

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

พฤติกรรมของสารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์ในน้ำทะเลภายใต้ห้องปฏิบัติการที่ 96 ชั่วโมง

จากผลการศึกษาอัตราการสลายตัวของสารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์ ในน้ำทะเลภายใต้สภาวะในห้องปฏิบัติการ ในสภาวะความเป็นกรด-ด่าง 7.8-8.0 ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ 5-6 มิลลิกรัมต่อลิตร อุณหภูมิ 28-31 องศาเซลเซียส ปริมาณแอมโมเนียใกล้เคียงศูนย์ ความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน ไม่มีแสง แสดงถึงในเวลา 24 ชั่วโมงแรกที่ทำการศึกษาทดสอบการเกิดพิษมีปริมาณสารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์ใกล้เคียง 100 เปอร์เซ็นต์ ค่าการเกิดพิษเฉียบพลัน (12-hr LC₅₀ และ 24-hr LC₅₀) ที่ได้จากการทดลองในช่วงเวลาดังกล่าวจึงเป็นค่าที่เชื่อถือได้ อัตราการลดลงของสารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์ในน้ำทะเลภายใต้ห้องปฏิบัติการ 50 เปอร์เซ็นต์จะอยู่ในช่วง 3.7 วัน โดยจะลดลงอย่างมากในช่วงวันที่ 3-4 และลดลงเหลือปริมาณ 27.7 เปอร์เซ็นต์ในวันที่ 4 (96 ชั่วโมง)

สารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์ ที่ทำการใส่ลงในน้ำทะเลเพื่อทดสอบการเกิดพิษ พบว่าเมื่อทำการเตรียมในน้ำทะเลที่มีความเข้มข้นสูงประมาณ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร จะไม่ละลายน้ำโดยจะสังเกตจากการที่มีฝ้าสีขาวของสารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์เกาะอยู่ตามก้นภาชนะ เป็นการแสดงถึงความสามารถในการละลายน้ำของสารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์ที่น้อยมาก เมื่อทำการทดสอบสัตว์ทดลองในระยะที่สัตว์ไม่มีความสามารถในการว่ายน้ำ จะทำให้ค่าการเกิดพิษที่ได้ อาจจะมีค่าที่สูงกว่าที่เตรียมจริงๆ

การเกิดพิษเฉียบพลันในสัตว์ทดลอง

จากผลการศึกษาการเกิดพิษเฉียบพลันของสารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์ ต่อ กุ้งกุลาดำระยะนอเพลียส โปรโตซูเอีย ไมซีส โพลลาวา2 และ โพลลาวา6 พบว่าความเข้มข้นของ สารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์ที่ทำให้กุ้งกุลาดำระยะนอเพลียสตาย 50 เปอร์เซ็นต์ (LC_{50}) ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 0.89 (0.67-1.09), 1.59 (1.50-1.67), 2.04 (1.87-2.21), 3.07 (2.96-3.17) และ 3.39 (3.30-3.47) ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ แสดงถึงการเกิดพิษของสารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์ ต่อกุ้งกุลาดำในระยะนอเพลียสมีค่าสูงสุด และรองลงมาคือระยะ โปรโตซูเอีย ไมซีส โพลลาวา2 และโพลลาวา6 ตามลำดับแสดงว่าการเกิดพิษที่รุนแรงจะเกิดขึ้นในช่วงที่กุ้งมีอายุน้อยมากกว่าในขณะที่กุ้งมีอายุมาก โดยดูจากค่าของการเกิดพิษเฉียบพลันในเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อนำค่าการเกิดพิษเฉียบพลันในเวลา 24 ชั่วโมง (LC_{50}) ของกุ้งในแต่ละระยะมาทำการเขียนกราฟแสดงการเกิดพิษเพื่อเปรียบเทียบความรุนแรงในการเกิดพิษ พบว่าแนวโน้มความเข้มข้นของเส้นกราฟมีแนวโน้มในการเพิ่มขึ้น แปลความหมายได้ว่า เมื่อทำการเพิ่มความเข้มข้นขึ้น ความชันจะมีค่ามากที่สุด ที่ความเข้มข้นนั้นกุ้งทุกระยะจะมีการตายเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในรูปที่ 20 ทำให้สามารถคาดการณ์ต่อไปได้อีกว่าที่ความเข้มข้นใดกุ้งกุลาดำจะตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 24 ชั่วโมง

