

การสลายตัวและการแพร่ของฟิโนบูคาร์บและไทรอะโซฟอสจากน้ำในร่องสวนผลไม้ สู่คลองหนามแดง เขตบางบอน กรุงเทพมหานคร

อุทุมพร สมพงษ์*

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

* E-mail: utumporn.som@rmutr.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมีสารกำจัดศัตรูพืชหลายชนิดถูกพ่นเลื้อยเนื่องจากความกังวลเกี่ยวกับการตกค้างในสิ่งแวดล้อมและจากงานวิจัยที่ผ่านมาของผู้วิจัยที่พบสารกำจัดศัตรูพืชบางชนิดในกลุ่มคาร์บาเมตและออร์แกโนฟอสเฟตตกค้างในแหล่งน้ำผิวดินใกล้พื้นที่เกษตรกรรมในกรุงเทพมหานครฝั่งธนบุรี งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสลายตัวของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตและออร์แกโนฟอสเฟตในน้ำในร่องสวนผลไม้ที่มีลักษณะเป็นร่องน้ำที่มีพื้นน้ำติดต่อกันในหมู่บ้านวรารมย์เพชรเกษม 81 เขตบางบอน และการแพร่จากร่องสวนดังกล่าวสู่คลองหนามแดงซึ่งเป็นแหล่งน้ำผิวดินที่ใกล้ที่สุด โดยฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชชนิดฟิโนบูคาร์บและไทรอะโซฟอสในสวนดังกล่าว จากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำแบบผสมรวมในร่องสวนจาก 6 จุด กระจายทั่วสวนผลไม้ แล้วรวมเป็น 1 ตัวอย่าง ในระยะเวลา 0, 3, 5, และ 7 วันหลังฉีดพ่น ส่วนตัวอย่างน้ำคลองก็เก็บแบบเดียวกันแต่เก็บที่เวลา 0 วันหลังฉีดพ่นเท่านั้น แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณของสารกำจัดศัตรูพืชทั้งสองด้วย Liquid chromatography-mass spectrophotometer (LC-MS) และ Gas chromatography-flame photometric detector (GC-FPD) ตามลำดับ ระยะเวลาวิจัยในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2567 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2568 วิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยค่าสถิติ F เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยค่าสถิติ t และวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นด้วยค่าสถิติ F ผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชสองชนิดในน้ำร่องสวนหลังการฉีดพ่นที่เวลาต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p=0.7731$) ฟิโนบูคาร์บและไทรอะโซฟอสสลายตัวในน้ำหมดในเวลา 4.89 และ 6.83 วันหลังการฉีดพ่น ตามลำดับ ในอัตรา 0.4110 และ 0.2927 ไมโครกรัม/ลิตร/วัน ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าสารกำจัดศัตรูพืชทั้งสองชนิดมีอัตราการสลายที่ใกล้เคียงกัน ค่าเฉลี่ยของสารกำจัดศัตรูพืชทั้งสองชนิดในร่องสวนและคลองหนามแดงแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p=0.0004$) แสดงให้เห็นว่าอาจมีการแพร่ของสารกำจัดศัตรูพืชทั้งสองชนิดจากสวนผลไม้เข้าสู่คลองหนามแดง ผลการศึกษานี้สะท้อนความเสี่ยงต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของชุมชนในพื้นที่ เนื่องจากฟิโนบูคาร์บและไทรอะโซฟอสที่พบตกค้างในน้ำคลองหนามแดงไม่ได้ถูกระบุให้มีในมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษและองค์การอนามัยโลก

คำสำคัญ: ฟิโนบูคาร์บ ไทรอะโซฟอส การสลายตัว การแพร่ สวนผลไม้ คลองหนามแดง

* Corresponding author, e-mail: utumporn.som@rmutr.ac.th

Received 02 05 2025 / Revised: 21 07 2025 / Accepted: 29 08 2025

Degradation and Diffusion of Fenobucarb and Triazophos in Water in Furrows of a Fruit Farm to Namdang Canal, Bangbon District, Bangkok

Utumporn Sompong*

Department of Environmental Science, Faculty of Science and Technology,

Rajamangala University of Technology Rattanakosin

* E-mail: utumporn.som@rmutr.ac.th

Abstract

Nowadays, there are pesticides that were focused because of concern of their residues in environments. Moreover, we found residue of some pesticides from carbamate and organophosphate groups in surface waters near agricultural area in Thonburi, Bangkok. Therefore, this research aims to study degradation of carbamate and organophosphate pesticide in water in furrows of a fruit farm continuously in a village of Wararom Petchakasem 81, Bangbon district and to study diffusion of the pesticides from the furrows to a nearest surface water, Klong Namdang. We sprayed fenobucarb and triazophos then randomized water samples were collected from 6 points distributed in the farm then put into a sample at 0, 3, 5, and 7 days after spraying. The canal water sample was collected as the previous method for 0 days after spraying only. The water samples were assessed the contents of the pesticides by Liquid chromatography - mass spectrophotometer (LC-MS) and Gas chromatography - flame photometric detector (GC-FPD), respectively. The research was done during October, 2024 – June, 2025. Statistic F was used for analyzing variation and linear regression and statistic t was used for mean comparison, respectively. We found that means of content of the pesticide residues, in water in the farm collecting from different days after spraying the pesticides were not significantly different ($p=0.7731$). Moreover, the pesticides were degraded within 4.89 and 6.83 days after spraying with the degradation rate of 0.4110 and 0.2927 $\mu\text{g/l/day}$, respectively. It meant that the pesticides degraded in a closed rate. However, means of the residue contents in water in furrows of the farm and the canal were significantly different ($p=0.0004$). It meant that the pesticides may distributed from the farm to the canal. The results showed the risk of the pesticides to environment and health of the community because the residues were not in the standard of water quality of surface water identifying by Pollution Control Department and World Health Organization.

Keywords: Fenobucarb, Triazophos, Degradation, Diffusion, Fruit farm, Klong Namdang

* Corresponding author, e-mail: utumporn.som@rmutr.ac.th

1. ที่มาและความสำคัญ

มีการศึกษาวิจัยตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันเกี่ยวกับการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชหลายชนิดในแหล่งสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะแหล่งน้ำ ปีที่ผ่านมาผู้วิจัยได้ศึกษาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในน้ำของกรุงเทพมหานครฝั่งธนบุรี โดยวิเคราะห์ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืช 4 กลุ่ม ได้แก่ คาร์บาเมต ออร์แกโนคลอรีน ออร์แกโนฟอสเฟต และไพรีทรอยด์ รวม 55 ชนิด ในน้ำคลองที่ไหลผ่านพื้นที่เกษตรกรรมในฝั่งธนบุรี 4 เขต ได้แก่ เขตตลิ่งชัน เขตทวีวัฒนา เขตหนองแขม และเขตบางบอน ตามลำดับ พบว่า มีปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง 7 ชนิดจาก 2 กลุ่ม ได้แก่ คาร์บาเมตและออร์แกโนฟอสเฟต งานวิจัยในครั้งนี้ จึงเป็นการศึกษาการสลายตัวของสารกำจัดศัตรูพืชในน้ำในพื้นที่เดิมที่เคยศึกษาโดยเลือกมา 1 เขต คือ เขตบางบอน โดยจะตรวจวัดปริมาณสารกำจัดศัตรูพืช 2 ชนิด ที่พบมากที่สุดในการวิจัยปีที่ผ่านมา คือ ฟิโนบุคาร์บ และไทรอะโซฟอส จากกลุ่มคาร์บาเมตและออร์แกโนฟอสเฟต ตามลำดับ โดยใช้ยี่ห้อที่เกษตรกรในสวนผลไม้ในบริเวณนั้นใช้เป็นหลักในน้ำในสวนผลไม้ในหมู่บ้านวรารมย์เพชรเกษม 81 เขตบางบอนที่ปลูกผลไม้หลายชนิด เช่น มะม่วง เมล่อน และกล้วย เป็นต้น ซึ่งสวนดังกล่าวมีลักษณะเป็นร่องและน้ำจากคลองหนามแดงซึ่งอยู่ติดกับสวนดังกล่าวโดยมีแนวดินเป็นทางเดินกันประมาณ 3 เมตร คลองหนามแดงมีพื้นน้ำเชื่อมต่อกับหลายคลอง เช่น คลองนายผล คลองตาปลั่ง คลองหมื่นแช่ม คลองบางไคร้ คลองบางอ้าย และคลองภาษีเจริญ ซึ่งปลายทางบรรจบกับแม่น้ำท่าจีนที่จังหวัดสมุทรสาคร และอีกด้านไปบรรจบกับแม่น้ำเจ้าพระยาที่กรุงเทพมหานคร ดังนั้น หากมีสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างจึงอาจส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสัตว์ในทั้งสองจังหวัดเป็นบริเวณกว้าง

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการสลายตัวและการแพร่ของฟิโนบุคาร์บและไทรอะโซฟอสจากน้ำในร่องสวนผลไม้สู่คลองหนามแดง เขตบางบอน กรุงเทพมหานคร

3. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในอดีตถึงปัจจุบันมีการศึกษาเกี่ยวกับการปริมาณและชนิดของของสารกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตที่ตกค้างในน้ำ เช่น มีการศึกษาพบสารกำจัดศัตรูชนิดออร์แกโนฟอสเฟต 8 ชนิด ตกค้างในน้ำในเขื่อนที่ประเทศอิหร่าน เช่น ไดอะซินอน และอีธิออน เป็นต้น [1] นอกจากนี้ มีการศึกษาปริมาณสารกำจัดศัตรูพืช 55 ชนิด ที่ตกค้างในแหล่งน้ำบริเวณพื้นที่เกษตรกรรม ในน้ำคลองที่ไหลผ่านพื้นที่เกษตรกรรมในกรุงเทพมหานครฝั่งธนบุรี 4 เขต ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการทำเกษตรกรรมมาก พบว่า ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง 7 ชนิดจาก 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มคาร์บาเมต 3 ชนิด ได้แก่ ฟิโนบุคาร์บ คาร์โบฟูแรน และเมโธมิล และกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟต 4 ชนิด ได้แก่ ไดอะซินอน คลอไพริฟอส อีธิออน และไทรอะโซฟอส [2] อย่างไรก็ตาม ยังมีการศึกษาการสลายตัวของสารกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟต โดยมีการศึกษาการสลายตัวและสะสมของสารกำจัดแมลงกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟต

ในดิน น้ำ และตะกอน ในแหล่งปลูกพืชผักและผลไม้ พบว่า ระยะเวลาที่สารกำจัดแมลงสลายตัวครึ่งหนึ่ง ($t_{1/2}$) ของสาร โพรพิโนฟอสในดิน น้ำ และตะกอน เป็น 1.39 0.39 และ 0.86 วัน ตามลำดับ [3]

4. วิธีดำเนินการวิจัย

ระยะเวลาวิจัยในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2567 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2568 โดยช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2567 ได้วางแผนร่วมกับเกษตรกรในการฉีดพ่นและเก็บตัวอย่าง เตรียมอุปกรณ์และสารเคมี รวมถึงติดต่อห้องปฏิบัติการ

4.1 การฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืช

ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชชนิดพืโนบูคาร์บและไทรอะโซฟอสด้วยยี่ห้อที่เกษตรกรในสวนผลไม้ในบริเวณนั้น ใช้เป็นหลักพร้อมกันจำนวน 4 ครั้ง ในอัตรา 80 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร การฉีดแต่ละครั้งห่างกัน 1 สัปดาห์ [2] จึงใช้เวลา 1 เดือน ในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2567

4.2 การเก็บตัวอย่างน้ำ

สวนผลไม้มีลักษณะเป็นร่องน้ำลึกประมาณ 1 เมตร กว้างประมาณ 2 เมตร พื้นน้ำติดต่อกัน ในหมู่บ้านวรารมย์ เพชรเกษม 81 เขตบางบอน เก็บตัวอย่างน้ำแบบผสมรวมโดยเก็บน้ำ 6 ตัวอย่าง จาก 6 จุดกระจายทั่วสวน แล้วรวมเป็น 1 ตัวอย่าง เก็บตัวอย่างน้ำที่กึ่งกลางความลึกของแต่ละจุดเก็บตามวิธีของกรมควบคุมมลพิษ (2553) [4] เก็บตัวอย่างน้ำในขวดพลาสติกชนิด Polyethylene terephthalate (PET) ปริมาณ 5 ลิตร ด้วยแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) ไม่มีซ้ำ เก็บตัวอย่างน้ำในร่องสวนที่เวลา 0, 3, 5, และ 7 วัน หลังจากฉีดพ่นครั้งสุดท้าย จึงใช้เวลา 1 สัปดาห์ ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2567 โดยสาเหตุที่เก็บทุก 2 วัน เนื่องจากข้อจำกัดของทุนวิจัยและการค้นคว้าจากงานวิจัยอื่น ๆ ที่พบว่าสารกำจัดศัตรูพืชบางชนิดในกลุ่มคาร์บาเมตและ ออร์แกโนฟอสเฟตมีการสลายตัวค่อนข้างเร็ว และเก็บตัวอย่างน้ำจากคลองหนามแดง ที่เวลา 0 วัน หลังการฉีดพ่น สารกำจัดศัตรูพืชครั้งสุดท้าย โดยเก็บตัวอย่างน้ำแบบผสมรวมโดยเก็บน้ำ 6 ตัวอย่าง จาก 6 จุดบริเวณใกล้สวนผลไม้ ที่ทำการวิจัย แล้วรวมเป็น 1 ตัวอย่าง จากนั้นนำตัวอย่างไปส่งบริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด ภายในวันที่เก็บตัวอย่างน้ำ ห้องปฏิบัติการดังกล่าวเป็นห้องปฏิบัติการของรัฐ ตั้งอยู่ในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน มีสาขาให้บริการครอบคลุมทุกภูมิภาค ได้แก่ เชียงใหม่ ขอนแก่น ฉะเชิงเทรา สมุทรสาคร สงขลา และกรุงเทพมหานคร โดยสาขาที่ไปส่งตัวอย่างคือ สาขาสมุทรสาคร

4.3 การสกัดสารกำจัดศัตรูพืชจากตัวอย่างน้ำ

หลังจากผู้วิจัยนำตัวอย่างไปส่งห้องปฏิบัติการกลาง ห้องปฏิบัติการจะสกัดสารกำจัดศัตรูพืชจากตัวอย่างน้ำ โดยนำตัวอย่างน้ำ 50 มิลลิลิตร เติมเอทิลอะซิเตต 50 มิลลิลิตร เขย่าด้วยเครื่องเขย่า 200 รอบ/นาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นลดปริมาณของสารละลายด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (Rotary evaporator) จนเกือบแห้ง แล้วเป่าลด ปริมาตรด้วยเครื่องกลั่นระเหยด้วยก๊าซไนโตรเจน (Nitrogen evaporator) เติมน้ำและปรับปริมาตรสารละลายด้วย อะซิโตนไตรัลจนได้สารละลายตัวอย่าง 2 มิลลิลิตร

4.4 การวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชในตัวอย่างน้ำ

ห้องปฏิบัติการกลางจะวิเคราะห์หาปริมาณของสารกำจัดศัตรูพืชด้วยวิธีมาตรฐานการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เลขที่ TE-CH-207 ของ American Water Works Association (AWWA), American Public Health Association (APHA) และ Water Environment Federation (WEF) หรือเรียกว่า AWWA-APHA-WEF ลำดับที่ 6410B และ 6630B [5]

พีโนบุคาร์บเป็นสารกลุ่มคาร์บาเมตตรวจวัดด้วย Liquid chromatography (LC) (Agilent Technologies G1956B) ด้วยคอลัมน์ Agilent ZORBAX Eclipse Plus C18 RRHT (10 เซนติเมตร x 2.1 มิลลิเมตร x 1.8 ไมโครเมตร) ตั้งอุณหภูมิของส่วนฉีดสารที่ 30 องศาเซลเซียส ปริมาตรการฉีดตัวอย่าง 5 ไมโครลิตร ใช้เฟสเคลื่อนที่แบบ Stepwise ของสารละลาย ก (5 มิลลิโมลาร์แอมโมเนียมฟอสเฟต ใน 0.02% กรดฟอร์มิก) และสารละลาย ข (อะซิโตนไทรล์) เครื่องตรวจวัดเป็น Mass spectrophotometer (MS) (Agilent 6460) มีอุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส โดยมีก๊าซไนโตรเจนเป็นก๊าซที่ใช้ระเหยสารละลายตัวอย่างให้เป็นไอที่มีอัตราการไหลที่ความเร็วเชิงเส้น 10 ลิตร/นาที่

ไทโรโซฟอสเป็นสารกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตตรวจวัดด้วย Gas chromatography (GC) (Agilent Technologies 6890N) ด้วยคอลัมน์ DB-1701 (30 เมตร x 0.25 มิลลิเมตร x 0.25 ไมโครเมตร) GC ตั้งส่วนอุณหภูมิของส่วนฉีดสารที่ 250 องศาเซลเซียส ปริมาตรการฉีดตัวอย่าง 2 ไมโครลิตร โปรแกรมอุณหภูมิของตู้อบเริ่มต้นที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และคงที่ไว้เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิจนถึง 180 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 30 องศาเซลเซียส/นาที เพิ่มอุณหภูมิต่อไปจนถึง 250 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 5 องศาเซลเซียส/นาที และเพิ่มอุณหภูมิจนถึง 280 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 3 องศาเซลเซียส/นาที และคงที่ไว้ 5 นาที เครื่องตรวจวัดเป็น Flame Photometric

4.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ศึกษาการสลายตัวในน้ำร่องสวนและการแพร่จากสวนผลไม้สู่คลองหนามแดงโดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสองทริทเมนต์แบบกลุ่ม (Group comparison) ด้วยค่าสถิติ t ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนของสองทริทเมนต์ก่อนด้วยค่าสถิติ F ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยสมมติฐานหลักที่ว่าความแปรปรวนของสองกลุ่มเท่ากัน ด้วยโปรแกรมสถิติ R (Version 3.4.0) และศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชต่อเวลาหรือการสลายตัวของสารกำจัดศัตรูพืช โดยวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชทั้งสองชนิดที่ตกค้างในน้ำในร่องสวนผลไม้กับเวลา โดยวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear regression) ด้วยค่าสถิติ F ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยสมมติฐานหลักที่ว่าเวลาหลังการฉีดพ่นไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณของสารกำจัดศัตรูพืชในน้ำ โดยใช้โปรแกรมสถิติ R (Version 3.4.0) เพื่อคำนวณอัตราการสลายตัวของสารกำจัดศัตรูพืชดังกล่าวในน้ำ

5. ผลและวิจารณ์

ค่าเฉลี่ยปริมาณสารกำจัดศัตรูพืช 2 ชนิด ได้แก่ ฟิโนบุคาร์บและไทรอะโซฟอสที่ตรวจวัดในตัวอย่างน้ำร่องสวน 0, 3, 5 และ 7 วัน หลังการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืช มีค่าเป็น 2.01, 0.69, 0, 0 และ 1.97, 1.16, 0.35 และ 0 ไมโครกรัม/ลิตร ตามลำดับ (รูปที่ 1ก.) จากผลการวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าสารกำจัดศัตรูพืชทั้งสองชนิดสลายตัวก่อนหรือเรียกว่าภายใน 5 และ 7 วัน ตามลำดับ ซึ่งไม่ได้มีมาตรฐานใดระบุไว้ว่าสารกำจัดศัตรูพืชควรสลายตัวในน้ำภายในกี่วันจึงจะปลอดภัย มีเพียงมาตรฐานที่กำหนดปริมาณสูงสุดของสารกำจัดศัตรูพืชที่อนุญาตให้มีอยู่ในอาหารหรือผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร (Maximum Residue Limits, MRLs) ดังนั้นจึงจะปลอดภัยหากเข้าในพื้นที่หลังจากฉีดพ่นฟิโนบุคาร์บและไทรอะโซฟอสหลังจาก 5 และ 7 วันหลังฉีดพ่น ตามลำดับ เมื่อคำนวณค่าเฉลี่ย พบว่าฟิโนบุคาร์บและไทรอะโซฟอสมีเป็น 0.68 ± 0.95 และ 0.87 ± 0.88 ไมโครกรัม/ลิตร ตามลำดับ (ไม่ได้แสดงผลไว้) เมื่อนำค่าเฉลี่ยของสารกำจัดศัตรูพืช 2 ชนิดดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับค่าสถิติ t พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติด้วยค่าสถิติ t เท่ากับ -0.3016 และ p-value มีค่าเป็น 0.7731 (ไม่ได้แสดงผลไว้) แสดงให้เห็นว่า ชนิดของสารกำจัดศัตรูพืช (ฟิโนบุคาร์บและไทรอะโซฟอส) ไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณของสารกำจัดศัตรูพืชในน้ำ หรืออาจกล่าวได้ว่าไม่มีอิทธิพลของชนิดของสารกำจัดศัตรูพืชในงานวิจัยต่อการสลายตัวของสารกำจัดศัตรูพืชชนิดดังกล่าวในน้ำร่องสวนที่ทำวิจัย

อย่างไรก็ตาม ปริมาณฟิโนบุคาร์บและไทรอะโซฟอสในตัวอย่างน้ำจากร่องสวนและจากคลองหนามแดงมีความใกล้เคียงกันในแต่ละตัวอย่างน้ำ โดยน้ำในร่องสวนมีแนวโน้มปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชทั้งสองชนิดสูงกว่าในตัวอย่างน้ำจากคลอง ดังรูปที่ 1ข. เมื่อคำนวณค่าเฉลี่ยปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชของน้ำจากร่องสวนและน้ำจากคลองมีค่าเป็น 1.99 ± 0.03 และ 0.22 ± 0.04 ไมโครกรัม/ลิตร ตามลำดับ (ไม่ได้แสดงผลไว้) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยดังกล่าวแบบกลุ่ม พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ระดับนัยสำคัญ 0.01) ด้วยค่าสถิติ t เป็น 49.091 และ p-value เป็น 0.0004 แสดงให้เห็นว่าอาจจะมีการแพร่ของฟิโนบุคาร์บและไทรอะโซฟอสจากร่องสวนสู่คลองหนามแดง

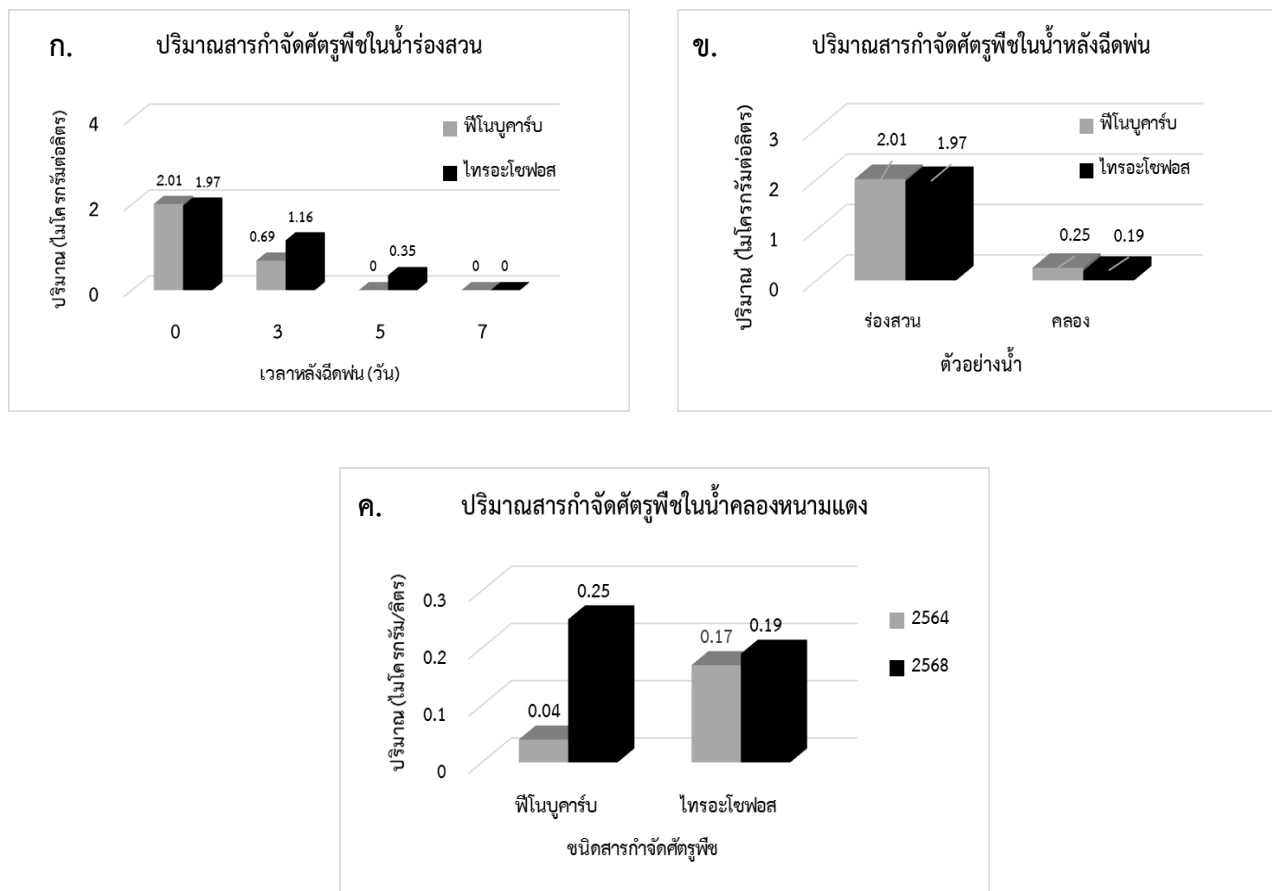
ยิ่งไปกว่านั้น เมื่อเปรียบเทียบผลการวิจัยในครั้งนี้กับงานวิจัยของผู้วิจัยที่ผ่านมาในพ.ศ. 2564 พบว่า ปริมาณฟิโนบุคาร์บใน 2 ปี ที่ทำการวิจัยมีแนวโน้มแตกต่างกัน ในขณะที่ปริมาณไทรอะโซฟอสใน 2 ปี ที่ทำการวิจัยมีความแนวโน้มใกล้เคียงกัน ดังรูปที่ 1ค. เมื่อคำนวณค่าเฉลี่ยปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชในพ.ศ. 2568 และ 2564 มีค่าเป็น 0.11 ± 0.09 และ 0.22 ± 0.04 ไมโครกรัม/ลิตร ตามลำดับ (ไม่ได้แสดงผลไว้) โดยไม่พบความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบแบบกลุ่ม ด้วยค่าสถิติ t เป็น -1.6064 และ p-value เป็น 0.2494

นอกจากนี้ ยังอาจมีปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของสารกำจัดศัตรูพืชนอกเหนือไปจากชนิดของสารกำจัดศัตรูพืชที่คณะวิจัยสนใจในการศึกษาในครั้งนี้ เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรดต่าง แสง ออกซิเจน และก๊าซอื่น ๆ เป็นต้น ดังงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของสารกำจัดศัตรูพืช ได้แก่ งานวิจัยของสุทธิรักษ์ ผลเจริญ และมัลลิกา จินดาสิงห์ (2564) ที่ศึกษาระยะเวลาการย่อยสลายของสารไซเพอร์เมทรินในดินสวนทุเรียนจังหวัดชุมพร พบว่า อุณหภูมิและความชื้น มีอิทธิพลต่อการย่อยสลายในดิน [6] นอกจากนี้ งานวิจัย

ของ Mitra et al. (2024) พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสลายตัวของสารกำจัดศัตรูพืชในดินและน้ำ ได้แก่ ความเป็นกรดต่าง อุณหภูมิ ปริมาณน้ำในดิน ชนิดของดิน และปริมาณสารอินทรีย์ในดิน [7] นอกจากนี้ งานวิจัยของ Abdel (2008) ที่ศึกษาพื้โนบุคาร์บตกค้างในมะเขือเทศ พบว่า การใช้รังสียูวีและแสงแดดทำให้การสลายตัวของพื้โนบุคาร์บที่ตกค้างบนผลมะเขือเทศเร็วขึ้นกว่าไม่ใช้รังสียูวีและแสงแดด [8] และ Kun and Dong (2005) ที่ศึกษาการสลายตัวของไทรอะโซฟอส ยังพบว่าไทรอะโซฟอสในตะกอนดินในสภาพที่มีออกซิเจนสลายตัวได้เร็วกว่าสภาพที่ไม่มีออกซิเจน [9] อย่างไรก็ตาม Sintuya et al. (2019) พบว่า การใช้ก๊าซโอโซนกับพริกแห้งที่ฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชชนิดไดอะซินอนและไทรอะโซฟอสซึ่งอยู่ในกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตทำให้การสลายตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 69 และ 47 ตามลำดับ [10] ซึ่งผลของปัจจัยอื่น ๆ ที่กล่าวมา ไม่สามารถเปรียบเทียบกับงานวิจัยในครั้งนี้ได้เนื่องจากไม่ได้ศึกษาปัจจัยดังกล่าวแต่ใช้เป็นแนวทางในการศึกษาเพิ่มเติมได้ เช่น การศึกษาอิทธิพลของฤดูกาลในการย่อยสลายของพื้โนบุคาร์บหรือไทรอะโซฟอส เป็นต้น ซึ่งในการวิจัยศึกษาการย่อยสลายของสารกำจัดศัตรูพืชทั้งสองชนิดดังกล่าวในฤดูหนาวเท่านั้น ซึ่งหากศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของสารกำจัดศัตรูพืชได้มากขึ้น ก็จะสามารถนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการจัดการคุณภาพน้ำและแนวทางการเกษตรในพื้นที่ได้ในอนาคต

โดยการทํารวจในครั้งนีพบปริมาณพื้โนบุคาร์บและไทรอะโซฟอสในน้ำแตกต่างกันไปจากงานวิจัยของ นภาพร เลียดประถม และคณะ (2553) ที่ศึกษาการแพร่กระจายของสารกำจัดศัตรูพืชในแม่น้ำจันทบุรีและผลกระทบต่อนัตว์น้ำ โดยตรวจวัดปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มไพรีทรอยด์ 7 ชนิด สารออการ์โนฟอตเฟต 22 ชนิด สารคาร์บาเมต 8 ชนิด และสารพาราควอท ซึ่งพบว่ามีเพียงสารพาราควอทเท่านั้นที่มีการตรวจพบในน้ำตัวอย่าง ในขณะที่สารอีกสามกลุ่มไม่มีการตรวจพบในน้ำ ซึ่งสารพาราควอทมีการตรวจพบในทุกสถานที่ทำการเก็บตัวอย่าง โดยมีความเข้มข้นอยู่ระหว่าง 2.68-15.04 ไมโครกรัม/ลิตร [11] แต่ผลการวิจัยในครั้งนี้ใกล้เคียงกับงานวิจัยของผู้วิจัยในการวิจัยปี 2564 ที่วิเคราะห์ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืช 4 กลุ่ม ได้แก่ คาร์บาเมต ออร์แกโนคลอรีน ออร์แกโนฟอสเฟต และไพรีทรอยด์ รวม 55 ชนิด ในน้ำคลองที่ไหลผ่านพื้นที่เกษตรกรรมในกรุงเทพมหานครฝั่งธนบุรีพบสารกำจัดศัตรูพืช 7 ชนิด จาก 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มคาร์บาเมต และออร์แกโนฟอสเฟต [2] ซึ่งมีพื้โนบุคาร์บและไทรอะโซฟอสอยู่ในกลุ่มที่ตรวจพบดังกล่าวในปริมาณที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับงานวิจัยในครั้งนี้ อย่างไรก็ตามงานวิจัยในครั้งนี้พบปริมาณพื้โนบุคาร์บและไทรอะโซฟอสในน้ำคลองหามแดงซึ่งเป็นแหล่งน้ำผิวดินใกล้พื้นที่เกษตรกรรมจึงอาจใช้ประโยชน์ในด้านเกษตรกรรม เมื่อพิจารณาแหล่งน้ำผิวดินประเภทที่เหมาะสมกับกิจกรรมด้านเกษตรกรรม ได้แก่ แหล่งน้ำผิวดินประเภทที่ 1, 2 และ 3 ซึ่งได้ถูกระบุในมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินของกรมควบคุมมลพิษ [12] ว่าสามารถมีปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชได้บางชนิดในปริมาณจำกัด ได้แก่ สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ที่มีคลอรีนทั้งหมด ดีดีที บีเอชซีชนิดแอลฟา ดิลดริน อัลดริน เฮปตาคลอร์ และเอนดริน แต่ไม่ควรมีปริมาณพื้โนบุคาร์บและไทรอะโซฟอสดังที่งานวิจัยได้ตรวจพบ จึงอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ ส่วนผลกระทบด้านสุขภาพไม่สามารถระบุได้เนื่องจากกรมควบคุมมลพิษได้กำหนดมาตรฐานปริมาณสูงสุดของสารกำจัดศัตรูพืชที่อนุญาต

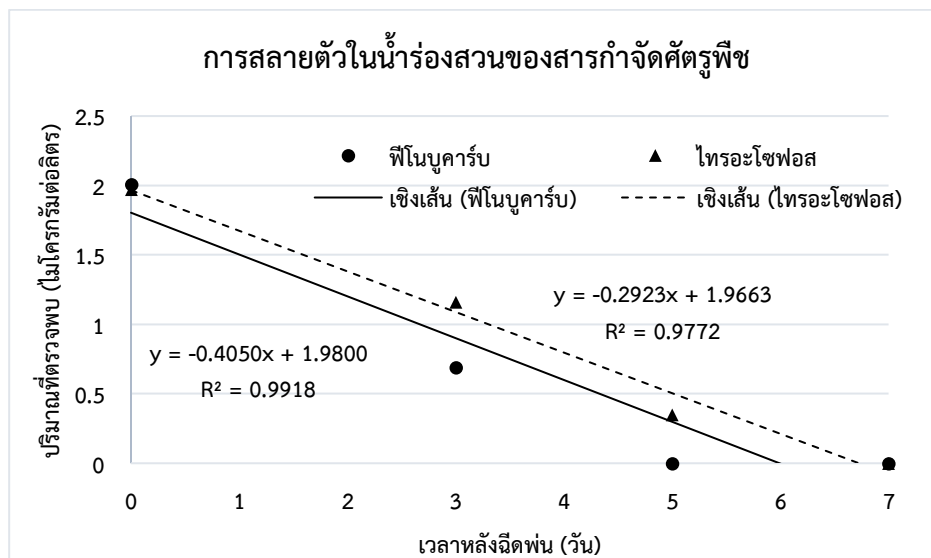
ให้มีอยู่ในอาหารหรือผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร (Maximum Residue Limits, MRLs) ไม่ได้ระบุในแหล่งน้ำผิวดิน ซึ่งไม่ได้ตรวจวัดในงานวิจัยนี้



รูปที่ 1 ก. ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชในน้ำร่องสวนหลังฉีดพ่นที่เวลาต่าง ๆ ข. ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชในน้ำร่องสวนและคลองหลังฉีดพ่นที่เวลา 0 วัน และ ค. ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชในน้ำคลองหนามแดงเปรียบเทียบ 2 ปี

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชชนิดพินโบคาร์บและไทรอะโซฟอสในน้ำจากร่องสวน หลังการฉีดพ่นสามารถสร้างสมการการถดถอยเชิงเส้นของพินโบคาร์บและไทรอะโซฟอสได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ ด้วย p -value เท่ากับ 0.0408 และ 0.0076 ตามลำดับ (ไม่ได้แสดงผลไว้) ด้วยสัมประสิทธิ์การถดถอย (Coefficient of determination) 99.18 และ 97.72% ตามลำดับ ได้ตั้งรูปที่ 2 เมื่อนำสมการที่ได้มาคำนวณหาระยะเวลาที่พินโบคาร์บและไทรอะโซฟอสสลายตัวเหลือครึ่งหนึ่งของปริมาณที่ตรวจพบหลังฉีดพ่นหรือ $t_{1/2}$ มีค่าเป็น 2.30 และ 3.13 วัน ตามลำดับ (ไม่ได้แสดงผลไว้) และการสลายตัวจนหมดมีค่าเป็น 4.89 และ 6.83 วัน ตามลำดับ (ไม่ได้แสดงผลไว้) และเมื่อนำมาคำนวณเป็นอัตราการสลายตัวในน้ำมีค่าเป็น 0.4110 และ 0.2927 ไมโครกรัม/ลิตร/วัน ตามลำดับ (ไม่ได้แสดงผลไว้) ซึ่ง $t_{1/2}$ ที่คำนวณได้จากงานวิจัยครั้งนี้มีค่ามากกว่างานวิจัยของสิริพร เหลืองสุขนกุล และคณะ (2564) ที่ศึกษาศึกษาการสลายตัวและสะสมของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตชนิดโทรฟิโนฟอส ในดิน น้ำ และตะกอน

ในแหล่งปลูกพืชผักและไม้ผล โดยพบว่าค่า $t_{1/2}$ ในดิน น้ำ ตะกอนมีค่าเป็น 1.39, 0.39 และ 0.86 วัน ตามลำดับ น่าจะมีสาเหตุมาจากการที่ไทรอะโซฟอสและไพรอพิโนฟอสแม้จะสารกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟตเหมือนกัน แต่ก็ยังเป็นสารต่างชนิดกัน และไทรอะโซฟอสมีโครงสร้างโมเลกุลที่ซับซ้อนกว่าจึงอาจสลายตัวยากกว่า เนื่องจากโครงสร้างโมเลกุลของไทรอะโซฟอสมีวงแหวนอะโรมาติก 1 วง และมีวงแหวนห้าเหลี่ยมของไนโตรเจนอีก 1 วง ในขณะที่โครงสร้างโมเลกุลของไพรอพิโนฟอสมีวงแหวนอะโรมาติกเพียง 1 วงเท่านั้น [3] ยิ่งไปกว่านั้น อัตราการสลายตัวจากงานวิจัยในครั้งนี้ยังมากกว่างานวิจัยของ Abdel (2008) ที่ศึกษาพินบูคาร์บตกค้างในมะเขือเทศ พบว่า $t_{1/2}$ ในมะเขือเทศ คือ 1 วัน [8] น่าจะมีสาเหตุมาจากว่า แม้จะเป็นสารกำจัดศัตรูพืชชนิดเดียวกันคือพินบูคาร์บแต่เป็นการตกค้างในต่างที่กันคือในน้ำและมะเขือเทศ ซึ่งสารกำจัดศัตรูพืชอาจถูกดูดซับเข้าไปในผิวของมะเขือเทศจึงสลายตัวยากกว่าในน้ำ นอกจากนี้ยังพบว่าระยะเวลาที่สลายตัวหมดในงานวิจัยนี้น้อยกว่างานวิจัยของสุทธิรักษ์ ผลเจริญ และมัลลิกา จินดาสิงห์ (2564) ที่ศึกษาระยะเวลาการย่อยสลายของสารไซเปอร์เมทรินในดินสวนทุเรียนจังหวัดชุมพร ซึ่งพบว่าระยะเวลาเฉลี่ยของการสลายของไซเปอร์เมทรินต่ำรับต่าง ๆ ในดินอยู่ในช่วง 14-20 วัน [6] น่าจะมีสาเหตุมาจากไซเปอร์เมทรินเป็นสารกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มไพรีทรอยด์ซึ่งเป็นสารกำจัดศัตรูพืชต่างกลุ่มกับพินบูคาร์บและไทรอะโซฟอสซึ่งอยู่ในกลุ่มคาร์บาเมตและออร์แกโนฟอสเฟตตามลำดับ และไซเปอร์เมทรินมีระยะเวลาการออกฤทธิ์ค่อนข้างนานอาจอยู่ได้หลายสัปดาห์ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม [6] และต่างไปจากงานวิจัยของ ลมัย ชูเกียรติวัฒนา และคณะ (2549) [13] ที่ได้ศึกษาปริมาณไทรอะโซฟอสตกค้างในถั่วเหลืองฝักสดโดยฉีดพ่นไทรอะโซฟอสทุก 7 วัน รวม 3 ครั้ง ในฤดูหนาวและฤดูฝน และเก็บตัวอย่างถั่วเหลืองฝักสดมาวิเคราะห์ปริมาณไทรอะโซฟอสตกค้างที่เวลา 0, 1, 5, 7, 10, 14, 21 และ 28 วันหลังการฉีดพ่นไทรอะโซฟอสครั้งสุดท้าย พบว่า ทั้งในฤดูหนาวและฤดูฝนยังพบไทรอะโซฟอสตกค้างที่เวลา 28 วัน หลังการฉีดพ่นไทรอะโซฟอสครั้งสุดท้ายในปริมาณ 0.12 และ 0.06 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ น่าจะมีสาเหตุเช่นเดียวกันข้างต้น แม้จะเป็นสารกำจัดศัตรูพืชชนิดเดียวกันไทรอะโซฟอสแต่เป็นการตกค้างในต่างที่กันคือในน้ำและถั่วเหลืองฝักสด ซึ่งสารกำจัดศัตรูพืชอาจถูกดูดซับเข้าไปในผิวของถั่วเหลืองฝักสดจึงสลายตัวยากกว่าในน้ำ



รูปที่ 2 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear regression) ของการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชในน้ำหลังฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชต่อเวลา

6. สรุปผล

งานวิจัยในครั้งนี้สรุปได้ว่า ชนิดของสารกำจัดศัตรูพืชจากกลุ่มคาร์บาเมตและออร์แกโนฟอสเฟตไม่มีอิทธิพลต่อการสลายตัวในน้ำ พินอบุคาร์บและไทอะโรโซฟอสจากกลุ่มคาร์บาเมตและออร์แกโนฟอสเฟตสลายตัวได้หมดในน้ำในเวลา 4.89 และ 6.83 วัน ตามลำดับ อัตราการสลายตัวของพินอบุคาร์บและไทอะโรโซฟอสจากกลุ่มคาร์บาเมตและออร์แกโนฟอสเฟตมีค่าเป็น 0.4110 และ 0.2927 ไมโครกรัม/ลิตร/วัน ตามลำดับ พินอบุคาร์บและไทอะโรโซฟอสจากกลุ่มคาร์บาเมตและออร์แกโนฟอสเฟตมีการแพร่จากสวนผลไม้สู่คลองหนามไม่แตกต่างกัน ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการอัตราการแพร่ของพินอบุคาร์บและไทอะโรโซฟอสไม่มีความแตกต่างกันเอง หรืออาจมีสาเหตุมาจากวิธีวิจัยที่ไม่มีซ้ำเนื่องจากข้อจำกัดด้านทุนวิจัย ทำให้มีความแปรปรวนของข้อผิดพลาดสูง ซึ่งหากจะลดความแปรปรวนดังกล่าวควรมีการเพิ่มจำนวนซ้ำ ผลการศึกษานี้สะท้อนให้เห็นถึงความเสี่ยงต่อสิ่งแวดล้อม เช่น พืชและสัตว์น้ำในคลองและแม่น้ำที่ติดต่อกันทั้งในจังหวัดสมุทรสาครและกรุงเทพมหานคร รวมถึงความเสี่ยงสุขภาพของประชาชนในชุมชนในเขตบางบอน คลอง และแม่น้ำที่เชื่อมต่อกัน ซึ่งใช้น้ำในการอุปโภคบริโภค การเกษตร และการใช้สัตว์และพืชน้ำในพื้นที่เป็นอาหาร เนื่องจากพินอบุคาร์บและไทอะโรโซฟอสที่พบตกค้างในน้ำคลองหนามแดงไม่ได้ถูกระบุให้มีในมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินที่กำหนดโดยกรมควบคุมมลพิษและองค์การอนามัยโลก

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยในครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากงบประมาณรายได้ประจำปี 2568 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] Heidar, H., Omid, N. S. T. and Abbasali, Z. (2017). Monitoring organophosphorus pesticides residues in the shahid rajaei dam reservoir, Sari, Iran. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 98, 791-797.
- [2] อุทุมพร สมพงษ์. (2564). การศึกษาชนิดและปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในน้ำบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมของกรุงเทพมหานครฝั่งธนบุรี. *วารสารวิชาการชาชนไทย มจร.ภูเก็ต*. 5(2): 17-30.
- [3] ผกาสิณี คล้ายมาลา (2558). รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ของกรมวิชาการเกษตร เรื่อง การศึกษาความรุนแรงของผลกระทบและการเฝ้าระวังสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีพิษร้ายแรงหรือมีความคงทนในสภาพแวดล้อม. สืบค้นจาก <https://doa.go.th/research/research-detail.php?id=55>
- [4] กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2553). คู่มือวิธีปฏิบัติสำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำ. สืบค้นจาก <https://www.pcd.go.th/publication/4209/>
- [5] American Public Health Association (2017). standard methods for the examination of water and wastewater, (23rd Edition). American Public Health Association, Washington DC.
- [6] สุทธิรักษ์ ผลเจริญ และมัลลิกา จินดาสิงห์. (2564). ระยะเวลาการย่อยสลายของสารไซเปอร์เมทรินในดินสวนทุเรียนจังหวัดชุมพร. *วารสารแก่นเกษตร*, 1, 906-910.
- [7] Mitra, S., Saran, R. K., Srivastava, S., and Rensing, C. (2024). Pesticides in the environment: degradation routs, pesticide transformation products and ecotoxicological considerations. *Science of the Total Environment*, 935, 173026. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173026>.
- [8] Abdel, A., S. A. (2009). Residues of fenobucarb insecticide on and in tomato fruits with focusin on its photo and thermal degradation. *Egyptian Journal Agricultural Research*, 87(2): 481-488.
- [9] Kun, D.L. and Dong, X.Y. (2005). Degradation Kinetics and Products of Triazophos in Intertidal Sediment. *Journal of Environmental Sciences*, 17(6). 933-936.
- [10] Sintuya, P., Narkprasom, K., Varith, J., Jaturonglumlert, S., Whangchai, N., Peng, O.D., and Nitatwichit, C. (2019). Degradation kinetics of diazinon and triazophos pesticides in dried chilli under gaseous ozone fumigation. *Journal of Science and Technology*, 27(S1): 169-187.
- [11] นภาพร เลียดประถม, ณัฏฐิรา สมารักษ์, และวศิน ยูวณะเตมีย์. (2552). รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ของคณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี เรื่อง การแพร่กระจายของสารกำจัดศัตรูพืชในแม่น้ำจันทบุรี และผลกระทบต่อสัตว์น้ำ. สืบค้นจาก <https://buuir.buu.ac.th/xmlui/handle/1234567890/590>.

- [12] กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2563). ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน. สืบค้นจาก <https://www.pcd.go.th/laws/4168/>.
- [13] ลมัย ชูเกียรติวัฒนา, บังเอิญ สีมา, และรัชณี สุวภาพ. (2549). รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ของศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เรื่อง วิจัยปริมาณสารพิษตกค้างของ Triazophos ในถั่วเหลือง ฝักสดเพื่อกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารพิษตกค้าง (MRLs) ครั้งที่ 5 และ 6. สืบค้นจาก https://www.phtnet.org/research/view-abstract.asp?research_id=ai149.