

พิษของยาฆ่าแมลงฟุราดานต่อปลาช่อน

ชลอ ลิ้มสุวรรณ¹ สุปราณี อินบุตร²
พรเลิศ ศิโนทรรักษ์กุล³ และ พนม ล้อตสุข⁴

Abstract

Acute toxicity of furadan to snakehead fish (*Ophicephalus striatus* Bloch) was studied. Fish growth, survival rate and histological effects during subacute exposures to furadan were also studied. The 96-hours median lethal concentration (LC₅₀) for furadan to snakehead fish, 3.1-4.1 cm., was 0.36 ppm. There was no significant difference in growth of fish exposed to furadan 0.05 ppm. for 80 days. However, fish continuously exposed to furadan at 0.1 and 0.3 ppm. had significantly lower in growth than the control. Mortality rate was correlated to furadan concentrations and exposure time.

No histological changes were found in fish exposed to furadan 0.05 and 0.1 ppm. for 80 days. Fish exposed to furadan at 0.3 ppm. for 80 days developed telangiectasis and hyperplasia in secondary gill lamellae.

บทคัดย่อ

การศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของฟุราดานต่อปลาช่อน (*Ophicephalus striatus* Bloch) และผลของฟุราดานในระดับที่ต่ำกว่าพิษเฉียบพลันต่อการเจริญเติบโต อัตราการรอดตาย และการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อ ความเข้มข้นของฟุราดานที่ทำให้ปลาช่อนขนาด 3.1-4.1 เซนติเมตร ตาย 50 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 96 ชั่วโมง เท่ากับ 0.36 ppm. ปลาช่อนที่เลี้ยงในน้ำที่มีฟุราดานเข้มข้น 0.05 ppm. มีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างจากปลาในกลุ่มควบคุมตลอดระยะเวลาที่เลี้ยงนาน 80 วัน แต่ที่ระดับความเข้มข้น 0.1 และ 0.3 ppm. การเจริญ

-
- 1 คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 - 2 สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง
 - 3 นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาค้าปลีกการประมง
 - 4 สถาบันประมงน้ำจืด จังหวัดนครสวรรค์

เติบโตจะต่ำกว่ากลุ่มควบคุม อัตราการตายของปลาจะมีความสัมพันธ์กับระดับความเข้มข้นของฟูราดานและระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น

ไม่พบการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อของปลาช่อนที่สัมผัสกับฟูราดานในระดับความเข้มข้น 0.05 และ 0.1 ppm. ตลอดระยะเวลา 80 วัน แต่ที่ระดับความเข้มข้น 0.3 ppm. เป็นเวลานาน 80 วัน จะพบว่าเส้นเลือดในกิ่งเหงือกจะโป่งออก และมีการเพิ่มจำนวนของเซลล์มากขึ้น

คานา

ฟูราดานหรือคาร์โบฟูราน เป็นสารเคมีที่จัดอยู่ในกลุ่มยาฆ่าแมลงพวกคาร์บาเมต (carbamate insecticides) มีชื่อทางเคมีคือ 2, 3-dihydro-2, 2-dimethyl-7-benzofuranyl N-methylcarbamate (Matsumura 1975; Estores et al 1980) มีประสิทธิภาพในการป้องกัน กำจัดแมลงและศัตรูข้าวได้หลายชนิด เช่น หนอนกอ เพลี้ยต่าง ๆ ไล่เห็บตอนฝอย และนิมาโทด (nematode) บางชนิด นิยมใช้คลุกดินก่อนการปักดำข้าว (ขวัญชัย 2524; ธรรมนูญ และคณะ 2525; ชีรุติ และธรรมนูญ 2525; Estores et al 1980) ฟูราดานผลิตขึ้นโดยบริษัท FMC ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2510 และมีการนำเข้าเข้ามาใช้ในประเทศไทยโดยบริษัท เชลล์และบริษัท ไบเออร์ประเทศไทย จำกัด (ขวัญชัย 2524)