เมื่อนำผลการทดลองที่ได้มาเปรียบเทียบกับการศึกษาของสัตว์ในกลุ่ม Crustaceans ชนิดอื่นพบว่ามีความสอดคล้องกันกับการศึกษาของ Thain (1983) ได้ทำการศึกษการเกิดพิษของ สารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์ใน *Crangon crangon* ในช่วงชีวิตของตัวอ่อน พบว่าการเกิดพิษเฉียบพลันที่เวลา 96 ชั่วโมง มีค่า 96-hr LC_{50} เท่ากับ 1.5 ไมโครกรัมต่อลิตร และค่าการเกิดพิษเฉียบพลันในตัวเต็มวัยที่เวลา 96 ชั่วโมง มีค่า 96-hr LC_{50} เท่ากับ 41 ไมโครกรัมต่อลิตร แสดงถึงความทนต่อการเกิดพิษของสารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์ในตัวเต็มวัยมีมากกว่าในตัวอ่อนที่มีอายุน้อย การศึกษาของ U'ren (1983) พบว่าการเกิดพิษเฉียบพลันของสารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์ใน *Acartia tonsa* ที่เวลา 72 ชั่วโมง มีค่า 72-hr EC_{50} เท่ากับ 2.1 ไมโครกรัมต่อลิตร ช่วงของการเกิดพิษเฉียบพลันที่เวลา 96 ชั่วโมง มีค่า EC_{50} เท่ากับ 1.0 ไมโครกรัมต่อลิตร และการเกิดพิษที่เวลา 144 ชั่วโมง มีค่า 0.4 ไมโครกรัมต่อลิตร แสดงถึงเวลาที่มีผลต่อการเกิดพิษโดยเมื่อสัตว์ทดลองสัมผัสสารพิษปริมาณน้อยในระยะเวลานานสามารถเกิดพิษได้เท่ากับการที่ สัตว์ทดลองสัมผัสสารพิษปริมาณมากในระยะเวลานั้น M&T Chemical Company (1976) ได้ศึกษา



การเกิดพิษของสารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์ใน *Daphnia magna* พบว่าค่าของการเกิดพิษเฉียบพลันที่เวลา 48 ชั่วโมงมีค่า LC_{50} เท่ากับ 1.67 (1.01-2.5) ไมโครกรัมต่อลิตร การศึกษาของ RIVM (1989) ถึงการเกิดพิษของสารประกอบไตรบิวทิลทิน ใน *Daphnia magna* พบว่าค่าของการเกิดพิษเฉียบพลันที่เวลา 48 ชั่วโมง ได้ค่า EC_{50} เท่ากับ 4.7 ไมโครกรัมต่อลิตร และค่าที่สามารถปรากฏได้ในแหล่งน้ำโดยไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์ทดลองมีค่า 0.56 ไมโครกรัมต่อลิตร Davidson และคณะ (1986) ศึกษาการเกิดพิษเฉียบพลันของสารประกอบไตรบิวทิลทินที่ถูกชะล้างต่อ *Acanthomysis sculpta* พบว่าค่าของการเกิดพิษเฉียบพลันที่เวลา 96 ชั่วโมง มีค่า 96-hr LC_{50} เท่ากับ 0.42 ไมโครกรัมต่อลิตร การศึกษาของ Beamont. และ Budd (1984) ศึกษาการเกิดพิษเฉียบพลันของสารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์ ต่อตัวอ่อนของหอยแมลงภู *Mytilus edulis* ได้ค่าการเกิดพิษเฉียบพลันในเวลา 10 วัน มีค่า 10-day LC_{50} เท่ากับ 0.1 ไมโครกรัมต่อลิตร จะเห็นว่าความทนทานต่อการเกิดพิษของสารประกอบไตรบิวทิลทินต่อสัตว์ Crustaceans จะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน เมื่อสัตว์มีขนาดและอายุที่ใกล้เคียงกันและความทนทานต่อการเกิดพิษของสัตว์ระยะตัวเต็มวัยมีค่ามากกว่าสัตว์ระยะวัยอ่อน

เมื่อพิจารณาการเกิดพิษเฉียบพลันของสารประกอบไตรบิวทิลทินต่อสัตว์ในกลุ่มอื่น พบว่ามีค่าการเกิดพิษเฉียบพลันที่อยู่ในช่วงความเข้มข้นที่ใกล้เคียงกัน โดยจากการศึกษาของ Thain (1983) ได้ทำการศึกษากการเกิดพิษเฉียบพลันของสารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์ ในหอยนางรมวัยอ่อน *Crassostrea gigas* พบว่าค่าของการเกิดพิษเฉียบพลันที่เวลา 48 ชั่วโมง มีค่า LC_{50} เท่ากับ 1.6 ไมโครกรัมต่อลิตร และศึกษาในหอยแมลงภูวัยอ่อน *Mytilus* ได้ค่าของการเกิดพิษเฉียบพลันที่เวลา 48 ชั่วโมง มีค่า LC_{50} เท่ากับ 2.3 ไมโครกรัมต่อลิตร M&T Chemical Company (1977) ศึกษาการเกิดพิษเฉียบพลันของสารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์ ในหอย *Crassostrea gigas* ตัวอ่อน พบว่าค่าของการเกิดพิษเฉียบพลันที่เวลา 48 ชั่วโมง มีค่า EC_{50} เท่ากับ 0.9 (0.4-1.9) ไมโครกรัมต่อลิตร การศึกษาของ Duncan (1980) ศึกษาการเกิดพิษของสารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์ในหอยฝาเดียว *Biomphalaria* และ *Balinus* (mud snail) ได้ค่าการเกิดพิษเฉียบพลันที่ 48 ชั่วโมง มีค่า LC_{50} เท่ากับ 10-100 ไมโครกรัมต่อลิตร และ Richie และคณะ (1974) ได้ทำการศึกษากการเกิดพิษของสารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์ในหอยฝาเดียว *Biomphalaria glabrata* พบว่าเมื่อมีความเข้มข้นของสารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์เข้มข้นมีค่า 10 ไมโครกรัมต่อลิตร สัตว์ทดลองจะตายหมดในระยะเวลา 5 วัน

การนำค่าการเกิดพิษเฉียบพลันที่ได้จากการศึกษาในกุ้งกุลาดำวัยอ่อนมาเปรียบเทียบกับศึกษาการเกิดพิษเรื้อรังในสัตว์กลุ่ม Crustacean ชนิดอื่น พบว่ามีค่าการเกิดพิษที่ใกล้เคียงกันเช่นกันโดยการศึกษาของ Davidson (1986) โดยการใช้ความเข้มข้นปริมาณต่ำทดสอบต่อ *Acanthomysis sculpta* (juveniles และ mature females) โดยการใช้สารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์ ที่เกิดจากการชะล้าง สัมผัสสัตว์ทดลองแสดงถึงผลการผิดปกติที่เกิดขึ้น โดยเกิดการผิดปกติขึ้นกับระบบสืบพันธุ์ของเพศเมียที่สมบูรณ์เพศที่ความเข้มข้น 0.19 ไมโครกรัม ต่อลิตร การเจริญเติบโตที่ผิดปกติที่ความเข้มข้น 0.25 ไมโครกรัมต่อลิตร และการประมาณค่าที่เกิดพิษเรื้อรังขึ้นในสัตว์ทดลองและค่าที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสัตว์ทดลอง ที่ค่า 0.14 และ 0.09 ไมโครกรัมต่อลิตรตามลำดับ โดยการศึกษาครั้งนี้ใช้การศึกษาแบบวนน้ำเป็นเวลา 63 วัน การศึกษาของ Meador (1986) ศึกษาถึงการเกิดพิษเรื้อรังของสารประกอบของสารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์ต่อ *Daphnia magna* ถึงการตอบสนองต่อแสงสว่าง พบว่าที่ความเข้มข้น 0.5 ไมโครกรัมต่อลิตร สัตว์ทดลองจะตอบสนองต่อแสงสว่างโดยจะเคลื่อนที่เข้าหาแสงสว่าง ส่วนกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับสารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์จะไม่มีเคลื่อนที่เข้าหาแสงสว่าง การศึกษาของ Laughlin และ French (1980) ทำการศึกษาการเกิดพิษเรื้อรังของสารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์ในกุ้งมังกรวัยอ่อน *Homarus americanus* พบว่าที่ความเข้มข้น 1.0 ไมโครกรัมต่อลิตร สัตว์ทดลองจะมีการเจริญเติบโตลดลง

การศึกษาพิษเรื้อรังของสารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์ต่อสัตว์ในกลุ่มอื่นเช่นกลุ่มหอย (mollusca) มีค่าการเกิดพิษที่ใกล้เคียงกันกับการเกิดพิษเฉียบพลันและพิษเรื้อรังของการศึกษาในกุ้งกุลาดำวัยอ่อนในระยะต่างๆ การศึกษาของ Thain และ Waldoek (1985) ทำการศึกษาการเกิดพิษเรื้อรังของสารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์ ในหอยนางรม *Ostrea edulis* ช่วง spat พบว่าที่ความเข้มข้น 0.02 ไมโครกรัมต่อลิตร ส่งผลกระทบต่ออัตราการเติบโต และที่ความเข้มข้น 0.06 ไมโครกรัมต่อลิตรจะยับยั้งการเจริญเติบโตภายหลัง 10 วัน การศึกษาของ Bryan และคณะ (1986) พบการเกิดพิษเรื้อรัง ของสารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์ในความเข้มข้น 0.02 ไมโครกรัมต่อลิตร ทำให้หอย *Nucella lapillus* มีการเปลี่ยนแปลงเพศเกิดขึ้น และที่ความเข้มข้น 1.65 ไมโครกรัมต่อลิตรจะมีการสะสมของสารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์ในร่าง Gibbs และ Bryan (1986) ได้ทำการศึกษาการเกิดพิษของสารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์ ในหอยฝาเดียว *Nucella lapillus* พบว่า ที่ความเข้มข้น 0.1 ไมโครกรัมต่อลิตร ทำให้ระบบสืบพันธุ์ล้มเหลว

เขาคาดการณ์ว่าเมื่อมีความเข้มข้น 0.002 ไมโครกรัมต่อลิตร จะยังมีผลกระทบต่อระบบการสืบพันธุ์ของหอย

การศึกษาการเกิดพิษเฉียบพลันของสารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์ต่อสัตว์ที่มีขนาดใหญ่กว่าและมีความทนทานต่อการเกิดพิษได้สูง ได้แก่การศึกษาในปลา โดยการศึกษาของ Short และ Throter (1986) พบว่าค่าการเกิดพิษเฉียบพลันของสารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์ในเซลมอล *Oncorhynchus tshawytscha* 2 มีค่าการเกิดพิษที่ 96 ชั่วโมง LC_{50} เท่ากับ 1.5 ไมโครกรัมต่อลิตร M&T Chemical Company (1976) ศึกษาการเกิดพิษเฉียบพลันใน *Lepomis macrochirus* พบว่าค่าการเกิดพิษเฉียบพลันที่ 96 ชั่วโมงมีค่า LC_{50} เท่ากับ 7.6 (5.6-10) ไมโครกรัมต่อลิตร M&T Chemical Company (1978) ทำการศึกษาการเกิดพิษเฉียบพลันของสารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์ ต่อปลาเทร้า *Salmo gairdneri* พบว่าค่าการเกิดพิษเฉียบพลันในเวลา 96 ชั่วโมง มีค่า LC_{50} เท่ากับ 6.9 (6.27-7.8) ไมโครกรัมต่อลิตร การศึกษาของ M&T Chemical Company (September 1976) ทำการศึกษาการเกิดพิษเฉียบพลันของสารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์ต่อ *Ictalurus punctatus* พบว่าค่าการเกิดพิษเฉียบพลันในเวลา 96 ชั่วโมงมีค่า 96-hr LC_{50} เท่ากับ 12.0 (7.3-20.0) ไมโครกรัมต่อลิตร และศึกษาใน *Fundulus heteroclitus* พบว่าค่าการเกิดพิษในเวลา 96 ชั่วโมงมีค่า 96-hr LC_{50} เท่ากับ 24.0 ไมโครกรัมต่อลิตร การศึกษาของ Ward และคณะ (1981) ได้ทำการศึกษาค่าการเกิดพิษของสารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์ใน *Cyprinodon variegatus* พบว่าค่าการเกิดพิษเฉียบพลันของสารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์ที่เวลา 21 วัน มีค่า 21-day LC_{50} เท่ากับ 0.96 ไมโครกรัมต่อลิตร และค่าการตาย 100 เปอร์เซ็นต์ที่เวลา 14 วันมีค่า 3.2 ไมโครกรัมต่อลิตร การศึกษาของ Chliamovitch และ Kohn (1977) ได้ทำการศึกษาค่าการเกิดพิษเฉียบพลันของสารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์ใน *Salmo gairdneri* พบว่าค่าการเกิดพิษเฉียบพลันในเวลา 24 ชั่วโมงมีค่า EC_{50} เท่ากับ 31 ไมโครกรัมต่อลิตร

คุณภาพน้ำที่ใช้ในการทดลอง

การทดลองนี้ได้ทำการทดลองการเกิดพิษเฉียบพลันภายในเวลา 24 ชั่วโมงจึงไม่ทำให้คุณภาพน้ำระหว่างทำการทดลองเปลี่ยนแปลงมากนักเนื่องจากเป็นเวลาที่สั้น และประกอบกับสัตว์ทดลองมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับปริมาตรน้ำที่ใช้ในการทดลอง ดังนั้นเมื่อแยกคิดกับปัจจัย

ต่างๆ ของสภาวะที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลองพบว่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 7.8 -8.0 ทั้งก่อนและหลังทำการทดลอง อยู่ในช่วงปกติที่กุ้งสามารถเจริญอยู่ได้อย่างปกติ และ Emund (1988) ได้รายงานถึงความสามารถในการละลายของสารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์มีค่า 31,000 ไมโครกรัมต่อลิตรที่พีเอช 8.1 ซึ่งมากกว่าที่พีเอช 6.6 มีความสามารถในการละลายเพียง 750 ไมโครกรัมต่อลิตร ดังนั้นการทดลอง ที่ พีเอช 7.8 - 8.0 การละลายของสารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์จะมีค่าสูงสุด (และการเกิดพิษจะมีค่าสูงสุดเมื่อสารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์มีการละลายมากที่สุด) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำมีค่ามากกว่า 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งก่อนและหลังการทดลองมีพอเพียงพอการใช้ของสัตว์ทดลองโดยจะไม่มีผลใดๆต่อสัตว์ทดลอง เนื่องจากสัดส่วนระหว่างปริมาตรน้ำและน้ำหนักสัตว์ทดลองมีค่ามากจึงไม่ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำมีค่าลดลงไประหว่างทำการทดลอง ปริมาณแอมโมเนียที่เกิดขึ้นในน้ำมีค่าใกล้เคียงศูนย์เนื่องจากเมื่อสัดส่วนของปริมาตรน้ำและสัตว์ทดลองมีความแตกต่างกันมาก อุณหภูมิระหว่างทำการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันมากเนื่องจากทำการทดลองในกล่องโฟมจึงสามารถควบคุมการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิได้ในระดับหนึ่ง และสามารถป้องกันแสงสว่างไม่ให้รบกวนสัตว์ทดลองโดยเฉพาะไม่ทำให้สารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์ที่ใช้ในการสัมผัสสัตว์ทดลองสลายตัวได้เร็ว (Emund, 1990)

สำหรับการใช้เวลาในการทดลองที่เวลา 24 ชั่วโมงเพราะว่าระยะเวลาในการเปลี่ยนแปลงระยะของกุ้งกลาดำว้ออนบางระยะใช้เวลาน้อยกว่า 48 ชั่วโมง จึงทำให้เกิดความเหมาะสมในการทดลองที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมงเป็นเวลามาตรฐานสำหรับศึกษาการเกิดพิษของสารประกอบบีส-ไตรบิวทิลทินออกไซด์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย