณะของสัตว์น้ำเปลี่ยนแปลงไปโดยทำให้ปริมาณและชนิดของปลาในแหล่งน้ำธรรมชาติลดลง จนถึงขั้นสูญพันธุ์ได้ และยังสามารถใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการเผยแพร่ให้มีการกระตุ้นการป้องกัน และแก้ไขปัญหาการใช้สารเคมีเหล่านี้ก่อนที่จะสะสมในแหล่งน้ำและมีผลต่อมนุษย์ที่ใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำจากสัตว์น้ำ (ประจวบ, 2547)

วัตถุประสงค์

ศึกษาอัตราการเคลื่อนที่และความผิดปกติของ Sperm ปลาทอมไทยในสารละลาย *Dicrotophos* ที่มีความเข้มข้นต่างกันเพื่อจำลองจากสภาพแวดล้อมในแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีการปนเปื้อนของสารป้องกันและกำจัดศัตรูพืช *Dicrotophos*

วิธีการศึกษา

ขั้นตอนการศึกษาเตรียมตัวอย่างปลาทอม เพศผู้ที่มีความสมบูรณ์เพศ มีน้ำหนักเฉลี่ย 102 ± 1.25 กรัม ความยาวเฉลี่ย 13.45 ± 0.51 นิ้ว เลี้ยงในบ่อพักให้อาหารเช้า – เย็น และเตรียมตัวอย่าง sperm จากปลาที่เตรียมเอาไว้โดยในแต่ละครั้งการทดลองจะใช้ sperm ที่เก็บมาใหม่เสมอ ละลายในน้ำที่มี *Dicrotophos* ความเข้มข้นต่างกันเพื่อป้องกันการตายของ sperm เนื่องจากปัจจัยอื่น ทำการศึกษาระยะเวลาที่ sperm สามารถเคลื่อนไหวได้ในน้ำเกลือความเข้มข้น 3% หลังจากเก็บมาจากปลาตัวอย่าง เพื่อศึกษาอัตราการเคลื่อนที่และลักษณะความผิดปกติของ sperm ที่สามารถมองเห็นได้ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (100x) โดยกำหนดระดับการเคลื่อนที่ของ sperm ต้องมากกว่า 60% ซึ่งสามารถนำมาทดสอบความเป็นพิษได้และเป็นระดับที่สามารถจะแพร่ได้โดยไม่เสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ (กฤษณ์, 2546) การนับจำนวน Sperm ใช้ Haemocytometer slide โดยดูดน้ำเชื้อสด 100 ไมโครลิตร เจือจางในน้ำเกลือความเข้มข้น 0.3% โดยคำนวณหาจำนวน Sperm ตามวิธีของ Aas et al. (1991) หน่วยเป็น cell/ml และศึกษาความผิดปกติของสารพันธุกรรมปลาทอมไทยโดยใช้ Sperm ที่สัมผัสสารเคมีที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ การศึกษาความผิดปกติของสารพันธุกรรมปลาทอมไทยโดยใช้ Sperm ที่สัมผัสสารเคมีที่ระดับความเข้มข้น 0.08 ppm โดยใช้วิธี PCR เนื่องจากขนาดของ Sperm ของปลาทอมไทยมีขนาดเล็กมากหากต้องศึกษาลักษณะความ

ผิดปกติของตัว Sperm นั้นจะต้องมีเครื่องมือและอุปกรณ์ที่มีความจำเพาะและต้องเป็นผู้ศึกษาทำการทดลองที่มีความรู้และมีประสบการณ์ แต่ถึงอย่างไรก็ตามก็เพียงการบ่งชี้ลักษณะที่ผิดปกติภายนอกเท่านั้นซึ่งในบางครั้งอาจเกิดเนื่องจากปัจจัยอื่นที่นอกเหนือจากความสามารถในการควบคุมระหว่างการทดลอง ดังนั้นการศึกษาถึงลักษณะทางพันธุกรรมหรือลักษณะความแตกต่างหรือความเสียหายของสารพันธุกรรมของ Sperm ที่สัมผัสสารปอง 33 โดยตรงที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ อาจให้ผลที่มีความชัดเจนและมีความแม่นยำสูงขึ้น

จำนวน Sperm ประมาณ 3.5×10^5 cell / ml ในแต่ละชุดการทดลอง ระยะเวลาการผสมน้ำเชื้อกับสารละลายเท่ากับ 1 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในการศึกษาพบว่าสารพันธุกรรมจาก Sperm ปลาหมอไทยที่สัมผัสสารปอง 33 มีลักษณะแถบที่ปรากฏบน agarose gel ที่ย้อมด้วย ethidium bromide ภายหลังผ่านกระบวนการ electrophoresis พบความเสียหายของสารพันธุกรรมเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งเป็น Sperm ที่ไม่ได้สัมผัสสาร

ผลและวิจารณ์ผล

จากการศึกษาพบว่า

1. การเคลื่อนที่ของ Sperm ปลาหมอ ในน้ำเกลือที่ผ่านการฆ่าเชื้อความเข้มข้น 0.3% กับน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อ จำนวน Sperm ประมาณ 3.5×10^5 cell / ml พบว่า Sperm มีอัตราการเคลื่อนที่ได้ดีในน้ำเกลือโดยอัตราการเคลื่อนที่มากกว่า 80% เมื่อเริ่มทำการศึกษาและพบว่า Sperm ที่ผสมในน้ำเกลือสามารถเก็บได้ประมาณ 8 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสโดยชั่วโมงที่ 8 ให้อัตราการเคลื่อนที่ประมาณ 46% แต่ขึ้นอยู่กับอัตราการเคลื่อนที่เริ่มต้นของ Sperm และอัตราส่วนการผสมระหว่างน้ำเชื้อสดและน้ำเกลือ

2. การทดสอบอัตราการเคลื่อนที่ของ Sperm ปลาหมอ ในสารละลาย Dicotophos ที่ระดับความเข้มข้น 0 – 5 ppm พบว่าระดับความเข้มข้นของสารปอง 33 ที่ 0.08 ppm เป็นระดับความเข้มข้นที่ไม่ทำให้ Sperm ตายมากกว่า 30% ในระยะเวลา 10 นาที โดยพบว่าระยะเวลาที่ Sperm สามารถเคลื่อนที่ได้สูงสุดคือ 6 นาทีอัตราการเคลื่อนที่ประมาณ 40.60% จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมพบว่าอัตราการเคลื่อนที่ในแต่ละช่วงเวลาที่ Sperm สัมผัส Dicotophos มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยในชุดควบคุมอัตราการเคลื่อนที่ของ Sperm ที่ระยะเวลาที่ 10 นาทีประมาณ 65.94% ซึ่งมากกว่าในชุดการทดลองที่สัมผัสสารประมาณ 10 เท่า โดยอัตราส่วนระหว่างน้ำเชื้อสดในสารละลายน้ำเกลือ : สารละลาย Dicotophos คือ 1:1 ที่จำนวน Sperm ประมาณ 3.5×10^5 cell / ml ให้อัตราการเคลื่อนที่ที่ดีที่สุด

ตารางที่ 1 อัตราการเคลื่อนที่ของ Sperm ปลาหม่อไทยที่ผสมสารละลายของน้ำเกลือเข้มข้น 0.3% : ความเข้มข้นของสารละลายDicrotophosที่ 0.08 ppm ที่สัดส่วนเจือจางต่างกัน

อัตราการเจือจาง	อัตราการเคลื่อนที่ (%)
1: 0.2	35.45
1 : 0.5	49.08
1 : 1	62.57
1 : 2	52.48
1 : 3	42.94
1 : 4	15.29
1: 5	24.68

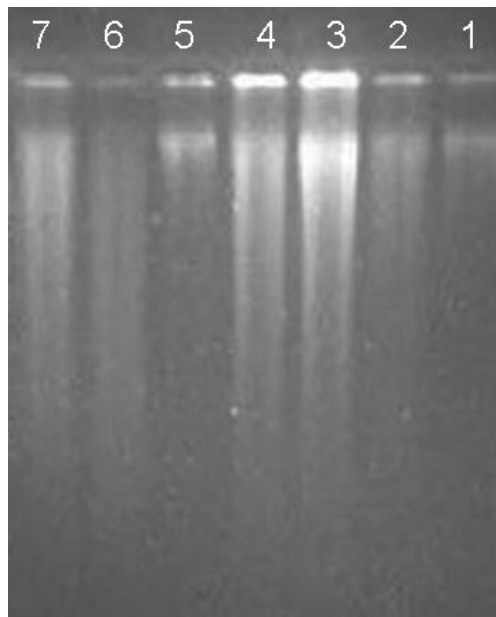
ตารางที่ 2 แสดงอัตราการเคลื่อนที่ของ Sperm ปลาหม่อในสารละลาย Dicrotophos ความเข้มข้น 0.08 ppm (จำนวน Sperm ประมาณ 3.5×10^5 cell / ml)

เวลา (นาทีก)	อัตราการเคลื่อนที่ (%)
0	86.45 ^a
1	80.91 ^a
2	72.57 ^a
3	64.49 ^a
4	55.47 ^a
5	43.47 ^a
6	40.60 ^a
7	32.12 ^{ab}
8	28.81 ^a
9	18.48 ^{ab}
10	6.16 ^{ab}

หมายเหตุ * แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

3. การศึกษาความผิดปกติของสารพันธุกรรมปลาหม่อไทยโดยใช้ Sperm ที่สัมผัสสารเคมีที่ระดับความเข้มข้น 0.08 ppm โดยใช้วิธี PCR เนื่องจากขนาดของ Sperm ของปลาหม่อไทยมีขนาดเล็กมากหากต้องศึกษาลักษณะความผิดปกติของตัว Sperm นั้นจะต้องมีเครื่องมือและอุปกรณ์ที่มีความจำเพาะและต้องเป็นผู้ศึกษาทำการทดลองที่มีความรู้และมีประสบการณ์ แต่ถึงอย่างไรก็ตามก็เพียงการบ่งชี้ลักษณะที่ผิดปกติภายนอกเท่านั้นซึ่งในบางครั้งอาจเกิดเนื่องจากปัจจัยอื่นที่นอกเหนือจากความสามารถในการควบคุมระหว่างการทดลอง

ดังนั้นการศึกษาถึงลักษณะทางพันธุกรรมหรือลักษณะความแตกต่างหรือความเสียหายของสารพันธุกรรมของ Sperm ที่สัมผัส Dicrotophos โดยตรงอาจให้ผลที่มีความชัดเจนและมีความแม่นยำสูงขึ้น จำนวน Sperm ประมาณ 3.5×10^5 cell / ml ในแต่ละชุดการทดลองระยะเวลาการผสมน้ำเชื้อกับสารละลายเท่ากับ 1 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในการศึกษาพบว่าสารพันธุกรรมจาก Sperm ปลาทอมไทยที่สัมผัส Dicrotophos มีลักษณะแถบที่ปรากฏบน agarose gel ที่ย้อมด้วย ethidium bromide ภายหลังจากกระบวนการ electrophoresis พบความเสียหายของสารพันธุกรรมเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งเป็น Sperm ที่ไม่ได้สัมผัสสาร



ภาพ 1 PCR product ของสารพันธุกรรมใน Sperm ปลาทอมไทยที่ได้รับ Dicrotophos ที่ระดับความเข้มข้นต่างกันในระยะเวลา 10 นาที (1:น้ำเชื้อสด ,2 :น้ำเชื้อในน้ำกลั่น,3:น้ำเชื้อในน้ำเกลือ ความเข้มข้น 0.3% ,4: ความเข้มข้น 0.05 ppm , 5: ความเข้มข้น 0.06 ppm, 6: ความเข้มข้น 0.07 ppm, 7: ความเข้มข้น 0.08 ppm

การศึกษาการเคลื่อนที่ของ Sperm ปลาทอมไทยโดยใช้ Sperm จำนวน 3.5×10^5 cell / ml พบว่า Sperm ที่ผสมในน้ำเกลือสามารถเก็บได้ประมาณ 8 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส อัตราการเคลื่อนที่เฉลี่ยมากกว่า 40% แต่ขึ้นอยู่กับอัตราการเคลื่อนที่เริ่มต้นของ Sperm และอัตราส่วนการผสมระหว่างน้ำเชื้อสดและน้ำเกลือ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของกฤษณ์ (2546) ที่กล่าวว่าอัตราการเคลื่อนที่ของสุจิปลาทอมควรจะมากกว่า 30% ซึ่งเป็นอัตราการเคลื่อนที่ที่สามารถปฏิสนธิและให้อัตราการผสมที่ไม่เสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ และเป็นอัตราการเคลื่อนที่ (motility) ของ Sperm ในระดับปานกลางตามวิธีการแบ่งระดับการเคลื่อนที่ของเกร็งศักดิ์ (2547) การทดสอบอัตราการเคลื่อนที่ของ Sperm ปลาทอม ในสารละลายปอง 33 พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 0.08

ppm เป็นระดับความเข้มข้นที่ไม่ทำให้ Sperm ตายมากกว่า 40% ในระยะเวลา 10 นาที โดยพบว่า ระยะเวลาที่ Sperm สามารถเคลื่อนที่ได้สูงสุดคือ 6 นาที อัตราการเคลื่อนที่ประมาณ 40.60 โดย อัตราการเคลื่อนที่ลดลงประมาณ 10 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมในระยะเวลาที่เท่ากัน การศึกษาความเสียหายของสารพันธุกรรมเมื่อ Sperm ได้รับสารปอง 33 พบว่ามีความเสียหายของ สารพันธุกรรมที่มากกว่าในชุดทดลองอย่างชัดเจนเมื่อเพิ่มระยะเวลาการสัมผัสที่มากขึ้น และพบว่า ในชุดควบคุมมีลักษณะความเสียหายของสารพันธุกรรมเกิดขึ้นโดยสันนิษฐานว่าอาจเกิดจาก Sperm มีการตายเมื่อระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น โดยผลการศึกษาเป็นไปในแนวทางการศึกษาของ Pina-guzman *et al* (2006) ทำการศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมของ Sperm ของหนูที่ได้รับ methyl-paration พบว่าในชุดควบคุมให้ผลความเสียหายของลักษณะทางพันธุกรรมเช่นกันแต่น้อยกว่าในชุดการ ทดลองที่ได้รับสารโดยเมื่อตรวจสอบและทำการทดลองซ้ำพบว่าเกิดจากการตายของ Sperm เมื่อ ระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากสภาวะแวดล้อมและอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม

สรุป

จากผลการศึกษาครั้งนี้แสดงผลของสารกำจัดศัตรูพืช ปอง 33 (Dicrotophos) ซึ่งเป็นสาร กลุ่ม organophosphates ทำให้ Sperm ปลาหมอไทยมีความความผิดปกติและยังมีผลต่อสาร พันธุกรรม ทำให้โอกาสที่ปลาหมอไทยในแหล่งน้ำที่มีการปนเปื้อนของสารเคมีกลุ่มนี้ไม่สามารถที่จะ แพร่พันธุ์หรือทำให้สายพันธุ์ของปลาหมอไทยมีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไป เกิดลักษณะความ ผิดปกติของสรีระ ทำให้ปลาเป็นหมัน ปลามีอายุสั้นลง ซึ่งทั้งหมดส่งผลต่อการดำรงชีวิตและการ ดำรงสายพันธุ์ได้ในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. 2542. ค่ามาตรฐานความปลอดภัยของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ใน สิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ. 12 หน้า.
- กรมวิชาการเกษตร. 2541. สถิติการนำเข้าวัตถุดิบทรายทางการเกษตร พ.ศ. 2541. ด้านตรวจพืชและ วัสดุการเกษตรท่าเรือกรุงเทพฯ. กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 20 หน้า.
- กรมวิชาการเกษตร. 2545. สถิติการนำเข้าวัตถุดิบทรายทางการเกษตร พ.ศ. 2544. ด้านตรวจพืชและ วัสดุการเกษตรท่าเรือกรุงเทพฯ. กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 37 หน้า.
- กรมวิชาการเกษตร. 2544. มาตรการดำเนินการกับวัตถุดิบทรายทางการเกษตรที่ประกาศห้ามใช้ แล้ว. กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 27 หน้า.

ชัชวาลย์ บุญเรือง. 2538. รายงานวิจัยเรื่อง ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับเอนไซม์โคลีเอสเตอเรส ในกระแสโลหิตของเกษตรกร อำเภอปง จังหวัดพระเยา. สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดพระเยา. 80 หน้า.

ญาณิน ลิ้มปานนท์ และคณะ. 2544. ผลของเมทิลพาราไธออนต่อค่าการทำงานของเอนไซม์โคลีเอสเตอเรสในกล้ามเนื้อหอยแครง. วารสารเวชศาสตร์สัตวแพทย์ ปีที่ 31(1). กรุงเทพมหานคร, 51-54.

ดวงใจ ผิวคำ. 2542. การศึกษาเอนไซม์โคลีเอสเตอเรสของผึ้งและความไวของเอนไซม์ต่อสารเคมีกำจัดแมลง. ภาควิชาสัตววิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ (เทคนิคการแพทย์) คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 41 หน้า.

ประจวบ ฉายบุ. 2547. การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมทางน้ำอย่างยั่งยืน : การประเมินแหล่งน้ำทางชีวภาพแบบมีส่วนร่วม. ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 87 หน้า.

ประจวบ ฉายบุ. 2547. การประเมินผลกระทบทางชีวภาพของกิจกรรมมนุษย์ต่อลำน้ำแม่สา. เอกสารประชุมวิชาการเทคโนโลยีการประมง 20 ปี สัตว์น้ำไทยความมั่นคงด้านอาหารและสิ่งแวดล้อม. หน้า 194-205.

ภาคภูมิ ธารวงศ์. 2541. ระดับเอนไซม์โคลีเอสเตอเรสและสุขภาพของเกษตรกรผู้ทำการเกษตรกรรมอินทรีย์และเคมี. การค้นคว้าแบบอิสระ สาขาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 87 หน้า.

ยุพา อภิโกมลกร. 2544. การเฝ้าระวังทางสุขภาพ : การตรวจยาฆ่าแมลงตกค้างในผักสด. เอกสารงานประชุมวิชาการสุศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 9 สถาบันพัฒนาสาธารณสุขอาเซียน มหาวิทยาลัยมหิดล.

วิภา ตั้งนิพนธ์. 2541. ความเป็นพิษของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมท. ข่าวสารวัตถุดิบพิษ. ปีที่ 25. ฉบับที่ 3, 115-112.

สุขุม วงศ์เอก. 2544. การห้ามใช้และจำกัดการใช้วัตถุอันตรายทางการเกษตร. เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่อง " วัตถุอันตรายทางการเกษตร: สถานการณ์ปัจจุบันและแนวโน้มในอนาคต" วันที่ 8 มกราคม พ.ศ. 2544 ณ โรงแรมหลุยส์แพเวอร์น. กรุงเทพฯ. 21 หน้า.

สุจิตรา ศรพรหม. 2530. การเปลี่ยนแปลงระดับเอนไซม์ Serum ChE และโปรตีนในเกษตรกรที่ได้รับพิษจากยาฆ่าแมลงและความคงตัวในตัวอย่างเลือด. ภาควิชาสัตววิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ (เทคนิคการแพทย์) คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 30 หน้า.

สมิง เก่าเจริญ และยุพา ลีลาพฤทธิ์. 2537. เกณฑ์มาตรฐานในการรักษาผู้ป่วยที่ได้รับสารพิษจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมท. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์พิมพ์ดี. 12 หน้า.

Bodhipaksha, N.1994. Effects of methyl parathion on the cellular immune responses in giant black tiger shrimp, *Peneaus monodon*. Ph.D Dissertation, School of Marine Science. The college of William and Mary, Virginia Institute of Technology.

Ellman, G.L., K.D. Courtney, V.J. Andred, and R.M. Featherstone. 1961. A new and Rapid calorimetric determination of actylcholinedterase activity. Biochem. Pharnacol. 7: 88-95 p.

Fernansez C.-Vega, sancho E., Ferrando M.D., and Ansreu E.. 2001. Thiobencarb-Induced Changes in Acetylcholinesterase Activity of the Fish *Anguilla anguilla*. Department of Animal Biology (Animal Physiology) Faculty of Biologycal Sciences. Dr. Moliner 50, E-46100 Burijasot, Valencia, Spain. 455 p.

