บทที่ 1

บทนำ

แมลงศัตรูพืชและโรคพืชเป็นปัญหาสำคัญที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลิตผลทางการเกษตรในประเทศเกษตรกรรมรวมทั้งประเทศไทย เพื่อป้องกันและลดปัญหาการทำลายพืชผลทางการเกษตรจากแมลงศัตรูพืชจึงได้มีการนำสารกำจัดศัตรูพืช (pesticides) มาใช้กันอย่างกว้างขวาง มนุษย์เริ่มใช้สารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืชมาตั้งแต่สมัยก่อนสงครามโลกครั้งที่ 2 และจากความต้องการเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตพืชอาหารอย่างไม่หยุดยั้ง เป็นเหตุให้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชมีความสำคัญมากยิ่งขึ้นและวิวัฒนาการเพิ่มขึ้นตามลำดับ การใช้สารเคมีทางการเกษตรจำนวนมากในการควบคุมศัตรูพืชเป็นเหตุให้สารพิษจำนวนมากแพร่กระจายเข้าสู่สภาพแวดล้อม ปนเปื้อนในผลิตผลเกษตรกรรมและอาหาร และในที่สุดได้เข้าสู่วงจรห่วงโซ่อาหารของมนุษย์ การนำสารกำจัดศัตรูพืชเข้ามาใช้มีเพิ่มมากขึ้นทุกปีเนื่องจากมีความสะดวกและง่ายต่อการใช้ สามารถกำจัดศัตรูพืชได้ในบริเวณกว้างและคงทนเป็นเวลานาน รวมทั้งใช้เวลาและแรงงานของเกษตรกรน้อย จึงเป็นวิธีที่เกษตรกรนิยมใช้ ทำให้มีการนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืชมาใช้กันมากทั้งชนิดและปริมาณ โดยเฉพาะสารกำจัดแมลง (insecticides) ซึ่งเป็นสารกำจัดศัตรูพืชที่มีการนำเข้าประเทศสูงมากในปี พ.ศ.2541 ในปริมาณ 12,829,306 กิโลกรัม และปี พ.ศ.2542 ในปริมาณ 19,049,776 กิโลกรัม (กองควบคุมวัตถุมีพิษและวัสดุการเกษตร, 2541; 2542)

การนำสารกำจัดแมลงมาใช้อย่างกว้างขวางและมีปริมาณการใช้เพิ่มมากขึ้นทุกปีนับว่าเป็นอันตรายอย่างยิ่งต่อมนุษย์เพราะปัญหาจากการที่มีสารกำจัดแมลงตกค้างในสิ่งแวดล้อมมิได้เกิดขึ้นเฉพาะพื้นที่มีการใช้สารเท่านั้นแต่สามารถแพร่กระจายและตกค้างในบริเวณกว้างได้ ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมตามมา เริ่มจากสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในดินและลำต้นพืชหลังจากการฉีดพ่นจะเกิดการสะสมส่วนหนึ่ง บางส่วนฟุ้งกระจายไปในบรรยากาศและบางส่วนซึมลงดิน ส่วนใหญ่ถูกฝนชะล้างพัดพาไปกับน้ำไหลบ่าหน้าดิน ไหลลงสู่แหล่งน้ำ จากนั้นจะถ่ายทอดสารเหล่านี้ผ่านทางห่วงโซ่อาหาร (food chain) เข้าสู่สิ่งมีชีวิตต่างๆต่อไป สารกำจัดแมลงในกลุ่มออร์แกโนคลอรีน (organochlorine) เป็นสารเคมีที่สลายตัวได้ยาก และคงสภาพได้นานในธรรมชาติ จากการศึกษาของ Kilgemagi และ Terriere (1972) พบว่าหลังจากใส่สารดีดีที (DDT= Dichloro Diphenyl Thichloroethane) ลงในดินเวลาผ่านไปนาน 10 ปี ยังพบการตกค้างของ DDT ในดิน น้ำ และห่วงโซ่อาหารค่อนข้างสูง และจากการศึกษาของ Edwards (1973) พบว่ามีการสะสมของสารกำจัดแมลงในกลุ่มออร์แกโนคลอรีนในปลาน้ำจืดและปลาทะเลบางชนิด โดยพบว่ามีการสะสมในตัวปลามากกว่าในน้ำตั้งแต่ 4-5 เท่าจนถึงหมื่นเท่า ดังนั้นการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในปัจจุบันจึงได้มีการเลือกสารเคมีที่มีการสลายตัวได้เร็วมาใช้แทน ได้แก่สารกำจัดแมลงในกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟต (organophosphate) และคาร์บาเมต (carbamate) ซึ่งทำให้เกิด

ผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมลดน้อยลง แต่อย่างไรก็ตามถ้าเกษตรกรใช้สารเหล่านี้ในปริมาณมาก ๆ และบ่อยครั้งย่อมมีผลกระทบได้เช่นกัน โดยเฉพาะแหล่งน้ำซึ่งเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่ของผิวโลกและเป็นบริเวณสุดท้ายที่การปนเปื้อนของสารต่าง ๆ ไปสะสมอยู่ จึงจัดว่าเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่น กุ้ง หอย ปู ปลา ที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้น ๆ โดยเฉพาะปลาซึ่งเป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากปลาเป็นแหล่งอาหารโปรตีนที่สำคัญของมนุษย์ และเป็นสัตว์น้ำที่มีผู้นิยมบริโภคเป็นจำนวนมาก สารกำจัดแมลงส่วนใหญ่มักเป็นสารที่ละลายในไขมันได้ดี จึงไปจับกับผิวหนังของสิ่งมีชีวิตในน้ำ หรือผ่านเข้าทางเหงือกทำให้เกิดความเป็นพิษต่อสัตว์ได้โดยตรง รวมทั้งมีการสะสมในเนื้อเยื่อของสัตว์ ซึ่งถ้ามีปริมาณมากจะทำให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ผู้บริโภคสัตว์น้ำเหล่านั้นได้ (Elliott et.al., 1978)

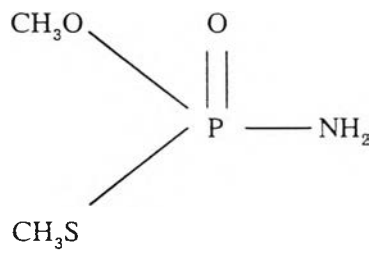
การปนเปื้อนของสารกำจัดแมลงในแหล่งน้ำมีสาเหตุหลายประการ เช่นการฉีดพ่นสารกำจัดแมลง ละอองจากการฉีดพ่นบางส่วนจะกระจายเป็นอนุภาคเล็ก ๆ แขวนลอยอยู่ในบรรยากาศ และบางส่วนเกาะติดอยู่กับฝุ่นละอองในบรรยากาศ ซึ่งอาจเคลื่อนย้ายไปได้ตามทิศทางลม เมื่อฝนตกก็จะทำให้สารกำจัดแมลงเหล่านี้ลงสู่แหล่งน้ำได้ การชะล้างของฝนและน้ำบนดินผ่านพื้นที่ที่มีการใช้สารกำจัดแมลง เช่น น้ำไหลบ่าจากที่สูงผ่านพื้นผิวดินแล้วไหลลงสู่แหล่งน้ำ หรือน้ำฝนชะล้างสารที่ติดค้างอยู่บนพืชที่ปกคลุมดิน และ ชะล้างดินที่ดูดซึมสารไว้แล้วพัดพาลงสู่แหล่งน้ำ การระบายน้ำทิ้งจากบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้สารกำจัดแมลงโดยมิได้มีวิธีกำจัดสารก่อนลงสู่แหล่งน้ำ การใช้สารกำจัดแมลงในพื้นที่การเกษตรที่ใกล้กับแหล่งน้ำ การทิ้งหรือล้างภาชนะบรรจุสารกำจัดแมลงลงสู่แหล่งน้ำเป็นต้น จากการปนเปื้อนของสารกำจัดแมลงในแหล่งน้ำ ทำให้แหล่งน้ำนั้น ๆ ไม่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ สารกำจัดแมลงที่ปนเปื้อนจะอยู่ในส่วนประกอบต่าง ๆของแหล่งน้ำ โดยจับตัวกับอนุภาคแขวนลอยเล็ก ๆ ที่อยู่ในน้ำและจมลงสู่พื้นท้องน้ำตกค้างอยู่ในดินตะกอนหรือโคลนเลน ซึ่งสารตกค้างในดินตะกอนบางส่วนจะสะสมอยู่ในสัตว์ที่อาศัยอยู่ตามพื้นท้องน้ำ นอกจากนี้สารกำจัดแมลงส่วนใหญ่มักเป็นสารไม่มีขั้วจึงจับตัวกับไขมันได้ดี ดังนั้นเมื่อสารเหล่านี้ลงสู่แหล่งน้ำก็จะไปจับที่ผิวหนังของสิ่งมีชีวิตในน้ำได้โดยตรง และบางส่วนจะสะสมอยู่ในร่างกายของสิ่งมีชีวิตเหล่านั้น เช่น การศึกษาของ Edwards (1973) พบว่าสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่บริเวณท้องน้ำจะมีการสะสมสารพิษได้มากถึง 10-10000 เท่า เมื่อเทียบกับปริมาณที่พบในแหล่งน้ำโดยเฉพาะพวกตัวอ่อนของแมลง ปูเหรียญทะเล ปลิงทะเล ดาวทะเล และโดยเฉพาะปลาจะได้รับสารกำจัดแมลงเข้าไปทางเหงือกได้โดยตรง