ลักษณะของฟูราดานเป็นผลึกสีขาว มีจุดหลอมเหลวที่ 150-152 องศาเซลเซียส ละลายได้ดีพอควรในน้ำ ละลายตัวในสภาพเป็นต่าง ดังนั้นจึงพบว่ามีการสะสมน้อยมากในสิ่งมีชีวิต ดิน น้ำ และพืช ซึ่งจากการทดลองของ Macek (1972) โดยให้ปลา blue gill (*Lepomis macrochirus*) ขนาด fingerling ได้รับฟูราดานต่อเนื่องกันในระดับ 0.02-0.1 ppm. เป็นเวลา 28 วัน พบว่าปลาที่มีสุขภาพดีตลอดการทดลอง และเมื่อสิ้นสุดการทดลองย้ายปลามาไว้ในน้ำสะอาดฟูราดานในตัวปลาจะลดลงจนไม่สามารถตรวจวัดได้ภายใน 14 วัน ในประเทศฟิลิปปินส์ Seiber and Argente (1976 a, b) ได้วิเคราะห์ตัวอย่างปลาในนาข้าวที่มีการใช้ฟูราดานพบว่าฟูราดานไม่มีการสะสมในส่วนไขมันของปลา จึงปลอดภัยต่อผู้บริโภค และได้มีหลายหน่วยงาน พบว่า จะไม่มีปลาตายในนาข้าวที่ใช้ฟูราดานโดยวิธีหว่าน แต่ก็ยังมีผู้ยืนยันว่า การหว่านฟูราดานชนิดเม็ดในนาข้าวจะทำให้ปลาตาย 100 เปอร์เซ็นต์ (Heinrich et al. 1977; Anon 1977b) โดยจะเป็นตัวยับยั้งเอ็นไซม์ cholinesterase ซึ่งจะทำให้กล้ามเนื้อเกิดการกระตุกสั่นรัว เกิดการบีบตัวรุนแรงของทางเดินอาหารทำให้ปลาตายในที่สุด

สำหรับในประเทศไทย พบว่ามีการแพร่กระจายของฟูราดานลงสู่แหล่งน้ำจำนวนมาก ซึ่งอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อปลาและสัตว์น้ำต่าง ๆ ได้ ดังนั้นการทดลองในครั้งนี้จึงได้ใช้ปลาช่อนซึ่งเป็นปลาที่สำคัญ นิยมเลี้ยงกันทั่วไป และได้รับความเสียหายจากการเกิดโรคระบาดปลามากเป็นสัตว์ทดลอง เพื่อหาพิษภัยของฟูราดานและการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อของปลาช่อนในระดับความเข้มข้นที่ต่ำกว่าระดับที่ทำให้เกิดพิษภัย

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาความเป็นพิษเฉียบพลันของฟุราดานต่อปลาช่อน

ใช้วิธีวิเคราะห์ในน้ำนิ่ง (static bioassay) โดยดำเนินการทดลองตามวิธีของ Sprague (1969) เพื่อหาระดับความเข้มข้นของฟุราดานที่ทำให้ปลาช่อนขนาด 3.1-4.1 เซนติเมตร น้ำหนัก 0.21-0.56 กรัม ตาย 50 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 96 ชั่วโมง โดยดำเนินการทดลองในโหลแก้วบรรจุน้ำบาดาล 10 ลิตร โดยหาระดับความเข้มข้นต่ำสุดของฟุราดานที่ทำให้ปลาช่อนตาย 100 เปอร์เซ็นต์ และความเข้มข้นสูงสุดที่ไม่ทำให้ปลาช่อนตาย จากนั้นแบ่งระดับความเข้มข้นดังกล่าวออกเป็น 7 ระดับ โดยใช้ระดับความเข้มข้นละ 2 ซีซี สังเกตและบันทึกอัตราการตายตลอดระยะเวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง รวมทั้งพฤติกรรมต่าง ๆ ปลาช่อนที่ตายจะถูกนำออกจากโหลทันที ข้อมูลที่ได้จะนำไปคำนวณหาค่าความเข้มข้นที่ทำให้ปลาตายครึ่งหนึ่งในเวลา 96 ชั่วโมง ตามวิธีของ Litchfield and Wilcoxon (1949)

การศึกษาผลของฟุราดานต่อการเจริญเติบโตและอัตราการตายของปลาช่อน

ใช้ฟุราดานในระดับความเข้มข้นที่ต่ำกว่าพิษเฉียบพลัน 3 ระดับ คือ 0.05, 0.1 และ 0.3 ppm. ระดับละ 2 ซีซี โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ใส่ฟุราดาน ใช้ปลาช่อนขนาดความยาว 10-13 เซนติเมตร น้ำหนัก 11-15 กรัม จากฟาร์มเลี้ยงปลาช่อนที่จังหวัดสุพรรณบุรี นำมาเลี้ยงในตู้กระจกขนาด 45 x 100 x 45 ลูกบาศก์เซนติเมตร บรรจุน้ำ 120 ลิตร ตู้ละ 20 ตัวให้อาหารเม็ดลอยน้ำ 2 ครั้ง เช้าและเย็น ในอัตรา 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว เปลี่ยนน้ำทุก 5 วัน พร้อมกับใส่ฟุราดานลงไปใหม่ ให้อาการคัดลอกระยะเวลาการทดลอง ทำการชั่งน้ำหนักปลาช่อนตามระยะเวลาต่อไปคือ 0, 20, 40, 60 และ 80 วัน และบันทึกจำนวนปลาที่ตายในระหว่างการทดลอง ทำการวิเคราะห์การเจริญเติบโต และอัตราการตายโดยวิธีทางสถิติ คือ การวิเคราะห์ความผันแปร (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่าง โดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีของ Steel and Torrie (1960)

การศึกษาพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อปลาช่อนเนื่องมาจากฟุราดาน

ให้ปลาช่อนได้รับฟุราดานจากการสัมผัสกับน้ำที่มีฟุราดานในระดับความเข้มข้น 3 ระดับ โดยมีการเตรียมการทดลองเช่นเดียวกับการศึกษาการเจริญเติบโต ทำการเก็บตัวอย่างปลาช่อนครั้งละ 3 ตัว จากตู้ที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กันในระยะเวลา 20, 40, 60 และ 80 วัน ทำให้ปลาสลบด้วยคลอรีนาลีน แล้วเปิดช่องเหงือกและท้อง นำไปเก็บรักษาสภาพ (fix) ไว้ในน้ำยาบัฟเฟอร์ฟอร์มาลินเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ เพื่อทำการศึกษาพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อปลาช่อนในส่วนต่าง ๆ ตามขั้นตอนของ Humason (1979) ต่อไป

ผลและวิจารณ์

ผลการทดลองพิษเฉียบพลันของฟุราดานต่อปลาช่อน ในระยะเวลา 96 ชั่วโมง เมื่อนำมาวิเคราะห์หาค่า LC_{50} ตามวิธีของ Litchfield and Wilcoxon (1949) ได้เท่ากับ 0.360 ppm. ช่วงระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ของค่า LC_{50} คือ 0.320-0.406 ppm. ซึ่งได้ค่าใกล้เคียงกับการทดลองของหน่วยงานวิจัยสารพิษ สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ โดยทดลองกับปลาดุกด้านได้ค่า 96 ชั่วโมง LC_{50} เท่ากับ 0.39 ppm. (สิทธิ และคณะ 2526)

ผลของฟุราดานต่อการเจริญเติบโตของปลาช่อน

น้ำหนักเฉลี่ยของปลาช่อนในระยะเวลา 80 วัน ในน้ำที่มีฟุราดานระดับต่าง ๆ กัน แสดงในตารางที่ 1 จากการวิเคราะห์ความผันแปร ปรากฏว่าที่เวลา 80 วัน น้ำหนักเฉลี่ยของปลาช่อนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยกลุ่มควบคุมจะมีน้ำหนักเฉลี่ยสูงสุดคือ 20.30 กรัม และกลุ่มความเข้มข้น 0.3 ppm. มีน้ำหนักเฉลี่ยต่ำสุดคือ 15.56 กรัม และเมื่อทดสอบหาความแตกต่างของน้ำหนักเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ผลปรากฏว่า น้ำหนักเฉลี่ยของปลาช่อนในกลุ่มความเข้มข้น 0.05 ppm. ไม่มีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุม แต่น้ำหนักเฉลี่ยของปลาช่อนความเข้มข้น 0.1 และ 0.3 ppm. ทั้ง 2 กลุ่มมีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุม แสดงว่าฟุราดานที่ระดับความเข้มข้น 0.1 ppm. ขึ้นไปจะมีผลทำให้น้ำหนักเฉลี่ยของปลาช่อนลดลงต่ำกว่าปกติ เมื่อเลี้ยงเป็นเวลาไม่ต่ำกว่า 80 วัน

อัตราการตายของปลาช่อนในระหว่างการทดลอง

ปลาช่อนที่เลี้ยงในน้ำที่มีฟุราดานระดับความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.3 ppm. มีอัตราการตายที่แตกต่างกันในระยะเวลา 80 วัน ดังแสดงในตารางที่ 2 จากการวิเคราะห์ความผันแปรพบว่าที่ระยะเวลา 60 วัน และ 80 วัน การตายของปลาช่อนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยปลาช่อนในกลุ่ม 0.3 ppm. จะมีจำนวนที่ตายเฉลี่ย 5.5 และ 7.5 ตัว ที่เวลา 60 และ 80 วันตามลำดับ ส่วนปลาช่อนในกลุ่มควบคุมจะไม่มีการตายเมื่อนำค่าเฉลี่ยดังกล่าวนี้ไปเปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ จะพบว่าจำนวนการตายเฉลี่ยของทั้งสองกลุ่มความเข้มข้นจะแตกต่างจากกลุ่มควบคุมและกลุ่มความเข้มข้น 0.05 ppm. แสดงว่าการตายของปลาช่อนจะแตกต่างกันตามระดับความเข้มข้นและระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น

ผลการศึกษาทางพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อปลาช่อน

ปลาช่อนที่สัมผัสกับฟุราดานระดับความเข้มข้น 0.05 ppm. และ 0.1 ppm. ในช่วงเวลาตลอด 80 วัน ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อในส่วนตับ ไต ม้าม หัวใจ ทางเดินอาหาร และกล้ามเนื้อ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่ปลาช่อนที่สัมผัสกับฟุราดานความเข้มข้น 0.3 ppm.

ตารางที่ 1 น้ำหนักเฉลี่ยของปลาช่อนที่เลี้ยงในระยะเวลา 80 วัน ในน้ำที่มีฟิราดานระดับต่าง ๆ กัน*

ระดับความเข้มข้น	ตู้ที่	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม) ในระยะเวลาต่าง ๆ กัน				
		เริ่มการทดลอง	20 วัน	40 วัน	60 วัน	80 วัน
กลุ่มควบคุม		13.29	15.45	17.00	18.29	19.76
	2	14.00	16.50	18.18	19.77	20.84
	เฉลี่ย	13.645 ^a	15.975 ^a	17.590 ^a	19.030 ^a	20.300 ^a
0.05 ppm.	1	11.25	13.33	15.26	16.67	18.13
	2	13.75	15.56	16.50	18.08	18.82
	เฉลี่ย	12.500 ^a	14.445 ^a	15.880 ^a	17.375 ^a	18.475 ^a
0.10 ppm.	1	13.33	13.85	15.56	16.43	17.86
	2	12.00	13.85	15.00	16.00	16.67
	เฉลี่ย	12.665 ^a	13.850 ^a	15.280 ^a	16.215 ^a	17.265 ^b
0.30 ppm.	1	12.60	12.67	12.73	13.50	15.00
	2	12.50	12.50	15.00	16.07	16.11
	เฉลี่ย	12.550 ^a	12.59 ^a	15.865 ^a	14.785 ^a	15.555 ^b

* ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

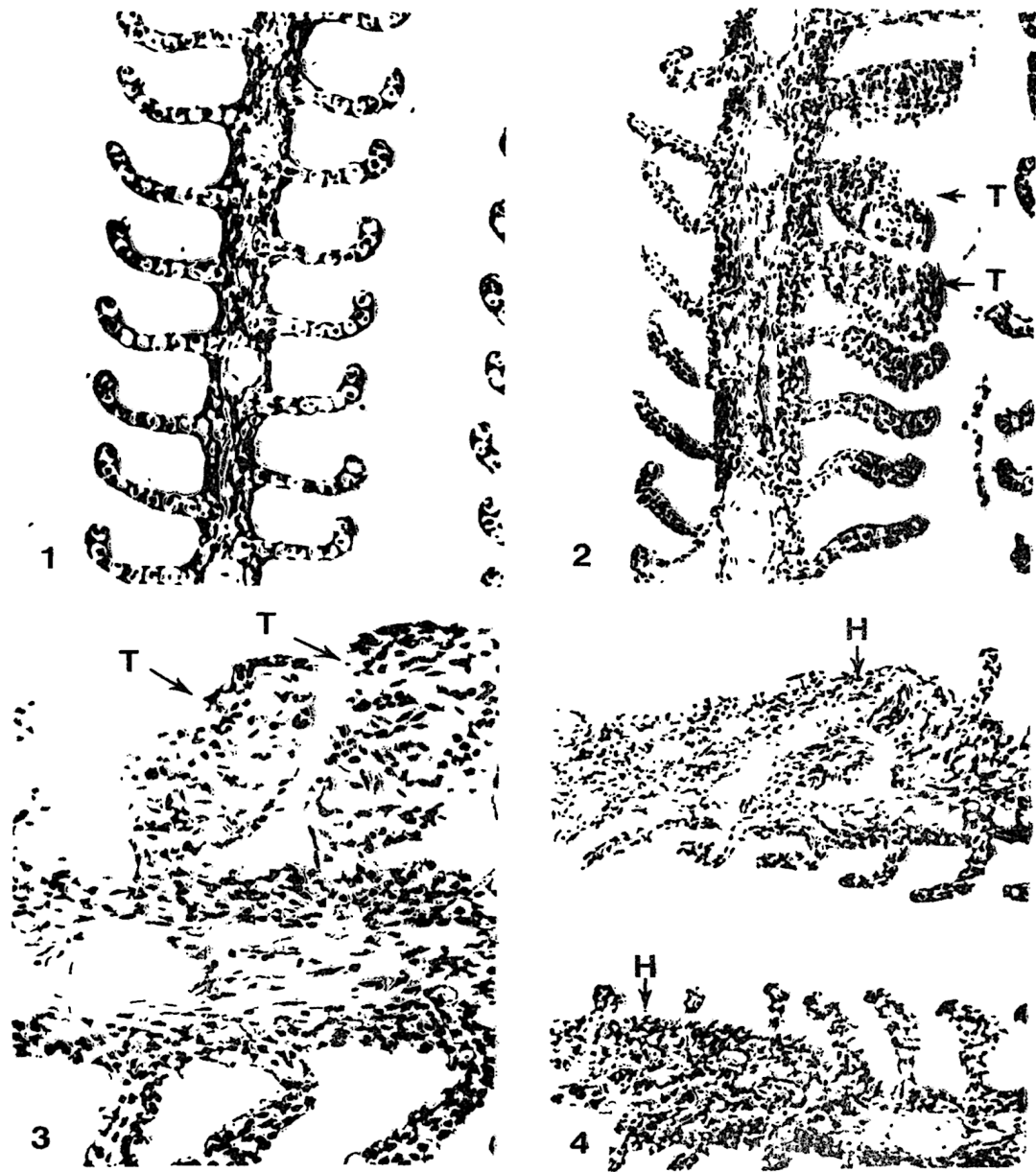
ตารางที่ 2 จำนวนปลาช่อนที่ตายสะสมในระดับความเข้มข้นของฟูราดานต่าง ๆ กัน ในเวลา 80 วัน*

ระดับความเข้มข้น	ตู้ที่	จำนวนปลาช่อนที่ตายสะสมในระยะเวลาทำการทดลอง			
		20 วัน	40 วัน	60 วัน	80 วัน
กลุ่มควบคุม			0	0	0
	2	0	0	0	0
	เฉลี่ย	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a
0.05 ppm.	1	0			4
	2	0	0	2	3
	เฉลี่ย	0 ^a	0.5 ^a	2.5 ^c	3.5 ^c
0.1 ppm.	1	0			7
	2	0	1		
	เฉลี่ย	0 ^a	1 ^a	4.5 ^b	6.5 ^b
0.3 ppm.	1	0	1	6	8
	2	0	2	5	7
	เฉลี่ย	0 ^a	1.5 ^a	5.5 ^b	7.5 ^b

* ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

เป็นเวลา 80 วัน พบว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงในเหงือก คือ เส้นเลือดในกิ่งเหงือก (secondary lamella) โป่งออก (telangiectasis) และพองโตขึ้น และยังพบว่ามีการเพิ่มจำนวนของเซลล์มากขึ้น (hyperplasia) ที่เหงือก (primary lamella) และกิ่งเหงือกทำให้ล้นของเหงือกบริเวณนี้เชื่อมติดกัน

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ถึงแม้ปลาช่อนจะได้รับฟูราดานในระดับต่ำกว่าพิษเฉียบพลัน แต่ถ้าได้รับเป็นเวลานานติดต่อกัน ก็อาจก่อให้เกิดความผิดปกติต่าง ๆ ต่อปลาได้ เช่น จากการทดลองของ Carter (1971) ได้ให้ปลา channel catfish (*Ictalurus punctatus*) สัมผัสฟูราดานในระดับ 0.19 ppm. เป็นเวลาติดต่อกันพบว่าจะเป็นอันตรายต่อปลาทดลอง คือ เกิดการรบกวนน้ำลดลง ผิวย่น ขี้มูก ล้มเหลวการทรงตัว และจะตายในที่สุด แต่จากการตรวจหาปริมาณของฟูราดานในแหล่งน้ำธรรมชาติพบว่ามีในปริมาณ 0.001-0.375 ppb. เท่านั้น



ภาพที่ 1 เหงือกปลาอ่อนปกติ (กำลังขยาย x 260)

ภาพที่ 2-3 กิ่งเหงือกโป่งพองออกเนื่องจากการโป่งออกของเส้นเลือดจากการสัมผัสกับฟูราดาน ที่ความเข้มข้น 0.3 ppm. เป็นเวลา 80 วัน (กำลังขยาย x 260 และ x 520 ตามลำดับ T = telangiectasis

ภาพที่ 4 เหงือกปลาอ่อนที่เกิดการเพิ่มจำนวนเซลล์มากขึ้นที่กิ่งเหงือกจากการสัมผัสฟูราดานความเข้มข้น 0.3 ppm. นาน 80 วัน (กำลังขยาย x 260) H = hyperplasia

จึงอาจเป็นไปได้ว่า ฟุราดานแต่เพียงอย่างเดียวในปริมาณเท่าที่มีการตรวจพบนั้นไม่น่าจะแสดงผลกระทบต่อการเจริญเติบโต การตายและการเปลี่ยนแปลงทางเนื้อเยื่อของปลาช่อน อีกทั้งฟุราดานเป็นสารเคมีที่ละลายน้ำได้ดีพอสมควร และละลายตัวได้ง่ายเมื่อถูกกับแสง ความเป็นกรด-ด่าง ความร้อน เชื้อจุลินทรีย์ และขบวนการเมตาโบลิซึมของสิ่งมีชีวิต (Anon 1977a; Estores et al 1980) ดังนั้นถ้ามีการใช้ฟุราดานในปริมาณที่เหมาะสม และปฏิบัติตามขั้นตอนวิธีการใช้ต่าง ๆ อย่างถูกต้องและเคร่งครัดแล้ว สัตว์น้ำก็ไม่น่าจะปลอดภัยจากยาฆ่าแมลงชนิดนี้

อย่างไรก็ตาม ควรคำนึงอยู่เสมอว่ายังมีสารพิษอีกหลายชนิดที่ปะปนอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติ ดังนั้น ถึงแม้ฟุราดานในระดับความเข้มข้นดังกล่าวเพียงอย่างเดียวอาจไม่เป็นอันตรายต่อปลา แต่ฟุราดานก็อาจจะรวมกับสารพิษชนิดอื่น ทำให้ความเป็นพิษส่งเสริมกัน (synergism) และมีความรุนแรงเพิ่มขึ้น จึงควรมีการศึกษาทดลองจนเป็นที่แน่ใจเสียก่อนเพื่อให้เกิดความปลอดภัยมากที่สุดแก่สภาพแวดล้อมทั้งบนบกและในน้ำต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- ขวัญชัย สัมปติศิริ. 2524. ยาฆ่าแมลง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 230. หน้า.
- ธรรมนูญ พุทธสมัย, วีรวุฒิ กตัญญูกุล, มารศรี สิริสมบัติ, ประชา ศิลปศรี และ คำบ้าย สอนหลุย. 2525. วิธีการใช้สารฆ่าแมลงในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญ รายงานการประชุมสรุปผลงานค้นคว้าและวิจัย, กองกัญและสัตววิทยา, กรมวิชาการเกษตร. 18 หน้า.
- วีรวุฒิ กตัญญูกุล และ ธรรมนูญ พุทธสมัย. 2525 เทคนิคการใช้คาร์โบฟูราน (ฟุราดาน) ในนาข้าว. กองกัญและสัตววิทยา, กรมวิชาการเกษตร. 21 หน้า
- สิทธิ บุญยรัตผลิน, กิจการ คู่ภมาตย์, ไมตรี ดวงสวัสดิ์, ฮาวาเรียห์ เรืองปราชญ์ และ นวลศรี ทายาพิชร์. 2526. สารพิษที่ตกค้างในแหล่งน้ำกับการเกิดโรคระบาดของสัตว์น้ำ. วารสารการประมง 36.271-280.
- Anon. 1977a. Carbofuran data summary. Furadan^R insecticide-nematicide. FMC Corporation, Philadelphia, PA, U.S.A. 92 p.
- _____. 1977b. Insecticide increased fish-rice profits. IRRI Research Highlights for 1976. International Rice Research Institute, Los Bonos, Laguna, Philippines. 9 p.
- Carter, F.B. 1971. In vivo studied of brain acetyl-cholinesterase inhibition by organophosphate and carbamate insecticides in fish. Diss. Abstr. Int. B. 32(50):2772-2773.

- Estores, R.A., F.M. Laigo, and C.I. Adordionisio. 1980. Carbofuran in rice-fish culture. In Integrated agriculture-aquaculture farming systems, p.53-57, ICLARM Conference Proceeding 4. Manila, Philippines, 6-9 August 1979.
- Heinrichs, E.A., G.B. Aquino, J.A. Mc Mennamy, J. Arboleda, N.N. Navasero, and R.G. Arce. 1977. Increasing insecticide efficiency in low land rice. International Rice Research Institute, Los Bonos, Philippines. 14 p.
- Humason, G.L. 1979. Animal tissue techniques. W.H. Freeman and company, San Francisco. 641 p.
- Litchfield, J.T., and F.W. Wilcoxon. 1949. A simplified method of evaluating dose-effect experiments. J. Pharmacol. Exp. Ther. 96:99-113.
- Macek, K.J. 1972. Accumulation and persistence of carbofuran residues in bluegills. Research Report, Bionomics Inc., Massachusetts, U.S.A. (unpublished) p.424-436.
- Matsumura, F. 1975. Toxicology of insecticides. Plenum Press, New York. 503 p.
- Seiber, J N., and A. Argente. 1976a. Carbofuran residues in paddy-reared *Tilapia massambica* from CLSU. Trial I. IRRI Research Report. International Rice Research Institute, Los Bonos, Laguna, Philippines. 5 p.
- _____. 1976b. Carbofuran residues in paddy-reared *Tilapia massambica* from CLSU. Trial 2. IRRI Research Report. International Rice Research Institute, Los Bonos, Laguna, Philippines. 5 p.
- Sprague, J.B. 1969. Measurement of pollutant toxicity to fish. Bioassay methods for acute toxicity. Water Res. 3:793-821.
- Steel, R.G.D., and J.H. Torrie. 1960. Principles and procedures in statistics. McGraw-Hill, New York. 481 p.