Ferrari, A., A. Venturino, and A.M. Pechn de D'Angelo. 2002. Time course of brain cholinesteraseInhibition and recovery following acute and subacute azinphosmethyl, parathion and carbaryl exposure in the goldfish (*Carassius auratus*). Science direct. 1-5

Rao, P.S.C. and A.G. Hornsby. 2001. Behavior of pesticides in soils and water. Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Science. University of Florida.
http://edis.ifas.ufl.edu/BODY_SS111)

6.ศึกษาผลกระทบของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชจากการเกษตรและคุณภาพน้ำบางประการที่มีต่อชุมชนสิ่งมีชีวิตโดยใช้ดัชนีในการประเมินคุณภาพในแม่น้ำปิงและลำน้ำแม่สา

6.1การใช้ดัชนีชีวภาพและดัชนีคุณภาพน้ำติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำแม่ปิง

บทนำ

แม่น้ำปิง แม่น้ำสายหลักสำคัญในภาคเหนือไหลผ่านเมืองเชียงใหม่ แนวเหนือ-ใต้ พื้นที่รับน้ำจากการเกษตรที่สูงและชุมชนหนาแน่นริมแม่น้ำที่ราบ พื้นที่ต้นน้ำและลำน้ำสาขาตอนบนยังคงปกคลุมด้วยป่าไม้ การเติบโตและพัฒนาของเทศบาลเมืองเชียงใหม่ที่รวดเร็ว ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมมากมาย จากการศึกษายของ ยุพิน(2537) Sannarm (1993) Thaweeburus (1994) Thorne and Williams (1997) Mustow (1997) Chaibu(2000) และ Chaibu *et al.*(2002) ซึ่งชี้ว่าการเติบโตของเมือง อุตสาหกรรมการเกษตรและพื้นที่การเกษตรเป็นสาเหตุหลักของมลพิษในแม่น้ำปิง ในประเทศไทยส่วนใหญ่ใช้คุณภาพน้ำทางเคมีและกายภาพมาใช้ในการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำผิวดิน ส่วนคุณภาพน้ำทางชีวภาพใช้เพียงค่าบีโอดีและแบคทีเรียที่ปนเปื้อนในน้ำมาช่วยในตรวจสอบเท่านั้น ช่วงกว่าสิบปีที่ผ่านมาได้มีการนำเทคนิคการใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่มีความต้องการสภาพแวดล้อมในช่วงที่เหมาะสมในการดำรงชีพ เช่น อุณหภูมิ น้ำ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ pH และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ โดยนำการตอบสนองต่อคุณภาพน้ำมาใช้ในการประเมินคุณภาพน้ำของลำธารและแม่น้ำที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ (นฤมล, 2542 ; Sannarm, 1993 ; Thaweeburus, 1994; Inmoung *et al.*,1996; Inmoung,1997) ซึ่งได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในการใช้สิ่งมีชีวิตกลุ่มนี้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพควบคุมการประเมินคุณภาพน้ำทางเคมีและทางกายภาพโดยอาศัยแนวความคิดที่ว่าความทนทานของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดต่อสภาวะมลพิษของแหล่งน้ำนั้นจะแตกต่างกันทำให้สิ่งมีชีวิตที่ปรากฏอยู่จะแตกต่างกันในระดับชนิดและปริมาณโดยขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงและประเภทของมลพิษ (Abel, 1989) สำหรับวิธีการประเมินคุณภาพของแหล่งน้ำทางชีวภาพมีการศึกษาหลายแบบ เช่น 1).ศึกษาเปรียบเทียบบริเวณซึ่งได้รับผลกระทบกับบริเวณซึ่งไม่ได้รับผลกระทบจากสารมลพิษหรือศึกษาการเปลี่ยนแปลงจากสภาวะปกติของพื้นที่หนึ่งเปรียบเทียบกับเมื่อมีกิจกรรมอันก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยในบริเวณนั้น 2). การใช้สิ่งมีชีวิตเป็นตัวบ่งชี้สภาวะเป็นพิษจากสารมลพิษในแหล่งน้ำและ 3). การประเมินผลกระทบของสารพิษ การใช้พื้นที่และ การใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำต่อระบบนิเวศ ซึ่งวิธีการในการประเมินผลกระทบดังกล่าวมีความจำเป็นที่จะต้องทราบองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ต้องมีความรู้ในการจัดจำแนกสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดในบริเวณที่ศึกษา (Norris and Norris, 1995)

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.เพื่อศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพในระดับfamilyของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน
2. เพื่อศึกษาการนำสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน มาใช้เป็นดัชนีชีวภาพที่เหมาะสมร่วมกับดัชนีคุณภาพน้ำจากคุณภาพน้ำ มาใช้ประโยชน์เป็นดัชนีพื้นฐานมาประเมินผลกระทบจากกิจกรรมมนุษย์ต่อคุณภาพน้ำในแม่น้ำปิง

วัสดุอุปกรณ์ และวิธีการ

1. พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาในแม่น้ำปิงในพื้นที่อำเภอ แม่แตง สันทราย และแมริม จังหวัดเชียงใหม่ ตั้งอยู่ $18^{\circ} 55'$ เหนือ ถึง $19^{\circ} 49'$ เหนือ และ $98^{\circ} 55'$ ตะวันออก ถึง $99^{\circ} 00'$ ตะวันออก ที่รองรับน้ำจากกิจกรรมของชุมชน และ พื้นที่ทำการเกษตรและอุตสาหกรรมในพื้นที่ที่อยู่ริมฝั่ง กำหนดจุดศึกษาจำนวน 7 จุดศึกษาตามกิจกรรมที่มีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในแม่น้ำปิงดัง Figure 1

2. การเก็บตัวอย่าง

2.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 7 จุด และทำการเก็บตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์เดือนละ 1 ครั้ง เป็นเวลานาน 6 เดือน ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2545 ถึงเดือนมกราคม 2546 เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

2.2 การเก็บตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน (macroinvertebrates)

เก็บตัวอย่าง macroinvertebrates หลังจากปล่อยวัตถุล่อแบบ Basket Artificial substrate samplers แล้ว 1 เดือน จุดศึกษาละ 3 ซ้ำ เก็บรักษาตัวอย่างใน สารละลาย Alcohol 70% แล้วนำมาจำแนกทางอนุกรมวิธานถึงระดับfamily

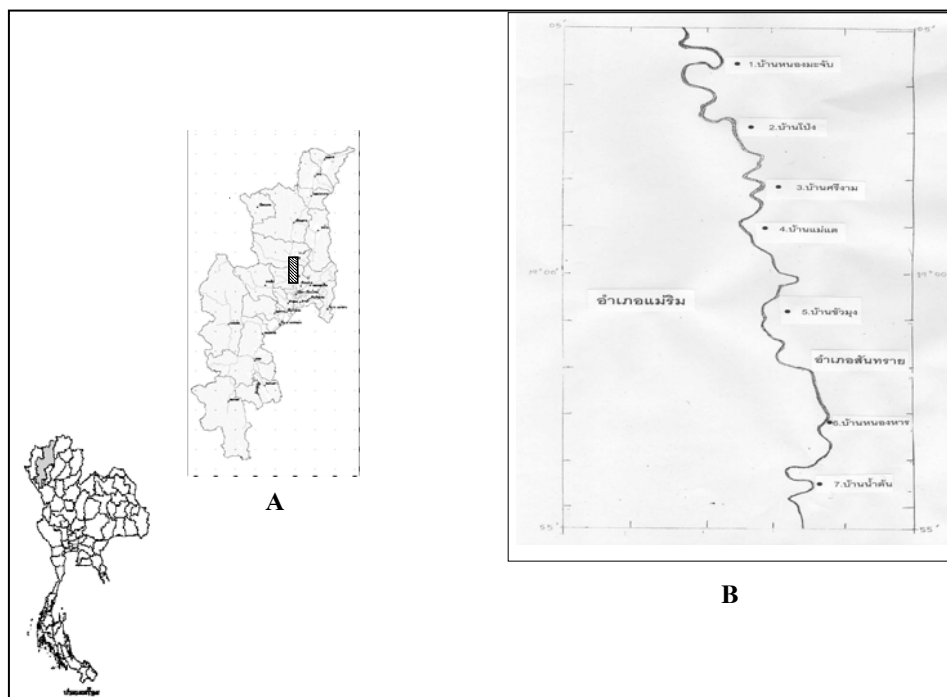


Figure 1 Map of the upper Ping River watershed(A) and location of 6 sampling sites(B)

3. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

3.1 วิเคราะห์คุณภาพน้ำในสนามได้แก่ อุณหภูมิน้ำ(TEMP)และอากาศ pH ใช้ pH meter ค่า Conductivity และ Total dissolved solid ใช้ conductivity meter

3.2 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการตาม APHA, AWWA, WFCF (1992) ได้แก่ Alkalinity (Phenolphthalein Methyl Orange Indicator), Dissolved oxygen (DO; Azide modification Method), Biochemical Oxygen Demand (BOD₅) ที่ อุณหภูมิ 20 °C เวลา 5 วัน แล้ว titrate หา Dissolved Oxygen ด้วยวิธี Azide Modified Method ค่า Turbidity (TUR) ใช้ turbidimeter ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS, Total solids) ใช้อบแห้งที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส นาน 24 โมง ซึ่งน้ำหนักตะกอนที่เหลือ ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (FCB; Fecal coliform bacteria) โดยวิธี Multiple – tube Fermentation Technique

3.3 สารอาหารใช้ spectrophotometer (HACH DR/2000) วิเคราะห์ไนเตรท-ไนโตรเจน(NO₃) โดยวิธี Cadmium Reduction Method แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH₃) โดยวิธี Nessler Method ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส(PO₄) วิธี Ascorbic acid method

3.4 เก็บตัวอย่างดินตะกอน นำไปวิเคราะห์หาปริมาณ สารกลุ่มออร์แกนิกฟอสเฟต G-C test

4. การประเมินคุณภาพน้ำ

4.1 การประเมินดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (General Water Quality Index ; WQI) จากคุณภาพน้ำที่ตรวจสอบ 9 ตัวแปร ตาม ชนิทท์(2545) จาก

$$WQI = n \sqrt{[TEMP][pH][DO][BOD][FCB][NO_3][PO_4][TUR][TS]}$$

4.2 การประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพ

ให้ค่าคะแนนตามระบบ Biological Monitoring Working Party (BMWP) Score / Average Score Per Taxon (ASPT), (Hillawell, 1978) FBI (Hilsenhoff, 1988) และ SIGNAL (Chessmen, 1983) แก่สัตว์ในระดับ family ที่จำแนกได้

5.1 ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำ และดัชนีที่ใช้ประเมินคุณภาพน้ำ

หาความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำ ค่าดัชนีคุณภาพน้ำ(WQI) ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางชีวภาพ(BMWP, ASPT, SIGNAL และ FBI score) โดยใช้ Pearson product moment correlation โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

5.2 นำชนิดของ Pesticides residues กับ ชนิดของสิ่งมีชีวิตในน้ำทั้งหมด มาหาค่า Pesticides Toxicity Index (PTI) ของแต่ละจุดศึกษาตาม Munn & Gilliom (2001)

ผลการศึกษาวิจัยและบทวิจารณ์

1. ผลการศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมีและจุลินทรีย์

ผลการศึกษา พบว่า คุณภาพน้ำ อุณหภูมิ น้ำ มีค่า 24.22 ± 0.50 °C ความขุ่น มีค่า 223.07 ± 43.44 NTU ปริมาณของแข็งทั้งหมด มีค่า 219.89 ± 29.12 mg/L ความนำไฟฟ้า มีค่า 166.25 ± 1.65 μ S/cm ความเป็นด่าง มีค่า 79.910 ± 2.796 mg/L ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ มีค่า

6.88±0.90 mg/L ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) มีค่า 7.16 ± 0.02 ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ มีค่า 78.73±1.69 ppm. Biochemical Oxygen Demand มีค่า 0.623 ± 0.059 mg/L ปริมาณไนเตรท มีค่า 0.0452±0.0801 mg/L ปริมาณฟอสฟอรัส มีค่า 0.274 ± 0.012 mg/L ปริมาณแอมโมเนีย มีค่า 0.032 ± 0.014 mg/L มีค่าสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Chaibu(2000) และ Chaibu *et al.*(2002) และปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มมีค่า 125.920 ± 20.200 MPN/100ml และ เมื่อใช้ดัชนีคุณภาพน้ำเป็นเกณฑ์ในการแบ่งชั้นคุณภาพน้ำ พบว่า ในฤดูฝนทุกจุดการศึกษาคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์พอใช้ โดยที่จุดที่ 1,2,3,4,5,6, และ 7 มีคะแนนเฉลี่ยคือ 54.75, 56.02 , 53.64 , 54.92 ,54.15 , 55.98 , 56.9 คะแนน ตามลำดับ และในฤดูแล้งทุกจุดการ

Table 1 Some water quality of Ping river sampling sites from August, 2002 to January, 2003

Water quality (Mean±SE)	Sampling sites						
	1	2	3	4	5	6	7
Temperature(° C)	24.91 ± 0.64	25.25±0.51	25.18±0.63	24.88±0.78	24.58±0.87	24.50±0.83	24.25±0.92
Turbidity(NTU)	230.83±109.01	231.56±139.80	301.58±183.01	280.52±181.82	206.13±94.04	187.10±74.70	152.18±56.54
Total solids(mg/L)	215.25 ±77.86	224.24 ±92.73	330.31 ±123.54	236.98 ±90.02	244.92 ±97.00	228.55 ±69.05	219.6 ±59.58
Conductivity(us/Cm)	144.33 ±26.05	173.33±5.577	165.00±5.00	160.00±5.16	161.67±4.08	170.00±2.58	176.67±3.33
Alkalinity(mg/L)	82.92±2.91	72.47±12.68	84.30±3.18	85.60±1.99	83.30±2.48	72.61±12.91	87.83±2.36
DO(mg/L)	6.92 ±0.28	7.07±0.40	6.92±0.33	6.93±0.24	6.73±0.17	6.70±0.24	6.95±0.23
pH	7.18±0.037	7.17±0.042	7.00±0.086	7.10±0.058	7.20±0.058	7.23±0.033	7.25±0.092
TDS (ppm)	81.67±3.07	83.33±3.33	78.33±1.67	76.67±2.11	80.00±0.00	81.67±1.67	85.00±2.24
BOD(mg/L)	0.30±0.045	0.28±0.040	1.25±0.043	0.45±0.076	0.73±0.169	0.77±0.184	0.62±0.125
NO ₃ (mg/L)	0.058±0.039	0.021±0.032	0.065±0.102	0.097±0.159	0.045±0.053	0.018±0.021	0.0440±0.055
PO ₄ (mg/L)	0.301±0.158	0.247±0.148	0.296±0.154	0.266±0.163	0.270±0.163	0.309±0.172	0.277±0.169
NH ₃ (mg/L)	0.042±0.016	0.029±0.013	0.025±0.016	0.028±0.008	0.033±0.010	0.043±0.010	0.032±0.012
FCB (MPN/100ml.)	254.33±108.24	53.00±20.81	104.33±31.87	112.67±65.41	191.00±49.00	84.76±40.34	112.00±19.00

ศึกษามีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ดี โดยจุดที่ 1,2,3,4,5,6, และ 7 มีคะแนนเฉลี่ย 79.58 ,83.33 , 79.15 ,81.14 ,78.23 ,78.94 และ 78.47 คะแนน ตามลำดับ โดยคุณภาพน้ำทั่วไปอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 2 แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน การอนุรักษ์สัตว์น้ำ การประมง และการว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ (กองจัดการคุณภาพน้ำ, 2538) เช่นเดียวกับผลการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำในแม่น้ำปิงของ Kunpradid และ Peerapornpisal (2003) แบบ oligo-mesotrophic state ที่ใช้สารอาหารในน้ำ เป็นเกณฑ์พื้นฐาน

2. การศึกษาความหลากหลายสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน

จากการศึกษาสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินทั้งสิ้น 1,174 ตัว จำแนกเป็น 3 phylum (Arthropoda, Mollusca, และ Annelida) 11 order 32 family จำแนกได้เป็น Phylum Arthropoda 9 order 29 family Phylum Mollusca 1 order 2 family และ Phylum Annelida 1 order 1 family แสดงดัง Table 2 โดยพบตัวอ่อน aquatic Insect จำนวน 25 family คิดเป็น

68.057 % ชนิดอื่น 31.94% (Figure 2) แสดงเปอร์เซ็นต์ในแต่ละ family ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่พบทั้งหมด family ที่พบมากที่สุดตลอดการศึกษาได้แก่ family Hydropsychidae ซึ่งอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำที่มีคุณภาพดีมากจนถึงคุณภาพดี โดยพบถึง 27 family ที่พบสอดคล้องกับการศึกษาของ Mustow (1999) ในแม่น้ำปิง เมื่อพิจารณาเป็นฤดูพบว่าในฤดูหนาวพบจำนวนตัวของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินมากกว่าในฤดูฝน ในฤดูหนาวพบสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังทั้งหมด 687 ตัว จำแนกได้เป็น 2 Phylum (Arthropoda และ Mollusca) 10 order 27 family family ที่พบมากที่สุดได้แก่ Hydropsychidae รองลงมาเป็น family Baetidae ในฤดูฝนพบสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังทั้งหมด 487 ตัว จำแนกได้เป็น 3 Phylum (Arthropoda, Mollusca และ Annelida) 9 order 25 family family ที่พบจำนวนมากที่สุดได้แก่ Viviparidae รองลงมาได้แก่ family Hydropsychidae

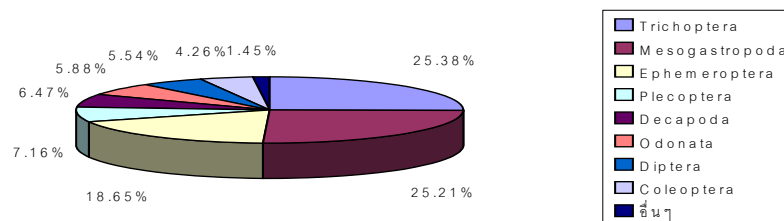


Figure 2 Percentage of Macroinvertebrates Taxa composition in sampling sites

3. การประเมินคุณภาพน้ำจากดัชนีชีวภาพ

จากการให้คะแนนกับสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินเพื่อนำมาประเมินคุณภาพน้ำ โดยใช้ค่าคะแนน 4 ระบบคือ BMWP (16 taxa), ASPT (16 taxa), SIGNAL (13 taxa) และ FBI (14 taxa) มีค่าคะแนนดัง Table 1 และผลการใช้ดัชนีชีวภาพทั้ง 4 ระบบในการประเมินคุณภาพน้ำดัง Table 3 โดย ระบบ BMWP/ASPT ให้ผลที่ตรงกันว่า น้ำในแม่น้ำปิงทั้ง 7 จุดมีคุณภาพดีมาก ๆ ส่วนระบบ SIGNAL ให้ค่าคะแนนคุณภาพน้ำสะอาดมาก ไม่มีมลพิษปนอยู่เลย (จุดที่ 1, 4 และ 6) และน้ำสะอาดมีมลพิษปนอยู่เล็กน้อย (จุดที่ 2, 3, 5 และ 7) และระบบ FBI พบว่าคุณภาพน้ำดีมาก ๆ

ไม่มีอินทรีย์สารปนอยู่เลย (จุดที่ 2,4,5 และ 6) และคุณภาพน้ำดีมากอาจมีอินทรีย์สารปนอยู่บ้างเล็กน้อย (จุดที่ 1,3 และ 7) ทุกระบบให้ผลที่ตรงกันว่าจุดที่ 4 และ 6 มีคุณภาพน้ำดีที่สุดดังใน Table 3 โดยจาก Table 2 พบว่า

กลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่ระบุค่าคะแนนของระบบ BMWP (16 taxa) , ASPT (16 taxa) , SIGNAL (13 taxa) และ FBI (14 taxa) ได้เพียง 20 taxa จากทั้งหมด 32 taxa เช่นเดียวกับการศึกษาของ อลงกรณ์ (2539); Sannarn (1993); นฤมล (2542) ที่ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อกำหนดค่าคะแนนให้กับกลุ่มสัตว์ไม่มีสันหลังหน้าดินและใช้อ้างอิงในแหล่งน้ำอื่นของไทยได้

Table 2 Indices scores based on macroinvertebrates of Ping river sampling sites from August, 2002 to January, 2003

Scoring System	Sampling sites							Water quality class
	1	2	3	4	5	6	7	
BMWP	74	93	76	74	76	64	39	51-80=ค่าดัชนี 4 =คุณภาพดี 25-50=ค่าดัชนี 3=คุณภาพปานกลาง
ASPT	7.40	6.64	6.91	6.73	6.91	8.00	6.5	>5 = คุณภาพน้ำดีมาก ๆ
SIGNAL	6.00	5.70	5.63	6.00	5.78	6.83	5.80	>6=น้ำสะอาดมาก 5-6=น้ำสะอาด
FBI	4.19	2.47	3.88	3.75	3.48	3.69	4.05	0-3.75=คุณภาพน้ำดีมาก ๆ ไม่มี สารอินทรีย์ปนอยู่เลย 3.76-4.25=คุณภาพน้ำดีมาก อาจมี สารอินทรีย์ปนอยู่บ้างเล็กน้อย
WQI	67.17	69.68	66.39	68.03	66.19	67.46	67.68	50-70=คุณภาพน้ำพอใช้

4. ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำ ดัชนีคุณภาพน้ำ และดัชนีชีวภาพ

ไม่พบปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่ม organophosphate ในดินตะกอน ทำให้ไม่สามารถศึกษา Pesticides Toxicity Index (PTI) ได้

ค่า WQI และ ค่าดัชนีชีวภาพ (BMWP และ ASPT score) มีสหสัมพันธ์กับ Turbidity, Total solids, PO₄ อย่างมีนัยสำคัญดัง Table 4 โดยดัชนีชีวภาพ BMWP และ ASPT score มีสหสัมพันธ์เชิงลบต่อ Turbidity, Total solids และ PO₄ อย่างมีนัยสำคัญ แตกต่างจากการศึกษาของ Pinder (2000) ที่พบว่า BMWP มีสหสัมพันธ์เชิงลบกับ BOD และ ASPT score มีสหสัมพันธ์กับค่า dissolved organic carbon ในแหล่งน้ำเขตร้อน แต่อย่างไรก็ตามค่าดัชนีชีวภาพระบบ BMWP และ ASPT score ของการศึกษครั้งนี้มีประสิทธิภาพในการประเมินคุณภาพน้ำของแม่น้ำปิงได้ เช่นเดียวกับการทดสอบดัชนีชีวภาพของ Thorn และ Williams (1997); Sannarn (1993) และ Mustow (1997) ที่เก็บตัวอย่างด้วย Kick-sampling และ Pond net ในแม่น้ำปิงและลำน้ำสาขา และสอดคล้องกับการศึกษาของ อลงกรณ์ (2539) ที่ใช้ประเมินคุณภาพน้ำในลำธาร ในพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์ และนอกจากนี้พบว่าค่า SIGNAL และ FBI scores ไม่มีสหสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำ และค่า WQI, BMWP, และ ASPT อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งดัชนี WQI, BMWP, และ ASPT มีสหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญ

Table 3 Correlation coefficient between water quality, water quality index and four biotic scores of Ping river sampling sites from August, 2002 to January, 2003

Index	Turbidity(NTU)	Total Solids (mg/l)	NO ₃ (ppm)	PO ₄ (ppm)	WQI
WQI	-0.971** p=0.000	-0.832** p=0.000	-0.522** p=0.001	-0.964** p=0.000	
BMWP	-0.559** p=0.000	-0.546** p=0.001	-0.333 ^{ns} p=0.051	-0.546** p=0.001	0.491** p=0.003
ASPT	-0.669** p=0.000	-0.632** p=0.000	-0.312 ^{ns} p=0.068	-0.642** p=0.000	-0.693** p=0.000
SIGNAL	-0.132 ^{ns} p=0.451	-0.144 ^{ns} p=0.408	0.208 ^{ns} p=0.231	-0.077 ^{ns} p=0.662	0.112 ^{ns} p=0.522
FBI	0.234 ^{ns} p=0.176	0.198 ^{ns} p=0.253	0.283 ^{ns} p=0.099	-0.169 ^{ns} p=0.551	-0.252 ^{ns} p=0.146
ns=no statistical significant difference ; ** =statistical significant difference					

สรุป

1.คุณภาพน้ำทุกจุดศึกษาอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 2 คือ

อุณหภูมิมีค่า 24.23 ± 0.51 °C ความขุ่น มีค่า 223.08 ± 43.44 NTU ปริมาณของแข็งทั้งหมด มีค่า 219.89 ± 29.12 mg/L ความนำไฟฟ้า มีค่า 166.25 ± 1.65 μ s/cm ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ มีค่า 78.73 ± 1.69 ppm. ความเป็นด่าง มีค่า 79.91 ± 2.79 mg/L ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ มีค่า 6.88 ± 0.90 mg/L ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ มีค่า 7.16 ± 0.02 BOD₅ มีค่า 0.62 ± 0.06 mg/L L ปริมาณไนเตรท มีค่า 0.045 ± 0.080 mg/L ปริมาณฟอสฟอรัส มีค่า 0.274 ± 0.012 mg/L ปริมาณแอมโมเนีย มีค่า 0.032 ± 0.014 mg/L และ ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มมีค่า 125.92 ± 20.20 MPN/100ml เมื่อใช้ดัชนีคุณภาพน้ำเป็นเกณฑ์ในการแบ่งชั้นคุณภาพน้ำ พบว่า ในฤดูฝนทุกจุดการศึกษาคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์พอใช้ และในฤดูแล้งทุกจุดการศึกษาคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ดี

2. สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินทั้งหมดที่พบ 3 Phylum 11 order 32 family จำนวน 1,174 ตัว จำแนกเป็น Phylum Arthropoda 9 order 29 family Phylum Mollusca 1 order 2 family และ Phylum Annelida 1 order 1 family

3. ค่าดัชนีชีวภาพในระบบ BMWP/ASPT จัดคุณภาพน้ำแม่น้ำปิงในเกณฑ์ดีมาก ๆ ระบบ SIGNAL คุณภาพน้ำแม่น้ำปิงอยู่ในเกณฑ์น้ำสะอาดและสะอาดมากและระบบFBIคุณภาพน้ำดีมากและดีมาก ๆ

4. ค่า WQI และ ค่าดัชนีชีวภาพ (BMWP และASPT score) มีสหสัมพันธ์เชิงลบกับ Turbidity, Total solids, PO₄ อย่างมีนัยสำคัญ ค่าดัชนี WQI, BMWP, และ ASPT มีสหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญจากผลการศึกษาพบว่า WQI และ ดัชนีชีวภาพ ระบบ BMWP_{Thai} , ASPT score มีศักยภาพในการใช้ประเมินคุณภาพน้ำในแม่น้ำอื่นได้ดีเช่นเดียวกับการศึกษาแม่น้ำปิง

คำขอบคุณ

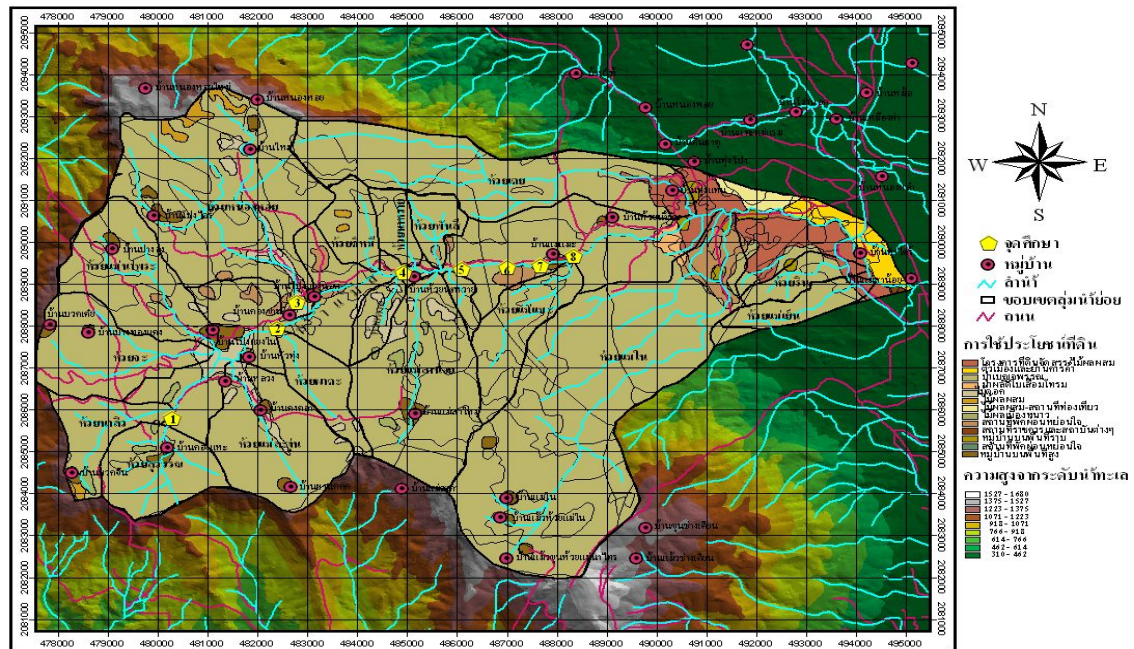
งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยการใช้สิ่งมีชีวิตในน้ำบางชนิดติดตามตรวจสอบสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในแม่น้ำปิง จังหวัดเชียงใหม่ TRG4580035 ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- ชนินทร์ ทองธรรมชาติ . 2540 . ดัชนีคุณภาพน้ำ .วารสาร ค.พ. 2 (1) : 8 น .
- นฤมล แสงประดับ.2542. การใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในการบ่งชี้คุณภาพน้ำ. ภาควิชาชีววิทยา. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น , ขอนแก่น. 27น .
- อลงกรณ์ ผาผิง. 2539. ดัชนีชีวภาพในการประเมินคุณภาพ แหล่งน้ำ. ปัญหาพิเศษ ภาควิชาชีววิทยา. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น , ขอนแก่น.
- APHA,AWWA,WFCF.1992.Standard Method for The Examination of Water and Wastwater, 18thed. Washington DC:American Health Association
- Chaibu P. 2000. Potential Use of Trichoptera as Water Pollution Biomonitoring inPing River Chiang Mai. Ph.D. Thesis. Chiang Mai University. .
- Chaibu P, Chantaramongkol P, Malicky H. 2002. The caddisflies(Trichoptera) of the River Ping Northern Thailand, with particular reference to domestic pollution (Studies on Trichoptera in Thailand,Nr.31). Nova Suppl. Ent. 15.
- Collier K J. 1995. Environmental factors affecting the taxonomic composition of aquatic macroinvertebrate communities in lowland waterways of Northland, New Zealand. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research. 29: 453-465.
- Hellawell J M. 1986.Biological indicators of freshwater pollution and environment management. Elsevier Applied Science Publishers, London.
- Inmoung Y. 1997. Distribution of Benthic macroinvertebrates fauna in northeast Thailand: the variation of fauna assemblages due to environmental changes. Ph.D. Desertation. University of Tasmania, Hobart.
- Kunpradid, K. and Y. Peerapornpisal. 2003. Water quality monitoring for Ping river in 2001-2002. Abstract international conference on water resources management for safe drinking water. 25-29 March 2003. Chiang Mai. Thailand.
- Maketon M., R. Kittiworachet , C. Somsisi and T. Ngamprayad. Benthic Fauna and quality in Chao Phaya Rivier , Thiland (online) :เข้าถึงได้จาก <http://www.co.th/search?q=cache:QdIWXPcHhCQC:STD.C/Monchan.pdf+Monchan++Maketon&hl=UTF-8&inlang=t 20/3/46>
- Mustow S. E. 1997. Aquatic macroinvertebrates and environmental quality of Rivers in northern Thailand. Ph.D. thesis, London University. 391 p.
- Norris R H, Norris K. R.1995.The need for biological assessment of water quality: Australian perspective. Australian Journal of Ecology. 20: 1-6.

- Pinder L. C. V., Morley D. J. 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.
- Sannarm G. 1993. Biology surveillance using macroinvertebrates communities of the quality of the Mae Kwang river the northern region industrial estate. Master's thesis, Chiang Mai University, Chiang Mai.
- Thaweeburus P. 1994. Biomonitoring Techniques to Assess Water Loss at the Old Mae Ping Dam and Water Quality of Mae Ping River. Master's thesis, Chiang Mai University, Chiang Mai.
- Thorne R.St.J., and Williams W.P. 1997. The response of benthic macroinvertebrates to pollution in developing country: a multimetric system of bioassessment. *Fresh Biol*, 37, 671-686.
-

6.2 การติดตามตรวจสอบผลกระทบการใช้สารกำจัดศัตรูพืชในลำน้ำแม่สาโดยการใช้สัตว์หน้าดิน เป็นดัชนีชีวภาพในการประเมินสถานภาพและการตรวจสอบค่า Acetylcholinesterase activity (AChE) ในสัตว์น้ำบางชนิด



ภาพ 1 ลักษณะทางภูมิศาสตร์และการใช้ประโยชน์ที่ดินของลุ่มน้ำแม่สา ต.แม่แรม อ.แมริม จ. เชียงใหม่

วิธีการศึกษา

1.เก็บตัวอย่างน้ำ ดินตะกอน และสิ่งมีชีวิตในแม่น้ำที่ผ่านกิจกรรมเกษตรต่างกัน คือ สวนลำไย นา ข้าว เป็นต้น จำนวน 8 จุดศึกษา ฤดูกาลละครั้งเพื่อหา Pesticides residues ในน้ำ และดินตะกอน ด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟี คุณภาพน้ำที่ตรวจวัด ได้แก่ pH ใช้ pH meter, Temperature, conductivity และ total dissolved solid ใช้ conductivity meter, Turbidity ใช้ turbidimeter , DO และ BOD5 ด้วย azide modification method, Alkalinity ใช้ Phenolphthalein methyl orange indicator titration, Nitrate-N, Ammonia-N และ Orthophosphate-Phosphorus ใช้ spectrophotometer

2.การเก็บตัวอย่างสัตว์หน้าดิน

เก็บตัวอย่างทั้งสามฤดูกาลละ 1 ครั้งคือ ช่วง ฤดูหนาว (ธันวาคม 2546) ฤดูร้อน(มีนาคม 2547)และฤดูฝน (กรกฎาคม 2547) โดยในแม่น้ำแม่สาที่มีความลึกน้อยกว่า50 ซม. ใช้ Surber Sampler ขนาด 30x30 เซนติเมตร ขนาด 200ไมครอน และแหล่งน้ำที่มีความลึกมากกว่า 50 ซม. ใช้ Ekman Grab หรืออาจใช้ Artificial substrate กรณีไม่สามารถเก็บตัวอย่างด้วยสองวิธีข้างต้นได้ใน บางฤดูกาล และใช้ปากคีบ (forcep) ในการเก็บตัวอย่างสัตว์จะเก็บทวนกระแสน้ำเพื่อไม่ให้รบกวนที่

อยู่ของสัตว์สำหรับตัวอย่างที่เก็บได้ ทำการแยกสัตว์ออกจากกรวด หิน และเศษใบไม้ต่างๆ ดองในขวดและถุงที่บรรจุแอลกอฮอล์ 70% เพื่อนำมาทำการจำแนก และตรวจเอกลักษณ์ต่อไป ในห้องปฏิบัติการคณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

2.1 การวิเคราะห์ตัวอย่างสัตว์หน้าดิน

นำตัวอย่างสัตว์ที่เก็บได้และดองไว้ในแอลกอฮอล์ 70% มาจำแนกถึง อย่างน้อยระดับวงศ์ และให้ถึงระดับสกุล (genus) หรือชนิดพันธุ์ (species) เท่าที่เป็นไปได้ โดยมีเอกสารที่ใช้ประกอบการศึกษา ดังนี้ ประจวบ (2525), สุชาติและคณะ(2543), Brandt (1974), Ismail (1992), Morse และคณะ(1994) Merritt และ Cummins (1984) Pennak (1978) Wiggins (1996), William และ Felmate(1992) และคู่มืออื่นที่เกี่ยวข้อง

การใช้สัตว์หน้าดินเป็นดัชนีชีวภาพในการประเมินสถานภาพของแม่น้ำแม่สา สาขาของแม่น้ำปิง ใช้การทดสอบการให้ค่าคะแนนตามระบบการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพตาม Biotic Score อื่น เช่น ให้ค่าคะแนนตามระบบ Biotic Index of Thai Freshwater invertebrates (Mustow และ Sannarm,2540), Biological Monitoring Working Party (BMWP) Score / Average Score Per Taxon (ASPT) (Hellawell, 1978) FBI (Hilsenhoff, 1988) และ SIGNAL (Chessmen, 1983) แก่สัตว์ในระดับวงศ์ที่จำแนกได้ของแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

หารูปแบบความสัมพันธ์ของดัชนีคุณภาพน้ำ(WQI) กับ ดัชนีชีวภาพต่างๆ ของแต่ละกลุ่มสิ่งมีชีวิตทั้งหมด

ผลการศึกษา

จากการศึกษาไม่พบ Pesticides residues ของกลุ่ม organophosphate ในน้ำ และดินตะกอน ด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟี ของทุกจุดศึกษา

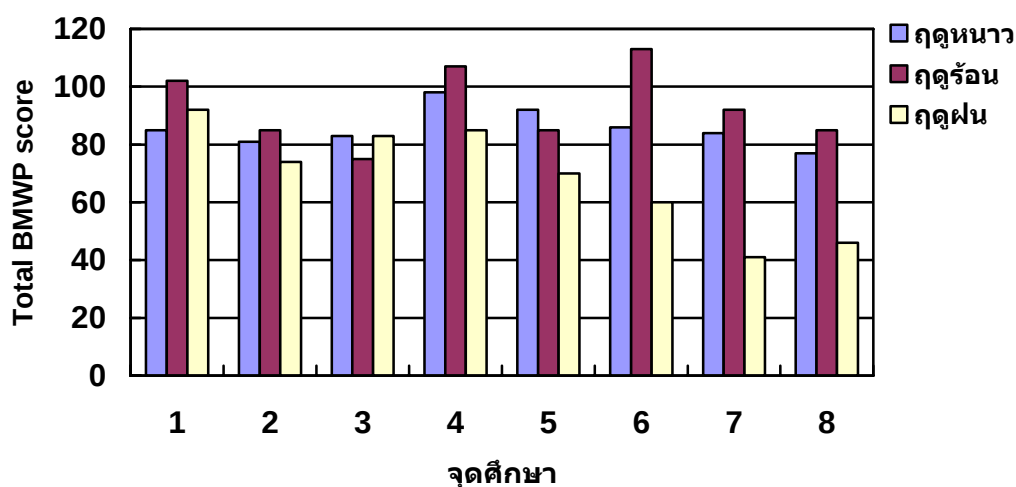
ทำให้ต้องใช้เฉพาะค่าคะแนนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่ได้จำแนกถึงระดับวงศ์ (family)ในแต่ละจุดศึกษาของทั้ง 3 จุด ตามระบบการให้คะแนนของ Biomonitoring working Party (BMWP) score ของ Mustow (2000) และรวมคะแนนที่ได้เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยโดยการหารด้วยจำนวนวงศ์ที่มีคะแนนตามระบบดังกล่าวจนได้ค่าคะแนน Average Score Per Taxa (ASPT) score สำหรับการประเมินสถานภาพคุณภาพน้ำของลำน้ำแม่สา นั้นได้ผลดังนี้

การหาผลรวมของค่าคะแนน BMWP score จากการให้คะแนนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่ได้จำแนกถึงระดับวงศ์ (family)ในลำน้ำแม่สาพบว่า จุดร้อนมีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือ 93 คะแนน และมีจำนวนวงศ์ที่มีคะแนนตามระบบดังกล่าวเฉลี่ยเท่ากับ 15.88 วงศ์ รองลงมาคือจุดหนาว มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 85.75 คะแนน และมีจำนวนวงศ์เฉลี่ยของแต่ละจุดศึกษาเท่ากับ 12.25 วงศ์ ส่วนจุดฝนมีค่าคะแนนเฉลี่ยของแต่ละจุดศึกษาต่ำสุด คือ 68.88 คะแนน และมีจำนวนวงศ์ที่มีคะแนนตามระบบดังกล่าวเฉลี่ยของแต่ละจุดศึกษาเท่ากับ 14.75 วงศ์ ขณะที่ จุด

ศึกษาที่ 1 – 8 มีค่าผลรวมคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 93 80 80.33 96.67 82.33 86.33 72.33 และ 69.33 ตามลำดับ โดยมีจำนวนวงศ์ที่มีคะแนนตามระบบดังกล่าวเฉลี่ยเท่ากับ 15.67 12.67 14.33 17 13 15 12 และ 14.67 วงศ์ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในแต่ละจุดศึกษาของแต่ละฤดูได้ผลดังนี้

ในฤดูหนาวมีผลรวมของค่าคะแนน BMWP score อยู่ระหว่าง 77 – 98 คะแนน โดยจุดศึกษาที่มีค่าคะแนนสูงสุด คือ จุดศึกษาที่ 4 และ 5 โดยมีค่าคะแนนเท่ากับ 98 และ 92 ตามลำดับ รองลงมาคือจุดศึกษาที่ 1 2 3 6 และ 7 ที่มีค่าคะแนนใกล้เคียงกัน คือ 85 81 83 86 และ 84 คะแนน ตามลำดับ ส่วนจุดศึกษาที่ 8 มีค่าคะแนนต่ำสุด คือ 77 คะแนน ซึ่งสอดคล้องกับจำนวนวงศ์ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่มีค่าคะแนนตามระบบ BMWP score ของแต่ละจุดศึกษา โดยจุดศึกษาที่ 4 และ 5 มีจำนวนวงศ์สูงสุด คือ 14 และ 13 วงศ์ ตามลำดับ ขณะที่จุดศึกษาที่ 1 มีจำนวนวงศ์ เท่ากับ 11 วงศ์ และ จุดศึกษาที่ 2 3 6 7 และ 8 มีจำนวนวงศ์เท่ากัน คือ 12 วงศ์ ตามลำดับ

ในฤดูร้อนมีผลรวมของค่าคะแนน BMWP score อยู่ระหว่าง 75 – 113 คะแนน โดยจุดศึกษาที่มีค่าคะแนนสูงสุด คือ จุดศึกษาที่ 6 โดยมีค่าคะแนนเท่ากับ 113 รองลงมาคือจุดศึกษาที่ 1 และ 4 ที่มีค่าคะแนนใกล้เคียงกัน คือ 102 และ 107 คะแนน ตามลำดับ และจุดศึกษาที่ 2 5 7 และ 8 มีค่าคะแนนใกล้เคียงกัน คือ 85 85 92 และ 85 คะแนน ตามลำดับ และจุดศึกษา 3 มีค่าคะแนนต่ำสุด คือ 75 คะแนน ขณะที่จำนวนวงศ์ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่มีค่าคะแนนตามระบบ BMWP score ของแต่ละจุดศึกษา มีค่าดังนี้ คือ จุดศึกษาที่ 1 มีจำนวนวงศ์สูงสุด คือ 22 วงศ์ รองลงมาคือจุดศึกษาที่ 6 4 และ 7 มีจำนวนวงศ์ เท่ากับ 18 17 และ 16 วงศ์ ตามลำดับ และ จุดศึกษาที่ 2 5 และ 8 มีจำนวนวงศ์เท่ากัน คือ 14 วงศ์ ส่วนจุดศึกษาที่ 3 มีจำนวนวงศ์ต่ำสุด คือ 12 วงศ์



ภาพ 2 ผลรวมของค่าคะแนน Biomonitoring working Party (BMWP) score ของจุดศึกษาที่ 1 - 8 ในฤดูหนาว ฤดูร้อน และฤดูฝน ของลำน้ำแม่สา ต.แม่แรม อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่

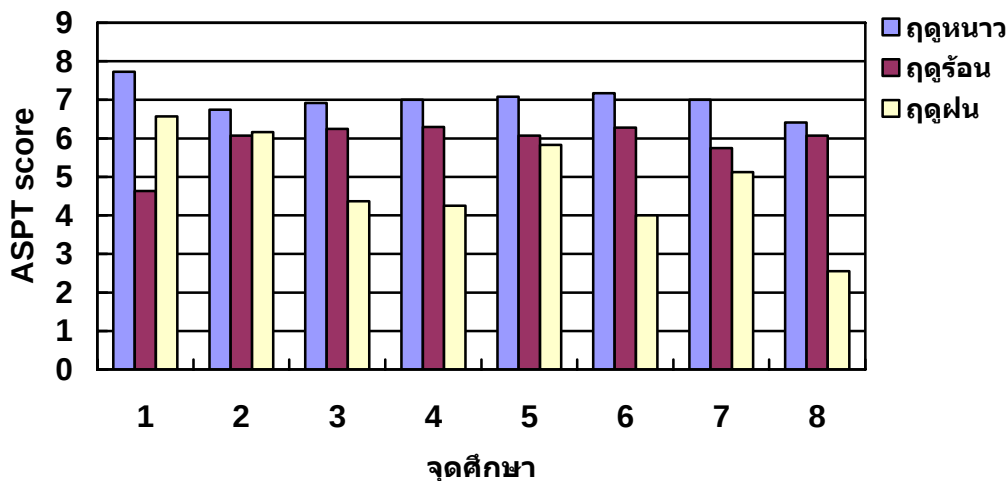
ในฤดูฝนมีผลรวมของค่าคะแนน BMWP score อยู่ระหว่าง 41 – 92 คะแนน โดยจุดศึกษาที่มีค่าคะแนนสูงสุด คือ จุดศึกษาที่ 1 โดยมีค่าคะแนนเท่ากับ 92 มีจำนวนวงศ์ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังน้ำดินที่มีค่าคะแนนตามระบบ BMWP score เท่ากับ 14 วงศ์ รองลงมาคือ จุดศึกษาที่ 3 และ 4 ที่มีค่าคะแนนเท่ากับ 83 และ 85 คะแนน มีจำนวนวงศ์ 19 และ 20 วงศ์ ตามลำดับ จุดศึกษาที่ 2 และ 5 มีค่าคะแนน เท่ากับ 74 และ 70 คะแนน ตามลำดับ มีจำนวนวงศ์ 12 วงศ์ เท่ากัน และจุดศึกษาที่ 6 7 และ 8 มีค่าคะแนน เท่ากับ 60 41 และ 46 คะแนน มีจำนวนวงศ์ 15 8 และ 18 วงศ์ ตามลำดับ

เมื่อหาค่าเฉลี่ยของคะแนนดังกล่าวต่อวงศ์ที่มีคะแนนตามระบบ BMWP score คือ Average Score Per Taxa (ASPT) score พบว่าในฤดูหนาวมีระดับค่าคะแนน ASPT score เฉลี่ย สูงสุด คือ 7.006 คะแนน ซึ่งเป็นระดับคะแนนของชั้นคุณภาพน้ำที่ค่อนข้างสะอาด รองลงมาคือฤดูร้อนที่มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.928 คะแนน ซึ่งเป็นระดับคะแนนของชั้นคุณภาพน้ำปานกลาง และฤดูฝนมีค่าคะแนนเฉลี่ยต่ำสุดคือ 4.859 คะแนน จัดอยู่ในชั้นคุณภาพน้ำสกปรก ขณะที่ในจุดศึกษาต่าง ๆ ของลำน้ำแม่สามีค่าคะแนน ASPT score ดังนี้ จุดศึกษาที่ 1 2 และ 5 มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 6.311 6.329 และ 6.327 คะแนน ตามลำดับ จัดอยู่ในชั้นคุณภาพน้ำค่อนข้างสะอาด จุดศึกษาที่ 3 4 7 และ 8 มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.845 5.848 5.958 และ 5.015 คะแนนตามลำดับ จัดอยู่ในชั้นคุณภาพน้ำปานกลาง และจุดศึกษาที่ 6 มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.139 คะแนน จัดอยู่ในชั้นคุณภาพน้ำสกปรก เมื่อพิจารณาถึงค่าคะแนนของแต่ละจุดศึกษาในแต่ละฤดู ได้ผลดังนี้

ฤดูหนาว จุดศึกษาที่ 1 - 8 มีค่าคะแนน ASPT score เท่ากับ 7.727 6.75 6.917 7.077 7.167 7 และ 6.417 คะแนน ตามลำดับ จัดอยู่ในชั้นคุณภาพน้ำค่อนข้างสะอาด

ฤดูร้อน จุดศึกษาที่ 2 3 4 5 6 และ 8 มีค่าคะแนน ASPT score เท่ากับ 6.071 6.25 6.294 6.071 6.294 และ 6.071 คะแนน ตามลำดับ จัดอยู่ในชั้นคุณภาพน้ำค่อนข้างสะอาด จุดศึกษาที่ 7 มีค่าคะแนนเท่ากับ 5.75 คะแนน จัดอยู่ในชั้นคุณภาพน้ำปานกลาง ส่วนจุดศึกษาที่ 1 มีค่าคะแนน เท่ากับ 4.859 คะแนน จัดอยู่ในชั้นคุณภาพน้ำสกปรก

ฤดูฝน จุดศึกษาที่ 1 และ 2 มีค่าคะแนน ASPT score เท่ากับ 6.571 และ 6.167 คะแนน ตามลำดับ จัดอยู่ในชั้นคุณภาพน้ำค่อนข้างสะอาด จุดศึกษาที่ 5 และ 7 มีค่าคะแนน เท่ากับ 5.833 และ 5.125 คะแนน จัดอยู่ในชั้นคุณภาพน้ำปานกลาง ส่วนจุดศึกษาที่ 3 4 6 และ 8 มีค่าคะแนน เท่ากับ 4.368 4.25 4 และ 2.55 คะแนน จัดอยู่ในชั้นคุณภาพน้ำสกปรก



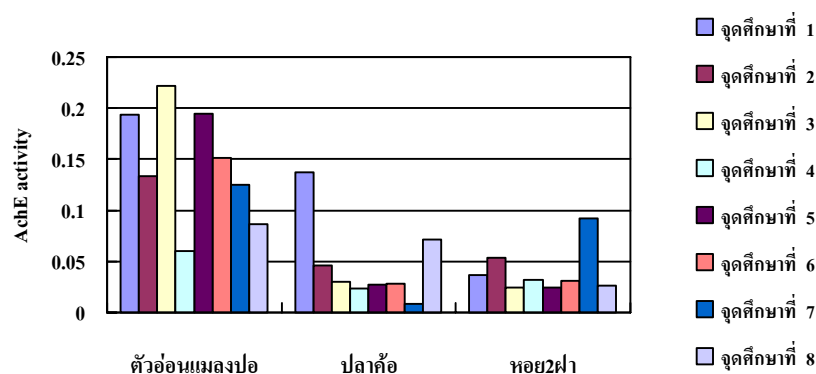
ภาพ 3 ผลรวมของค่าคะแนน Average Score Per Taxa (ASPT) score ของจุดศึกษาที่ 1 - 8 ในฤดูหนาว ฤดูร้อน และฤดูฝน ของลำน้ำแม่สา ต.แม่แรม อ.แมริม จ.เชียงใหม่

การติดตามตรวจสอบผลกระทบการใช้สารกำจัดศัตรูพืชในลำน้ำโดยการตรวจสอบค่า Acetylcholinesterase activity (AChE) ในสัตว์น้ำบางชนิด

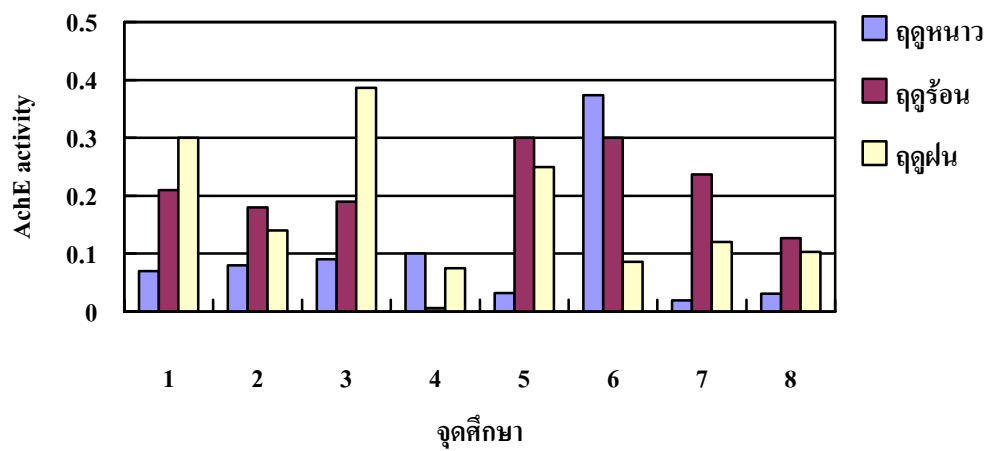
การตรวจ Acetylcholinesterase activity (AChE) ของสัตว์น้ำบางชนิด คือ ตัวอ่อน แมลงปอ ปลา ค้อ และหอย 2 ฝา พบว่า Acetylcholinesterase activity ในแต่ละฤดูมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยในฤดูร้อน Acetylcholinesterase activity ของตัวอ่อน แมลงปอมีค่าสูงสุด และไม่แตกต่างกับฤดูฝน ส่วนฤดูหนาวมีค่าต่ำสุด โดยมีค่าเท่ากับ 0.1974 0.1823 และ 0.0575 ตามลำดับ ขณะที่ Acetylcholinesterase activity ของปลา ค้อในแต่ละฤดูที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยในฤดูร้อนค่า Acetylcholinesterase activity ของพืชน้ำมีค่าสูงสุด และไม่แตกต่างกับฤดูหนาว ส่วนฤดูฝนมีค่าต่ำสุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 49.75 43.61 และ 28.96 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เช่นเดียวกับ Acetylcholinesterase activity ของหอยสองฝาในแต่ละฤดูที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยในฤดูหนาวค่า Acetylcholinesterase activity ของหอยสองฟามีค่าสูงสุด และมากกว่าฤดูหนาวที่ไม่แตกต่างกับฤดูฝน โดยมีค่าเท่ากับ 0.0897 0.156 และ 0.0155 ตามลำดับและเมื่อพิจารณาค่า Acetylcholinesterase activity ในแต่ละจุดศึกษา พบว่าค่า Acetylcholinesterase activity ของตัวอ่อน แมลงปอและปลา ค้อมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยค่า Acetylcholinesterase activity ของตัวอ่อนแมลงปอในจุดศึกษาที่ 3 มีค่าสูงสุด คือ 0.222 รองลงมา คือ จุดศึกษาที่ 1 2 5 6 7 และ 8 ที่มีค่าไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 0.1933 0.1333 0.1941 0.1511 0.1254 และ 0.0869 ตามลำดับ ส่วนจุดศึกษาที่ 4 มีค่าต่ำสุด คือ 0.0603 ขณะที่ค่า Acetylcholinesterase activity ของปลา ค้อ พบว่า จุดศึกษาที่ 1 มีค่าสูงสุด คือ

0.1372 รองลงมา คือ จุดศึกษาที่ 2 และ 8 ที่มีค่าเท่ากับ 0.046 และ 0.0714 ตามลำดับ ส่วนจุดศึกษาที่ 3 4 5 6 และ 7 มีค่าต่ำสุด คือ 0.0304 0.0237 0.0273 0.0283 และ 0.0082 ตามลำดับ ส่วน Acetylcholinesterase activity ของหอย2 ฝา ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยจุดศึกษาที่ 1 2 3 4 5 6 7 และ 8 มีค่าเท่ากับ 0.0362 0.0536 0.0242 0.0319 0.0246 0.031 0.0919 และ 0.0266 ตามลำดับ

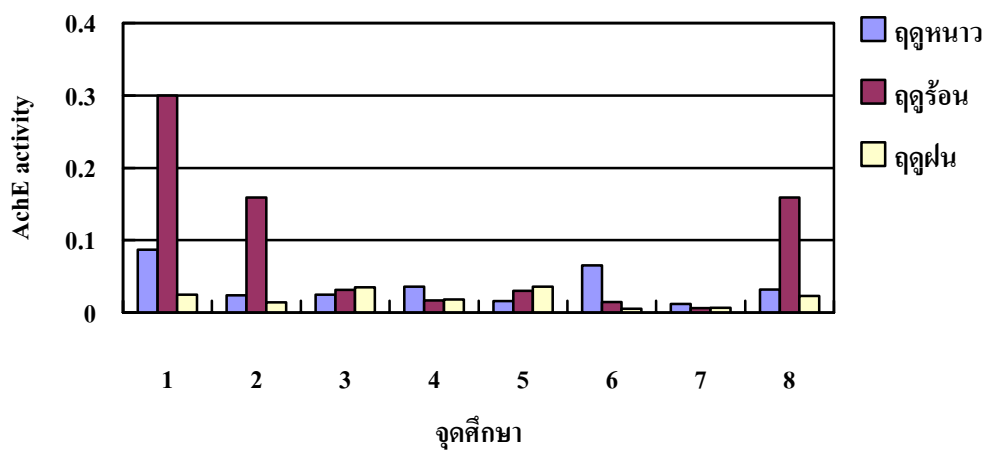
และเมื่อพิจารณาค่า Acetylcholinesterase activity ของตัวอ่อนแมลงปอ ปลาค้อและหอยสองฝา ของแต่ละจุดศึกษาในแต่ละฤดูพบว่าค่า Acetylcholinesterase activity ของตัวอ่อนแมลงปอมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ในฤดูฝนจุดศึกษาที่ 3 มีค่าสูงสุด คือ 0.387 ส่วนจุดศึกษาที่ 7 ของฤดูหนาว และจุดศึกษาที่ 4 ของฤดูร้อน มีค่าต่ำสุด คือ 0.0194 และ 0.006 ตามลำดับ ขณะเดียวกันค่า Acetylcholinesterase activity ของปลาค้อ ในลำน้ำแม่สา ก็มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยจุดศึกษาที่ 1 ของฤดูร้อนมีค่า Acetylcholinesterase activity สูงสุด คือ 0.3 รองลงมาคือจุดศึกษาที่ 2 และ จุดศึกษาที่ 8 ของฤดูร้อน มีค่าเท่ากับ 0.1 และ 0.159 ตามลำดับ ส่วนจุดศึกษาที่ 3 4 5 6 และ 7 ของฤดูร้อน ที่มีค่าเท่ากับ 0.0313 0.0170 0.030 0.0147 และ 0.006 มีค่าต่ำสุดและไม่แตกต่างกับจุดศึกษาที่ 1 – 8 ของฤดูหนาวและฤดูฝน โดยมีค่าเท่ากับ 0.0867 0.0240 0.0250 0.0360 0.0160 0.0650 0.0120 และ 0.0320 สำหรับฤดูฝน และ 0.0250 0.0140 0.0350 0.0180 0.0360 0.0053 0.0067 และ 0.0233 สำหรับฤดูฝน ตามลำดับ เช่นเดียวกันกับ Acetylcholinesterase activity ของหอยสองฝา ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดย ในฤดูหนาวจุดศึกษาที่ 7 มีค่าสูงสุด คือ 0.25 รองลงมาคือจุดศึกษาที่ 1 2 6 และ 8 ที่มีค่าไม่แตกต่างกัน คือ 0.065 0.135 0.093 และ 0.064 ตามลำดับ ส่วนจุดศึกษาที่ 3 4 และ 5 ที่มีค่าเท่ากับ 0.033 0.048 และ 0.029 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกับจุดศึกษาที่ 1- 8 ของฤดูร้อน และฤดูฝน ที่มีค่าเท่ากับ 0.019 0.015 0.018 0.025 0.020 0.0028 0.015 และ 0.01 สำหรับฤดูร้อน และ 0.0247 0.0107 0.0217 0.027 0.0247 0.0031 0.017 และ 0.0057 สำหรับฤดูฝนตามลำดับ มีค่าต่ำสุด (ดังภาพ 4-7)



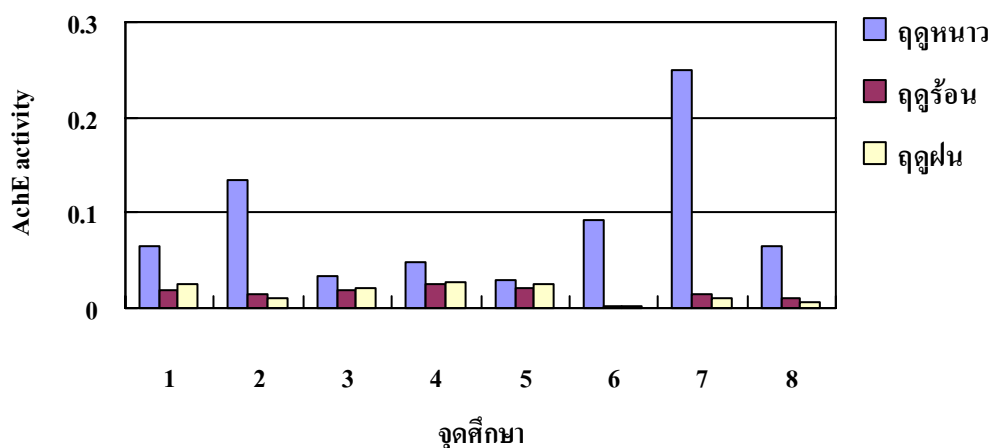
ภาพ 4 Acetylcholinesterase activity ของสัตว์น้ำบางชนิด ในจุดศึกษาที่ 1 - 8 ของลำน้ำแม่สา
ด.แม่แรม อ.แมริม จ.เชียงใหม่



ภาพ 5 Acetylcholinesterase activity ของตัวอ่อนแมลงปอ ณ จุดศึกษาที่ 1 – 8 ในฤดูหนาว ฤดูร้อน และฤดูฝน ของลำน้ำแม่สา ต.แม่แรม อ.แมริม จ.เชียงใหม่



ภาพ 6 Acetylcholinesterase activity ของปลาค้อ ณ จุดศึกษาที่ 1 – 8 ในฤดูหนาว ฤดูร้อน และฤดูฝน ของลำน้ำแม่สา ต.แม่แรม อ.แมริม จ.เชียงใหม่



ภาพ 7 Acetylcholinesterase activity ของหอยสองฝา ณ จุดศึกษาที่ 1 – 8 ในฤดูหนาว ฤดูร้อน และฤดูฝน ของลำน้ำแม่สา ต.แม่แรม อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่

วิจารณ์ผลการศึกษา

การศึกษาคุณภาพน้ำด้านเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์วิทยา บางประการ พบว่า คุณภาพน้ำของลำน้ำแม่สา ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญตามฤดูกาลที่แตกต่างกัน ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำ ความเป็นกรด – ด่างของน้ำ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ความขุ่น ปริมาณของแข็งแขวนลอย ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ไนเตรท ฟอสเฟต และปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม ขณะที่คุณภาพน้ำที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละจุดศึกษา ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ปริมาณของแข็งแขวนลอย และปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม อย่างไรก็ตามคุณภาพน้ำส่วนใหญ่ของลำน้ำแม่สาจัดอยู่ในคุณภาพน้ำประเภทที่ 2 ซึ่งเป็นน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อ การอนุรักษ์สัตว์น้ำ การประมง การว่ายน้ำ กีฬาทางน้ำ และการอุปโภคบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน ขณะที่ ค่าบีโอดี ของจุดศึกษาที่ 1 3 และ 6 ของฤดูฝน และจุดศึกษาที่ 3 ของฤดูร้อน และปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม ของจุดศึกษาที่ 2 ของฤดูร้อน และจุดศึกษาที่ 6 7 และ 8 ของฤดูร้อนและฤดูฝน จัดอยู่ในคุณภาพน้ำประเภทที่ 3 ซึ่งเป็นน้ำที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการอุปโภคบริโภค โดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน และการเกษตร (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8, 2537) ทั้งนี้อาจสืบเนื่องมาจากจุดศึกษาที่ 1 และ 3 เป็นบริเวณที่ถูกปกคลุมด้วยต้นไม้ใหญ่และพืชน้ำค่อนข้างหนาแน่นทำให้มีโอกาสได้รับสารอินทรีย์จากการเน่าเปื่อยของซากใบไม้ที่ตกทับถมในบริเวณดังกล่าว และจุดศึกษาที่ 6 อยู่ในบริเวณสถานประกอบการธุรกิจท่องเที่ยวบางช้างแม่สาซึ่งอาจได้รับน้ำที่ชะล้างเอาสิ่งสกปรกต่าง ๆ จากบริเวณดังกล่าวลงสู่ลำน้ำแม่สาได้ และเป็นผลที่สอดคล้องกับรายงานของรุ่งนภา (2547) ที่ระบุว่าค่าบีโอดีของลำน้ำแม่สาในบริเวณดังกล่าวมีค่าสูงถึง 3.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (คุณภาพน้ำประเภทที่ 4) ในช่วงฤดูร้อน ขณะที่ ณ จุดศึกษาที่ 2

6 7 และ 8 เป็นจุดศึกษาที่อยู่ใกล้แหล่งชุมชน สถานประกอบการธุรกิจท่องเที่ยวปางช้างแม่สา และรีสอร์ท จึงมีโอกาสได้รับน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนของสิ่งขับถ่ายของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมและมนุษย์อันเป็นสาเหตุให้ลำน้ำแม่สาบริเวณดังกล่าวมีค่าปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มที่ค่อนข้างสูงกว่าบริเวณอื่น ๆ

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำ (WQI) พบว่าได้ผลที่สอดคล้องกัน คือ ลำน้ำแม่สาในฤดูหนาวและฤดูร้อนมีคุณภาพโดยเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ดี แต่ในบางจุดศึกษาของฤดูร้อนมีคุณภาพน้ำต่ำลงอยู่ในเกณฑ์พอใช้ได้แก่ จุดศึกษาที่ 2 6 7 และ 8 ส่วนฤดูฝนมีคุณภาพโดยเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์พอใช้ได้แก่ จุดศึกษาที่ 2 3 4 6 7 และ 8 โดยจุดที่จัดว่ามีคุณภาพน้ำต่ำกว่าเมื่อเทียบกับจุดอื่น ๆ โดยพิจารณาจากค่าคะแนน WQI ที่มีค่าต่ำสุด คือ จุดศึกษาที่ 6 7 และ 8 ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าดัชนีคุณภาพน้ำปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม และ บีโอดี เป็นดัชนีคุณภาพน้ำด้านเคมีและจุลินทรีย์วิทยาที่สำคัญที่บ่งชี้ความแตกต่างของคุณภาพน้ำของลำน้ำแม่สา

ขณะที่ผลการประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้ดัชนีชีวภาพให้ผลที่สอดคล้องกัน คือ คุณภาพน้ำของลำน้ำแม่สาในฤดูหนาวมีคุณภาพค่อนข้างสะอาด ส่วนฤดูร้อนและฤดูฝนมีบางจุดศึกษาของลำน้ำแม่สาที่มีคุณภาพต่ำกว่า คือ ฤดูร้อนจุดศึกษาที่ 1 คุณภาพน้ำค่อนข้างสกปรก และ 7 คุณภาพน้ำปานกลาง ส่วนฤดูฝนจุดศึกษาที่ 3 4 6 7 และ 8 คุณภาพน้ำสกปรก สังเกตได้ว่าผลการประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้ดัชนีคุณภาพน้ำที่อาศัยข้อมูลคุณภาพน้ำด้านเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์วิทยาเป็นฐานข้อมูล ให้ผลที่สอดคล้องในทิศทางเดียวกับผลการประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้ดัชนีชีวภาพ อย่างไรก็ตามยังคงพบมีความแตกต่างระหว่างการประเมินคุณภาพน้ำทั้ง 2 ระบบ ทั้งนี้ความแตกต่างดังกล่าวอาจเป็นผลมาจากปัจจัยอื่นที่นอกเหนือไปจากปัจจัยที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาของระบบดังกล่าว

การศึกษาชนิดของปลาในลำน้ำแม่สาให้ผลที่แตกต่างกัน ในแต่ละฤดูกาล โดยในฤดูหนาวปลาที่พบมากที่สุดที่ลำน้ำแม่สาคือปลาในวงศ์ Poeciniidae ส่วนในฤดูร้อนพบปลาในวงศ์ Cyprinidae มากที่สุด และในฤดูหนาวพบปลาในวงศ์ Balitoridae มากที่สุด จากผลดังกล่าวอาจใช้เป็นฐานข้อมูลสำคัญในการหาแนวทางที่เหมาะสมในการประเมินผลกระทบจากสารกำจัดศัตรูพืชทางการเกษตรต่อลำน้ำแม่สาในแต่ละฤดูกาลโดยใช้ปลาเป็นดัชนีและเครื่องมือในการติดตามตรวจสอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการประเมินผลกระทบของสารกำจัดศัตรูพืชในกลุ่ม ออร์การโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต ที่ระดับ Sublethal ทั้งนี้เนื่องจากปลาที่ใช้เป็นอาหารของชุมชนจะเป็นตัวพาสำคัญที่จะถ่ายทอดสารเคมีกำจัดศัตรูพืชดังกล่าวผ่านทางห่วงโซ่อาหารสู่คน

จากการติดตามตรวจสอบการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชในลำน้ำแม่สา โดยการตรวจหา Acetylcholinesterase activity ในสัตว์น้ำนั้นมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนในสัตว์น้ำแต่ละชนิด คือ Acetylcholinesterase activity ของตัวอ่อนแมลงปอมีค่าสูงสุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) กับ ปลาค้อและหอยสองฝาที่มีค่าไม่ต่างกัน ข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงระดับการทำงานของเอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเตอเรสในสัตว์น้ำแต่ละชนิด ซึ่งมีส่วนช่วยสำคัญในการตัดสินใจเลือกชนิดของสัตว์น้ำที่มีความเหมาะสมสำหรับการใช้เป็นเครื่องมือในการติดตามตรวจสอบการตกค้าง

ของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในน้ำนมแม่ต่อไป Acetylcholinesterase activity ของปลา ค็อด และ หอยสองฝาที่มีค่าต่ำอาจแสดงถึงระดับความไวหรือทนทานต่อสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ได้รับ จึงควรที่จะมีการตรวจสอบระดับการตอบสนองของสัตว์น้ำทั้ง 3 ชนิด ในห้องปฏิบัติการอย่างละเอียดต่อไป

สรุปผลการศึกษา

การใช้เทคนิคการประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพเพื่อติดตามตรวจสอบผลกระทบจากสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทางการเกษตรต่อลำน้ำแม่สา ในพื้นที่แม่น้ำปิง จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อศึกษาสถานภาพปัจจุบันของความหลากหลายทางชีวภาพของกลุ่มสัตว์หน้าดิน ในแม่น้ำแม่สาและความเป็นไปได้ในการใช้กลุ่มสิ่งมีชีวิต ได้แก่ สัตว์หน้าดิน และพืชน้ำที่เป็นอาหารบางชนิด เป็นดัชนีชีวภาพในการประเมินผลกระทบจากสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทางการเกษตรต่อสิ่งแวดล้อมของแม่น้ำแม่นั้น พบว่า การศึกษาตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่เก็บได้จาก 8 จุดศึกษาจำนวน 9,079 ตัว โดยในฤดูหนาวเก็บได้ 3,481 ตัว ฤดูร้อน 3,546 ตัว และฤดูฝน 2,083 ตัว จำแนกเป็น 3 Phylums คือ Arthropoda Mollusca และ Annelida พบ 12 Orders คือ Coleoptera มี 7 Families ได้แก่ Dytiscidae, Elmidae, Helodidae, Hydrophilidae และ Psephenidae, Diptera มี 5 Families ได้แก่ Chironomidae, Simuliidae, Syrphidae, Tabanidae, และ Tipulidae, Ephemeroptera มี 3 Families ได้แก่ Baetidae, Caenidae และ Heptageniidae, Hemiptera มี 4 Families ได้แก่ Aphelocheiridae, Belostomatidae, Corixidae และ Naucoridae, Lepidoptera มี 1 Family ได้แก่ Pyralidae, Megaloptera มี 1 Family ได้แก่ Corydalidae, Odonata มี 9 Families ได้แก่ Libellulidae, Calopterygidae, Chlorocyphidae, Cordulegastridae, Corduliidae, Gomphidae, Libellulidae, Macromiidae และ Petaluridae, Tricoptera มี 5 Families ได้แก่ Geuridae, Hydropsychidae, Leptoceridae, Psychomyiidae และ Philopotamidae, Cyrenodontia มี 1 Family ได้แก่ Sphaeriidae, Mesogastropoda มี 2 Families ได้แก่ Thiaridae และ Viviparidae, Pulmonata มี 2 Families ได้แก่ Physidae และ Planorbidae, Prosobranchia มี 1 Family ได้แก่ Hydrobiidae และ Oligocheta มี 1 Family ได้แก่ Tubificidae ตามลำดับ

คุณภาพน้ำโดยทั่วไปของลำน้ำแม่สาจัดอยู่ในชั้นคุณภาพน้ำประเภทที่ 2 และ 3 โดยมีดัชนีคุณภาพน้ำ บีโอดี และปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม เป็นดัชนีคุณภาพน้ำสำคัญที่บ่งชี้ความแตกต่างของชั้นคุณภาพน้ำทั้ง 2 ประเภท และผลจากการวิเคราะห์ดัชนีคุณภาพน้ำ (Water Quality Index) แสดงว่าคุณภาพน้ำของลำน้ำแม่สาอยู่ในเกณฑ์พอใช้ – ดี คือ ฤดูหนาวคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ดี ส่วนฤดูร้อนและฤดูฝน คุณภาพน้ำพอใช้ ซึ่งสอดคล้องในทิศทางเดียวกับผลการประเมินคุณภาพน้ำโดยใช้ดัชนีชีวภาพและระบบการให้คะแนน Biological Monitoring working party (BMWP) และ Average Score Per Taxa (ASPT) ที่พบว่าคุณภาพน้ำแม่สาอยู่ในเกณฑ์ สกปรก - ค่อนข้างสะอาด คือ ฤดูหนาวคุณภาพค่อนข้างสะอาด ฤดูร้อนและฤดูฝนคุณภาพสกปรก – ปานกลาง

การติดตามตรวจสอบการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชในลำน้ำแม่สาโดยการตรวจ Acetylcholinesterase activity ของ สัตว์น้ำบางชนิด พบว่า ในฤดูหนาวลำน้ำแม่สาได้รับผลกระทบจากกิจกรรมบางที่ส่งผลโดยตรงต่อการทำงานของเอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเตอเรส ผลดังกล่าวแสดงว่าเทคนิคการประเมินคุณภาพด้านชีวภาพให้ผลที่สอดคล้องในทิศทางเดียวกับเทคนิคการประเมินคุณภาพน้ำแบบอื่นที่เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน และการติดตามตรวจสอบการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในลำน้ำแม่สาโดยการตรวจหา Acetylcholinesterase activity ของสัตว์น้ำบางชนิด นั้นควรมีการศึกษาระดับการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตที่ใช้เป็นดัชนีในการประเมินต่อสารเคมีอย่างละเอียดในห้องปฏิบัติการ เนื่องระดับการทำงานของเอนไซม์ดังกล่าวในสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดอาจมีความแตกต่างกัน

เอกสารอ้างอิง

- กอบทอง รูปหอม. 2534. เอกสารประกอบเรื่อง จีที ชุดตรวจยาฆ่าแมลงในอาหาร. กองอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์.
- คู่มือวิเคราะห์พรรณปลา. 2533. คณะประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 273 น.
- ชนินทร์ ทองธรรมชาติ. 2540. ดัชนีคุณภาพน้ำ. วารสารกรมควบคุมมลพิษ 2(1): 8-11.
- ทวีศักดิ์ ทรงศิริกุล. 2530. คู่มือการจำแนกครอบครัปลาไทย. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 208 น.
- นิพนธ์ ประพฤติธรรม. 2534. เทคนิคและวิธีการเก็บรักษาตัวอย่างสัตว์วิทยา. เอกสารประกอบการสอนวิชาการเก็บตัวอย่างสัตว์. 396 น.
- วันเพ็ญ มินกาญจน์. 2528. ปลาไทยในสถานแสดงพันธุ์สัตว์น้ำ. สถาบันน้ำจืดแห่งชาติ. กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 96 น.
- วิมล เหมะจันทร์. 2528. ชีววิทยาปลา. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 273 น.
- สมโภชน์ อังคะทวีวัฒน์. 2533. ครอบครัปลาจืดที่มีคุณค่าของไทย. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง.
- สุภาพ มงคลประสิทธิ์. 2529. มีนวิทยา (ปฏิบัติการ). คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 147 น.
- เอี่ยมพร ยิ่งปรัง. 2544. การศึกษาความหลากหลายของสัตว์หน้าดินในลำน้ำแม่สา. ปัญหาพิเศษ สาขาการประมง, ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง, คณะผลิตกรรมการเกษตร, มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 46 น.
- โอพาร รัศมี. 2544. ระดับสารกำจัดแมลงตกค้างในพืชผักที่วางจำหน่ายในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่. การค้นคว้าอิสระสาขารัฐศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 65 น.
- Dhainaut, A. and P. Scaps. 2001. Immune defense and biological responses induced by toxics in Annelida. Can. J. Zool. 79; 233-253.
- Abel P D. 1989. Water Pollution Biology. Ellis Horwood Limited. England.

- Chaibu P. 2000. Potential Use of Trichoptera as Water Pollution Biomonitoring in Ping River Chiang Mai. Ph.D. Thesis. Chiang Mai University.
- Collier K J. 1995. Environmental factors affecting the taxonomic composition of aquatic macroinvertebrate communities in lowland waterways of Northland, New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 29: 453-465.
- Dudgeon D. 1994. Research strategies for the conservation and management of tropical Asian streams and rivers. *International Journal of Ecology and Environment Sciences*. 20: 255:285.
- ERA for Tropical Ecosystem. 1997. Environmental Management of the Terrestrial and Aquatic Ecosystems of the Mae Sa Watershed (A case Study). Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai.
- Hellawell J M. 1986. Biological indicators of freshwater pollution and environment management. Elsevier Applied Science Publishers, London.
- Ibrahim H, Kheri R, Helmi S, Lewis J, Crane M. 1998. Effects of organophosphorus, cabamate, pyrethroid and organochlorine pesticides, and a heavy metal on survival and cholinesterase activity of *Chironomus rirarius* Meigen. *.-Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 60: 448-445.
- Liess M. 1998. Significance of agricultural pesticides on stream macroinvertebrate communities. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26: 1245-1249.
- Luadee P, Chantaramongkol P, Prapamontol T. 2001. Sublethal effects of Organophosphorous and Carbamate Pesticides on Cholinesterase Activity of *Stenopsyche siamensis* (Trichoptera: Stenopsychidae).
- Munn M D, Gilliom R J. Pesticide Toxicity Index for Freshwater Aquatic Organisms. U.S. Geological Survey. California.
- Norris R H, Norris K R. 1995. The need for biological assessment of water quality: Australian perspective. *Australian Journal of Ecology*. 20: 1-6.
- Parnrong, S. 2002. A Review of Biological Assessment Freshwater Ecosystems in Thailand. Report submitted to Mekong River Commission-Environment Program. 35 p.
- Perry A S, Yamamoto I, Ishaaya I, Perry R. 1998. Insecticides in agriculture and environment. Narosa Publishing, New Delhi.
- Pinder L C V, Morley D J. 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.

- Pipoppinyo, S., T. Chongcharoen, N. Whangchai., A.Suwanaraksha, and S. Sukullapun. 1998. Biodiversity of Fishes in Mae Sa Stream Doi Suthep-Pui National Park, Chiangmai Province. The 5th Asian Fisheries Forum. Int. Con. On Fisheries and Food Security Beyond the Year 2000(book of abstracts). Chiang Mai, Thailand.
- Scaps P, Demuynch S, Descamps M, Dhainaut A. 1997. Effects of Organophosphate and Carbamate Pesticides on Acetylcholinesterase and Choline Acetylcholinesterase Activities of the Polychaete *Nereis diversicolor*. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 33, 203-208
- Smith, H.M. 1945. The Fresh-Water Fishes of Siam, or Thailand. United States Government. USA. Sangkapitax, C., A. Neef, N. Jonglaekha, and P. Sirisupluxana. 1999. Interdisciplinary Study Project 1998/1999 Environmental and Nutritional Problems in Watersheds of Northern Thailand. Research Report.Chiang Mai University-University of Hohenheim-Kasetsart University. Stuttgart-Hohenheim.138 p.
- Tapunya D. 2000.Impact of Pesticides Use on Macroinvertebrate Community and Cholinesterase Activity of Chironomids at Ban Mae Sa Mai Chiang Mai Province. M.S.Thesis. Chiang Mai University.
- Thoophom, G. 1998. SOP NO.1002113 Standard Operating Procedure For Screening of Organophosphorus/or Carbamate Pesticide Residues Analysis in Vegetables and Friuts by GT-Reagent Test Kit. Division of Food, Department of Medical Sciences.
- Utayopas, P. 1996. Fluctuation asymmetry : a potential indicator for environmental monitoring in Thailand. Thammasat International Journal of Science and Technology. 1(1) : 55-61.
- Utayopas, P. 2001a. Fluctuation asymmetry in fishes inhabiting polluted and unpolluted bodies of water in Thailand. Thammasat International Journal of Science and Technology. 6(2) : 10-20.
- Utayopas, P. 2001b. Fluctuation asymmetry in the flying barb(*Esomus mettallicus*), the striped croaking gourami(*Trichopsis vittalus*)and the three-spot gourami (*Trichogaster trichopterus*) when exposed to insecticide residues in the lime orchard. Thammasat International Journal of Science and Technology. 6 (2) : 21-26.

Output จากโครงการที่ได้รับทุนจาก สกว.

1.ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการนานาชาติ

ตั้งแต่ดำเนินโครงการวิจัยมา จนถึงขณะนี้ยังไม่มีผลงานในการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการนานาชาติ แต่ผู้วิจัยยังต้องการที่จะดำเนินการเพื่อปรับปรุงและเสนอผลงานให้อยู่ในระดับที่สามารถตีพิมพ์ในวารสารวิชาการนานาชาติต่อไป

2.การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

เชิงวิชาการ

โดยมีการนำไปให้ต่อยอดเป็นวิทยานิพนธ์ เรื่อง นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สาขาเทคโนโลยีการประมง คณะเทคโนโลยีการประมงและทรัพยากรทางน้ำ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จำนวน 1 ราย และปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีการประมง จำนวน 5 ราย

3.อื่นๆ

3.1 นำเสนอในที่ประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ภาคโปสเตอร์ ระหว่างวันที่ 2-3 ธันวาคม พ.ศ. 2545 ณ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (เรื่องเต็ม)

เรื่อง การศึกษาการทำงานเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสจากสมองและซีรัมของปลานิล

(*Oreochromis niloticus*) จากแหล่งเลี้ยงต่างกัน

Brain and Serum Cholinesterases Activity of Male-Induced Nile Tilapia

(*Oreochromis niloticus*) in Different Farm Riased sites.

โดย ประจวบ ฉายบุญ ทิพวรรณ ประภามณฑลและพรทิพย์ จันทรมงคล

3.2 นำเสนอในที่ประชุมวิชาการ การประชุมวิชาการและนวัตกรรมวิจัย “ร่วมฟื้นฟูสิ่งแวดล้อมด้วยภูมิปัญญาตะวันออก” ภาคโปสเตอร์ คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ณ สถาบันวิจัยจุฬาภรณ์ กรุงเทพฯ ระหว่างวันที่ 19-20 มิถุนายน พ.ศ.2546 (เรื่องเต็ม)
เรื่องการใช้ดัชนีชีวภาพและดัชนีคุณภาพน้ำติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำแม่น้ำปิง

Some Biotic Indices and Water Quality Index Used as Water Quality Monitoring of Ping River Northern Thailand

โดย ประจวบ ฉายบุญ และพรทิพย์ จันทรมงคล

3.3 นำเสนอในที่ประชุมวิชาการนานาชาติ(บทคัดย่อ) Poster session เรื่อง 2003 International Symposium on Regional Environmental Management ระหว่างวันที่ 6 - 9 November, 2003 ที่ Lotus Pang Suan Kaew Hotel Chiang Mai, Thailand Organized by Chiang Mai University, Thailand & Shiga University, Japan เรื่อง **WATER QUALITY INDICES USED AS WATER POLLUTION ASSESSMENT OF PING RIVER NORTHERN THAILAND**

ภาคผนวก

การทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสจากสมองและซีรัมของปลาไนล์

(*Oreochromis niloticus*) จากแหล่งเลี้ยงต่างกัน

ประจวบ ฉายบุ¹ ทิพวรรณ ประภามณฑล² และ พรทิพย์ จันทรมงคล³

Brain and Serum Cholinesterases Activities of Male-Induced Nile Tilapia

(*Oreochromis niloticus*) in Different Farm Raised sites.

Prachaub Chaibu¹ Tippawan Prapamontol² Porntip Chantaramongkol³

¹ ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

² สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สุขภาพ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

³ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Abstract

Two type of farm raised Male-Induced Nile and Red Tilapia (*Oreochromis niloticus*) were collected from two Ping River sites and two Dams sites in Chiang Mai Province. Serum and whole-brain Cholinesterase (ChE) activities were studied for using as a biomarker for assessing exposure of Nile Tilapia to organophosphate and carbamate insecticides from agricultural activities. Either serum BChE activity or whole-brain AChE activity of Nile tilapia from Mae Ngad Dam and Mae Kuang Dam site can be used for referent sites were 0.80747 ± 0.04387 $\mu\text{M}/\text{min}/\mu\text{L}$, 5.85354 ± 0.63276 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$ tissue respectively. BChE Activity was correlated with AChE Activity ($r = -0.372$, $p = 0.013$) in either fishes or sites. Although organophosphate and carbamate insecticides can break down rapidly in the aquatic environment, this study suggests that in agricultural regions where insecticides are applied for extended periods of the year, nontarget aquatic biota may be exposed to high levels of ChE-inhibiting insecticides for a period of several months.

บทนำ

ปัญหาในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจากผลพวงของการพัฒนาประเทศเราในด้านต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการเกษตรแผนใหม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการปนเปื้อนของสารเคมีที่ใช้ในการเกษตรลงสู่แหล่งน้ำทำให้เกิดผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ จากเหตุผลดังกล่าวจึงได้มีงานวิจัยหลายฉบับทำการศึกษาผลกระทบของการใช้พื้นที่ทางการเกษตรโดยใช้สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในบริเวณดังกล่าวเป็นตัวประเมิน ในการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมหรือคุณภาพน้ำอันเกิดจากสารมลพิษนั้นสามารถใช้กลุ่มของสิ่งมีชีวิตได้หลายชนิดการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดต่อสารพิษอันประกอบด้วยวิธีการศึกษาทางชีวเคมี เนื่องจากผลของสารพิษที่มีต่อสิ่งมีชีวิตอาจไม่ทำให้สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ตายในทันทีแต่จะไม่มีผลทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอย่างใดอย่างหนึ่ง (sublethal effect/chronic effect) เช่น การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม อัตราการเจริญเติบโตหรือระบบสืบพันธุ์ โดยวิธีที่นิยมใช้ในการศึกษาคือ มีการนำ neurotoxicity biomarker มาใช้เพื่อประเมินความเป็นพิษของยาฆ่าแมลงที่มีต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำโดยใช้การทำงานของเอนไซม์ Acetylcholinesterase และ Choline Acetyltransferase ซึ่งเป็น

เอนไซม์ที่ควบคุมการทำงานของระบบประสาทและเมื่อเกิดการยับยั้งการทำงานของสารกำจัดศัตรูพืช กลุ่มOrganophosphate และ Carbamate เป็นสาเหตุการตายในสิ่งมีชีวิตหลายชนิด เอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส (Cholinesterase) เป็นสาร mucoprotein มีครึ่งชีวิต 3-4 วัน พบในเนื้อเยื่อของสัตว์แทบทุกชนิด มี 2 ประเภท คือ Acetylcholinesterase(AChE) และ serum cholinesterase หรือPseudocholinesterase(PChE) มีการศึกษาการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส สามารถถูกยับยั้งด้วยตัวยับยั้งหลายชนิด เช่น กลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต(Organophosphate ;OP and carbamate; CP) ในร่างกายคน(ภัทรวดีและวีระวรรณ,2543) Macroinvertebrates เช่น Chironomids (Tapunya,2000), Caddisflies larva(Luadee และคณะ, 2001) ในปลาใน Gruber and Munn,1998 ศึกษาการทำงานของเอนไซม์ AChE จากสมองขึ้นกับชนิด อายุ เพศ ของปลาและถูกยับยั้งด้วยการปนเปื้อนสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทางการเกษตรกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต ของ Royal Lake ใน Central Columbia Plateau, Washington และการศึกษาจากปลา Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) ของ Cunha Bastos และคณะ(1998)พบว่า เอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส ทั้งจากสมองและซีรัม มีความไวต่อ Paraoxon การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบค่าการทำงานของเอนไซม์cholinesterase ทั้งAcetylcholinesteraseและButylcholinesterase จากซีรัมจากสมองปลานิลและปลาทับทิมจากการแหล่งเลี้ยงที่สำคัญในจังหวัดเชียงใหม่ เพื่อใช้เปรียบเทียบกันระหว่างบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในการเกษตรในพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์จากพื้นที่หลายประเภทต่างกัน เช่น การปลูกพืชไร่ พืชสวน นาข้าว ในแหล่งน้ำสำคัญในจังหวัดเชียงใหม่ มาใช้เป็นแนวทางในการใช้เป็นดัชนีพื้นฐานในการประเมินสภาพผลกระทบที่มีต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำไหลอื่นของประเทศไทยต่อไป

วิธีการศึกษา

เก็บตัวอย่าง ปลานิลและปลาทับทิม จากแหล่งเลี้ยงละ 5-10 ตัว ได้แก่ เชื้อนแม่จัด อ.แม่แตง, เชื้อนแม่กวาง อ.ดอยสะเก็ด, บ่อเลี้ยงปลาบ้านแม่กาด อ.สันทราย, แม่น้ำปิงบ้านป่าแดด อ.เมือง, และ ต.ดอยหล่อ กิ่งอ.ดอยหล่อ จ.เชียงใหม่ นำมาชั่งน้ำหนัก และความยาว และทำการเก็บตัวอย่าง สมอง และซีรัม โดย

-โดยการเปิดกระโหลกแล้วเก็บ whole brain ที่อุณหภูมิ -20°C

- เก็บ Serum โดยเจาะเลือดจาก dorsal aorta บริเวณ caudal peduncle หรือ เหนือ laterale line แช่ตู้เย็น ที่ -20°C นาน 30 นาที ปั่นแยก Serum ด้วย centrifuge 3,000 rpm แยกเก็บ serum ที่อุณหภูมิ -20°C การศึกษา Cholinesterase Enzyme (ChE) activity ของ Brain, Muscle และSerum ของปลานิลจากแหล่งเลี้ยงต่างกัน

1.นำตัวอย่างสมอง และเลือด มาทดสอบในห้องปฏิบัติการพิษวิทยา สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สุขภาพ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

2.) Serum ปลา ด้วย Rapid test ดัดแปลงของKallander *et al.*(1997) ตรวจสอบ Butyrylcholinesterase Enzyme (BChE) activity

3. บดสมองปลาด้วย Potter – Elvehjem type apparatus และสกัด Cholinesterase Enzyme (ChE) จากสมอง ตรวจสอบ Acetylcholinesterase Enzyme (AChE) activity ด้วยวิธี Rapid test ตามดัดแปลงของ Ellman *et al.* (1961)

4. หา Cholinesterase Enzyme (ChE) activity ได้จาก คำนวณจากวิธีดัดแปลงจาก Ellman's relationship ของ Cholinesterase Enzyme (ChE) activity rate และ การเปลี่ยนแปลงค่าการดูดกลืนแสง ที่ 405 nm (Ellman *et al.* 1961) คำนวณ ค่า Enzyme activity จากสูตร

$$\text{Enzyme activity} = (A_{\text{test}} - A_{\text{blank}}) \times \text{Factor}$$

Factor = Enzyme coefficient(103/13500) x (Total volume/sample volume) x dilution factor x (1/incubation times)

5.หาความสัมพันธ์ ของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสจากสมองและซีรัมของปลานิลและปลาตะเพียนกับความยาว, น้ำหนัก ด้วย Pearson correlation ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

6. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสของปลานิลและปลาตะเพียนจากแหล่งเลี้ยงต่างๆ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน และทดสอบค่าความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วย Turkey's Test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสจากสมองและซีรัมของปลาตะเพียน และปลานิลขนาดความยาวเฉลี่ย 26.10 ซม. น้ำหนัก 377.10 กรัม จากการเลี้ยงกระชังในเขื่อนแม่กวง และแม่น้ำปิง พบว่า Serum-BChE Activity ไม่มีความสัมพันธ์กับความยาว($r=-0.130$, $p=0.983$)และน้ำหนัก ($r=-0.009$, $p=0.958$) ค่าเฉลี่ยของ cholinesterase Activity ซีรัม BChE Activity ไม่แตกต่างกัน ($F_{2,35} = 1.077$; $p=0.05$) ของปลาตะเพียนที่เลี้ยงในกระชังทั้ง 3 แหล่งน้ำ $0.48405 \pm 0.01812(100\%)$, $0.38886 \pm 0.04461(80.33\%)$, $0.42913 \pm 0.08533(88.65\%) \mu\text{M}/\text{min}/\mu\text{L}$, ส่วน brain-AChE Activity สมอง มีความสัมพันธ์กับความยาว($r=-0.710$, $p<0.01$)และน้ำหนัก ($r=-0.950$, $p<0.01$) ของปลาตะเพียนที่มีความแตกต่างกัน($F_{2,35}=33.363$, $p<0.01$) เท่ากับ $4.28480 \pm 0.13826(100\%)$, $4.26046 \pm 0.30547(99.03\%)$, $1.91076 \pm 0.01375(44.59\%) \mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1 Serum-BChE Activity ของปลาตะเพียนไม่มีความสัมพันธ์กับค่า AChE Activity($r=0.048$, $p=0.776$) ที่เลี้ยงในกระชังทั้ง 3 แหล่งน้ำ

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของ cholinesterase Activity ของ Serum และ Whole brain ปลาทับทิมจากแหล่งเลี้ยงต่างกัน

site	Weight (g)	Length (cm)	Serum-BChE Activity (mean±SE; $\mu\text{M}/\text{min}/\mu\text{L}$)(%activity)	brain-AChE Activity (mean±SE; $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$)(%activity)
เขื่อนแม่งาว	298.33	24.67	0.48405±0.01812 ^{ns} (100%)	4.28480±0.13826 ^b (100%)
ป่าแดด	510.00	27.50	0.38886±0.04461 ^{ns} (80.33%)	1.91076±0.01375 ^b (44.59%)
ดอยหล่อ	355.00	27.25	0.42913±0.08533 ^{ns} (88.65%)	4.26046±0.30547 ^a (99.03%)
			$F_{df=2,35} = 1.077; p=.352$	$F_{df=2,35}=33.363 p<0.01$

^{a,b} the different letter in the same column show significance $p<0.01$

^{ns} in the same column show no significance $p<0.05$

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของ cholinesterase Activity ของ Serum และ Whole brain ปลานิลจากแหล่งเลี้ยงต่างกัน

Site	Weight (g)	Length (cm)	Serum-BChE Activity (mean±SE; $\mu\text{M}/\text{min}/\mu\text{L}$)(%activity)	brain-AChE Activity (mean±SE; $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$)(%activity)
เขื่อนแม่งัด	120.00	20.57	0.80747±0.04387 ^a (100%)	5.85354±0.63276 ^a (100%)
ป่าแดด (12)	165.50	19.00	0.46285±0.11222 ^b (57.3%)	3.33005±0.06926 ^b (56.88%)
ดอยหล่อ (12)	237.50	23.25	0.46673±0.03980 ^b (57.8%)	(3.06166±0.24249) ^b (52.30%)
แม่แกัด(12)	303.00	24.25	0.53456±0.01144 ^b (62.2%)	(2.44886±0.22515) ^b (41.83%)
เฉลี่ย	199.54	21.77	$F_{df=3,40} = 10.782; p<0.01$	$F_{df=3,40}=11.846 p<0.01$

^{a,b} the different letter in the same column show significance $p<0.01$

^{ns} in the same column show no significance $p<0.05$

การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสจากสมองและซีรัมของปลานิลขนาดความยาวเฉลี่ย 21.77 ซม. น้ำหนัก 199.94 กรัม จากการเลี้ยงกระชังในเขื่อนแม่งัด แม่น้ำปิง และบ่อปลาบ้านแม่แกัด พบว่า BChE Activity และ AChE Activity มีความสัมพันธ์กับน้ำหนัก ($r=-0.356$, $p=0.018$ $r=-0.773$, $p<0.01$) ตามลำดับ โดยไม่มีความสัมพันธ์กับความยาว($r=-0.283$, $p=0.062$) พบว่าค่าเฉลี่ยของ BChE Activity และ AChE Activity จากปลานิลในแต่ละแหล่งเลี้ยงแตกต่างกัน ($F_{3,40} = 10.782$; $p<0.01$; $F_{3,40} = 11.846$; $p<0.01$) โดยปลานิลที่เลี้ยงในเขื่อนแม่งัดที่มีการปนเปื้อนสารป้องกันศัตรูพืชน้อยมากมีค่าสูงสุด(100%) เท่ากับ 0.80747 ± 0.04387 , $\mu\text{M}/\text{min}/\mu\text{L}$ และ 5.85354 ± 0.63276 $\mu\text{M}/\text{min}/\text{g}$ ตามลำดับ นำมาเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของ BChE Activity จากแม่แกัด ดอยหล่อ และป่าแดด ในแม่น้ำปิง มีค่าเท่ากับ 62.2%, 57.8% และ 57.3% ตามลำดับ และนำมาเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของ AChE Activity จากป่าแดด, ดอยหล่อในแม่น้ำปิง และแม่แกัด มีค่าเท่ากับ 56.88%, 52.30% และ 41.83% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2 ค่า BChE Activity ของ

ปลานิลมีความสัมพันธ์กับค่า AChE Activity($r=-0.372$, $p=0.013$) ที่เลี้ยงทั้ง 4 แหล่งน้ำ จึงสามารถศึกษา BChE จากการเก็บตัวอย่างจากปลานิลได้เช่นเดียวกับการศึกษาจาก AChE activity จากสมองเช่นเดียวกับการศึกษาของ Cunha Bastos และคณะ(1998) ในปลา Pacu

จากการทดลองนี้ ค่าการทำงานของ AChE และ BChE ทั้งปลานิลและปลาตะกุง ทุกแหล่งเลี้ยง มีค่าการยับยั้งในช่วง 1-58.17% สอดคล้องกับ Zinkl และคณะ(1991) รายงานว่าโดยทั่วไปแล้วการยับยั้งการทำงานของ ChE มากกว่า 70% มีผลทำให้ปลาตายได้ 20-70% อาจมีผลต่อการสืบพันธุ์ และพฤติกรรมของปลา เช่น การว่ายน้ำ การเปิดปิดเหงือกเร็วขึ้น เป็นต้น ในปลาไน GruberและMunn(1998)พบว่า มีการลดการทำงานของ AChE (3.47 uM/min/g) ลง 34.2% จากแหล่งน้ำที่ปนเปื้อนด้วยสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต คือ Chlorpyrifos, phos-methyl, Carbaryl และ ethoprop ในการศึกษาลำดับต่อไปผู้ศึกษาจะทำการศึกษาถึงระดับของสารป้องกันศัตรูพืชกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตบางชนิดที่มีผลต่อการตายและการยับยั้งการทำงานของ AChE และ BChE ในปลาบางชนิดและสิ่งมีชีวิตในน้ำอื่น รวมถึงความไวของสิ่งมีชีวิตชนิดที่เหมาะสมในการใช้เป็นดัชนีชีวภาพ และยังคงติดตามตรวจสอบสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มนี้ในแหล่งน้ำด้วยวิธีการอื่นควบคู่กันเป็นระยะๆ ต่อไป

สรุปผลการทดลอง

Serum-BChE Activity และ AChE Activity ของทั้งปลาตะกุงและปลานิลในแต่ละแหล่งเลี้ยงมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักปลา โดยค่า cholinesterase Activity ของ Serum และ Whole brain ของปลานิลจากแหล่งเลี้ยงเขื่อนแม่งัดมีค่าสูงสุดใช้อ้างอิงได้ คือ $0.80747 \pm 0.04387 \text{ uM/min/uL}$, $5.85354 \pm 0.63276 \text{ uM/min/g tissue}$ และสามารถศึกษาใช้ BChE activity ได้เช่นเดียวกับการศึกษาจาก AChE activity มาติดตามผลกระทบจากสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตจากกิจกรรมการเกษตรในแหล่งน้ำได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยการใช้สิ่งมีชีวิตในน้ำบางชนิดติดตามตรวจสอบสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในแม่น้ำปิง จังหวัดเชียงใหม่ TRG4580035 ได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนสนับสนุนการวิจัย และขอขอบคุณ คุณสุรัตน์ หงษ์สามสิบและเจ้าหน้าที่ ห้องปฏิบัติการพิษวิทยา สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สุขภาพ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และความสะดวกในการวิเคราะห์ทางชีวเคมี

เอกสารอ้างอิง

ดวงใจ ผิดคำ.2542.การศึกษาเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสของผึ้งและความไวของเอนไซม์ต่อสารเคมีกำจัด แมลง. ภาควิชาวิทยาศาสตร์บัณฑิต(เทคนิคการแพทย์). คณะเทคนิคการแพทย์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 41 หน้า.

- ภัทรวดี พงษ์ระวีวงศ์ และวีระวรรณ เรืองยุทธการณ. 2543. การวัดระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส ในซีรัมของคนไทยปกติ. เชียงใหม่เวชสาร. 39(1-2) : 21-29.
- Cunha Bastos, V.L.F., A. Rossini, L.F. Ribeiro Pinto, L.M. de Lima, P.S. Ceccarelli, M.G.P. Coelho, and J. Cunha Bastos. 1998. Different Sensitivities to Paraoxon of Brain and Serum Cholinesterases from Pacu, an Indigenous Brazilian Fish. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 60 : 1-8.
- Ellman, G.L., K.D. Courtney, V.J. Andres, and R.M. Featherstone. 1961. A new and Rapid calorimetric determination of acetylcholinesterase activity. Biochem. Pharmacol. 7: 88-95.
- Fernandez-Vega, C., E. Sancho, M. D. Ferrando, and E. Andreu. 2002. Thiobencarb-Induced Changes in Acetylcholinesterase Activity of the Fish *Anguilla anguilla*. Pesticide Biochemistry and Physiology. 72:55-63.
- Gruber, S.J. and M.D.Munn. 1998. Organophosphate and Carbamate Insecticides in Agricultural Waters and Cholinesterase (ChE) Inhibition in Common Carp (*Cyprinus carpio*). Arch. Environ. Contam. Toxicol. 35 : 391-396.
- Luadee P, P. Chantaramongkol , T. Prapamontol. 2001. Sublethal effects of Organophosphorous and Carbamate Pesticides on Cholinesterase Activity of *Stenopsyche siamensis* (Trichoptera: Stenopsychidae) .
- Pavlov, D.F. 1996. Induced reactivation of inhibited acetylcholinesterase: application for fish physiology and toxicology studies. Contaminant Effects on Fish Symposium Proceeding (Physiology section), International Congress on the Biology of Fishes, San Francisco State University, July 14-18. P. 43-48.
- Tapunya D. 2000. Impact of Pesticides Use on Macroinvertebrate Community and Cholinesterase Activity of Chironomids at Ban Mae Sa Mai Chiang Mai Province. M.S. Thesis. Chiang Mai University.
- Zinkl, J.G., W.L. Lockhard, S.A. Kenny, F.J. Ward. 1991. The effects of cholinesterase inhibiting insecticide on fish. In: Mineau P (ed) Cholinesterase inhibiting insecticides. Elsevier, New York. P. 233-254.
-

การใช้ดัชนีชีวภาพและดัชนีคุณภาพน้ำติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำแม่น้ำปิง

Some Biotic Indices and Water Quality Index Used as Water Quality Monitoring of Ping River Northern Thailand

ประจวบ ฉายบุ¹ และพรทิพย์ จันทรมงคล²

¹ อาจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290

² อาจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50000

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงการใช้นิเวศวิทยาทางชีวภาพและดัชนีคุณภาพน้ำในการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำบริเวณตอนบนของแม่น้ำปิง ในเขตอำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ในฤดูฝนและฤดูแล้งตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ.2545 ถึง มกราคม พ.ศ.2546 เก็บตัวอย่างน้ำและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินโดยใช้วิธีตักด้วยแบบตะกร้า จาก 6 จุดศึกษา เดือนละครั้ง มาศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพ ทางเคมี และทางจุลินทรีย์วิทยา และเมื่อใช้ดัชนีคุณภาพน้ำ(WQI) เป็นเกณฑ์ในการแบ่งชั้นคุณภาพน้ำ พบว่า ในฤดูฝนทุกจุดการศึกษามีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์พอใช้ และในฤดูแล้งทุกจุดการศึกษามีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ดี การศึกษากลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน พบจำนวน 1,174 ตัว จาก 3 phylum 11 order 32 family จำแนกเป็น phylum Arthropoda 9 order 29 family โดย phylum Mollusca 1 order 2 family และ phylum Annelida 1 order 1 family โดยพบตัวอ่อน aquatic Insect จำนวน 25 family คิดเป็น 68.057 % สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่พบมากที่สุดตลอดการศึกษาคือ family Hydropsychidae(order Trichoptera) เมื่อใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินเป็นดัชนีชีวภาพ มาประเมินคุณภาพน้ำแม่น้ำปิง พบว่า ทุกจุดการศึกษามีคุณภาพน้ำดีมาจากการใช้ BMWP_{Thai} และ ASPT Score และแบ่งเป็น 2 กลุ่มที่มีคุณภาพน้ำดีและดีมาก เมื่อใช้ Signal และ FBI score เมื่อนำผลคุณภาพน้ำ ดัชนีคุณภาพน้ำ(WQI) และดัชนีชีวภาพ (BMWP_{Thai} , ASPT , Signal และ FBI score) มาวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าสหสัมพันธ์พบว่า ดัชนี WQI มีสหสัมพันธ์เชิงลบกับคุณภาพน้ำ คือ Turbidity($r=-0.971$), Total solids($r=-0.832$), NO₃ ($r=-0.522$) , PO₄ ($r=-0.964$), และ สหสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าดัชนีชีวภาพในระบบ BMWP_{Thai} ($r=0.491$), ASPT($r=0.693$) อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ส่วนดัชนีชีวภาพระบบ Signal และ FBI score ไม่พบว่ามีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับคุณภาพน้ำ ดัชนีคุณภาพน้ำ และดัชนีชีวภาพในระบบ BMWP_{Thai} , ASPT score จากผลการศึกษพบว่าดัชนีคุณภาพน้ำ และ ดัชนีชีวภาพ ระบบ BMWP_{Thai} , ASPT score มีศักยภาพในการใช้ประเมินคุณภาพน้ำในแม่น้ำอื่นได้ดีเช่นเดียวกับการศึกษาแม่น้ำปิง

Abstract

The water quality monitoring of the Ping River was carried out from September, 2002 - January, 2003. Seven sampling sites were selected from middle part of the Ping River, northern Thailand. In each site, some physio-chemical and biological parameters were measured once a month. According to the monitoring, Basket Artificial substrate sampler was retrieved one month later and then macroinvertebrates were collected and identified to family level. 1,174 macroinvertebrate individuals were collected from the River representing 3 Phyla, 11 order and 32 family. The dominant group generally was the aquatic insects larva, especially the family Hydropsychidae (Order Trichoptera, Insecta). Four Biotic scoring system (BMWP adopt for Thai ; average score per taxa ; ASPT values based on biological working party ; Signal , Modified family biotic indices; FBI , were calculated using collected macroinvertebrates. All values calculated from biological monitoring methods revealed occurrence of good water quality in all sites. These Indices show tendencies to indicate water quality in this study when considered concurrently with some others environmental factors.

The calculated water quality index (WQI) also was relatively high indicated that the water quality in the middle part of the River was very good at all sites in dry season. The WQI was decreased because of Total suspended solids increasing from local sand mining and erosion impacts in rainy season. Considering the water quality according to the standard surface water of Thailand, it was the second category at all sampling sites. Both of biotic indices (BMWP_{Thai} , ASPT) and water quality index were significantly negative correlated to Turbidity, Total solids, NO₃ , and PO₄. Efficiently they can be also used to assess the water quality of the Ping River due to environmental impacts.

Key words : Biotic Indices, water quality index, biomonitoring , Ping River, Thailand

บทนำ

แม่น้ำปิง แม่น้ำสายหลักสำคัญในภาคเหนือไหลผ่านเมืองเชียงใหม่ แนวเหนือ-ใต้ พื้นที่รับน้ำจากการเกษตรที่สูงและชุมชนหนาแน่นริมแม่น้ำที่ราบ พื้นที่ต้นน้ำและลำน้ำสาขาตอนบนยังคงปก

คลุมด้วยป่าไม้ การเติบโตและพัฒนาของเทศบาลเมืองเชียงใหม่ที่รวดเร็ว ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมมากมาย จากการศึกษาของ ยุกิน(2537) Sannarm (1993) Thaweeburus (1994) Thorne and Williams (1997) Mustow (1997) Chaibu(2000) และ Chaibu *et al.*(2002) ซึ่งชี้ว่าการเติบโตของเมือง อุตสาหกรรมการเกษตรและพื้นที่การเกษตรเป็นสาเหตุหลักของมลพิษในแม่น้ำปิง ในประเทศไทยส่วนใหญ่ใช้คุณภาพน้ำทางเคมีและกายภาพมาใช้ในการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำผิวดิน ส่วนคุณภาพน้ำทางชีวภาพใช้เพียงค่าบีโอดีและแบคทีเรียที่ปนเปื้อนในน้ำมาช่วยในตรวจสอบเท่านั้น ช่วงกว่าสิบปีที่ผ่านมาการนำเทคนิคการใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่มีความต้องการสภาพแวดล้อมในช่วงที่เหมาะสมในการดำรงชีพ เช่น อุณหภูมิ น้ำ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ pH และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ โดยนำการตอบสนองต่อคุณภาพน้ำมาใช้ในการประเมินคุณภาพน้ำของลำธารและแม่น้ำที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ (นฤมล, 2542 ; Sannarm, 1993 ; Thaweeburus, 1994; Inmoung *et al.*,1996; Inmoung,1997) ซึ่งได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในการใช้สิ่งมีชีวิตกลุ่มนี้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพควบคู่การประเมินคุณภาพน้ำทางเคมีและทางกายภาพโดยอาศัยแนวความคิดที่ว่าความทนทานของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดต่อสภาวะมลพิษของแหล่งน้ำนั้นจะแตกต่างกันทำให้สิ่งมีชีวิตที่ปรากฏอยู่จะแตกต่างกันในระดับชนิดและปริมาณโดยขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงและประเภทของมลพิษ (Abel, 1989) สำหรับวิธีการประเมินคุณภาพของแหล่งน้ำทางชีวภาพมีการศึกษาหลายแบบ เช่น 1).ศึกษาเปรียบเทียบบริเวณซึ่งได้รับผลกระทบกับบริเวณซึ่งไม่ได้รับผลกระทบจากสารมลพิษหรือศึกษาการเปลี่ยนแปลงจากสภาวะปกติของพื้นที่หนึ่งเปรียบเทียบกับเมื่อมีกิจกรรมอันก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยในบริเวณนั้น 2). การใช้สิ่งมีชีวิตเป็นตัวบ่งชี้สภาวะเป็นพิษจากสารมลพิษในแหล่งน้ำและ 3). การประเมินผลกระทบของสารพิษ การใช้พื้นที่และ การใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำต่อระบบนิเวศ ซึ่งวิธีการในการประเมินผลกระทบดังกล่าวมีความจำเป็นที่จะต้องทราบองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ต้องมีความรู้ในการจัดจำแนกสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดในบริเวณที่ศึกษา (Norris and Norris, 1995)

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.เพื่อศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพในระดับfamilyของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน
2. เพื่อศึกษาการนำสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน มาใช้เป็นดัชนีชีวภาพที่เหมาะสมร่วมกับดัชนีคุณภาพน้ำจากคุณภาพน้ำ มาใช้ประโยชน์เป็นดัชนีพื้นฐานมาประเมินผลกระทบจากกิจกรรมมนุษย์ต่อคุณภาพน้ำในแม่น้ำปิง

วัสดุอุปกรณ์ และวิธีการ

- 1.พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาในแม่น้ำปิงในพื้นที่อำเภอ แม่แตง สันทราย และแมริม จังหวัดเชียงใหม่ ตั้งอยู่ $18^{\circ} 55'$ เหนือ ถึง $19^{\circ} 49'$ เหนือ และ $98^{\circ} 55'$ ตะวันออก ถึง $99^{\circ} 00'$ ตะวันออก ที่รองรับน้ำจากกิจกรรมของชุมชน และ พื้นที่ทำการเกษตรและอุตสาหกรรมในพื้นที่ที่อยู่ริมฝั่ง กำหนดจุดศึกษาจำนวน 7 จุดศึกษาตามกิจกรรมที่มีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในแม่น้ำปิงดัง Figure 1

2. การเก็บตัวอย่าง

2.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำจำนวน 7 จุด และทำการเก็บตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์เดือนละ 1 ครั้ง เป็นเวลานาน 6 เดือน ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2545 ถึงเดือนมกราคม 2546 เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

2.2 การเก็บตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน (macroinvertebrates)

เก็บตัวอย่าง macroinvertebrates หลังจากปล่อยวัตถุล่อแบบ Basket Artificial substrate samplers แล้ว 1 เดือน จุดศึกษาละ 3 ซ้ำ เก็บรักษาตัวอย่างใน สารละลาย Alcohol 70% แล้วนำมาจำแนกทางอนุกรมวิธานถึงระดับfamily

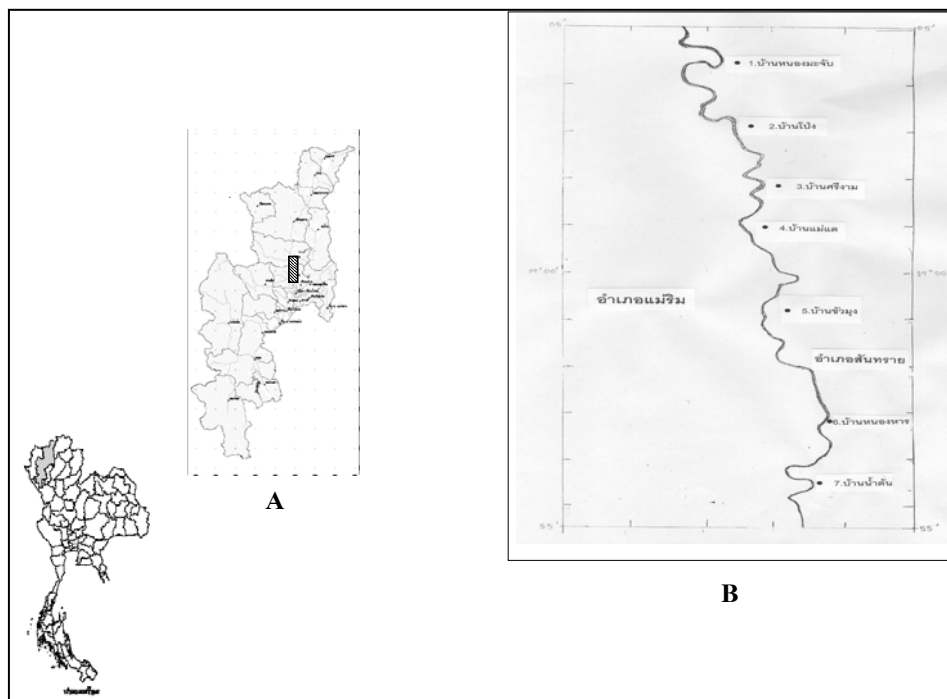


Figure 1 Map of the upper Ping River watershed(A) and location of 6 sampling sites(B)

3. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

3.1วิเคราะห์คุณภาพน้ำในสนามได้แก่ อุณหภูมิน้ำ(TEMP)และอากาศ pH ใช้ pH meter ค่า ConductivityและTotal dissolved solid ใช้ conductivity meter

3.2การวิเคราะห์คุณภาพน้ำในห้องปฏิบัติการตาม APHA,AWWA,WFCF(1992)ได้แก่ Alkalinity (Phenolphthalein Methyl Orange Indicator), Dissolved oxygen (DO; Azide modification Method), Biochemical Oxygen Demand (BOD₅) ที่ อุณหภูมิ 20 °C เวลา 5 วัน แล้ว titrate หา Dissolved Oxygen ด้วยวิธี Azide Modified Method ค่า Turbidity(TUR) ใช้ turbiditymeter ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS, Total solids) ใช้อบแห้งที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียสนาน 24 โมง ชั่งน้ำหนักตะกอนที่เหลือ ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์ม (FCB; Fecal coliform bacteria) โดยวิธี Multiple – tube Fermentation Technique

3.3สารอาหารใช้ spectrophotometer (HACH DR/2000) วิเคราะห์ไนเตรท-ไนโตรเจน(NO₃) โดยวิธี Cadmium Reduction Method แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(NH₃) โดยวิธี Nessler Method ฟอสเฟต- ฟอสฟอรัส(PO₄) วิธี Ascorbic acid method

4. การประเมินคุณภาพน้ำ

4.1 การประเมินดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไป (Genral Water Quality Index ; WQI) จาก คุณภาพน้ำ ที่ตรวจสอบ 9 ตัวแปร ตาม ชนิธน์(2545) จาก

$$WQI = \sqrt[n]{[TEMP][pH][DO][BOD][FCB][NO_3][PO_4][TUR][TS]}$$

4.2 การประเมินคุณภาพน้ำทางชีวภาพ

ให้คะแนนตามระบบ Biological Monitoring Working Party (BMWP) Score /Average Score Per Taxon (ASPT), (Hellawell, 1978) FBI (Hilsenhoff,1988) และ SIGNAL(Chessmen,1983)แก่สัตว์ในระดับfamilyที่จำแนกได้

5. ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำ และดัชนีที่ใช้ประเมินคุณภาพน้ำ

หาสหสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำ ค่าดัชนีคุณภาพน้ำ(WQI) ค่าดัชนีคุณภาพน้ำทางชีวภาพ(BMWP, ASPT, SIGNAL และ FBI score) โดยใช้ Pearson product moment correlation โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS

ผลการศึกษาวิจัยและบทวิจารณ์

1.ผลการศึกษาคุณภาพน้ำทางกายภาพ เคมีและจุลินทรีย์

ผลการศึกษา พบว่า คุณภาพน้ำ อุณหภูมิ น้ำ มีค่า 24.22 ± 0.50 °C ความขุ่น มีค่า 223.07 ± 43.44 NTU ปริมาณของแข็งทั้งหมด มีค่า 219.89 ± 29.12 mg/L ความนำไฟฟ้า มีค่า 166.25 ± 1.65 μ s/cm ความเป็นด่าง มีค่า 79.910 ± 2.796 mg/L ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ มีค่า 6.88 ± 0.90 mg/L ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) มีค่า 7.16 ± 0.02 ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ มีค่า 78.73 ± 1.69 ppm. Biochemical Oxygen Demand มีค่า 0.623 ± 0.059 mg/L

ปริมาณไนเตรท มีค่า 0.0452 ± 0.0801 mg/L ปริมาณฟอสฟอรัส มีค่า 0.274 ± 0.012 mg/L ปริมาณแอมโมเนีย มีค่า 0.032 ± 0.014 mg/L มีค่าสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Chaibu(2000) และ Chaibu *et al.*(2002) และปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟีคัลโคลิฟอร์มมีค่า 125.920 ± 20.200 MPN/100ml และ เมื่อใช้ดัชนีคุณภาพน้ำเป็นเกณฑ์ในการแบ่งชั้นคุณภาพน้ำ พบว่า ในฤดูฝนทุกจุดการศึกษาคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์พอใช้ โดยที่จุดที่ 1,2,3,4,5,6, และ 7 มีคะแนนเฉลี่ยคือ 54.75, 56.02 , 53.64 , 54.92 , 54.15 , 55.98 , 56.9 คะแนน ตามลำดับ และในฤดูแล้งทุกจุด การ

Table 1 Some water quality of Ping river sampling sites from August, 2002 to January, 2003

Water quality (Mean±SE)	Sampling sites						
	1	2	3	4	5	6	7
Temperature(° C)	24.91 ± 0.64	25.25±0.51	25.18±0.63	24.88±0.78	24.58±0.87	24.50±0.83	24.25±0.92
Turbidity(NTU)	230.83±109.01	231.56±139.80	301.58±183.01	280.52±181.82	206.13±94.04	187.10±74.70	152.18±56.54
Total solids(mg/L)	215.25 ±77.86	224.24 ±92.73	330.31 ±123.54	236.98 ±90.02	244.92 ±97.00	228.55 ±69.05	219.6 ±59.58
Conductivity(us/Cm)	144.33 ±26.05	173.33±5.577	165.00±5.00	160.00±5.16	161.67±4.08	170.00±2.58	176.67±3.33
Alkalinity(mg/L)	82.92±2.91	72.47±12.68	84.30±3.18	85.60±1.99	83.30±2.48	72.61±12.91	87.83±2.36
DO(mg/L)	6.92 ±0.28	7.07±0.40	6.92±0.33	6.93±0.24	6.73±0.17	6.70±0.24	6.95±0.23
pH	7.18±0.037	7.17±0.042	7.00±0.086	7.10±0.058	7.20±0.058	7.23±0.033	7.25±0.092
TDS (ppm)	81.67±3.07	83.33±3.33	78.33±1.67	76.67±2.11	80.00±0.00	81.67±1.67	85.00±2.24
BOD(mg/L)	0.30±0.045	0.28±0.040	1.25±0.043	0.45±0.076	0.73±0.169	0.77±0.184	0.62±0.125
NO ₃ (mg/L)	0.058±0.039	0.021±0.032	0.065±0.102	0.097±0.159	0.045±0.053	0.018±0.021	0.0440±0.055
PO ₄ (mg/L)	0.301±0.158	0.247±0.148	0.296±0.154	0.266±0.163	0.270±0.163	0.309±0.172	0.277±0.169
NH ₃ (mg/L)	0.042±0.016	0.029±0.013	0.025±0.016	0.028±0.008	0.033±0.010	0.043±0.010	0.032±0.012
FCB (MPN/100ml.)	254.33±108.24	53.00±20.81	104.33±31.87	112.67±65.41	191.00±49.00	84.76±40.34	112.00±19.00

ศึกษามีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ดี โดยจุดที่ 1,2,3,4,5,6, และ 7 มีคะแนนเฉลี่ย 79.58 ,83.33 , 79.15 ,81.14 ,78.23 ,78.94 และ 78.47 คะแนน ตามลำดับ โดยคุณภาพน้ำทั่วไปอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 2 แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทั้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน การอนุรักษ์สัตว์น้ำ การประมง และการว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ (กองจัดการคุณภาพน้ำ, 2538) เช่นเดียวกับผลการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำในแม่น้ำปิงของ Kunpradid และ Peerapornpisal (2003) แบบ oligo-mesotrophic state ที่ใช้สารอาหารในน้ำ เป็นเกณฑ์พื้นฐาน

2.การศึกษาความหลากหลายสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน

จากการศึกษาสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินทั้งสิ้น 1,174 ตัว จำแนกเป็น 3 phylum (Arthropoda, Mollusca, และ Annelida) 11 order 32 family จำแนกได้เป็น Phylum Arthropoda 9 order 29 family Phylum Mollusca 1 order 2 family และ Phylum Annelida 1 order 1 family แสดงดัง Table 2 โดยพบตัวอ่อน aquatic Insect จำนวน 25 family คิดเป็น

68.057 % ชนิดอื่น 31.94% (Figure 2) แสดงเปอร์เซ็นต์ในแต่ละ family ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่พบทั้งหมด family ที่พบมากที่สุดตลอดการศึกษาได้แก่ family Hydropsychidae ซึ่งอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำที่มีคุณภาพดีมากจนถึงคุณภาพดี โดยพบถึง 27 family ที่พบสอดคล้องกับการศึกษาของ Mustow (1999) ในแม่น้ำปิง เมื่อพิจารณาเป็นฤดูพบว่าในฤดูหนาวพบจำนวนตัวของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินมากกว่าในฤดูฝน ในฤดูหนาวพบสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังทั้งหมด 687 ตัว จำแนกได้เป็น 2 Phylum (Arthropoda และ Mollusca) 10 order 27 family family ที่พบมากที่สุดได้แก่ Hydropsychidae รองลงมาเป็น family Baetidae ในฤดูฝนพบสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังทั้งหมด 487 ตัว จำแนกได้เป็น 3 Phylum (Arthropoda, Mollusca และ Annelida) 9 order 25 family family ที่พบจำนวนมากที่สุดได้แก่ Viviparidae รองลงมาได้แก่ family Hydropsychidae

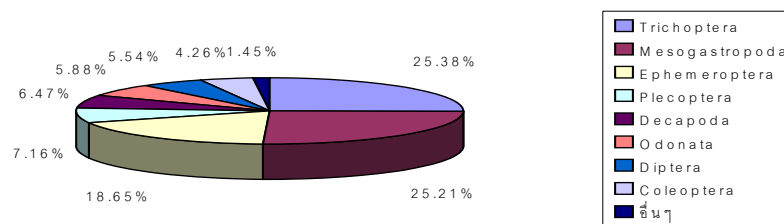


Figure 2 Percentage of Macroinvertebrates Taxa composition in sampling sites

3. การประเมินคุณภาพน้ำจากดัชนีชีวภาพ

จากการให้คะแนนกับสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินเพื่อนำมาประเมินคุณภาพน้ำ โดยใช้ค่าคะแนน 4 ระบบคือ BMWP (16 taxa), ASPT (16 taxa), SIGNAL (13 taxa) และ FBI (14 taxa) มีค่าคะแนนดัง Table 1 และผลการใช้ดัชนีชีวภาพทั้ง 4 ระบบในการประเมินคุณภาพน้ำดัง Table 3 โดย ระบบ BMWP/ASPT ให้ผลที่ตรงกันว่า น้ำในแม่น้ำปิงทั้ง 7 จุดมีคุณภาพดีมาก ๆ ส่วนระบบ SIGNAL ให้ค่าคะแนนคุณภาพน้ำสะอาดมาก ไม่มีมลพิษปนอยู่เลย (จุดที่ 1, 4 และ 6) และน้ำสะอาดมีมลพิษปนอยู่เล็กน้อย (จุดที่ 2, 3, 5 และ 7) และระบบ FBI พบว่าคุณภาพน้ำดีมาก ๆ ไม่มีอินทรีย์สารปนอยู่เลย (จุดที่ 2, 4, 5 และ 6) และคุณภาพน้ำดีมากอาจมีอินทรีย์สารปนอยู่บ้าง

เล็กน้อย (จุดที่ 1,3 และ 7) ทุกระบบให้ผลที่ตรงกันว่าจุดที่ 4 และ 6 มีคุณภาพน้ำดีที่สุดดังในTable 3 โดยจากTable 2 พบว่า

กลุ่มสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่ระบุค่าคะแนนของระบบBMWP(16 taxa) , ASPT(16 taxa) , SIGNAL(13 taxa) และ FBI(14 taxa) ได้เพียง 20 taxa จากทั้งหมด 32 taxa เช่นเดียวกับการศึกษาของ อลงกรณ์(2539); Sannarm(1993); นฤมล(2542) ที่ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อกำหนดค่าคะแนนให้กับกลุ่มสัตว์ไม่มีสันหลังหน้าดินและใช้อ้างอิงในแหล่งน้ำอื่นของไทยได้

Table 2 Indices scores based on macroinvertebrates of Ping river sampling sites from August, 2002 to January, 2003

Scoring System	Sampling sites							Water quality class
	1	2	3	4	5	6	7	
BMWP	74	93	76	74	76	64	39	51-80=ค่าดัชนี 4 =คุณภาพดี 25-50=ค่าดัชนี 3=คุณภาพปานกลาง
ASPT	7.40	6.64	6.91	6.73	6.91	8.00	6.5	>5 = คุณภาพน้ำดีมาก ๆ
SIGNAL	6.00	5.70	5.63	6.00	5.78	6.83	5.80	>6=น้ำสะอาดมาก 5-6=น้ำสะอาด
FBI	4.19	2.47	3.88	3.75	3.48	3.69	4.05	0-3.75=คุณภาพน้ำดีมาก ๆ ไม่มี สารอินทรีย์ปนอยู่เลย 3.76-4.25=คุณภาพน้ำดีมาก อาจมี สารอินทรีย์ปนอยู่บ้างเล็กน้อย
WQI	67.17	69.68	66.39	68.03	66.19	67.46	67.68	50-70=คุณภาพน้ำพอใช้

4. ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำ ดัชนีคุณภาพน้ำ และดัชนีชีวภาพ

ค่า WQI และ ค่าดัชนีชีวภาพ (BMWP และASPT score) มีสหสัมพันธ์กับ Turbidity, Total solids, PO₄ อย่างมีนัยสำคัญดังTable 4 โดยดัชนีชีวภาพ BMWP และASPT score มีสหสัมพันธ์เชิงลบต่อ Turbidity, Total solids และ PO₄ อย่างมีนัยสำคัญ แตกต่างจากการศึกษาของ Pinder (2000) ที่พบว่า BMWP มีสหสัมพันธ์เชิงลบกับ BOD และ ASPT score มีสหสัมพันธ์กับค่า dissolved organic carbon ในแหล่งน้ำเขตร้อน แต่อย่างไรก็ตามค่าดัชนีชีวภาพระบบ BMWP และ ASPT score ของการศึกษครั้งนี้มีประสิทธิภาพในการประเมินคุณภาพน้ำของแม่น้ำปิงได้ เช่นเดียวกับการทดสอบดัชนีชีวภาพของ ThornและWilliams(1997); Sannarn(1993) และ Mustow (1997) ที่เก็บตัวอย่างด้วย Kick-sampling และ Pond net ในแม่น้ำปิงและลำน้ำสาขา และสอดคล้องกับการศึกษาของอลงกรณ์(2539) ที่ใช้ประเมินคุณภาพน้ำในลำธาร ในพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์ และนอกจากนี้พบว่าค่า SIGNAL และ FBI scores ไม่มีสหสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำ และค่า WQI, BMWP, และ ASPT อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งดัชนี WQI, BMWP, และ ASPT มีสหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญ

Table 3 Correlation coefficient between water quality, water quality index and four biotic scores of Ping river sampling sites from August, 2002 to January, 2003

Index	Turbidity(NTU)	Total Solids	NO ₃ (ppm)	PO ₄ (ppm)	WQI
WQI	-0.971** p=0.000	-0.832** p=0.000	-0.522** p=0.001	-0.964** p=0.000	
BMWP	-0.559** p=0.000	-0.546** p=0.001	-0.333 ^{ns} p=0.051	-0.546** p=0.001	0.491** p=0.003
ASPT	-0.669** p=0.000	-0.632** p=0.000	-0.312 ^{ns} p=0.068	-0.642** p=0.000	-0.693** p=0.000
SIGNAL	-0.132 ^{ns} p=0.451	-0.144 ^{ns} p=0.408	0.208 ^{ns} p=0.231	-0.077 ^{ns} p=0.662	0.112 ^{ns} p=0.522
FBI	0.234 ^{ns} p=0.176	0.198 ^{ns} p=0.253	0.283 ^{ns} p=0.099	-0.169 ^{ns} p=0.551	-0.252 ^{ns} p=0.146
ns=no statistical significant difference ; ** =statistical significant difference					

สรุป

1.คุณภาพน้ำทุกจุดศึกษาอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินประเภทที่ 2 คือ

อุณหภูมิมีค่า 24.23 ± 0.51 °C ความขุ่น มีค่า 223.08 ± 43.44 NTU ปริมาณของแข็งทั้งหมด มีค่า 219.89 ± 29.12 mg/L ความนำไฟฟ้า มีค่า 166.25 ± 1.65 μ S/cm ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ มีค่า 78.73 ± 1.69 ppm. ความเป็นด่าง มีค่า 79.91 ± 2.79 mg/L ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ มีค่า 6.88 ± 0.90 mg/L ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ มีค่า 7.16 ± 0.02 BOD₅ มีค่า 0.62 ± 0.06 mg/L L ปริมาณไนเตรท มีค่า 0.045 ± 0.080 mg/L ปริมาณฟอสฟอรัส มีค่า 0.274 ± 0.012 mg/L ปริมาณแอมโมเนีย มีค่า 0.032 ± 0.014 mg/L และ ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มฟิโคลิฟอร์มมีค่า 125.92 ± 20.20 MPN/100ml เมื่อใช้ดัชนีคุณภาพน้ำเป็นเกณฑ์ในการแบ่งชั้นคุณภาพน้ำ พบว่า ในฤดูฝนทุกจุดการศึกษาคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์พอใช้ และในฤดูแล้งทุกจุดการศึกษาคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ดี

2. สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินทั้งหมดที่พบ 3 Phylum 11 order 32 family จำนวน 1,174 ตัว จำแนกเป็น Phylum Arthropoda 9 order 29 family Phylum Mollusca 1 order 2 family และ Phylum Annelida 1 order 1 family

3. ค่าดัชนีชีวภาพในระบบ BMWP/ASPT จัดคุณภาพน้ำแม่น้ำปิงในเกณฑ์ดีมาก ๆ ระบบ SIGNAL คุณภาพน้ำแม่น้ำปิงอยู่ในเกณฑ์น้ำสะอาดและสะอาดมากและระบบFBIคุณภาพน้ำดีมากและดีมาก ๆ

4. ค่า WQI และ ค่าดัชนีชีวภาพ (BMWP และ ASPT score) มีสหสัมพันธ์เชิงลบกับ Turbidity, Total solids, PO₄ อย่างมีนัยสำคัญ ค่าดัชนี WQI, BMWP, และ ASPT มีสหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญจากผลการศึกษาพบว่า WQI และ ดัชนีชีวภาพ ระบบ BMWP_{Thai} , ASPT score มีศักยภาพในการใช้ประเมินคุณภาพน้ำในแม่น้ำอื่นได้ดีเช่นเดียวกับในการศึกษาแม่น้ำปิง

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยการใช้สิ่งมีชีวิตในน้ำบางชนิดติดตามตรวจสอบสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในแม่น้ำปิง จังหวัดเชียงใหม่ TRG4580035 ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- ชนินทร์ ทองธรรมชาติ . 2540 . ดัชนีคุณภาพน้ำ .วารสาร ค.พ. 2 (1) : 8 น .
- นฤมล แสงประดับ.2542. การใช้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในการบ่งชี้คุณภาพน้ำ. ภาควิชาชีววิทยา. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น , ขอนแก่น. 27น .
- อลงกรณ์ ผาผิง. 2539. ดัชนีชีวภาพในการประเมินคุณภาพ แหล่งน้ำ. ปัญหาพิเศษ ภาควิชาชีววิทยา. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น , ขอนแก่น.
- APHA,AWWA,WFCF.1992.Standard Method for The Examination of Water and Wastewater, 18thed. Washington DC:American Health Association
- Chaibu P. 2000. Potential Use of Trichoptera as Water Pollution Biomonitoring inPing River Chiang Mai. Ph.D. Thesis. Chiang Mai University. .
- Chaibu P, Chantaramongkol P, Malicky H. 2002. The caddisflies(Trichoptera) of the River Ping Northern Thailand, with particular reference to domestic pollution (Studies on Trichoptera in Thailand,Nr.31). Nova Suppl. Ent. 15.
- Collier K J. 1995. Environmental factors affecting the taxonomic composition of aquatic macroinvertebrate communities in lowland waterways of Northland, New Zealand. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research. 29: 453-465.
- Hellawell J M. 1986.Biological indicators of freshwater pollution and environment management. Elsevier Applied Science Publishers, London.
- Inmoung Y. 1997. Distribution of Benthic macroinvertebrates fauna in northeast Thailand: the variation of fauna assemblages due to environmental changes. Ph.D. Desertation. University of Tasmania, Hobart.
- Kunpradid, K. and Y. Peerapornpisal. 2003. Water quality monitoring for Ping river in 2001-2002. Abstract international conference on water resources management for safe drinking water. 25-29 March 2003. Chiang Mai. Thailand.
- Maketon M., R. Kittiworachet , C. Somsisi and T. Ngamprayad. Benthic Fauna and quality in Chao Phaya Rivier , Thiland (online) :เข้าถึงได้จาก <http://www.co.th/search?q=cache:QdIWXPfHhCQC:STD.C/Monchan.pdf+Monchan++Maketon&hl=UTF-8&inlang=t 20/3/46>
- Mustow S. E. 1997. Aquatic macroinvertebrates and environmental quality of Rivers in northern Thailand. Ph.D. thesis, London University. 391 p.
- Norris R H, Norris K. R.1995.The need for biological assessment of water quality: Australian perspective. Australian Journal of Ecology. 20: 1-6.

- Pinder L. C. V., Morley D. J. 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.
- Sannarm G. 1993. Biology surveillance using macroinvertebrates communities of the quality of the Mae Kwang river the northern region industrial estate. Master's thesis, Chiang Mai University, Chiang Mai.
- Thaweeburus P. 1994. Biomonitoring Techniques to Assess Water Loss at the Old Mae Ping Dam and Water Quality of Mae Ping River. Master's thesis, Chiang Mai University, Chiang Mai.
- Thorne R.St.J., and Williams W.P. 1997. The response of benthic macroinvertebrates to pollution in developing country: a multimetric system of bioassessment. *Fresh Biol*, 37, 671-686.
-

Some Biotic Indices and Water Quality Index Used as Water Quality Monitoring of Ping River Northern Thailand

Prachaub Chaibu¹ and Porntip Chantaramongkol²

¹ Department of Fisheries Technology, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand. 50290.

² Department of Biology, Faculty of Science, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand. 50000.

The water quality monitoring of the Ping River was carried out from September, 2002 - January, 2003. Seven sampling sites were selected from middle part of the Ping River, northern Thailand. In each site, some physio-chemical and biological parameters were measured once a month. According to the monitoring, Basket Artificial substrate sampling were retrieved one month later and then macroinvertebrates were collected and identified to family level. 1,174 macroinvertebrate individuals were collected from the River representing 3 Phyla, 11 order and 32 family. The dominant group generally was the aquatic insects larva, especially the family Hydropsychidae (Order Trichoptera, Insecta). Taxa or family richness, Modified family biotic indices(FBI), average score per taxa(ASPT) values based on biological working party(BMWP) adopt for Thai were calculated using collected macroinvertebrates. All values calculated from biological monitoring methods revealed occurrence of good water quality in all sites. These Indices show tendencies to indicate water quality in this study when considered concurrently with some others environmental factors.

The calculated water quality index(WQI) also was relatively high indicated that the water quality in the middle part of the River was very good at all sites in dry season. The WQI was decreased because of Total suspended solids increasing from local sand mining and erosion impacts in rainy season. Considering the water quality according to the standard surface water of Thailand, it was the second category at all sampling sites. Both of biotic indices and water quality index can be also used to assess the water quality of the Ping River due to environmental impacts.

Keyword : Biotic Indices, water quality index, biomonitoring ,Ping River, Thailand

นำเสนอในที่ประชุมวิชาการนานาชาติ(บทคัดย่อ) Poster session เรื่อง 2003 International Symposium on Regional Environmental Management ระหว่างวันที่ 6 - 9 November, 2003 ที่ Lotus Pang Suan Kaew Hotel Chiang Mai, Thailand Organized by Chiang Mai University, Thailand & Shiga University, Japan เรื่อง **WATER QUALITY INDICES USED AS WATER POLLUTION ASSESSMENT OF PING RIVER NORTHERN THAILAND**

สัญญาเลขที่ TRG4580035

โครงการ: การใช้สิ่งมีชีวิตในน้ำบางชนิดประเมินผลกระทบจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในแม่น้ำปิง
รายงานความก้าวหน้าของโครงการในรอบ 1 ปีของหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

ชื่อโครงการ: การใช้สิ่งมีชีวิตในน้ำบางชนิดประเมินผลกระทบจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในแม่น้ำปิง
ระยะเวลาโครงการ ตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม พ.ศ.2545 ถึง วันที่ 30 มิถุนายน พ.ศ.2547

ชื่อหัวหน้าโครงการผู้รับทุน: นายประจวบ ฉายบุ

นักวิจัยที่ปรึกษา : ดร.ทิพวรรณ ประภามณฑล และ ดร.พรทิพย์ จันทรมงคล

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 8 กรกฎาคม พ.ศ.2545 ถึงวันที่ 30 มิถุนายน พ.ศ.2546

- 1.การดำเนินงาน ☐ ได้ดำเนินงานตามแผนที่วางไว้
☒ ได้ดำเนินงานล่าช้ากว่าแผนที่วางไว้
☐ ได้เปลี่ยนแผนที่วางไว้ดังนี้

2.รายละเอียดผลการดำเนินงานของโครงการ

กิจกรรม	2.1กิจกรรมที่วางแผนไว้	2.2กิจกรรมที่ทำได้จริง
1.การสำรวจพื้นที่เก็บตัวอย่าง	/	/
2.เตรียมอุปกรณ์เก็บตัวอย่างสิ่งมีชีวิต	/	/
3.ทดสอบวิธีวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืช	/	X
4.ศึกษาผลกระทบสารกำจัดศัตรูพืชต่อ วงชีวิตของแมลงน้ำ	/	/
5.ศึกษาผลกระทบสารกำจัดศัตรูพืชต่อ ระดับ enzyme ในปลานิล,แมลงน้ำ	/	/
6.เก็บตัวอย่างน้ำ, ตะกอนดิน benthicmacroinvertebrates	/	/
7.วิเคราะห์คุณภาพน้ำ	/	/
8.วินิจฉัย benthicmacroinvertebrates	/	/
9.วิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชในน้ำ,ดิน	/	X
10.เอกสารวิชาการ	/	/

3.สรุปผลการดำเนินงานของโครงการโดยย่อ

3.1การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างบางจุดต้องปรับเปลี่ยนจากที่วางแผนไว้เดิม เนื่องจากมีโครงการขุดลอกแม่น้ำปิง ช่วงตั้งแต่ อำเภอแมริม ถึง อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ เริ่มตั้งแต่ 16 ธันวาคม 2545 ผู้วิจัยแก้ไขโดยการกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง ตั้งแต่อำเภอแมริมขึ้นไป

3.2การศึกษาการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสจากปลานิล

พบว่า มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ย activity ของ Acetylcholinesterase จากสมอง และ Butyrylcholinesterase จาก serum โดยใช้ Rapid test ตามวิธีดัดแปลงของ Ellman *et al.* (1961) ซึ่งได้นำเสนอผลงานในการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 4 ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ และจะทำการศึกษาการทำงานเอนไซม์จากแมลงน้ำบางชนิดต่อไป

3.3การศึกษา Benthicmacroinvertebrates จากการเก็บตัวอย่างด้วย artificial substrates เดือนสิงหาคม 2545- กุมภาพันธ์ 2546 ที่จำแนกแล้ว จำนวน 3 Phylum 32 Family

3.4การศึกษาคุณภาพน้ำ ของจุดศึกษาในแม่น้ำปิงทั้ง 4 จุด ได้แก่ pH, อุณหภูมิ, conductivity, total dissolved solids, Dissolved oxygen, Biochemical oxygen demand, Alkalinity, nitrate-Nitrogen, Ammonia-Nitrogen, Orthophosphate-phosphorus พบว่า อยู่ในประเภทที่ 3 ตามเกณฑ์คุณภาพน้ำผิวดินตามประกาศกระทรวงวิทย์ฯ ปี 2535

ทั้งผลการศึกษา benthicmacroinvertebrates(3.3) และคุณภาพน้ำ(3.4)ทั้ง 4 จุดศึกษา ได้นำเสนอผลการวิจัยในที่ประชุมวิชาการประจำปี ของคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล วันที่ 19-20 มิถุนายน 2546 ณ ศูนย์ประชุมสถาบันวิจัยจุฬาภรณ์ กรุงเทพฯ เรื่อง การใช้ดัชนีชีวภาพและดัชนีคุณภาพน้ำติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำแม่น้ำปิง

และได้ส่งบทคัดย่อเพื่อนำเสนอในที่ประชุมวิชาการนานาชาติ เรื่อง 2003 International Symposium on Regional Environmental Management ระหว่างวันที่ 6 - 9 November, 2003 ที่ Lotus Pang Suan Kaew Hotel Chiang Mai, Thailand Organized by Chiang Mai University, Thailand & Shiga University, Japan เรื่อง WATER QUALITY INDICES USED AS WATER POLLUTION ASSESSMENT OF PING RIVER NORTHERN THAILAND

ขณะนี้ผู้วิจัยอยู่ระหว่างการจัดทำเอกสารบทความทางวิชาการเพื่อตีพิมพ์ ในวารสาร Science Asia 3.5การศึกษาผลกระทบของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชต่อวงจรชีวิตของแมลงน้ำบางชนิด เนื่องจากในปีนี้ฤดูฝนล่าช้ามาถึงเดือนพฤศจิกายน ทำให้ปริมาณน้ำในแม่น้ำปิงไหลเชี่ยวมากและมีระดับที่ไม่แน่นอน ทำให้ไม่สามารถเริ่มทำการศึกษาค้นคว้าได้ผู้วิจัย จึงเริ่มการศึกษาผลกระทบนี้ต้องเริ่มในปลายเดือนธันวาคมโดยทำการศึกษาผลต่อตัวอ่อนของแมลงน้ำChironomids ในห้องปฏิบัติการไปด้วย และขณะเดียวกันผู้วิจัยได้ศึกษาระดับความเป็นพิษ(LC₅₀)และผลกระทบของสารป้องกันศัตรูพืชบางชนิด(ไดคลอวอส)ต่อระดับเอนไซม์โคลิเนสเตอเรสในปลานิลและปลาดุกบิ๊กอุยในห้องปฏิบัติการด้วย ซึ่งผลการศึกษาจะนำเสนอในที่ประชุมวิชาการและเขียนบทความทางวิชาการเพื่อตีพิมพ์

3.6การวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่ม organophosphate ในน้ำและดิน

ได้รับความอนุเคราะห์จาก นักวิจัยและเจ้าหน้าที่หน่วยปฏิบัติการพิษวิทยา สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สุขภาพ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในการใช้เครื่องมือ Gas Chromatography ในการศึกษาวิธีการวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่ม organophosphate ซึ่งได้ดำเนินการในการปรับปรุงเครื่องมือและหาช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ ผลการทดสอบ

สอบวิธีการ ไม่ sensitive ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชเองได้ จึงจำเป็นต้องทำการจ้างเหมาหน่วยงานอื่น ได้แก่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและ สหกรณ์ เพื่อทำการวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่ม organophosphate นี้ จากตัวอย่างดินและน้ำในแม่น้ำปิงต่อไป

4.ปัญหาและอุปสรรค

ผู้วิจัยมีปัญหาพอสรุปได้ดังนี้

4.1ขาดครุภัณฑ์เช่น เครื่องวิเคราะห์สาร Gas Chromatography และเครื่องมืออยู่ตามหน่วยงานที่จะไปขอความร่วมมือถูกใช้งานหนักมากเนื่องจากต้องตรวจสอบการตกค้างของสารป้องกันศัตรูพืชในสินค้าทางการเกษตรตามนโยบายรัฐบาล

4.2 สถานที่ทำการศึกษา(แม่น้ำปิง)ถูกรบกวนและเปลี่ยนแปลงรวดเร็วมากจากโครงการปรับปรุงของรัฐบาล

4.3 ขาดผู้ช่วยวิจัยเพื่อนำมาช่วยทำการวิจัยทำให้บางครั้งจำเป็นต้องใช้วิธีจ้างเหมาเป็นครั้งคราว

5.ความเห็นและข้อเสนอแนะ

เพื่อให้การทำงานวิจัยให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ผู้วิจัยมีความเห็นว่า สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยควรมีการจัดสรรงบประมาณสนับสนุนครุภัณฑ์ที่จำเป็นในโครงการบ้างเนื่องจากงบประมาณของทุนประเภทนี้มีค่อนข้างจำกัดและควรมีงบประมาณในการจ้างผู้ช่วยวิจัยได้ ส่วนการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช นั้น ผู้วิจัยและนักวิจัยที่ปรึกษาได้ทำการดำเนินการทำเรื่องนำเสนอขอปรับงบประมาณจากค่าวัสดุเป็นค่าจ้างเหมาวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ตามความจำเป็นเพื่อให้เป็นไปตามแผนปฏิบัติงานที่วางไว้ต่อไป

6.งานที่จะทำในปีต่อไป

งานเดิม ในหัวข้อ 8.2

8.2 การศึกษาผลกระทบของมลพิษต่อวงจรชีวิตของ แมลงน้ำ *Macrostemum floridum*

1. ทำการตรวจวัดผลกระทบของสารกำจัดศัตรูพืชทางการเกษตรที่ตกค้างในน้ำโดยใช้การเปลี่ยนแปลงวงจรชีวิตของแมลงน้ำ *Macrostemum floridum*

งานใหม่

2. เปลี่ยนจากแมลงน้ำ *Macrostemum floridum* เป็น Chironomids ใน ระบบนิเวศจำลองในห้องปฏิบัติการแทนแมลงน้ำ *Macrostemum floridum*

เหตุผลเนื่องจาก พบ *Macrostemum floridum* ในจุดศึกษาน้อยมากไม่เพียงพอต่อการศึกษา