การปนเปื้อนของสารกำจัดแมลงส่งผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมของแหล่งน้ำ ซึ่งมีผลกระทบด้านชีววิทยา ทำอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ ระดับของความรุนแรงจะขึ้นกับชนิดของสาร ความเข้มข้นของสาร และชนิดของสัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำโดยทำให้เกิดพิษแบบเฉียบพลัน (acute effect) ทำให้สัตว์ตายซึ่งจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและรุนแรง หรือทำให้เกิดพิษแบบกึ่งเฉียบพลัน (subacute effect) โดยสัตว์น้ำได้รับสารกำจัดแมลงในขนาดที่ไม่ทำให้สัตว์ตาย

ซ้ำ ๆกันจนเป็นอันตรายต่ออวัยวะและระบบต่าง ๆของร่างกายซึ่งติดตามอาการที่เกิดขึ้นภายในระยะเวลา 1 เดือน (Osweiler, 1996) สำหรับผลกระทบด้านนิเวศน์วิทยา สารกำจัดแมลงที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำมีอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิด เว้นแต่จุลินทรีย์บางชนิด เช่น Bacillus sp. Flavobacterium sp. ที่สามารถใช้สารกำจัดแมลงเป็นแหล่งพลังงานได้ (สุธรรม, 2528) และก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนย้ายของแร่ธาตุและพลังงานภายในแหล่งน้ำ นอกจากนี้ยังมีผลกระทบด้านธุรกิจประมง ส่งผลให้ขนาดของทรัพยากรสัตว์น้ำลดลง มีผลต่อพฤติกรรมการผสมพันธุ์และการวางไข่ของสัตว์น้ำ ทำให้แหล่งน้ำนั้น ๆ ไม่เหมาะสมที่จะเป็นแหล่งเพาะพันธุ์สัตว์น้ำต่อไป กล่าวได้ว่าการปนเปื้อนของสารกำจัดแมลง มีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม จากข้อมูลการนำเข้าวัตถุมีพิษในปี พ.ศ.2542 พบว่าสารกำจัดศัตรูพืชที่มีการนำเข้ามากที่สุดคือสารกำจัดแมลง และมีแนวโน้มการนำเข้ามากขึ้นทุกปี สารกำจัดแมลงที่มีการนำเข้าสูงที่สุดในประเทศไทยคือ เมธามิโดฟอส (methamidophos) โดยมีการนำเข้า 2,039,910 กิโลกรัม (กองควบคุมวัตถุมีพิษและวัสดุการเกษตร, 2542) เมธามิโดฟอสเป็นสารกำจัดแมลงในกลุ่ม ออร์แกโนฟอสเฟตละลายได้ดีในไขมัน ไม่มีพิษสะสมหรือพิษเรื้อรังในร่างกายและในธรรมชาติ เมธามิโดฟอสใช้ในการกำจัดแมลงศัตรูพืชได้หลายชนิด เช่น เพลี้ย หนอนเจาะหนอนกินใบ ไรแดง นิยมใช้ในสวนผักผลไม้และพืชไร่ เช่น ฝ้าย พืชตระกูลถั่ว ยาสูบ พืชตระกูลกะหล่ำ หัวหอม มะเขือเทศ ไม้ผลต่าง ๆ รวมทั้งไม้ดอกและไม้ประดับ (Thomson, 1992)

เมธามิโดฟอสเป็นสารบริสุทธิ์เป็นผลึกไม่มีสีและมีกลิ่นเฉพาะตัว

ชื่อทางเคมี	O,S-dimethylphosphoamidothionate
ชื่อทางการค้าอื่น ๆ	Monitor,Nitofol,Tamaron,Swipe,Nuratron,Vetaron, Filitox,Patrole,Tamanox,SRA 5172 และ Tam
สูตรโมเลกุล	$C_2H_8NO_2PS$ มีสูตรโครงสร้างทางเคมีดังรูปที่ 1
น้ำหนักโมเลกุล	141.12
ความสามารถในการละลายน้ำ	90 g/l ที่ 20 องศาเซสเซียล
ความถ่วงจำเพาะ	1.31ที่ 44.5 องศาเซสเซียส
จุดหลอมเหลว	112 องศาฟาเรนไฮท์ หรือที่ 44.5 องศาเซสเซียส

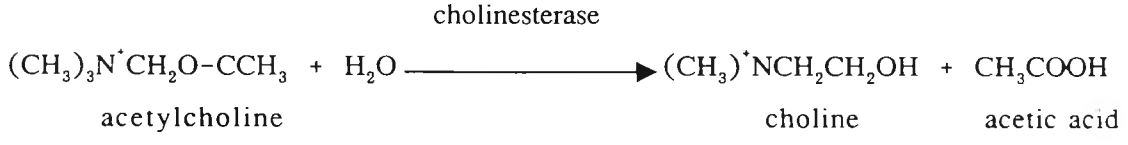


รูปที่ 1 สูตรโครงสร้างทางเคมีของเมธามิโดฟอส

เมธามิโดฟอส ออกฤทธิ์เช่นเดียวกับสารกำจัดแมลงในกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตตัวอื่น ๆคือ ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โฆลีนเอสเทอเรส (ChE) ซึ่งทำหน้าที่ไฮโดรไลท์อะซีทิลโฆลีน (acetylcholine, ACh) ACh เป็นสารสื่อประสาทพบที่ปลายเซลล์ประสาทหรือรอยต่อของเซลล์ประสาท (synapse) หลังจากออกฤทธิ์จะถูกทำลายด้วย ChE ซึ่งทำหน้าที่ไฮโดรไลส์สารพวก cholinester (Van degraaff, et.al., 1999, Gilman, et.al., 1985) ทำให้ฤทธิ์ของ ACh หมดไป โดยเปลี่ยน ACh ให้เป็น acetic acid และ choline ดังรูปที่ 2 แต่เมื่อใดที่ร่างกายได้รับสารกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟต หรือคาร์บาเมต จะทำให้ ChE ทำหน้าที่ไม่ได้จึงทำให้เกิดการสะสมของ ACh ที่บริเวณ cholinergic site และก่อให้เกิดการทำงานของ ACh ทำให้มีการกระตุ้นการทำงานของ cholinergic recepter อย่างต่อเนื่อง (Osweiler, 1996, a:) ทำให้เกิดอาการผิดปกติ เช่น มีกล้ามเนื้อกระตุกเกร็ง คลื่นไส้อาเจียน หายใจลำบาก และรุนแรงมากอาจถึงขั้นเสียชีวิตได้ (อุษณา, 2527) โดยสารในกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตจะจับกับ ChE แบบถาวร (irreversible cholinesterase inhibitor) ทำให้มีการคั่งของ ACh อย่างมากที่บริเวณปลายประสาท หรือรอยต่อประสาท มีการเพิ่ม depolarization ของ postsynaptic membrane อยู่ตลอดเวลา โดยเฉพาะในระบบ parasympathetic และระบบ motor ของร่างกาย ทำให้กล้ามเนื้อกระตุกสั่นจนเกร็ง ถ้าความเข้มข้นของ ACh มีมากเกินไปจะเกิดการกระตุ้นและตามด้วยการยับยั้งจนเกิดอัมพาตของกล้ามเนื้อ โดยกล้ามเนื้อลายจะได้รับผลกระทบมากกว่ากล้ามเนื้อเรียบ (ไมตรี, 2531) และจะมี ChE ได้อีกก็ต่อเมื่อร่างกายมีการสร้างขึ้นมาใหม่ สามารถแบ่ง ChE ออกเป็น 2 ชนิดคือ (Holmstedt, 1959)

1. acetylcholinesterase (AChE) ทำหน้าที่ไฮโดรไลส์สาร ACh ในขบวนการสื่อสัญญาณประสาทบริเวณปลายประสาทที่เรียกว่า cholinergic synapse พบ AChE มากที่สมอง เม็ดเลือดแดง เกล็ดเลือด

2. plasma cholinesterase หรือ pseudocholinesterase (PChE) ทำหน้าที่อย่างไรยังไม่ทราบแน่ชัด แต่สามารถไฮโดรไลส์สารต่าง ๆ ได้หลายชนิด เช่น บิวทีริลโฆลีน (butyrylcholine), อะซีทิลโฆลีน (acetylcholine), เบนโซอิลโฆลีน (benzoylcholine) และซัคซินิลโฆลีน (succinylcholine) เป็นต้น PChE เป็นเอนไซม์ที่พบในพลาสมา และตับ



รูปที่ 2 แสดงการเปลี่ยนแปลงของ Acetylcholine

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของสารกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตซึ่งรวมถึงสารเมธามิโดฟอสมีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โฆลีนเอสเทอเรสทำให้เกิดการสะสมของ ACh บริเวณระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทอัตโนมัติ (Barenghi และคณะ, 1986) ก่อให้เกิดอาการพิษทั้งพิษเฉียบพลันเมื่อได้รับสารกำจัดแมลงในขนาดสูงๆ และพิษแบบเรื้อรังเมื่อได้รับสารกำจัดแมลงในขนาดต่ำๆ ติดต่อกันเป็นเวลานาน อาการพิษเฉียบพลันโดยทั่วไปแสดงผลจากการกระตุ้นที่แตกต่างกันได้แก่

1. ฤทธิ์มัสคารินิค (muscarinic effect) เป็นผลจากการกระตุ้นระบบประสาท parasympathetic ที่ muscarinic receptor มีผลต่อกล้ามเนื้อเรียบของระบบทางเดินอาหาร ทำให้มีอาการคลื่นไส้อาเจียน เบื่ออาหาร ปวดเกร็งในท้อง ท้องเดิน น้ำลายออกมากผิดปกติ ผลต่อระบบหายใจ มีอาการแน่นหน้าอก หายใจลำบาก หลอดลมหดเกร็ง มีสิ่งคัดหลั่งมากในระบบทางเดินหายใจ ผลต่อกล้ามเนื้อหัวใจ ทำให้หัวใจเต้นช้าลง ความดันโลหิตลดต่ำลง รูม่านตาหด

2. ฤทธิ์นิโคตินิค (nicotinic effect) เป็นผลจากการกระตุ้น nicotinic receptor ของระบบประสาท sympathetic และกล้ามเนื้อลาย ทำให้หัวใจเต้นเร็ว ความดันโลหิตเพิ่มสูงขึ้น รูม่านตาขยาย มีการกระตุกของกล้ามเนื้อบริเวณใบหน้า เปลือกตา และลำคอ ทำให้กล้ามเนื้ออ่อนกำลังและกลายเป็นอัมพาตในที่สุด โดยเฉพาะกล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจ

3. ฤทธิ์ต่อระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system effect) ทำให้มีอาการเวียนศีรษะ ปวดศีรษะ ตื่นตกใจง่าย ไม่มีปฏิกิริยาโต้ตอบการกระตุ้น กระสับกระส่าย ความคิดฟุ้งซ่าน การเคลื่อนไหวไม่ประสานกัน พูดไม่ชัด ศูนย์ควบคุมการหายใจในสมองถูกกด ชัก หมดสติ

ในปี พ.ศ. 2515 International Workshop on Epidermiological toxicology of Pesticides Exposure ได้กำหนดค่าปกติของเอนไซม์โฆลีนเอสเทอเรสในคนไว้ดังนี้ อาการแสดงจะมีความสัมพันธ์กับระดับของ ChE โดยจะปรากฏอาการเมื่อระดับ ChE ลดลงมากกว่า 50% สำหรับอาการพิษเรื้อรังเมื่อได้รับสารกำจัดแมลงในปริมาณน้อยแต่ติดต่อกันเป็นเวลานาน ร่างกายจะสามารถปรับตัวได้แต่สารจะไปสะสมและมีผลต่อเซลล์ต่างๆ โดยเฉพาะเซลล์ของระบบประสาท ทำให้ไม่มีแรง กล้ามเนื้อทำงานไม่ประสานกัน ระบบประสาทรับความรู้สึกเปลี่ยนแปลงไป กล้ามเนื้อกระตุก ถ้าพิษรุนแรงอาจพบว่าเป็นอัมพาต อาการแสดงจะปรากฏให้เห็นเมื่อระดับของ ChE ลดลงมากกว่า 70-80% สรุปอาการต่างๆ ดังตารางที่ 1

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาความเป็นพิษเฉพาะด้าน (special toxicity studies) ได้แก่การเป็นสารก่อมะเร็ง (carcinogenicity) ซึ่งมีการทดลองในหนูขาวและหนูถีบจักรพบว่าไม่มีผลในการก่อให้เกิดมะเร็ง หรือการเป็นสารที่ก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ (mutagenicity) แต่อย่างไรก็ตามเมธามิโดฟอสยังมีผลกระทบต่ออวัยวะต่างๆ ซึ่ง Juarez และคณะ (1989) พบว่าตับของกระต่ายจะถูกทำลายส่วนในกระต่ายตั้งท้องที่สัมผัสกับสารเมธามิโดฟอสพบว่าตัวอ่อนบางตัวจะมี

ตารางที่ 1 แสดงอาการและอาการแสดงจากการที่มีอะซีทิลโฆลีน (ACh) คั่งสะสม (ประยุกต์จาก Ecobichon, 1996)

เนื้อเยื่อประสาทและตัวรับ	อวัยวะ	อาการ
Parasympathetic autonomic (muscarinic receptor) post ganglionic nerve fibers	-exocrine gland	-น้ำตาไหล น้ำลายฟูมปาก เหงื่อแตก
	-ตา	-ม่านตาตีบ หนังตาตก ตาพร่า เยื่อบุตาอักเสบ
	-ทางเดินอาหาร	-คลื่นไส้ อาเจียน ปวดเกร็งในท้อง ท้องร่วง ควบคุมอุจจาระไม่ได้
	-ทางเดินหายใจ	-น้ำมูกไหล ไอ เสมหะมาก อึดอัดในทรวงอก หลอดลมหดเกร็ง หายใจลำบาก
	-ระบบไหลเวียนโลหิต	-หัวใจเต้นช้า ความดันโลหิตตก
	-ทางเดินปัสสาวะ	-ควบคุมปัสสาวะไม่ได้
Parasympathetic และ sympathetic autonomic fibers (nicotinic receptor)	-ระบบไหลเวียนโลหิต	-หัวใจเต้นเร็ว ชีดเผือด ความดันโลหิตเพิ่มสูงขึ้น
Somatic motor nerve fibers (nicotinic receptor)	-กล้ามเนื้อลาย	-muscle fasciculation(หนังตา กล้ามเนื้อ ใบหน้า) ตะคริว tendon reflex ลด กล้ามเนื้อทั่วๆรวมทั้งกล้ามเนื้อหายใจอ่อนล้า อัมพาต
สมอง (acetylcholine receptor)	-ระบบประสาทส่วนกลาง	-ซึม อ่อนล้า สับสน ขาดสมาธิ ปวดศีรษะ ไม่มี reflex สั่น หายใจแบบ Chyne-Stokes หายใจลำบาก ชัก กดศูนย์การหายใจ ตัวเขียว

พยาธิสภาพที่ตับเปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน สำหรับในแม่และลูกหนูขาวที่สัมผัสสารเมธามิโดฟอส ในขนาด 3มก./กก./วัน จะมีน้ำหนักตัวลดลง นอกจากนี้ยังพบความผิดปกติต่อระบบสืบพันธุ์ (reproduction) ในหนูขาวที่ได้รับเมธามิโดฟอสในขนาด 0.15, 0.5 และ 1.65 มก./กก./วัน จะมีการตกลูกลดลง หรือการศึกษาในคนงานชายที่อยู่ในโรงงานผลิตเมธามิโดฟอสพบว่าจะมีจำนวน sperm ลดจำนวนลง เป็นต้น

เมธามิโดฟอสมีผลต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำโดยพบว่าความเข้มข้นที่ทำให้สัตว์ตาย 50% ที่ 96 ชั่วโมง ในปลาเรนโบว์เทราว์ (rainbow trout) อยู่ที่ 25-51 มก./ลิตร ในปลาหางนกยูง (guppies) อยู่ที่ 46 มก./ลิตร ในปลาคาร์พ (crap) อยู่ที่ 100 มก./ลิตร ในปลาทองอยู่ที่ 100 มก./ลิตร และในสัตว์น้ำจำพวกกุ้งอยู่ที่ 0.22 นนก./ล (http://pmep.cce.comell.edu/profiles/extonet/haloxyfop/methylparathion/methamidophos-ext.html) ด้วยเหตุผลที่ว่าเมธามิโดฟอสเป็นสารกำจัดแมลงที่เกษตรกรนิยมใช้มากและมีการตกค้างในผลผลิตเกินกว่าค่า MRL (Maximum Residue Limit) ที่กำหนดซึ่งเป็นค่าที่ FAO ยอมให้มีมากที่สุดในพืชแต่ละชนิด (FAO/WHO, 1996) เช่น จากการวิจัยของศิริพันธ์และคณะ (2539) ได้วิจัยชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต พบว่าจากตัวอย่างผักที่นำมาทดสอบจำนวน 10 ชนิด ทั้งสิ้น 235 ตัวอย่าง พบสารกำจัดแมลงตกค้างอยู่ 73 ตัวอย่าง คิดเป็น 31% ของตัวอย่างทั้งหมด สารกำจัดแมลงที่พบว่าตกค้างเสมอได้แก่ ไดคลอวอส (dichlorvos) เมธามิโดฟอส โมโนโครโตฟอส (monocrotophos) ไดเมทโทเอต (dimethoate) และ มีวินฟอส (mevinphos) พบสารเมธามิโดฟอสค้างในผักคะน้า ผักบุ้งจีน แตงกวา ผักกาดขาวและมะเขือเทศ และมีผักบางชนิดที่มีการตกค้างของสารกำจัดแมลงเกินกว่าค่า MRL กำหนดได้แก่ เมธามิโดฟอสกำหนดไว้ให้ค่า MRL ไม่เกิน 1 ppm โมโนโครโตฟอสกำหนดค่า MRL ไว้ไม่เกิน 0.2 ppm และมีวินฟอสกำหนดค่า MRL ไว้ไม่เกิน 0.05 ppm ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากการที่เกษตรกรขาดความรู้ความเข้าใจในการเลือกใช้สารเคมี ทำให้เลือกใช้สารเคมีหลายชนิดซ้ำซ้อนกัน ใช้ในปริมาณไม่เหมาะสมและหลายครั้งมากเกินความจำเป็น และใช้ต่อเนื่องกันเป็นเวลานานจนเป็นปัญหาต่อคุณภาพของผลผลิตคือมีสารพิษตกค้างหลงเหลืออยู่ในปริมาณมาก และอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้รวมทั้งต้นทุนการผลิตสูง อันมีผลต่อรายได้ของเกษตรกร นอกจากนั้นยังมีผลต่อสภาพแวดล้อม เพราะสารเคมีที่ตกค้างในดินจะถูกชะล้างลงในแม่น้ำ ลำคลองและเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนั้น ๆได้ ค่าความเป็นพิษเฉียบพลันของสารเมธา-มิโดฟอสต่อสัตว์ชนิดต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 2

มีรายงานการปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในแหล่งน้ำของประเทศไทยจากการศึกษาวิจัยของกองวัตถุมีพิษการเกษตร (ภิญญา และคณะ, 2536) ทำการวิจัยชนิดและปริมาณสารพิษกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในน้ำและดินตะกอนจากแม่น้ำท่าจีนและคลองแยกพบว่า น้ำ 89% และดินตะกอน 72.7% มีสารพิษทั้งสองกลุ่มปนเปื้อนอยู่ในระดับต่าง ๆ กัน ปริมาณสารพิษในกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตอยู่ในช่วง <0.01-

ตารางที่ 2 แสดงพิษเฉียบพลันของเมธามิโดฟอสในสัตว์ชนิดต่าง ๆ

ชนิดของสัตว์	วิธีการได้รับสาร	LC_{50}-96 hr	เอกสารอ้างอิง
male rat	oral	21 mg/kg	RTECS, 1990
female rat	oral	16 mg/kg	
guinea pig	oral	30-50 mg/kg	
rabbit	oral	10-30 mg/kg	
bobwhite quail	oral	8-11 mg/kg	Meister, 1992
mallard duck	oral	8.48-29.5 mg/kg	
dark eyed junco	oral	8 mg/kg	
common grackle	oral	6.4 mg/kg	
starling	oral	10 mg/kg	
redwing blackbird	oral	1.78 mg/kg	
starling	dermal	17.8 mg/kg	
redwing blackbird	dermal	31.6 mg/kg	
rat	dermal	50 mg/kg	RTECS, 1990
rabbit	dermal	118 mg/kg	
rat	inhalation	9 mg/kg	
mice	inhalation	19 mg/kg	
water flea	bath	0.026 mg/l	
		0.050 mg/l	
		0.027 mg/l	
freshwater prawn	bath	42 ng/l	Juarez, 1989
rainbow trout	bath	25-51mg/l	Kidd and James, 1994
guppies	bath	46 mg/l	
carp	bath	100 mg/l	
goldfish	bath	100 mg/l	
estuarine. erustaceans	bath	0.22 mg/l	

0.57 ppb (part per billion) และสารพิษกลุ่มคาร์บาเมตอยู่ในช่วง <0.01-3.36 ppb สารพิษที่อยู่ในดินตะกอนอยู่ในช่วง <0.01-0.07 ppb และ <0.01-0.01 ppm (part per million) ตามลำดับ และปริมาณสารพิษในน้ำและดินตะกอนจากแม่น้ำบางปะกงและคลองแยก (ภิญญา และคณะ, 2537) พบว่าจากตัวอย่างน้ำทั้งหมด 132 ตัวอย่าง พบสารพิษตกค้าง 67 ตัวอย่าง คิดเป็น 50.8% ดินตะกอน 36 ตัวอย่าง มีสารพิษตกค้าง 4 ตัวอย่าง คิดเป็น 11% ปริมาณสารในกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตอยู่ในช่วง <0.01-5.14 ppb และพบคาร์บาเมตอยู่ในช่วง <0.01-0.13 ppb ในดินตะกอนพบสารในกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตตกค้างเพียงกลุ่มเดียวโดยมีปริมาณระหว่าง 0.01-0.34 ppm

จากการตรวจสภาพน้ำหลายแหล่งพบว่ามีการปนเปื้อนของสารกำจัดแมลงดังนั้นจึงน่าจะส่งผลกระทบถึงสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำต่าง ๆเหล่านี้โดยเฉพาะปลาซึ่งเป็นสัตว์น้ำที่มีจำนวนมาก สารกำจัดแมลงในกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตมีคุณสมบัติละลายได้ดีในไขมันเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะสามารถเข้าสู่อวัยวะต่าง ๆ ได้ ซึ่งทำให้การยับยั้งสมรรถนะของ ChE ตามอวัยวะต่าง ๆ แตกต่างกัน เช่นการศึกษาของ Ceron และคณะ (1996) ศึกษาผลของไดอะซินอน (diazinon) ซึ่งเป็นสารกำจัดแมลงในกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟต ในปลาไหลยุโรป (*Anguilla anguilla*) โดยวัดสมรรถนะของ ChE ในสมอง พลาสมา และเนื้อเยื่อลูกตา ภายหลังได้รับไดอะซินอนในขนาดพิษกึ่งเฉียบพลันคือ 0.042 มก./ลิตร ที่ 6, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง หลังได้รับสารพบว่าไดอะซินอนมีผลในการยับยั้งสมรรถนะของ ChE อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยในสมองยับยั้งได้มากกว่า 70% และในพลาสมาสามารถยับยั้งได้มากกว่า 90% ในเนื้อเยื่อลูกตาที่ไม่ได้รับไดอะซินอนพบว่าจะมีสมรรถนะของ ChE สูงคือ 8.17 micromole/min/g

การสลายตัวของเมธามิโดฟอสจากการศึกษาขององค์กรป้องกันสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกา (U.S. Environmental Protection Agency, 1989) พบว่าค่าครึ่งชีวิตของเมธามิโดฟอสจะสั้นลงถ้าน้ำนั้นมีค่าความเป็นด่างมากขึ้น และจะมีการสลายตัวได้เร็วขึ้นถ้ามีแสงแดดส่องถึง โดยมีค่าครึ่งชีวิตของเมธามิโดฟอส เมื่ออยู่ในดินชนิดต่าง ๆ ดังนี้

ดินโคลน	1.9	วัน
ดินเหนียว	4.8	วัน
ดินทราย	6.1	วัน
ดินร่วนปนทราย	10-12	วัน

เมื่อค่าความเป็นกรดด่างเปลี่ยนแปลงจะทำให้ค่าครึ่งชีวิตของเมธามิโดฟอสในน้ำเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกัน

pH 5	มีค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ	309 วัน
pH 7	มีค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ	27 วัน
pH 9	มีค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ	3 วัน

การสลายตัวในพืชผัก จากการทดลองของ Antonious และ Snyder (1994) พบว่าเมธามิโดฟอสจะมีการดูดซึมจากทางรากและทางใบ โดยทำการศึกษาในมะเขือเทศเพื่อดูค่าครึ่งชีวิตของสารเมธามิโดฟอสพบว่าในผลและใบของมะเขือเทศมีค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ 4.8-5.1 วัน และ 5.5-5.9 วัน ตามลำดับ

การสะสมของสารกำจัดแมลงในสัตว์น้ำจะมีการสะสมมากกว่าสัตว์บกเพราะสัตว์น้ำได้รับสารกำจัดแมลงที่ปนเปื้อนอยู่ในแหล่งน้ำได้โดยตรง และยังได้รับสารที่ตกค้างในสิ่งมีชีวิตเป็นอาหารอีกด้วย การสะสมของสารกำจัดแมลงในร่างกายขึ้นอยู่กับอัตราการได้รับสารเข้าสู่ร่างกายและอัตราการขับสารออกจากร่างกาย (สุธรรม สิทธิชัยเกษม, 2528)

พิษของสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตมีความสัมพันธ์กับระดับของ ChE โดยพบว่าระดับของเอนไซม์ที่ลดลงมีความสัมพันธ์กับระดับความเป็นพิษที่เกิดขึ้น จากการศึกษาของสถาพรและคณะ (2535) ศึกษาความเป็นพิษของเมททิลพาราไธออน (methyl parathion) ซึ่งเป็นสารกำจัดแมลงในกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตในกุ้งกุลาดำพบว่าสมรรถนะของ ChE ในเส้นประสาทและกล้ามเนื้อของกุ้งที่สัมผัสสารลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลทางจุลพยาธิสภาพพบการตายของเซลล์ตับ ตับอ่อน และกล้ามเนื้อ ความรุนแรงของรอยโรคขึ้นกับความเข้มข้นของเมททิลพาราไธออน 1-50 ppb ที่กุ้งได้รับ และระยะเวลาที่สัมผัสสาร นอกจากสารกำจัดแมลงในกลุ่มนี้จะมีผลต่อสมรรถนะของ ChE แล้วยังมีผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจด้วย เช่น การศึกษาของ Lundebye และคณะ (1997) ศึกษาผลของสารกำจัดแมลงในกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟต คือ ไดเมทโธเอท (dimethoate) ในปู *Carcinus maenas* ศึกษาจากการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและการทำงานของหัวใจ วัดอัตราการเต้นของหัวใจ และสมรรถนะของ AChE ก่อนและหลังสัมผัสสาร จากการศึกษาพบว่าเมื่อปูสัมผัสสารไดเมทโธเอท อัตราการเต้นของหัวใจลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และลดลงมากที่สุดที่ระดับความเข้มข้นของสารเท่ากับ 2.0 มก./ลิตร อัตราการเต้นของหัวใจที่ลดลงสัมพันธ์กับระดับความเข้มข้นของสารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าที่ระดับความเข้มข้นของไดเมทโธเอท 2.0 มก./ลิตร สามารถยับยั้งการทำงานของ ChE โดยเปอร์เซ็นต์การทำงานที่ลดลงสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์การลดลงของอัตราการเต้นของหัวใจเมื่อสัมผัสสารไดเมทโธเอทอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r = 0.55$, $p<0.01$) จึงสรุปได้ว่าสามารถใช้อัตราการเต้นของหัวใจและสมรรถนะของ ChE ในปูเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของการปนเปื้อนสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตได้ นอกจากนี้ความรุนแรงของการลดต่ำลงของ ChE และการคืนกลับสู่ภาวะปกติของเอนไซม์ จะขึ้นอยู่กับชนิด และขนาดของสารพิษที่ได้รับเข้าสู่ร่างกาย เห็นได้จากการศึกษาของ Thangnipon และคณะ (1995) ศึกษาผลของโมโนโครโตฟอส (monocrotophos) ซึ่งเป็นสารกำจัดแมลงในกลุ่มออร์แกโนฟอตเฟตต่อสมรรถนะของ AChE ในสมองของปลานิล (*Oreochromis niloticus*) โดยนำปลาน้ำหนัก 8-12 กรัม มาเลี้ยงให้สัมผัสกับสารโมโนโครโตฟอสที่ความเข้มข้น 3-8 มก./ลิตร หาค่า LC_{50}ที่ 96 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 4.9 มก./ลิตร และวัดสมรรถนะของ ChE ในสมองของปลาภายหลังสัมผัสสารโมโนโครโตฟอส

ที่ความเข้มข้นที่ทำให้เกิดพิษกึ่งเฉียบพลันเป็นเวลา 96 ชั่วโมง พบว่าสมรรถนะของ ChE ลดลงตามความเข้มข้นของสารโมโนโครโตฟอสที่เพิ่มมากขึ้น หลังจากนั้นศึกษาการคืนกลับของเอนไซม์โดยนำปลามาเลี้ยงในน้ำที่ไม่มีการปนเปื้อนของสารโมโนโครโตฟอสเป็นเวลา 4 สัปดาห์ และวัดสมรรถนะของเอนไซม์ พบว่าสมรรถนะของเอนไซม์กลับคืนได้ถึง 95% หรือจากการศึกษาของ Boone และคณะ (1996) ศึกษาระยะเวลาในการยับยั้งสมรรถนะของ ChE ที่เกิดจากสารกำจัดแมลงในกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตใน mosquito fish (*Gambusia affinis*) ผลการศึกษาใน *in vivo* พบว่าสมรรถนะของ ChE ในสมอง และกล้ามเนื้อของ mosquito fish มีการลดลงอย่างรวดเร็วในชั่วโมงที่ 48 ภายหลังได้รับคลอไพรีฟอส (chlorpyrifos) ขนาด 0.1 ppm พาราไธออน (parathion) ขนาด 0.15 ppm และ เมททิลพาราไธออนขนาด 8 ppm สมรรถนะของ ChE ในสมองถูกยับยั้งสูงสุด ในชั่วโมงที่ 12 หลังได้รับพาราไธออน และ คลอไพรีฟอส ส่วนเมททิล-พาราไธออนจะยับยั้งสูงสุดในชั่วโมงที่ 4 หลังได้รับสาร สารกำจัดแมลงทั้งสามชนิดสามารถยับยั้ง ChE ในกล้ามเนื้อได้มากกว่า 70% ในชั่วโมงที่ 4 หลังได้รับสารกำจัดแมลง และ 4 วันหลังจากไม่ได้รับสารกำจัดแมลง สมรรถนะของเอนไซม์ในสมองและกล้ามเนื้อยังไม่กลับสู่ค่าปกติ

Sancho และคณะ (1997) ศึกษาถึงการตอบสนองและการคืนกลับของสมรรถนะของ ChE ในสมองของปลาไหลยุโรป (*Anguilla anguilla*) ที่ได้รับฟีไนโทรไธออน (fenitrothion) ปลาจะได้รับฟีไนโทรไธออนขนาดพิษกึ่งเฉียบพลันเป็นเวลา 4 วัน แล้ววัดสมรรถนะของ AChE ในสมอง ณ. ชั่วโมงที่ 2, 8, 12, 24, 32, 48, 56, 72 และ 96 หลังได้รับสารกำจัดแมลงพบว่าสมรรถนะของ AChE ในสมองลดลงตามความเข้มข้นของสารกำจัดแมลงที่เพิ่มขึ้น โดยมีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปลาที่ได้รับฟีไนโทรไธออนขนาด 0.02 ppm มีสมรรถนะของเอนไซม์ลดลงมากกว่า 40% ส่วนปลาที่ได้รับฟีไนโทรไธออนขนาด 0.04 ppm มีสมรรถนะของเอนไซม์ลดลงมากกว่า 60% หลังจากได้รับฟีไนโทรไธออนเป็นเวลา 4 วัน แล้วศึกษาระยะเวลาการคืนกลับของเอนไซม์ โดยเลี้ยงปลาต่อในน้ำธรรมดาที่ไม่มีการเจือปนสารกำจัดแมลง วัดสมรรถนะของเอนไซม์ในชั่วโมงที่ 8, 12, 24, 48, 72, 96, 144 และ 192 พบว่าสมรรถนะของเอนไซม์ยังคงแตกต่างจากกลุ่มควบคุม แสดงว่าสมรรถนะของเอนไซม์ยังไม่กลับคืนสู่ปกติภายใน 1 สัปดาห์หลังการหยุดให้ฟีไนโทรไธออน ต่อมา Sancho และคณะ (1998) ศึกษาการยับยั้งสมรรถนะของ ChE ในปลาไหลยุโรป (*Anguilla anguilla*) ที่ได้รับฟีไนโทรไธออนขนาดพิษกึ่งเฉียบพลันเป็นเวลา 4 วัน แล้ววัดสมรรถนะของ ChE ในพลาสมา ณ.ชั่วโมงที่ 2, 8, 12, 24, 32, 48, 56, 72 และ 96 หลังได้รับสารกำจัดแมลง พบว่าสมรรถนะของ ChE ในพลาสมาลดลงตามความเข้มข้นของสารกำจัดแมลงที่เพิ่มขึ้นโดยมีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปลาที่ได้รับฟีไนโทรไธออน ขนาด 0.02 ppm มีสมรรถนะของ ChE ลดลง 51% ส่วนปลาที่ได้รับฟีไนโทรไธออนขนาด 0.04 ppm มีสมรรถนะของ ChE ลดลง 57% หลังจากได้รับฟีไนโทรไธออนเป็นเวลา 4 วัน และศึกษาระยะเวลาการคืนกลับของ ChE โดยทำการเลี้ยงปลาต่อในน้ำธรรมดาที่ไม่มีการเจือปนของสารกำจัดแมลงเป็นเวลา 1 สัปดาห์ และวัดสมรรถนะของเอนไซม์ พบว่าสมรรถนะของ ChE ยังคงแตกต่างจากกลุ่มควบคุม โดยในกลุ่มที่เคยได้รับ

ฟีไนโทรไธออนขนาด 0.02 ppm มีสมรรถนะของ ChE จาก 51% เป็น 34% และปลาในกลุ่มที่เคยได้รับฟีไนโทรไธออนขนาด 0.04 ppm มีระดับของ ChE จาก 57% เป็น 51% ซึ่งการคืนกลับของเอนไซม์น่าจะต้องใช้เวลานานกว่านี้ นอกจากนี้มีผู้รายงานถึงความเป็นพิษเฉียบพลันของสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตต่อปลา ได้แก่ อาการว่ายน้ำอย่างรวดเร็วผิดปกติ อาการชักกระตุก ปลา Bluegill (*Leomis macrochirus*) ที่ได้รับสารกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตจะตายในลักษณะครีบกางออก (Eaton, 1970) และปลา Bluegill ที่แสดงอาการพิษจากสารกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตจะมีระดับ ChE ในสมองลดต่ำลงกว่าปกติ 30-50% (Brown, 1978)

ปลานิล

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Oreochromis niloticus*(Linn.)

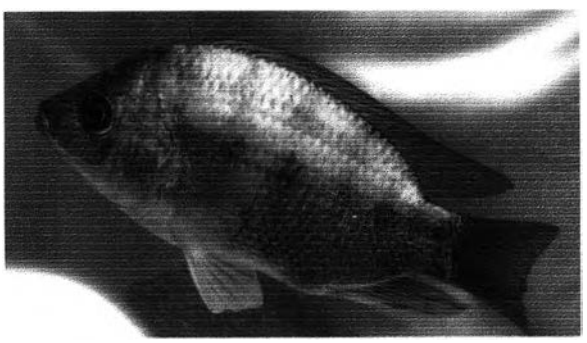
ลักษณะและอนุกรมวิธานของปลานิล

Phylum	Vertebrata
Class	Osteichthyes
Order	Perciformes
Family	Cichlidae
Genus	Oreochromis
Species	niloticus

ชื่อสามัญ Nile mouth-Brooder และ Nile tilapia

ปลานิลเป็นปลาที่มีถิ่นกำเนิดในทวีปแอฟริกาและบริเวณลุ่มแม่น้ำจอร์แดน แต่สามารถแพร่ขยายไปทั่วทุกภูมิภาคของโลก ปลานิลเป็นปลาน้ำจืดที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ สามารถเลี้ยงได้ในสภาพแวดล้อมทุกสภาพ เนื้อปลามีรสชาติดี มีผู้นิยมบริโภคมาก เป็นปลาที่เลี้ยงง่าย เจริญเติบโตเร็ว กินอาหารได้เกือบทุกชนิด ขยายพันธุ์ได้ตลอดปี (ยุพินท์ วิวัฒนชัยเศรษฐ์ และพันธ์ศักดิ์ ใครบุตร, 2542) ปลานิลถูกนำเข้าประเทศไทยครั้งแรกโดยสมเด็จพระจักพรรดิอากิฮิโตแห่งประเทศญี่ปุ่น เมื่อครั้งดำรงพระอิศริยยศมกุฎราชกุมารได้ทรงจัดส่งมาทูลเกล้าถวายแด่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช พระองค์ทรงเลี้ยงอยู่เป็นเวลา 1 ปี และได้ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯพระราชทานปลาให้แก่อธิบดีกรมประมงเพื่อนำไปเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์ และได้พระราชทานชื่อว่า “ปลานิล”

ปลานิลมีลักษณะคล้ายปลาหมอเทศมาก ต่างกันตรงที่ปลานิลจะมีริมฝีปากบนและล่างเสมอกัน ปลานิลมีลำตัวสั้น แบนด้านข้าง ขอบตามีสีแดง(ชาญชัย แสนศรีมหาชัย, 2522) ที่บริเวณแก้มมีเกล็ด 4 แถว ตามลำตัวมีลายพาดขวาง 9-10แถบ ครีบหลังติดต่อกันเป็นเป็นครีบเดียวประกอบด้วยก้านครีบแข็งและก้านครีบอ่อนเป็นจำนวนมาก ครีบก้นมีก้านครีบแข็งและอ่อนเช่นเดียวกัน ครีบหลัง ครีบก้นและครีบหางมีจุดขาวและเส้นสีดำตัดขวาง มีเกล็ดตามแนวเส้นข้างตัว 33 เกล็ด ลำตัวมีสีเขียวปนน้ำตาล ครีบหางตัดตรง(ทัศนีย์ ภูมิพัฒน์, 2524) ปลานิลตัวผู้จะมีอวัยวะเพศยาวยื่นออกมา ลำตัวมีสีเข้มกว่าตัวเมีย ปลานิลตัวเมียอวัยวะเพศมีลักษณะเป็นรูค่อนข้างใหญ่และกลม



รูปที่ 3 ปลานิล

จากการที่ปลานิลเป็นปลาที่เลี้ยงง่าย โตเร็ว แข็งแรง จึงเป็นปลาที่นิยมเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายในกลุ่มเกษตรกร เกษตรกรบางส่วนทำไร่นาสวนผสมโดยทำนาปลูกข้าวพร้อมกับกันที่ดินส่วนหนึ่งไว้เลี้ยงปลา จากการที่เกษตรกรจำเป็นต้องใช้สารกำจัดแมลงเพื่อเพิ่มผลผลิต และการใช้สารเคมีอย่างต่อเนื่องและไม่ถูกวิธีทำให้เกิดผลกระทบต่าง ๆมากมาย อาทิเช่น ทำให้ปลาที่อยู่ใกล้กับบริเวณที่ใช้สารกำจัดแมลงมีโอกาสได้รับสารได้มาก จึงก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคถ้าปริมาณสารตกค้างมีมากเกินค่าความปลอดภัย ปัจจุบันมีผู้ศึกษาพิษวิทยาสิ่งแวดล้อมโดยใช้ปลาเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพถึงการปนเปื้อนของสารต่าง ๆในแหล่งน้ำอย่างมากมาย(Salte et.al., 1987; Huang et.al., 1997; Fent et.al., 1998) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบ่งชี้ถึงการปนเปื้อนของสารกำจัดแมลงในกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต โดยใช้การวัดสมรรถนะของ ChE ที่ลดลง(Coppage and Matthews, 1975; Halbrook et.al., 1992) การลดลงของสมรรถนะของ ChE เป็นดัชนีสำคัญที่แสดงความรุนแรงของการเกิดพิษจากสารกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต ดังนั้นจึงได้มีการนำปลามาใช้ในการทดสอบความเป็นพิษจากสารกลุ่มต่าง ๆ เพื่อความปลอดภัยของมนุษย์และเพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรสิ่งมีชีวิตทางน้ำซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ของการใช้ปลาเป็นสัตว์ทดลองในด้านวาริชพิษวิทยา(พาลาภ สิงหเสนี และวินิจ ตันสกุล, 2530)

ตับ

ปลากระดูกแข็งจะมีตับเป็นอวัยวะที่มีขนาดใหญ่ที่สุดเมื่อเทียบกับอวัยวะอื่นๆ ตับของปลากินเนื้อสัตว์จะมีสีน้ำตาลแดงหรือน้ำตาลสว่างๆ ตับของปลากินพืชจะมีสีอ่อนกว่า ตับจะอยู่ทางส่วนหน้าของช่องท้องหรืออยู่ตามแนวยาวขนานกับอวัยวะในช่องท้องอื่นๆ จากการศึกษาตับปลานิลของ El-Elajny (1993) พบว่าภายในเนื้อตับจะมีตับอ่อนแทรกอยู่และอยู่ล้อมรอบท่อเลือด (portal vein) เรียกลักษณะเช่นนี้ว่า hepatopancreas เลือดที่มาเลี้ยงตับเป็นเลือดจากเส้นเลือดดำที่รับมาจากอวัยวะต่างๆ ในระบบย่อยอาหารเข้าสู่ตับผ่าน hepatic portal vein และระบบเส้นเลือดฝอยภายในตับหรือ sinusoid (วิมล เหมะจันทร์, 2528) สิ่งที่มากับเลือดได้แก่ สารอาหาร สารปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมทางน้ำ เช่น สารพิษต่างๆ สารเหล่านี้จะแพร่ผ่านเยื้อหุ้มเซลล์ของผนังหลอดเลือด sinusoid เข้าสู่เซลล์ตับและสะสมอยู่ในส่วนของ space of dise ซึ่งเป็นแหล่งที่ ตับใช้กำจัดสารพิษที่ปนมากับเลือด เป็นที่เก็บสะสมไขมันในขณะเดียวกันจะปล่อยสิ่งที่เซลล์ตับผลิตออกสู่กระแสเลือด (Nopanitaya, 1979) เซลล์ตับ (hepatocyte) ของปลากระดูกแข็งมีรูปร่างหลายเหลี่ยม (polyhedral) มีนิวเคลียสกลมอยู่กลางเซลล์ โครงสร้างของเซลล์ตับประกอบด้วย hepatic plate เรียงตัวเป็น two-cell layers และมี bile duct cell ทอดแทรกตัวอยู่ระหว่างเซลล์ตับทั้งสองชั้นนี้ ภายในเซลล์ตับแต่ละเซลล์จะมี bile canaliculi ซึ่งจะมีท่อเล็กๆ เปิดเข้าสู่ cytoplasmic portion ของ bile duct cell ที่จัดตัวอยู่ในรูปของท่อน้ำดี ผนังของเซลล์ตับอีกด้านหนึ่งจะติดกับ sinusoid ซึ่งประกอบไปด้วย endothelial cell ที่มีลักษณะแบนบางแต่นิวเคลียสนูนเห็นชัดเรียงตัวชั้นเดียว

การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในเซลล์และเนื้อเยื่อตับสามารถนำมาใช้ในการพยากรณ์การเกิดโรคในปลาหรือการเปลี่ยนแปลงทางพยาธิวิทยาจากสารพิษได้ ซึ่งเป็นพื้นฐานของการเกิดพิษจะปรากฏให้เห็นในระดับเนื้อเยื่อ อวัยวะ และระบบต่างๆ ของร่างกายในภายหลัง เช่นการทดลองของ Prasada-Rao และคณะ (1990) ได้ใช้สารกำจัดแมลงในกลุ่มออร์แกโนคลอรีนได้แก่ เฮปทาคลอ(heptachlor) ในระดับความเข้มข้น 0.003 มก./ลิตร ผสมลงในน้ำเลี้ยงปลา *Tilapia massambica* เป็นเวลา 7 และ 15 วัน เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงค่าทางชีวเคมีในตับปลา พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของ free amino acid, lipid, uria, AAT (alanine aminotransferase), bilirubin และ amino transferase แต่ปริมาณของคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนลดลง และเฮปทาคลอก่อให้เกิดพิษแบบกึ่งเรื้อรังโดยพบว่าในวันที่ 15 ของการทดลองเกิดการเปลี่ยนแปลงทางพยาธิวิทยาของเนื้อเยื่อตับปลา ในปี 1993 El-laimy ได้ทำการศึกษาผลของนีโอไพบูทริน (neopybuthrin) ซึ่งเป็นสารกำจัดแมลงในกลุ่มไพรีทรอยด์ (pyrethoid) ต่อตับปลานิลที่ความเข้มข้นระดับความเป็นพิษเฉียบพลัน และศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน พบว่าออร์กาเนลล์ของเซลล์ตับที่มีการเปลี่ยนแปลงได้แก่ mitochondria, endoplasmic reticulum และ microvilli การศึกษาของ Sylvie และคณะ (1996) พบว่าลินเดน (lindane) มีพิษต่อตับปลา rainbow trout โดยขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ได้รับสาร และความทนต่อ

สารนี้จะลดลงเมื่อปลามีอายุมากขึ้น การศึกษาของ Patil และคณะ (1992) ในตับปลา *Boleophalmus dussumieri* ที่ได้สัมผัสสารโมโนโครโตฟอสที่ความเข้มข้น 2 และ 4 ppm เป็นเวลา 7 วัน พบว่าตับถูกทำลายเกิด fatty degeneration

เหงือก

เป็นอวัยวะที่สำคัญใช้ในการแลกเปลี่ยนออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อทำหน้าที่ในการหายใจของปลาแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. primary lamella ประกอบด้วยแกนกระดูกอ่อนตรงกลางรองรับเส้นเลือดที่เข้ามาเลี้ยงและออกจากซี่เหงือกทำหน้าที่ค้ำจุน secondary lamella
2. secondary lamella ประกอบด้วย pillar cell และเยื่อบุผิว โดย pillar cell จะมีลักษณะคล้ายเส้นใยตาข่ายเชื่อมกันอยู่สำหรับให้ออกซิเจนและเลือดไหลเวียน และด้านนอกที่เป็นเยื่อบุผิวของ secondary lamella จะมี microvilli และ microridge เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนก๊าซ

เมื่อเกิดความผิดปกติที่เหงือกปลา ปลาจะแสดงอาการต่าง ๆ เช่น การเคลื่อนไหวแผ่นปิดเหงือกที่บริเวณกระพุ้งแก้มเร็วขึ้น กางแผ่นปิดเหงือกออกกว้างขึ้น ปลาอาจว่ายขึ้นมาหายใจที่ผิวน้ำซึ่งเป็นบริเวณมีก๊าซออกซิเจนละลายอยู่มากกว่าน้ำชั้นล่าง ความผิดปกติที่เกิดขึ้นอย่างเฉียบพลันได้แก่ การเกิด vacuolation การบวมของเซลล์เยื่อบุ (swelling of lamellae epithelium) การเกิดเป็นติ่งเลือดคั่ง มีเมือกมากขึ้น บวมน้ำ ซึ่งความผิดปกติเหล่านี้เป็นการตอบสนองเพื่อต่อต้านสิ่งแปลกปลอมและสิ่งระคายเคือง (อรัญญา, 2544)

กล้ามเนื้อ

กล้ามเนื้อเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ของร่างกาย ทำงานได้โดยมีการหดตัว (contraction) ของเซลล์กล้ามเนื้อ กล้ามเนื้อลาย (skeletal muscle) เป็นกล้ามเนื้อบริเวณด้านข้างของลำตัวปลาช่วยในการเคลื่อนไหว อยู่ภายใต้อำนาจจิตใจแบ่งได้ออกเป็น white และ red muscle โดยกล้ามเนื้อที่พบส่วนใหญ่เป็น white muscle มีสีขาว

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกการตรวจวัดสมรรถนะของ ChE เป็นตัวชี้วัดความเป็นพิษของเมธามิโดฟอส ซึ่งเป็นสารกำจัดแมลงในกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตที่นิยมใช้กันมาก รวมทั้งศึกษาผลของเมธามิโดฟอสต่อลักษณะทางจุลพยาธิสภาพของตับ เหงือก และกล้ามเนื้อของปลานิล เนื่องจากปลานิลเป็นปลาเศรษฐกิจของไทยที่สำคัญ มีเกษตรกรนิยมเลี้ยงกันมาก และบ่อเลี้ยงมักอยู่ใกล้กับบริเวณสวนเกษตร บางแห่งก็นิยมเลี้ยงในบริเวณเดียวกับที่ทำเกษตร ดังนั้นปลานิลจึงมีโอกาสที่จะสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชได้มาก จึงเป็นที่น่าสนใจศึกษาความเป็นพิษของสารกำจัดแมลงในปลานิล

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาระดับความเข้มข้นของเมธามิโดฟอสที่เป็นพิษเฉียบพลันต่อปลานิล ในระดับที่ทำให้ปลานิลตายร้อยละ 50 เมื่อได้รับสารที่ 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง (Median lethal concentration at 24, 48, 72 and 96 hr.)

2. เพื่อศึกษาความเป็นพิษกึ่งเฉียบพลันของเมธามิโดฟอสในปลานิลในระดับที่ไม่ทำให้ปลาตายเมื่อได้รับสารติดต่อกันนาน 30 วันโดยศึกษาจาก

    2.1 สมรรถนะของเอนไซม์โฆลีนเอสเทอเรส(enzyme cholinesterase) ในสมองและซีรั่มของปลานิล

    2.2 ลักษณะทางจุลพยาธิสภาพของตับ เหงือกและกล้ามเนื้อของปลานิล

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถระบุความเป็นพิษเฉียบพลันและพิษกึ่งเฉียบพลันของเมธามิโดฟอสในปลานิลเพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับความเป็นพิษของเมธามิโดฟอส

2. ทราบถึงผลของเมธามิโดฟอสในระดับความเข้มข้นที่ทำให้เกิดพิษกึ่งเฉียบพลันต่อสมรรถนะของเอนไซม์โฆลีนเอสเทอเรส และลักษณะทางจุลพยาธิสภาพของตับ เหงือก และกล้ามเนื้อของปลานิล

3. ใช้เป็นแนวทางในการป้องกันและควบคุมปัญหาที่อาจเกิดจากการใช้สารกำจัดแมลงที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อมหรือสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในสิ่งแวดล้อมนั้น ๆ รวมทั้งต่อมนุษย์ที่อาจได้รับผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อม

4. สามารถใช้ปลานิลเป็นตัวบ่งชี้ทางชีววิทยา (biomarkers) ได้ว่าสภาพแหล่งน้ำเหล่านั้นมีการปนเปื้อนของสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตหรือไม่