

บทที่ 5

อภิปรายและสรุปผลการทดลอง

การเปลี่ยนแปลงขนาด, ปริมาณไขมัน, ปริมาณน้ำ และปริมาณสารอินทรีย์

1. ขนาดของหอยแมลงภู่

ในการเก็บตัวอย่างหอยแมลงภู่ในการศึกษาครั้งนี้เป็นหอยแมลงภู่ที่เลี้ยงแบบปักหลักไม้ไผ่ โดยเริ่มปักหลักประมาณปลายเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2542 เริ่มเก็บตัวอย่างครั้งแรกเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2543 ตัวอย่างหอยแมลงภู่ในเดือนกุมภาพันธ์มีความยาวเปลือกอยู่ในช่วง 1.84-2.67 ซม. เสน่ห์ ผลประสิทธิ์ (2536) กล่าวว่าหอยแมลงภู่ที่ความยาวเฉลี่ย 2.83 ซม. มีอายุประมาณ 2 เดือน แต่จากการศึกษาของทศวรรณ ขาวศรีจาน (2543) ศึกษาการเจริญเติบโตของหอยแมลงภู่บริเวณอ่างศิลา ซึ่งตัวอย่างเริ่มปักหลักเมื่อเดือนตุลาคม พ.ศ. 2542 พบว่าหอยอายุ 2 เดือน มีความยาวประมาณ 1.2-1.7 ซม. ถ้าประมาณอายุของหอยแมลงภู่ที่ทำการศึกษานี้จากเริ่มปักหลักเลี้ยงอายุจะประมาณ 3 เดือน และในเดือนสิงหาคมตัวอย่างขนาดใหญ่ที่สุดมีความยาวเปลือกเฉลี่ย 6.88 ซม. จากคู่มือการเลี้ยงหอยแมลงภู่ (เสน่ห์ ผลประสิทธิ์, 2536) หอยที่มีขนาดความยาว 6-7 ซม. จะมีอายุประมาณ 7-8 เดือน ซึ่งเป็นขนาดที่ตลาดต้องการและใช้บริโภค ซึ่งสอดคล้องกับหอยแมลงภู่ที่เก็บตัวอย่างในครั้งนี้ถูกเลี้ยงถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2543 ในเดือนกันยายน ผู้เพาะเลี้ยงก็ตัดขายจนหมด จึงทำให้ตัวอย่างที่นำมาศึกษาในครั้งนี้มีเพียง 7 เดือนคือกุมภาพันธ์ - สิงหาคม

2. ปริมาณน้ำและปริมาณสารอินทรีย์

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าหอยแมลงภู่มีค่าปริมาณน้ำเท่ากับ 72.54-84.95% ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของกองโภชนาการ (2530) หอยแมลงภู่สายพันธุ์ *Mytilus samaragdinus* มีความชื้น 84.6 % และปริมาณสารอินทรีย์พบในช่วง 55.58-92.47% ซึ่งปริมาณสารอินทรีย์ที่แตกต่างกันนี้อาจเนื่องมาจากความขุ่นของน้ำและระดับความลึกที่แตกต่างกันของน้ำทะเล ทำให้อัตราการกรองอาหารของแมลงภู่ปล่อยลงปริมาณสารอินทรีย์ที่ตรวจพบจึงมีค่าแตกต่างกัน

3. ปริมาณไขมัน

จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าปริมาณไขมันมีแนวโน้มมากขึ้นเมื่อหอยมีขนาดใหญ่ขึ้น ค่าที่พบอยู่ในช่วง 3.9-14.27% น้ำหนักแห้ง ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าปริมาณไขมันในเดือน มีนาคม-เมษายนและเดือนสิงหาคมปริมาณ ไขมันในหอยแมลงภู่เพศผู้และเพศเมียมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ในเดือนพฤษภาคม-กรกฎาคมหอยแมลงภู่เพศเมียมีปริมาณ ไขมันสูงกว่าเพศผู้ ซึ่งสอดคล้องกับ การศึกษาพัฒนาการของระบบสืบพันธุ์ของหอยแมลงภู่ (*Perna viridis* Linn.) บนหลักไม้ไผ่ที่อ่างศิลา จังหวัดชลบุรี ของทศวรรณ ขาวศรีงาน (2543) พบว่าหอยแมลงภู่บริเวณอ่างศิลามีความ สมบูรณ์เพศเต็มที่ 2 ช่วง คือ เดือนพฤศจิกายน-กุมภาพันธ์ กับ พฤษภาคม-สิงหาคม และในเดือน กุมภาพันธ์ มิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม พบเซลล์ไข่ในระยะ mature oocyte เป็นจำนวนมาก ซึ่งใน ช่วงดังกล่าวหอยแมลงภู่เพศเมียมีการสะสมปริมาณอาหาร ไว้มากจึงทำให้พบไขมันสูงกว่าเพศผู้ และจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าเมื่อหอยแมลงภู่ขนาดใหญ่ขึ้นปริมาณ ไขมันมากขึ้นด้วยเป็นเพราะว่า หอยตัวใหญ่ขึ้นปริมาณเนื้อมากขึ้นจึงทำให้ไขมันมากขึ้นด้วย และเมื่อเปรียบเทียบกับรายงานของ Monirith (1998) พบว่าปริมาณ ไขมันของหอยแมลงภู่สายพันธุ์ *Perna viridis*, และสายพันธุ์ *Mytilus smaragdinus* ที่เก็บจากประเทศต่างๆ ในเอเชียมีผลใกล้เคียงกับการศึกษาครั้งนี้ดังแสดงในตาราง 53

ตารางที่ 53 ปริมาณไขมันในตัวอย่างหอยแมลงภู่จากประเทศต่างๆในเอเชีย (Monirith, 1998)

ประเทศ	ปีที่ทำการศึกษา	Fat (%) wet wt.
ฮ่องกง	1983	0.7-1.9
ไทย	1994-1995	1.20-2.90
อินเดีย	1994-1995	0.68-3.9
อินเดี	1998	0.5-2.4
ฟิลิปปินส์	1994-1997	0.5-3.10
ฟิลิปปินส์	1998	1.3-2.2
เวียดนาม	1997	0.6-2.0
มาเลเซีย	1998	0.7-2.1
อินโดนีเซีย	1998	1.1-2.0
กัมพูชา	1998	0.87-2.30
ญี่ปุ่น	1998	2.3-2.6
จากการศึกษาครั้งนี้	2000	0.76-2.39

ปริมาณและชนิดสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในหอยแมลงภู่น้ำ ดินตะกอนและแพลงก์ตอน

1. ชนิดสารที่ตรวจพบ

จากการศึกษาครั้งนี้ตรวจพบสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนจำนวน 11 ชนิดในตัวอย่างหอยแมลงภู่น้ำ 13 ชนิดในตัวอย่างดินตะกอน 8 ชนิดในตัวอย่างแพลงก์ตอน ชนิดสารที่ตรวจพบได้แก่ ลินเดน (แกมมา-บีเอชซี), เฮปตาคลอร์, เฮปตาคลอร์-อีพอกไซด์, พารา, พารา-ดีดีที, พารา,พารา-ดีดีอี, พารา,พารา-ดีดีดี, อัลดริน, คิลดริน, เอนดริน, เอนโดซัลเฟน-1, เอนโดซัลเฟน-2, เอนโดซัลเฟน-ซัลเฟต, เอนดริน อัลดีไฮด์ ซึ่ง พารา,พารา-ดีดีที และเอนโดซัลเฟน-ซัลเฟต เป็นชนิดสารที่ตรวจพบเฉพาะในตัวอย่างดินตะกอนเท่านั้น ส่วนในตัวอย่างแพลงก์ตอนตรวจไม่พบ เอนดริน, พารา,พารา-ดีดีดี, พารา,พารา-ดีดีที จากการศึกษารูปแบบและคณะ (2530) พบสารกลุ่มดีดีที กลุ่มบีเอชซี คิลดริน เอนดริน และลินเดน ปนเปื้อนในตัวอย่างหอยแมลงภู่น้ำที่เก็บจากบางปะกงและอ่างศิลา ระหว่างปี พ.ศ. 2525-2526 แต่ไม่พบการปนเปื้อนของสารในกลุ่ม เฮปตาคลอร์ อัลดรินและเอนโดซัลเฟน และ กาญจน์อดิเรกตากและคณะ (Kan-atireklap et al., 1997) ยังคงพบสารกลุ่มดีดีที เป็นสารปนเปื้อนที่มีความสำคัญที่สุด และจากการศึกษาสารปนเปื้อนกลุ่มออร์กาโนคลอรีนบริเวณแหล่งเพาะเลี้ยงชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก ของ ชูสิทธิ์ พุฒนวล (2538) พบ 8 ชนิดสารในน้ำทะเล ได้แก่ แกมมา-บีเอชซี, เฮปตาคลอร์, เฮปตาคลอร์-อีพอกไซด์, พารา,พารา-ดีดีที, พารา,พารา-ดีดีอี, พารา,พารา-ดีดีดี, ออโร,พารา-ดีดีอี, อัลดริน และในตัวอย่างหอยนางรมบริเวณอ่างศิลา ศรีราชา แหลมแท่น พบ 11 ชนิดสาร ได้แก่ แกมมา-บีเอชซี, เฮปตาคลอร์, เฮปตาคลอร์-อีพอกไซด์, พารา,พารา-ดีดีที, พารา,พารา-ดีดีอี, พารา,พารา-ดีดีดี, ออโร, พารา-ดีดีอี, อัลดริน, คิลดริน, ออโร,พารา-ดีดีที, ออโร,พารา-ดีดีอี, ออโร,พารา-ดีดีดี และก่องกนกลีเมเนอรุจิ (2536) ตรวจพบสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน 16 ชนิด บริเวณกลุ่มน้ำย่อยของภาคตะวันออก ในจังหวัดชลบุรี ระยอง และจันทบุรี ซึ่งชนิดสารที่ตรวจพบมีความสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ สารที่พบได้แก่สารในกลุ่มบีเอชซี ลินเดน เฮปตาคลอร์ คิลดริน เอนดริน คลอร์เดน และสารกลุ่มดีดีที และมีการตรวจพบ บีเอชซี เฮปตาคลอร์และดีดีที ปนเปื้อนอยู่ในทุกชั้นคุณภาพลุ่มน้ำในปริมาณเฉลี่ย 0.131 , 0.056 และ $0.037 \mu\text{g L}^{-1}$ ตามลำดับ

ชนิดของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตรวจพบในการศึกษาครั้งนี้ใกล้เคียงกับที่เคยมีการศึกษามาก่อนในหอยแมลงภู่น้ำและหอยนางรมในประเทศไทย (กอบทอง รูปหอม และคณะ, 2530 ; เจริญชัย ศิริวงศ์ และคณะ, 1991; ชูสิทธิ์ พุฒนวล, 2538; Kan-atireklap et al., 1997) โดยสารกลุ่มดีดีที กลุ่มบีเอชซี คิลดริน เอนดริน และลินเดน ยังคงเป็นสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์

กลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่มีการปนเปื้อนอยู่ในสภาพแวดล้อม แต่ในปัจจุบันเริ่มพบว่าสารในกลุ่มอื่นๆ เช่น เฮปตาคลอร์ อัลดริน และเอนโดซัลเฟน มีความสำคัญเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากสารกลุ่มบีเอชซี เอนดริน และกลุ่มดีดีที เป็นสารที่ห้ามใช้ทางการเกษตรตั้งแต่ปี พ.ศ. 2523, 2524, 2526 ตามลำดับ ส่วนเฮปตาคลอร์ ดิลดริน อัลดริน ถึงแม้จะถูกห้ามใช้ทางการเกษตร แต่ยังคงมีการใช้กำจัดปลวกตามอาคารบ้านเรือน ส่วนเอนโดซัลเฟนเป็นสารที่ยังคงมีการใช้ทางการเกษตรอยู่ (สุภาณี พิมพ์สมาน, 2537) และจากข้อมูลการนำเข้าของกรมศุลกากรปี 2000 พบว่าอัลดริน ลินเดน เฮปตาคลอร์ ดีดีที ดีดีดี เป็นชนิดสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ยังคงมีการนำเข้าอยู่ (จาก www.customs.go.th/cgi-bin/statistic/normal.cgi)

ในการศึกษาครั้งนี้ไม่พบพารา,พารา-ดีดีที ในตัวอย่างหอยแมลงภู่และไม่พบพารา,พารา-ดีดีทีพารา,พารา-ดีดีดี เอนดรินและเอนดริน อัลดีไฮด์ในตัวอย่างแพลงก์ตอน แต่มีการตรวจพบในตัวอย่างดินตะกอน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าดีดีทีน่าจะถูก metabolite โดยหอยแมลงภู่เป็น พารา,พารา-ดีดีอี และในปัจจุบันดีดีทีและเอนดริน เป็นสารที่ห้ามนำเข้ามาใช้ทางการเกษตรตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526 และปี 2524 ตามลำดับ จึงทำให้มีการใช้ในปริมาณที่ลดน้อยลง ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้พารา,พารา-ดีดีทีถูกตรวจพบในตัวอย่างดินตะกอนเพียงร้อยละ 47.50 และพารา,พารา-ดีดีดี ถูกตรวจพบร้อยละ 40 ส่วนพารา,พารา-ดีดีอี ถูกตรวจพบร้อยละ 95 ซึ่งทั้งพารา,พารา-ดีดีดีและพารา,พารา-ดีดีอี ต่างก็เป็นสารที่ได้จากการสลายตัวของ พารา,พารา-ดีดีที จึงเป็นไปได้ว่าดีดีทีที่พบในดินตะกอนเป็นสารที่ตกค้างอยู่ และยังคงสลายตัวไม่หมด อีกทั้งดีดีทีเป็นสารที่ละลายน้ำได้น้อยมาก ค่าในการละลายน้ำเท่ากับ 0.0012 mg L^{-1} ด้วยเหตุนี้อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้มีการตรวจพบพารา,พารา-ดีดีที ในดินตะกอนเท่านั้น ส่วนเอนดรินตรวจพบในดินตะกอนเพียงร้อยละ 13 เป็นไปได้ว่าเป็นเอนดรินที่พบในดินตะกอนและหอยแมลงภู่เป็นสารที่ตกค้างอยู่ในดินตะกอน เอนดรินมีค่าครึ่งชีวิตในดิน 4-8 ปี ส่วนเอนโดซัลเฟน ซัลเฟต ตรวจพบเฉพาะในตัวอย่างดินตะกอนเช่นเดียวกัน เนื่องจากเอนโดซัลเฟน ซัลเฟตเป็นสารที่เกิดจากเอนโดซัลเฟนถูก metabolite โดยแบคทีเรียที่อยู่ในดินเท่านั้นซึ่งจะมีความคงทนมาก

2. ชนิดสารที่พบความถี่สูงสุด

จากการศึกษาในครั้งนี้ความถี่ของการปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในหอยแมลงภู่ พบว่าพารา,พารา-ดีดีอี เป็นสารที่ถูกตรวจพบความถี่สูงสุดที่สูงสุดในตัวอย่างดินตะกอนและหอยแมลงภู่ ในปริมาณร้อยละ 95 และ 84.74 ตามลำดับ ในตัวอย่างแพลงก์ตอน เอนโดซัลเฟน-1 เป็นสารที่ถูกตรวจพบความถี่สูงสุดในปริมาณร้อยละ 71.43 (ตาราง 54) เป็นเพราะ พารา,พารา-ดีดีอี เป็นสารที่เกิดจากการสลายตัวของ พารา,พารา-ดีดีที ซึ่งดีดีทีเป็นสารที่นิยมใช้กันมากในอดีต แม้ว่าในปัจจุบันถูกห้ามใช้ทางการเกษตรตั้งแต่ พ.ศ. 2526 แต่ดีดีทีมีค่าครึ่ง

ชีวิต 3-10 ปี โดยสามารถสลายตัวร้อยละ 95 ในเวลา 4-30 ปี (Edwards, 1976) ซึ่งจัดว่าเป็นสารที่มีความคงทนมาก นอกจากนี้ พารา,พารา-คลอรีนเป็นสารที่มีความคงทน ถูกกำจัดออกจากร่างกายสัตว์ได้ช้ามาก (Lotter & Borewman, 2001) ซึ่งการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของสุทธิพร พุฒนวล (2538) และเจตจรรย สิริวงส์ และคณะ (2536) ซึ่งได้ติดตามตรวจสอบปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในหอยแมลงภู่พบบริเวณชายฝั่งของประเทศไทย พบว่า พารา,พารา-คลอรีน ถูกตรวจพบในตัวอย่างด้วยความถี่มากที่สุด และจากการศึกษาของกนกวรรณ พิเศษฐ์อาภา (2541) ที่พบว่าดินตะกอนบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยา พารา,พารา-คลอรีน ถูกตรวจพบความถี่สูงสุดคิดเป็นร้อยละ 80.63 และในต่างประเทศมีการศึกษาพบว่าในหอยแมลงภู่ หอยสองฝา และปลา พารา,พารา-คลอรีน ถูกตรวจพบความถี่สูงสุดเช่นกัน (Eloisa, Rubens, Luiz, Souza, & Siloa, 1998 ; Wade, Sericano, Gardinali, Wolff, & Chambers, 1998)

ในตัวอย่างแพลงก์ตอนเอนโดซัลแฟน-1 เป็นสารที่ถูกตรวจพบความถี่สูงสุด ซึ่งเอนโดซัลแฟนประกอบด้วย 2 ไอโซเมอร์ คือเอนโดซัลแฟน-1 กับเอนโดซัลแฟน-2 ซึ่งเอนโดซัลแฟน-1 เป็นส่วนประกอบหลักในอัตราส่วนร้อยละ 70 และเอนโดซัลแฟน-2 ร้อยละ 30 อีกทั้งเอนโดซัลแฟน-1 เป็นสารที่มีความคงทนต่อแสงและถูกสลายตัวด้วยน้ำในอัตราที่ค่อนข้างช้า (Smith, 1991) อาจจะเป็นสาเหตุให้เอนโดซัลแฟน-1 ถูกตรวจพบความถี่สูงสุดในแพลงก์ตอน

ตารางที่ 54 ลำดับความถี่ของชนิดสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน ในตัวอย่างหอยแมลงภู่ ดินตะกอนและแพลงก์ตอน

ลำดับ	ชนิดสาร/ตัวอย่าง		
	หอยแมลงภู่	ดินตะกอน	แพลงก์ตอน
1	พารา,พารา-คลอรีน	พารา,พารา-คลอรีน	เอนโดซัลแฟน-1
2	ลินเดน	เฮปตาคลอร์	พารา,พารา-คลอรีน
3	เฮปตาคลอร์	เอนโดซัลแฟน-1	ลินเดน=คิลดริน
4	อัลดริน	คิลดริน	เฮปตาคลอร์
5	เอนดริน	พารา,พารา-คลอรีน	เฮปตาคลอร์-อีพอกไซด์=อัลดริน =เอนโดซัลแฟน-2
6	เอนโดซัลแฟน-1	พารา,พารา-คลอรีน	
7	เอนโดซัลแฟน-2	เอนโดซัลแฟน-2	
8	เอนดริน อัลดีไฮด์ เอนดริน		
9	คิลดริน	เฮปตาคลอร์-อีพอกไซด์	

ตารางที่ 54 (ต่อ)

ลำดับ	ชนิดสาร/ตัวอย่าง		
	หอยแมลงภู่	ดินตะกอน	แพลงก์ตอน
10	เฮปตาคลอร์-อีพอกไซด์	ลินเดน	
11	พารา,พารา-ดีดีดี	อัลดริน	
12		เอนดริน อัลดีไฮด์	
13		เอนโดซัลแฟน ซัลเฟต	

3. ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน

3.1 สารกลุ่มดีดีที ที่ตรวจพบในหอยแมลงภู่มี 2 อนุพันธ์ คือ พารา,พารา-ดีดีดี และ พารา,พารา-ดีดีดี ส่วนในดินตะกอนพบ 3 อนุพันธ์คือ พารา,พารา-ดีดีที พารา,พารา-ดีดีอี และ พารา,พารา- ดีดีดี และในตัวอย่างแพลงก์ตอนพบอนุพันธ์เดียวคือ พารา,พารา-ดีดีอี ปริมาณสารกลุ่ม ดีดีทีรวมที่ตรวจพบเท่ากับ 15.90 ± 14.87 , 16.49 ± 10.03 , 37.81 ± 22.18 ng g⁻¹ dry wt. ตามลำดับ ซึ่งจะพบปริมาณที่พบในตัวอย่างหอยแมลงภู่และดินตะกอนมีค่าใกล้เคียงกัน จากการเปรียบเทียบ ปริมาณที่ตรวจพบในครั้งนี้กับการวิจัยของผู้อื่นดังตาราง 55 พบว่าดีดีทีและอนุพันธ์ที่ตรวจพบใน ครั้งนี้มีค่าต่ำกว่าประเทศเวียดนามและอินเดียในปี 1988-1989 และมีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาที่ อินเดียในปี 1998 และปริมาณสารกลุ่มดีดีที ที่พบในการศึกษาค้างนี้เทียบกับการงานวิจัยของไทย ในปี 1994-1995 พบว่ามีปริมาณลดลง และจากการศึกษาของเจดจรรย์ ศิริวงศ์ และคณะ (2536) พบสารกลุ่มดีดีทีในหอยแมลงภู่ อยู่ในช่วง 0.63-4.46 ng g⁻¹ wet wt. ในปี 2532 0.06-1.43 ng g⁻¹ wet wt. ในปี 2533 0.84-5.18 ng g⁻¹ wet wt. ซึ่งปริมาณต่ำสุดที่พบในปี 2534 มีค่าใกล้เคียงกับการ ศึกษาในครั้งนี้ แต่ปริมาณสูงสุดแตกต่างกัน (ค่าจากการศึกษาค้างนี้ 0.80-17.90 ng g⁻¹ wet wt. ค่า เฉลี่ย 3.22 ± 2.78) และจากการศึกษาของปิยะวรรณ ศรีวิลาส และจันทร์จรัส วัฒนะโชติ (2540) พบ สารกลุ่มดีดีทีเฉพาะในหอยแมลงภู่ขนาดเล็ก (ความยาวเปลือก 3.34 ซม.) ในปริมาณเฉลี่ย 1.1 ng-g⁻¹ wet wt. ซึ่งพบว่าค่าต่ำกว่าการศึกษาในครั้งนี้อาจเป็นเพราะเก็บตัวอย่างที่แตกต่างกัน ซึ่งในการ ศึกษาครั้งนี้เก็บตัวอย่างต่อเนื่องทุกเดือนแต่การศึกษาของปิยะวรรณ ศรีวิลาส และจันทร์จรัส วัฒนะโชติ ในปี พ.ศ. 2540 เก็บตัวอย่างเพียง 2 ครั้งคือในช่วงน้ำน้อยเดือนมีนาคม-เมษายน และช่วงน้ำมาก เดือนสิงหาคม-กันยายน ในสหรัฐอเมริกา O'Connor (1996) รายงานการลดลงของปริมาณสารกลุ่ม ดีดีที ในหอยแมลงภู่จากการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมโดยใช้หอยแมลงภู่ (mussel watch program) โดยปริมาณรวมสารกลุ่มดีดีทีมีค่าลดลงจาก 30-39 ng g⁻¹ dry wt. ระหว่างปี 1986-1990

เป็น 18-27 ng g⁻¹ dry wt. ระหว่างปี 1991-1996 ซึ่งใกล้เคียงกับผลการศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งค่าของปริมาณรวมสารกลุ่มดีดีทีที่ตรวจพบในหอยแมลงภู่ครั้งนี้ยังต่ำกว่าปริมาณสูงสุดที่ยอมให้มีได้ (extraneous residue limit, ERL) ซึ่งกระทรวงสาธารณสุขกำหนดไว้เท่ากับ 1 mg kg⁻¹

3.2 เฮปตาคลอร์ ที่ตรวจพบมีอยู่ 2 อนุพันธ์คือ เฮปตาคลอร์ และเฮปตาคลอร์-อีพอกไซด์ โดยทั่วไปครึ่งชีวิตของเฮปตาคลอร์ (half life) มีระยะเวลา 0.8 ปี สามารถถูกย่อยสลายเป็นเฮปตาคลอร์-อีพอกไซด์ โดยจุลินทรีย์ขณะที่อยู่ในสภาพไร้อากาศ (Hill & Mac. Carty, 1967) จากการศึกษาในครั้งนี้ตรวจพบทั้งสองอนุพันธ์ ซึ่งเฮปตาคลอร์ถูกตรวจพบปริมาณสูงสุดในทุกตัวอย่าง ค่าเฮปตาคลอร์ที่ได้ในการศึกษาครั้งนี้ อยู่ในช่วง 217.40 ± 150.37, 48.62 ± 96.80, 28.17 ± 19.65 ng g⁻¹ dry wt. ในตัวอย่างแพลงก์ตอน หอยแมลงภู่และดินตะกอนตามลำดับ ส่วนเฮปตาคลอร์-อีพอกไซด์ค่าอยู่ในช่วง 125.45 ± 92.00, 28.48 ± 20.57, 9.68 ± 5.04 ng g⁻¹ dry wt. ในตัวอย่างแพลงก์ตอน หอยแมลงภู่และดินตะกอนตามลำดับ ซึ่งจะพบว่าในแพลงก์ตอนตรวจพบเฮปตาคลอร์ปริมาณสูงสุดเนื่องจากแพลงก์ตอนที่ศึกษาในครั้งนี้เป็นแพลงก์ตอนรวมทั้งแพลงก์ตอนพืชและสัตว์ ในกรณีแพลงก์ตอนพืชซึ่งผนังเซลล์ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยสารจำพวกคาร์โบไฮเดรตและผนังเซลล์ของแพลงก์ตอนพืชบางชนิดประกอบด้วย โปรตีน ลิพิด มิวโคโพลิไซค์และเซลลูโลสซึ่งมีลักษณะอ่อนนุ่ม (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2538) จึงรับสารที่เป็นสารอินทรีย์เข้าสู่ร่างกายได้เป็นอย่างดี ส่วนค่าที่พบในดินตะกอนและหอยแมลงภู่มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งค่าที่ได้จากการศึกษาในหอยแมลงภู่คำนวณเป็นน้ำหนักเปียก (10.89 ± 18.35, 6.49 ± 4.91 ng g⁻¹ wet wt.) พบว่าสูงกว่าการศึกษาของเจดจรรย์ ศิริวงศ์ และคณะ (2536) ที่พบเฮปตาคลอร์สูงสุด เท่ากับ 1.03 ng g⁻¹ wet. wt จากบริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง จากการศึกษาของเจดจรรย์เก็บตัวอย่างเพียง 2 ช่วงเวลาคือฤดูแล้ง (มีนาคม-มิถุนายน) และในฤดูฝน (สิงหาคม) ส่วนค่าที่ได้จากการศึกษาของปิยะวรรณ ศรีวิลาส และจันทร์จรัส วัฒนะโชติ (2540) พบปริมาณเฮปตาคลอร์รวมในหอยแมลงภู่บริเวณอ่างศิลา มีค่าเท่ากับ 6.90 ng g⁻¹ wet wt. ในฤดูน้ำมาก และ 48.40 ng g⁻¹ wet wt. ในฤดูน้ำน้อย และจากการศึกษาของชูลิพร พุฒนวล (2538) พบเฮปตาคลอร์ในหอยนางรมบริเวณอ่างศิลา มีค่าอยู่ในช่วง 0.18-3.28 ng g⁻¹ wet wt. ส่วนเฮปตาคลอร์-อีพอกไซด์ค่าอยู่ในช่วง nd - 1.92 ng g⁻¹ wet wt. และในตัวอย่างดินตะกอนพบเฮปตาคลอร์ 0.03-1.35 ng g⁻¹ dry wt. และเฮปตาคลอร์-อีพอกไซด์พบค่าอยู่ในช่วง 0.04-0.13 ng g⁻¹ dry wt. จะพบว่าการศึกษาในครั้งนี้พบปริมาณเฮปตาคลอร์และเฮปตาคลอร์-อีพอกไซด์สูงกว่าการศึกษาของชูลิพร พุฒนวล (2538)

จากการศึกษาในครั้งนี้เฮปตาคลอร์เป็นชนิดสารที่ถูกตรวจพบในปริมาณที่สูงสุดในทุกตัวอย่างที่ทำการศึกษา เนื่องจากเกษตรกรในประเทศไทยนิยมใช้เฮปตาคลอร์ โดยสังเกตจากปริมาณการนำเข้าซึ่งเพิ่มขึ้นทุกปี (ตาราง 9) ประโยชน์ของเฮปตาคลอร์มีหลายประการ เช่น ใช้เพื่อควบคุม

แมลงในดิน ป้องกันและกำจัดด้กแตน แมลงสาป มด และปลวก ตามบ้านเรือน (สุรกี โรจน์อารยณนท์, 2526) โดยเฉพาะปลวกซึ่งอาจมีการระบาดตามพื้นที่สวนผลไม้ ไร่มันสำปะหลัง ไร่อ้อยและมีการใช้บริเวณอาคารเลี้ยงสัตว์ในฟาร์ม ปศุสัตว์ด้วย (กองวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม, 2529) และจากการศึกษาของกุลธิดา ศิริวัฒน์ กิจชัย ศิริวัฒน์ และหรรษา ไชยวานิจ (2535) พบว่าสารออกฤทธิ์ในผลิตภัณฑ์กำจัดปลวกในบ้านเรือนมีคลอรีนและเฮปตาคลอร์อยู่ด้วย จึงอาจเป็นสาเหตุที่ยังมีการปนเปื้อนของสารเหล่านี้ อยู่ในสิ่งแวดล้อม ซึ่งเฮปตาคลอร์มีความสามารถในการละลายน้ำในระดับปานกลาง (0.056 mg L^{-1}) ในการศึกษาครั้งนี้เดือนมีนาคมเริ่มมีฝนตก และฝนตกจะมากในเดือนเมษายน-พฤษภาคม จึงเป็นไปได้ว่าเฮปตาคลอร์อาจถูกพัดพามากับน้ำไหลบ่าหน้าดินลงสู่แหล่งเพาะเลี้ยงหอยแมลงภู่มิในช่วงเดือนมีนาคม-พฤษภาคม ซึ่งจากการศึกษาของปิยะวรรณ ศรีวิลาส และจันทร์จรัส วัฒนะโชติ (2540) ศึกษาหาปริมาณของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ในหอยเศรษฐกิจบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก เฮปตาคลอร์ก็เป็นสารที่ถูกตรวจพบปริมาณสูงสุดในหอยนางรมจากอ่างศิลาในปริมาณ $2.7\text{-}312.90 \text{ ng g}^{-1} \text{ wet wt.}$ เช่นกัน

ปริมาณเฮปตาคลอร์ที่ตรวจพบในหอยแมลงภู่มิมีค่าต่ำกว่าปริมาณสูงสุดที่ยอมให้มีได้ (extraneous residue limit, ERL) ซึ่งกระทรวงสาธารณสุขกำหนดไว้เท่ากับ 0.2 mg kg^{-1} ซึ่งเท่ากับข้อกำหนดของ codex extraneous maximum residue limit (EMRL) for pesticides ของ FDA/WHO (1993)

3.3 ลินเดน (แกมมา-บีเอชซี) ปริมาณที่พบเท่ากับ $67.89 \pm 73.62, 24.43 \pm 14.38, 8.77 \pm 4.24 \text{ ng g}^{-1} \text{ dry wt.}$ ในแปลงกักต้อน หอยแมลงภู่มิและดินตะกอนตามลำดับ ซึ่งความถี่ที่พบในหอยแมลงภู่มิและแปลงกักต้อนจะอยู่ในระดับต้น ๆ แต่ในตัวอย่างดินตะกอนพบความถี่อยู่ในระดับท้ายๆ และจะพบว่าในตัวอย่างแปลงกักต้อนตรวจพบลินเดนในปริมาณสูงสุดเพราะว่าลินเดนละลายน้ำได้ดีที่สุดในสารกลุ่มนี้เท่ากับ 7.5 mg L^{-1} จากคุณสมบัติของแปลงกักต้อนที่ผนังเซลล์มีลักษณะอ่อนนุ่มจึงทำให้สามารถรับสารอินทรีย์เข้าสู่ร่างกายได้เป็นอย่างดี และในปัจจุบันประเทศไทยมักใช้บีเอชซีในรูปของ แกมมา-บีเอชซี (ลินเดน) (สุภาณี พิมพ์สมาน, 2537) สำหรับแอลฟา-บีเอชซี ห้ามนำเข้าตั้งแต่ปี พ.ศ. 2523 (ดังตาราง 1) ประเทศไทยเรานำบีเอชซีมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรหลายประการ เช่น ในการทำสวนผลไม้ นำบีเอชซีมาใช้กำจัดหนอนเจาะลำต้น (รวี เสฐภักดิ์, 2523) ในการทำนามีการนำมาใช้ในการกำจัดเพลี้ยไฟและปูระบาด และในการทำไร่ข้าวโพดมีการนำมาใช้ในการกำจัดเพลี้ยไฟและด้กแตนนอกจากนี้ยังนำมาคลุกเมล็ด และกำจัดแมลงในปศุสัตว์ (ปรีชา พุทธิพิริชาพงศ์ และพุดินันท์ สังขะตะวรรณ, 2530) และในเขตจังหวัดชลบุรี ระยอง และจันทบุรีมีการทำฟาร์มปศุสัตว์ในพื้นที่บางส่วนเพื่อเลี้ยงโค กระบือ สุกร เป็ด ไก่ (ฝ่ายเผยแพร่และฝึกอบรม, 2531) นอกจากนี้พบว่าการนำลินเดนมาเป็นส่วนผสมในแชมพู โลชั่น ครีม เพื่อกำจัด

เหา หิด โรคเรื้อน (จาก [www. preventcancer.com](http://www.preventcancer.com)) และ ลินเดนเป็นสารที่มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดี จากคุณสมบัติในการละลายน้ำได้ดีจึงทำให้ลินเดนถูกพัดพาไปกับกระแสน้ำจากแหล่งที่มีการใช้ลงสู่แหล่งน้ำ หอยซึ่งกินอาหารโดยการกรองกินจึงมีโอกาสรับสารเข้าไปได้มาก ซึ่งจะพบว่าในการศึกษาครั้งนี้ลินเดนถูกตรวจพบในความถี่เป็นอันดับสองรองจาก พารา,พารา- ดีดีอี คิดเป็นร้อยละ 76.32 (ปริมาณที่ตรวจพบในหอยแมลงภู่เมื่อคำนวณเป็นน้ำหนักเปียกค่าเฉลี่ยเท่ากับ $4.92 \pm 3.27 \text{ ng g}^{-1} \text{ wet wt.}$) จากการเปรียบเทียบปริมาณที่ตรวจพบในครั้งนี้พบว่ามีความต่ำกว่าการศึกษาในประเทศฮ่องกง (1983-1986) และอินเดีย (1988-1995) แต่ค่าสูงกว่าประเทศฟิลิปปินส์ และ เวียดนาม (1988-1995) (ตาราง 55) จากการศึกษาของปิยะวรรณ ศรีวิลาส และจันทร์จรัส วัฒนะโชติ (2540) พบปริมาณลินเดนในหอยแมลงภู่จากอ่างศิลาที่มีค่าเท่ากับ $1.0-7.7 \text{ ng g}^{-1} \text{ wet wt.}$ ซึ่งจะพบว่ามีความใกล้เคียงกับการศึกษาในครั้งนี้ และจากการศึกษาของชูลิพร พุฒนวล (2538) พบลินเดนในหอยนางรมมีค่าอยู่ในช่วง $0.32-1.26 \text{ ng g}^{-1} \text{ wet wt.}$ ส่วนในดินตะกอนพบอยู่ในช่วง $0.02-3.30 \text{ ng g}^{-1} \text{ dry wt.}$ แต่จากข้อกำหนดของกระทรวงสาธารณสุขไม่มีค่ามาตรฐานสูงสุดของลินเดนในสัตว์น้ำจึงไม่สามารถสรุปค่าที่ได้ แต่จากการกำหนดค่าของ codex maximum residue limits (MRLs) for pesticides ของ FDA/WHO (1993) กำหนดปริมาณสูงสุดของลินเดนที่ยอมให้มีได้ในไขมันของเนื้อหอย เนื้อแคะเท่ากับ 2 mg kg^{-1} และในไขมันของเปลือก ไข่เท่ากับ 0.7 mg kg^{-1}

3.4 อัลดรินและดิลดริน ปริมาณอัลดรินที่ตรวจพบในการศึกษาครั้งนี้เท่ากับ $97.90 \pm 76.79, 15.81 \pm 8.46, 5.82 \pm 3.65 \text{ ng g}^{-1} \text{ dry wt.}$ ส่วนดิลดรินค่าที่ตรวจพบเท่ากับ $54.01 \pm 24.01, 13.34 \pm 9.02, 8.09 \pm 6.28 \text{ ng g}^{-1} \text{ dry wt.}$ ในแพลงก์ตอน หอยแมลงภู่และดินตะกอนตามลำดับ จะพบว่าความถี่ในการตรวจพบดิลดรินในดินตะกอนจะสูงกว่าที่ตรวจพบในหอยแมลงภู่และแพลงก์ตอนเป็นเพราะว่า ดิลดรินเป็นสารที่มีความคงทนมากเมื่ออยู่ในดิน ค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ 1-7 ปี ถ้าจะให้สลายตัวร้อยละ 95 ต้องใช้เวลาถึง 5-25 ปี แต่ครึ่งชีวิตของอัลดรินมีระยะเวลาประมาณ 0.3 ปีเท่านั้น (Edwards, 1976) จึงสามารถสลายตัวได้เร็ว และอัลดรินมีการนำเข้าสู่สูงกว่าดิลดริน (เจดจรรย์ ศิริวงศ์ และคณะ, 2536) ประกอบกับดิลดรินเป็น metabolite ของอัลดริน จึงมีโอกาสพบดิลดรินในตัวอย่างด้วย และจากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พบว่าสารทั้งสองมีความสัมพันธ์ในทิศทางทางเดียวกันโดยความสัมพันธ์อยู่ในระดับสูง ($r = .705$) ซึ่งค่าที่ตรวจพบในหอยแมลงภู่ในการศึกษานี้ (อัลดริน 3.29 ± 2.82 และดิลดริน $2.65 \pm 2.15 \text{ ng g}^{-1} \text{ wet wt.}$) มีค่าสูงกว่าการศึกษาของเจดจรรย์ ศิริวงศ์ และคณะ ที่ศึกษาไว้ในปี พ.ศ. 2532-2534 ที่พบอัลดรินในปริมาณ 0.47-0.94, 0.26-1.58, 0.26-0.76 $\text{ng g}^{-1} \text{ wet wt.}$ และพบดิลดริน ในปริมาณ 0.11-0.48, nd-3.76, 0.11-0.33 $\text{ng g}^{-1} \text{ wet wt.}$ ตามลำดับ ส่วนการศึกษาของปิยะวรรณ ศรีวิลาสและจันทร์จรัส วัฒนะโชติ (2540) พบอัลดรินและดิลดรินในหอยแมลงภู่บริเวณอ่างศิลาในปริมาณ nd -3.1 $\text{ng g}^{-1} \text{ wet wt.}$ และมีการตรวจพบ

ดิลดรินในแหล่งน้ำของ south Yorkshire UK (Meharg, Wright, Wass, & Osborn, 2000) ซึ่งปริมาณอัลดรินและดิลดรินที่ตรวจพบในหอยแมลงภู่ในการศึกษาในครั้งนี้มีค่าต่ำกว่าปริมาณสูงสุดที่ยอมให้มีได้ (extraneous residue limit, ERL) ซึ่งกระทรวงสาธารณสุขกำหนดไว้เท่ากับ 0.2 mg kg^{-1} ซึ่งเท่ากับข้อกำหนดของ codex extraneous maximum residue Limit (EMRL) for pesticides ของ FDA/WHO (1993)

3.5 เอนดริน, เอนดริน อัลดีไฮด์ ถูกตรวจพบทั้งในตัวอย่างหอยแมลงภู่และตัวอย่างดินตะกอนเอนดรินพบในปริมาณเท่ากับ 22.55 ± 18.72 , $13.40 \pm 8.36 \text{ ng g}^{-1} \text{ dry wt.}$ ส่วนเอนดรินอัลดีไฮด์พบค่าในช่วง $4.60\text{--}34.40$, $10.05 \pm 5.29 \text{ ng g}^{-1} \text{ dry wt.}$ จากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พบว่าสารทั้งสองตัวมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันและความสัมพันธ์อยู่ในระดับสูง ($r = .960$) ซึ่งเอนดรินเป็นสารที่ห้ามนำเข้ามาใช้ทางการเกษตรใช้ตั้งแต่ปี พ.ศ.2524 แต่ยังคงมีการนำมาใช้ในการกำจัดมด ปลวก และตัดเต้าน (ปรีชา พุทธิปรีชาพงศ์, 2537) และเอนดรินมีค่าครึ่งชีวิต 2.2 ปี สลายตัวร้อยละ 95 โดยเฉลี่ยใช้เวลาประมาณ 7 ปี (Edwards, 1976) จึงยังมีการตกค้างและสามารถตรวจพบได้ในสิ่งแวดล้อม สอดคล้องกับการศึกษาของกอบทอง รูปหอมและคณะ (2530) ที่ตรวจพบเอนดรินในหอยปริมาณ $< 0.01 \text{ mg kg}^{-1}$ และชูลีพร พุฒนวล (2538) ตรวจพบเอนดรินในดินตะกอน $0.19\text{--}0.44 \text{ ng g}^{-1} \text{ wet wt.}$ แต่ไม่พบเอนดรินในหอยแมลงภู่ และจากการศึกษาของก่องนก เมนะรุจิ (2536) มีการตรวจพบเอนดรินในลุ่มน้ำเกินค่ามาตรฐานสำหรับพืชน้ำ และการศึกษาของปิยะวรรณ ศรีวิลาส และจันทร์จรัส วัฒนะโชติ (2540) ตรวจไม่พบเอนดรินในตัวอย่างหอยแมลงภู่ แต่พบเอนดริน อัลดีไฮด์ เช่นเดียวกับการศึกษาในครั้งนี้ เอนดริน อัลดีไฮด์ถูกตรวจพบแต่พบเฉพาะในเดือนมิถุนายนกับเดือนกรกฎาคมเท่านั้นอาจเป็นเพราะว่าหอยเป็นสัตว์ที่สามารถรับสารเข้าตัวได้เร็วขณะเดียวกันก็มีการกำจัดออกจากร่างกายได้เร็วด้วย (high rate of biomagnification and depuration) (Bulter, 1973) ช่วงเวลาที่ตรวจไม่พบอาจเป็นช่วงที่สารถูกกำจัดออกไปพอดี แต่จากข้อกำหนดของกระทรวงสาธารณสุขไม่มีค่ามาตรฐานสูงสุดของเอนดรินและเอนดริน อัลดีไฮด์ในสัตว์น้ำ จึงไม่สามารถสรุปค่าที่ได้แต่จากการกำหนดค่าของ codex extraneous maximum residue limit (EMRL) for pesticides ของ FDA/WHO (1993) กำหนดปริมาณสูงสุดของเอนดรินที่ยอมให้มีได้ในเนื้อสัตว์ เท่ากับ 0.1 mg kg^{-1}

3.6 เอนโดซัลเฟน ในการศึกษากครั้งนี้ตรวจพบเอนโดซัลเฟน-1 และเอนโดซัลเฟน-2 ในตัวอย่างทุกชนิด ส่วนเอนโดซัลเฟน ซัลเฟต พบเฉพาะในตัวอย่างดินตะกอนดังที่กล่าวมาแล้ว ปริมาณ เอนโดซัลเฟน-1 ที่พบในตัวอย่างแพลงก์ตอน หอยแมลงภู่และดินตะกอน มีค่าเท่ากับ 62.50 ± 38.32 , 15.95 ± 16.09 , $7.68 \pm 4.31 \text{ ng g}^{-1} \text{ dry wt.}$ ตามลำดับ ส่วนเอนโดซัลเฟน-2 พบค่าอยู่ในช่วง 71.05 ± 4.60 , 26.33 ± 20.22 , $18.08 \pm 8.30 \text{ ng g}^{-1} \text{ dry wt.}$ จะพบว่าปริมาณสารในกลุ่มนี้ถูกตรวจพบ

สูงที่สุดในตัวอย่างแปลงกักต่อนส่วนในหอยแมลงภู่และดินตะกอนค่าใกล้เคียง จากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พบว่าสารทั้งสองตัวมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันและความสัมพันธ์อยู่ในระดับสูง ($r = .793$) ดังนั้นในการศึกษาจึงตรวจสอบสารทั้งสองชนิด และเอนโดซัลแฟนเป็นสารในกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ที่ยังคงอนุญาตให้ใช้และจำหน่ายเพื่อการเกษตร มีการใช้อย่างแพร่หลายในการปลูกพืชไร่ โดยเฉพาะ ข้าวโพด (อมรพรรณ อาศรัยผล, 2534 อ้างอิงจากบัณฑิต และคณะ, 2531) ซึ่งเอนโดซัลแฟนเป็นสารที่มีความคงทนปานกลางค่าครึ่งชีวิตประมาณ 2-3 สัปดาห์ จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าปริมาณเอนโดซัลแฟน-2 มีค่าสูงกว่าเอนโดซัลแฟน-1 ในทุกตัวอย่างอาจเป็นเพราะว่าเอนโดซัลแฟน-2 ละลายน้ำได้ดีกว่าเอนโดซัลแฟน-1 (Smith, 1991) จึงถูกพัดพามากับน้ำไหลบ่าหน้าดินลงสู่แหล่งน้ำได้มากกว่า หอยซึ่งกินอาหารแบบกรองกินจึงมีโอกาสรับสารเข้าสู่ร่างกายมากกว่า และจากการศึกษาของปิยะวรรณ ศรีวิลาส และจันทร์จิรัส วัฒนะโชติ (2540) พบปริมาณเอนโดซัลแฟนในหอยแมลงภู่ มีค่าในช่วง $nd-3.1 \text{ ng g}^{-1} \text{ wet wt.}$ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าการศึกษาในครั้งนี้ แต่จากข้อกำหนดของกระทรวงสาธารณสุขไม่มีค่ามาตรฐานสูงสุดของเอนโดริน และเอนโดริน อัลติไซค์ในสัตว์น้ำจึงไม่สามารถสรุปค่าที่ได้ แต่จากการกำหนดค่าของ codex extraneous maximum residue limit (EMRL) for pesticides ของ FAO/WHO (1993) กำหนดปริมาณสูงสุดของเอนโดซัลแฟนที่ยอมให้มีได้ในเนื้อสัตว์เท่ากับ 0.1 mg kg^{-1}

ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าแปลงกักต่อนมีการสะสมของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในปริมาณที่สูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของประภัศตรา เพชรบรรณินและคณะ (2522) ที่พบสารกลุ่มดีดีทีในแปลงกักต่อนสัตว์จากแม่น้ำเจ้าพระยาสูงถึง 0.852 mg kg^{-1} พบดีดริน 1.998 mg kg^{-1} ในตัวอย่างแปลงกักต่อนพืชจากอ่าวไทยตอนบน และพบเอนโดริน 0.903 mg kg^{-1} ในแปลงกักต่อนสัตว์จากแม่น้ำท่าจีน ซึ่งแปลงกักต่อนพืชสามารถสะสมแร่ธาตุและสารพิษที่เป็นสารอินทรีย์ได้ปริมาณมาก (Francois, 1994) จึงทำให้มีการตรวจพบสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนซึ่งเป็นสารอินทรีย์ในปริมาณที่สูงกว่าตัวอย่างหอยแมลงภู่ และดินตะกอน ในการศึกษาครั้งนี้มีข้อมูลของแปลงกักต่อน้อยมากจึงขาดข้อมูลในการเปรียบเทียบ และพบว่าปริมาณรวมของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในแปลงกักต่อนมีความสัมพันธ์ กับปริมาณสารในหอยแมลงภู่แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณสารในดินตะกอน เนื่องจากหอยแมลงภู่เป็นสัตว์ที่กรองกินสารแขวนลอยที่อยู่ในมวลน้ำ ดังนั้นปริมาณสารที่อยู่ในแปลงกักต่อนซึ่งเป็นอาหารของหอยแมลงภู่ จึงมีความสัมพันธ์กัน จากผลที่ได้สามารถบ่งชี้ได้ว่าการใช้หอยแมลงภู่ที่เป็นสัตว์ที่หากินอยู่กับที่เป็นดัชนีบ่งชี้สภาวะของแหล่งน้ำได้

ตารางที่ 55 ข้อมูลปริมาณสารกลุ่มดีดีที และกลุ่มบีเอชซี ในตัวอย่างหอยแมลงภู่นในประเทศ
แถบเอเชีย (ng g⁻¹) wet wt. (Khim et al., 2000)

ประเทศ	ปีที่ทำการศึกษา	สายพันธุ์	DDTs	BHCs
ฮ่องกง	1983	<i>Perna viridis</i>	<14-320	<4.8-34.0
	1986	<i>Perna viridis</i>	50-520	53-110
ไทย	1979	<i>Mytilus edulis</i>	3.2-42	ND.
	1989	<i>Perna viridis</i>	0.39-7.41	<0.02-0.19
	1991	<i>Perna viridis</i>	0.74-5.38	<.02-0.09
	1994-1995	<i>Perna viridis</i>	1.2-38.0	<.01-0.33
อินเดีย	1988-1989	<i>Perna viridis</i>	2.8-40.0	4.3-16.0
	1994-1995	<i>Perna viridis</i>	0.93-40.0	1.5-12.0
	1998	<i>Perna viridis</i>	0.7-15.5	0.2-7.70
		<i>Perna indica</i>		
ฟิลิปปินส์	1994-1997	<i>Perna viridis</i>	0.19-4.2	<.01-0.19
	1998	<i>Perna viridis</i>	0.1-1.0	0.03-0.06
เวียดนาม	1997	<i>Mytilus smaradinus</i>	2.7-340	0.04-.01
จากการศึกษาครั้งนี้	2000	<i>Perna viridis</i>	0.8-17.9	0.6-22.5

รูปแบบการสะสมของสารกำจัดศัตรูและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในหอยแมลงภู่น

ผลการศึกษารูปแบบการสะสมสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในหอยแมลงภู่นอาจแบ่งรูปแบบการสะสมตัวของสารได้ดังนี้

กลุ่มที่ไม่มีรูปแบบของการสะสม สารในกลุ่มนี้ได้แก่ อัลดริน ดิลดริล เฮปตาคลอร์-อีพอกไซด์ พารา,พารา-ดีดีดี และเอนดริน อัลดีไฮด์ ซึ่งอาจมีผลมาจากความถี่ในการตรวจพบไม่มาก ทำให้กำลังของการทดสอบความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย (ANOVA) ไม่มากพอ ทั้งที่จากการเขียนกราฟสามารถเห็นแนวโน้มของการสะสมได้ในสารบางชนิดเช่นกรณีของเอนดริน อัลดีไฮด์ตรวจพบเพียง 2 เดือนคือเดือนมิถุนายน และกรกฎาคม

กลุ่มที่มีรูปแบบของการสะสมแปรปรวนตามเวลาแต่ขนาดและเพศไม่มีผล โดยสารในกลุ่มนี้ได้แก่ พารา,พารา-ดีดีดี และเอนโดซัลแฟน-1

กลุ่มที่มีรูปแบบการสะสมแปรปรวนตามเวลาและเพศ โดยสารในกลุ่มนี้ได้แก่ เฮปตาคลอร์ เอนดริน และเอนโดซัลแฟน-2

กลุ่มที่มีรูปแบบการสะสมแปรปรวนตามเวลา ขนาด และเพศ โดยสารในกลุ่มนี้ได้แก่
ลินเดน และปริมาณรวมสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน

1.ปัจจัยเรื่องเวลาและขนาดของหอย

ผลจากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าปริมาณการสะสมสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในหอยแมลงภู่มิมีการแปรปรวนตามเวลาและขนาดของหอย ซึ่งการเปลี่ยนแปลงหรือความแปรปรวนตามเวลาของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในหอยสองฝาที่ใช้เป็นตัวติดตามตรวจสอบคุณภาพแหล่งน้ำ จะสะท้อนถึงอัตราการใช้สารและระยะเวลาที่สารเหล่านี้ลงสู่ทะเล จากการชะล้างพื้นที่เกษตรกรรมด้วยน้ำฝนลงสู่แม่น้ำและทะเล โดยมักจะตรวจพบปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในปริมาณที่สูงในระยะแรกที่มีฝนตกหนัก (Butler, 1973 & Bergamaschi et al, 2001) ซึ่งน่าจะเป็นเหตุผลที่การศึกษาครั้งนี้พบเฮปตาคลอร์สะสมสูงมากในเดือนพฤษภาคม

เมื่อพิจารณาจากปริมาณรวมสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีน พบว่าปริมาณสารในตัวอย่หอยแมลงภู่มิจะลดลงเมื่อขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งคุณสมบัติของสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีน เป็นสารที่สะสมได้ดีในไขมัน (Clark, 1990) ดังนั้นเมื่อหอยมีขนาดใหญ่ขึ้นปริมาณไขมันก็มากขึ้นปริมาณสารควรจะมากขึ้นด้วย แต่จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าปริมาณไขมันกับปริมาณสารตกค้างไม่มีความสัมพันธ์กัน คือปริมาณไขมันมากขึ้นแต่พบสารในปริมาณที่น้อยลง ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ผลที่ตรงข้ามกับการศึกษาของ เจดจรรย สิริวงศ์ และคณะ (2536) ที่พบว่าปริมาณสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในหอยแมลงภู่มิมีความสัมพันธ์กับปริมาณไขมัน และเจดจรรย สิริวงศ์ (2536 อ้างอิงจาก Young et al., 1972; Phillips, 1980) ได้รายงานว่ปริมาณความเข้มข้นของสาร lipophilic organic contaminant ในสัตว์น้ำจะแปรตามปริมาณไขมันของสัตว์น้ำ แต่จากการศึกษาของ ทอมสัน, บุคชินกิ, การ์ริกค์ และนาบอนน์ (Thompson, Budzinski, Garrigues & Narbonne, 1999) ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่าง organic content กับ lipid content ในตัวอย่างหอยสองฝาจาก Arcachon Bay ประเทศฝรั่งเศส ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของสุชาดา ถิ่นเกลือบ (2543) ที่พบปริมาณตะกั่วมีค่าลดลงเมื่อหอยมีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งเป็นตัวอย่างหอยแมลงภู่มิเช่นเดียวกับการศึกษาในครั้งนี้ และเช่นเดียวกับการรายงานของ ฟิลลิปส์และเร็นโบว์ (Phillips & Rainbow, 1993 อ้างอิงจาก Phillips, 1990) ที่พบว่าปริมาณพีซีบีในตัวอย่กึ่ง (*Parapenaeus longirostris*) จะลดลงเมื่อขนาดใหญ่ขึ้น สาเหตุอาจเป็นเพราะมีปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องอันได้แก่ ปริมาณสารที่ได้รับเข้าสู่ร่างกายกับปริมาณที่กำจัดออกจากร่างกายมีปริมาณคงที่เมื่อหอยขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักตัวแล้วจึงพบว่าความเข้มข้นของสารลดลงซึ่งเรียกว่า growth dilution (Alain, Francis, 1989) และเมื่อหอยแมลงภู่มิมีขนาดใหญ่ขึ้นอัตราการ metabolite อาจมากขึ้นด้วยจึงทำให้

ปริมาณลดลง จากการเปรียบเทียบการสะสมของเฮปตาคลอร์ในหอยนางรมที่เก็บตัวอย่าง เวลาและสถานที่เดียวกับการศึกษาครั้งนี้พบปริมาณเฮปตาคลอร์สูงเช่นเดียวกัน แต่ระดับสารจะคงอยู่นานถึง 3 เดือนคือระหว่างพฤษภาคม-กรกฎาคม (วุฒิชัย สายสิทธิ์, 2545) ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการกำจัดสาร (excretion) ปนเปื้อนของหอยทั้งสองชนิดมีความแตกต่างกัน โดยหอยแมลงภู่จะมีความสามารถในการกำจัดสารปนเปื้อนได้ดีกว่าหอยนางรม และจากการศึกษาการปนเปื้อนของสารในหอยสองฝา 4 ชนิด ได้แก่ Razor shell, Carpet shell หอยแมลงภู่ และหอยนางรม โดยทอมสันและคณะ (Thomson et al., 1999) พบว่าหอยแมลงภู่และหอยนางรมมีการสะสมสารในปริมาณที่สูงกว่า Razor shell และ Carpet shell ซึ่งผู้วิจัยกล่าวว่าความแตกต่างนี้น่าจะเกิดจากความสามารถในการ metabolite และจากการศึกษาในครั้งนี้เก็บตัวอย่างต่อเนื่องทุกเดือนซึ่งอาจจะได้ผลที่แตกต่างกับศึกษาของผู้อื่นที่พบว่ามักจะเก็บตัวอย่างเพียง 2 ช่วงคือช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน และปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ ฤดูกาล อัตราการใช้สารและช่วงเวลาที่เกิดฝนเนื่องจากเมื่อฝนตกจะเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดิน (run off) จากพื้นที่การเกษตรลงสู่แหล่งน้ำ (David, Phillips, & Phillip, 1992 ; Bulter, 1971, 1973) และในการศึกษาครั้งนี้พบว่าในช่วงน้ำหลากคือเดือนพฤษภาคมปริมาณสารแต่ละชนิดจะสูงกว่าในช่วงอื่นๆ เช่นกัน

2. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปริมาณไขมันและเพศ

สารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนเป็นกลุ่มสารที่มีความคงทนในธรรมชาติ เป็นสารที่ละลายได้ดีในไขมัน และความสามารถในการละลายน้ำ ค่า K_{ow} มีความสำคัญมากต่อการสะสมสารในสิ่งมีชีวิต (Phillips, 1980 ; Phillips & Rainbow, 1993) ผลจากการศึกษาครั้งนี้พบว่ารูปแบบการสะสมตัวของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในตัวอย่างหอยแมลงภู่เมื่อพิจารณาจากปริมาณรวมพบว่าการสะสมในเพศผู้และเพศเมียมีความแตกต่างกันในบางเดือน โดยตัวอย่างเดือนมีนาคม-พฤษภาคมตัวอย่างเพศเมียมีการสะสมสูงกว่าเพศผู้ ส่วนเดือนมิถุนายน-สิงหาคมปริมาณการสะสมในหอยทั้งสองเพศมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาจากปริมาณไขมันในหอยเพศผู้เพศเมียของเดือนมีนาคมกับเดือนเมษายนมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ในพฤษภาคมปริมาณไขมันในหอยเพศผู้มีค่าสูงกว่าเพศผู้ และจากการศึกษาพัฒนาการของระบบสืบพันธุ์ของหอยแมลงภู่ (*Perna viridis* Linn.) บนหลักไม้ไผ่ที่อ่างศิลา จังหวัดชลบุรี ของทศวรรณ ขาวศรีงาน (2543) พบว่าหอยแมลงภู่บริเวณอ่างศิลามีความสมบูรณ์เพศเต็มที่ 2 ช่วง คือ เดือนพฤศจิกายน-กุมภาพันธ์ กับ พฤษภาคม-สิงหาคม และในเดือนกุมภาพันธ์ มิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม พบเซลล์ไข่ในระยะ mature oocyte เป็นจำนวนมาก ซึ่งในช่วงดังกล่าวหอยแมลงภู่เพศเมียมีการสะสมปริมาณอาหารไว้มากจึงทำให้พบไขมันสูงกว่าเพศผู้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ที่พบปริมาณไขมันในหอยเพศเมียของเดือนพฤษภาคม-กรกฎาคมมากกว่าหอยแมลงภู่เพศผู้ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับ

ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่สะสม พบว่าเฉพาะตัวอย่างเดือน พฤษภาคมเท่านั้นที่ปริมาณไขมันมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับปริมาณสาร แต่เดือน มิถุนายนและกรกฎาคมปริมาณไขมันในเพศเมียสูงกว่าเพศผู้แต่ปริมาณสารที่สะสมในหอยทั้งสอง เพศมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งจะให้ผลตรงกันข้ามกับผลเดือน พฤษภาคม ในเดือนมิถุนายน และ กรกฎาคมหอยแมลงภู่เริ่มมีการวางไข่ออกจึงทำให้ปริมาณสารบางส่วนถูกถ่ายทอดออกไปกับไข่ จึงทำให้ความเข้มข้นของสารในหอยแมลงภู่เพศเมียมีค่าลดลงอย่างมากในช่วงเดือนมิถุนายน- สิงหาคม ซึ่งจากรายงานของเดวิท ฟิลลิปส์ และฟิลลิป (David, Phillips, & Phillip, 1992 อ้างอิง จาก Burnett, 1971) ที่พบว่าในตัวอย่างปูเพศเมีย (*Emerita analoga*) ปริมาณสารที่ตรวจพบมีผลต่อ ข้อมูลเนื่องจากปูเพศเมียมีการส่งผ่านสารกลุ่มดีดีทีในช่วงระหว่างวางเซลล์สืบพันธุ์ (spawning) จาก เนื้อเยื่อไปยังไข่ที่มีปริมาณไขมันมาก และ (David, Phillips, & Phillip, 1992 อ้างอิงจาก Roberts, 1980) ที่พบว่าในตัวอย่างก้ามปูเพศผู้ (*Callinectes sapidus*) มีการสะสม Kepone มากกว่า เพศเมียเนื่องจากปูเพศเมียมีการส่งผ่านสารตกค้างไปยังไข่เช่นเดียวกับการศึกษาของ Burnett และรูปแบบการสะสมตัวของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ ในตัวอย่างสัตว์ทะเลที่เลี้ยงลูกด้วยนมก็พบ เช่นเดียวกัน โดย ทานาเบและคณะ (Tanabe et al, 1997) พบว่าตัวอย่างโลมาเพศเมียวัยเจริญพันธุ์มี ปริมาณสารตกค้างต่ำกว่าในวัยอื่น ซึ่งผู้วิจัยกล่าวว่าในเพศเมียมีการส่งผ่านสารพิษที่สะสมไว้ผ่าน ทางน้ำนม ส่วนในตัวอย่างเพศผู้ปริมาณการตกค้างของสารแปรตามอายุ และพบว่าในตัวอย่าง แมวน้ำเพศเมียในวัยเจริญพันธุ์ปริมาณสารพิษจะลดลงอย่างมาก (Tanabe et al, 1994) โทมัสและโร เบิร์ต (Thomas, Robert, & Brownell, 1998) กล่าวว่าสัตว์ทะเลที่เลี้ยงลูกด้วยนมเพศเมีย จะมีรูปแบบการสะสมที่เพิ่มขึ้นเมื่ออายุมากขึ้นจนกระทั่งเข้าสู่ระยะ mature ปริมาณสารจะลดลง และได้มี ผู้ทำการศึกษาพบว่าการพัฒนาของระบบสืบพันธุ์ในช่วงที่เซลล์สืบพันธุ์แก่พร้อมที่จะผสมพันธุ์เป็น ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณโลหะหนักในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต (David, Phillips & Phillip, 1992 อ้างอิงจาก Cossa et al., 1979) และมีการเสนอแนะว่าควรเก็บตัวอย่างในระยะก่อน วัยเจริญพันธุ์ (immature) จะเป็นการช่วยลดผลกระทบการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของโลหะ หนัก และผู้วิจัยกล่าวว่าในช่วงที่เซลล์สืบพันธุ์แก่พร้อมที่จะผสมพันธุ์จะทำให้เกิดความยุ่งยากในการ ติดตามตรวจสอบปริมาณโลหะหนักเนื่องจากความเข้มข้นของปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างเพศผู้และ เพศเมียมีความแตกต่างกัน

รูปแบบการสะสมของแต่ละชนิดสาร

รูปแบบการสะสมของลินเดน (แกมมา-บีเอชซี) ในตัวอย่างหอยแมลงภู่มีความแตกต่างกัน ทั้งในเดือนที่เก็บตัวอย่าง เพศของหอยแมลงภู่ และในตัวอย่างแต่ละขนาดด้วยโดยค่าที่พบมีแนว

โน้มนำสูงในเดือนเมษายน-มิถุนายน และถ้าพิจารณาจากตัวอย่างที่ไม่ได้แยกเพศพบว่าค่าที่ได้มีแนวโน้มคงที่เมื่อหอยมีขนาดใหญ่ขึ้น แต่ถ้าพิจารณาจากข้อมูลที่แบ่งเพศพบว่าโดยค่าเฉลี่ยเพศเมียมีการสะสมสูงกว่าเพศผู้ในทุกขนาด และพบว่าหอยแมลงภู่เดือนมีนาคม-มิถุนายนมีค่าสูงกว่าเพศผู้ ส่วนเดือนกรกฎาคม-สิงหาคมโดยค่าเฉลี่ยเพศผู้มีค่าสูงกว่า ซึ่งสอดคล้องกับช่วงที่หอยอยู่ในช่วงเซลล์พันธุ์พร้อมที่จะสืบพันธุ์จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปัจจัยจากฤดูกาล ปริมาณไข่ และเพศล้วนแต่มีผลต่อการสะสมตัวของปริมาณลิ้นเดน เนื่องจากลิ้นเดนเป็นสารที่ละลายน้ำได้ดีที่สุดในสารกลุ่มนี้ ปัจจัยจากน้ำจืดบนฝั่งที่ถูกปล่อยจากอาคารบ้านเรือน ปริมาณน้ำฝนล้วนมีผลทำให้สารกลุ่มนี้มีความแตกต่างกัน และพบว่าลิ้นเดนไม่มีความสัมพันธ์กับสารชนิดใดเลย

รูปแบบการสะสมของเฮปตาคลอร์ในหอยแมลงภู่ค่อนข้างจะคงที่ในตัวอย่างแต่ละเดือน โดยมีความแตกต่างกันในตัวอย่างแต่ละเพศทั้งนี้ขึ้นกับเดือนที่เก็บตัวอย่าง โดยเดือนพฤษภาคม ปริมาณ เฮปตาคลอร์จะมีค่ามากผิดปกติจากค่าในเดือนอื่นๆ และพบในตัวอย่างหอยเพศเมีย เป็นเพราะสารในกลุ่มนี้มีการใช้ตามอาคารบ้านเรือนจากที่กล่าวมาแล้ว ในช่วงเดือนเมษายน-พฤษภาคม เป็นช่วงที่ฝนเริ่มตกเฮปตาคลอร์อาจถูกพัดพาจากน้ำหึ่งตามอาคารบ้านเรือน ส่วนรูปแบบการสะสมของเฮปตาคลอร์-อีพอกไซด์ในหอยแมลงภู่ไม่ขึ้นกับปัจจัยหลักใดๆ เลยโดยพบในตัวอย่างหอยแมลงภู่ตั้งแต่เดือนมีนาคม-สิงหาคม ในเดือนกุมภาพันธ์ไม่พบ ซึ่งเฮปตาคลอร์-อีพอกไซด์เป็นอนุพันธ์ของเฮปตาคลอร์ และในเดือนกุมภาพันธ์เฮปตาคลอร์ถูกตรวจพบในปริมาณที่ค่อนข้างต่ำ เมื่อพิจารณาข้อมูลที่แยกเพศพบว่าเพศผู้มีแนวโน้มการสะสมที่คงที่เมื่อขนาดใหญ่ขึ้น ส่วนเพศเมียมีแนวโน้มสูงขึ้นในตัวอย่างขนาดที่ 1 ถึงขนาดที่ 3 จากนั้นค่าจะลดลง แต่ข้อมูลจากการรวมเพศพบว่าการสะสมมีแนวโน้มสูงขึ้นในตัวอย่างขนาดที่ 1 ถึงขนาดที่ 4 จากนั้นค่าจะลดลง จะเห็นได้ว่าข้อมูลที่ได้อาจจากการแยกเพศและรวมเพศของหอยมีผลที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นข้อบ่งชี้ได้ว่าการเก็บตัวอย่างปัจจัยของเพศ และขนาดล้วนมีผลกระทบต่อข้อมูลที่ได้

รูปแบบการสะสมของอัลดรินจะพบว่าปริมาณจะมากขึ้นเมื่อตัวอย่างมีขนาดใหญ่ขึ้นซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานในการศึกษาครั้งนี้ ส่วนดิลดรินการสะสมของสารกลับไม่ขึ้นกับขนาดตัวอย่าง โดยพบค่าที่ได้มีค่าสูงขึ้นในตัวอย่างขนาดที่ 1 ถึงขนาดที่ 4 และค่าจะลดลงในตัวอย่างขนาดที่ 5 และในตัวอย่างเพศเมียเดือนมีนาคมพฤษภาคม อัลดรินในเพศเมียสูงกว่าเพศผู้ แต่ของดิลดรินเดือนเมษายนกับเดือนสิงหาคมเพศเมียมีค่าสูงกว่า ซึ่งรูปแบบที่แตกต่างกันนี้ขึ้นกับชนิดสารดังรายละเอียดข้างต้น และพบว่าอัลดรินกับดิลดรินจะมีความสัมพันธ์เนื่องจากดิลดรินเป็นอนุพันธ์ของอัลดริน ในเดือนกุมภาพันธ์ตรวจไม่พบสารทั้งสองชนิด แต่ในเดือนมีนาคมเริ่มตรวจพบอัลดริน ดิลดรินก็ถูกตรวจพบด้วยแต่ปริมาณน้อยกว่า ในเดือนเมษายนปริมาณดิลดรินมีค่าสูงขึ้นและปริมาณอัลดรินค่าเริ่มลดลงอาจเป็นเพราะอัลดรินเริ่มมีการสลายตัวเกิดเป็นดิลดรินจึงตรวจพบมาก

กว่า จากนั้นในเดือนต่อมาปริมาณอัลดรินมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อยและคิลดรินถูกพบในช่วงที่สูงกว่า และในเดือนสิงหาคม อัลดรินถูกตรวจพบสูงมากคิลดรินก็พบมีค่าสูงเช่นกัน ซึ่งการสะสมของคิลดรินเนื่องมาจากการสลายตัวของอัลดรินแล้วก็ยังมีปัจจัยจากแหล่งอื่นอีกจากที่กล่าวมาแล้ว เมื่อพิจารณาจากข้อมูลรวมรวมเพศพบว่า การสะสมของอัลดรินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดใหญ่ขึ้น แต่ถ้าพิจารณาจากข้อมูลที่ยแยกเพศพบว่า การสะสมในตัวอย่างขนาดเดียวกันของตัวอย่างทั้งสองเพศมีค่าขึ้นๆ ลงๆ ไม่แน่นอน ส่วนการสะสมของคิลดรินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้งตัวอย่างเพศผู้และเพศเมียในขนาดเดียวกัน ส่วนข้อมูลจากการรวมเพศพบว่ามีค่าสูงขึ้นในตัวอย่างขนาดที่ 1 ถึงขนาดที่ 4 จากนั้นค่าจะลดลง

รูปแบบการสะสมของเอนดรินจะพบว่าเมื่อขนาดใหญ่ขึ้นปริมาณสารมีแนวโน้มคงที่เช่นเดียวกับเอนดรินอัลดีไฮด์ และในเดือนมีนาคม-พฤษภาคมการสะสมของเอนดรินในหอยแมลงภู่เพศเมียมีค่าสูงกว่าเพศผู้ ส่วนรูปแบบการสะสมของพารา,พารา-ดีดีอี จะพบว่ามีแนวโน้มที่คงที่แม้ว่าตัวอย่างมีขนาดใหญ่ขึ้นเช่นเดียวกับรูปแบบการสะสมของพารา,พารา-ดีดีอี และเอนโดซัลเฟน-1 และเอนโดซัลเฟน-2 ที่การสะสมไม่ขึ้นกับขนาดของตัวอย่าง แต่ถ้าพิจารณาตามเพศพบว่าในเดือนมีนาคม-พฤษภาคมการสะสมของพารา,พารา-ดีดีอี พารา,พารา-ดีดีอี เอนโดซัลเฟน-1 เอนโดซัลเฟน-2 การสะสมในเพศเมียจะสูงกว่าเพศผู้ ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงที่หอยเพศเมียอยู่ในระยะสมบูรณ์เพศเต็มที่

เมื่อพิจารณารูปแบบการสะสมแต่ละชนิดสารพบว่า มีรูปแบบการสะสมแตกต่างกัน ที่เป็นเช่นนี้เพราะคุณสมบัติที่แตกต่างกันของแต่ละชนิดสารทั้งด้านการละลายน้ำ ความดันไอ กลไกและขบวนการย่อยสลายสารในตัวอย่างหอยแมลงภู่ที่จะรับสารเข้าสู่ร่างกาย (up take) เปลี่ยนแปลงรูป (transformation) และกำจัดสาร (excrete) ได้แตกต่างกันและยังมีข้อมูลด้านนี้น้อยมาก ซึ่งคิมและจอห์นสัน (Kim & Johnson, 1999) กล่าวว่า เป็นการยากที่จะแปรผลสารปนเปื้อนในสิ่งมีชีวิต เพราะว่าสิ่งมีชีวิตอาจจะได้รับสารในรูปแบบหนึ่งและสะสมในร่างกายในรูปแบบที่แตกต่างจากหนึ่ง จากนั้นก็มีการกำจัดออกจากร่างกายในอีกรูปแบบหนึ่ง และการที่ปริมาณสารที่แตกต่างกันในหอยสองฝาขึ้นกับพฤติกรรมทางกายภาพที่แตกต่างกัน เช่น feeding mode, filtering rate, particle size และ metabolic activity (Thomson, Budziniski, Garrigues & Narbonne, 1999) และจากการศึกษาารูปแบบการสะสมของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ในอวัยวะต่างๆ หอยสองฝาโดยศึกษาใน gill, midgut gland, gonad, other (mantle และ foot) พบว่ามีการสะสมที่แตกต่างกันในแต่ละอวัยวะ (Uno, Shiraishi, Hatakeyama, Otsuki & Koyama, 2001) ซึ่งผู้วิจัยกล่าวว่ารูปแบบการสะสมของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ในสัตว์น้ำมีความซับซ้อนและปริมาณสารและส่วนประกอบของสารมีการเปลี่ยนแปลงทุกวันโดยเฉพาะตามฤดูกาลจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากและพบว่าสารแต่ละ

ชนิดถูกกำจัดออก (elimination) จากร่างกายของสองปลาในอัตราที่แตกต่างกันด้วยเหตุนี้สารที่ถูกกำจัดออกจากร่างกายได้ง่ายก็จะมีการสะสมในปริมาณที่น้อยกว่าสารที่ถูกกำจัดออกยากซึ่งสอดคล้องกับคุณสมบัติการละลายได้ในไขมันของสารแต่ละชนิด (lipophilicities) แต่ผู้วิจัยกล่าวว่ายังไม่ทราบอย่างชัดเจนในความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติ lipophilicities กับ elimination rate และเดวิด ฟิลลิปส์ และฟิลลิป (David, Phillips & Phillip, 1992 อ้างอิงจาก Bulter, 1971) ที่ทำการศึกษารับและกำจัดสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนออกจากร่างกายของตัวอย่างปู 2 ชนิด พบว่าการรับสารและกำจัดสารออกจากร่างกายมีความแตกต่างกันทั้งชนิดตัวอย่างและชนิดของสารด้วย

จากการศึกษาในครั้งนี้จะพบว่าการสะสมตัวของแต่ละชนิดสารมีความแตกต่างกัน สารบางตัวขนาดก็มีผลต่อการสะสมแต่บางตัวขนาดของตัวอย่างก็ไม่มีผลต่อการสะสม และในตัวอย่างหอยแมลงภู่มะเข็ญและเพชฌัญญูในช่วงเดือนมีนาคม-พฤษภาคม มีการสะสมที่แตกต่างกันอย่างเด่นชัด ดังนั้นถ้าเก็บตัวอย่างในช่วงดังกล่าวปัจจัยจากเพชฌัญญูจะมีผลกระทบต่อข้อมูลที่ได้ การวางแผนในการเก็บตัวอย่างควรคำนึงถึงปัจจัยเหล่านี้ด้วยเพื่อข้อมูลที่ได้จะสมบูรณ์มากที่สุด

สรุปผลการทดลอง

1. ในการศึกษาครั้งนี้พบสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดินตะกอน 13 ชนิด ในหอยแมลงภู่ 11 ชนิด และในแพลงก์ตอน 8 ชนิด ปริมาณที่พบอยู่ในช่วง 6.20-183.50, 4.00-35.70, 39.60-616.20 ng g⁻¹ dry weight ตามลำดับ สารที่พบได้แก่ ลินเดน (แกมมา-บีเอชซี) เฮปตาคลอร์ เฮปตาคลอร์-อีพอกไซด์ อัลดริน ดีลดริน เอนดริน เอนดริน อัลดีไฮด์ พารา,พารา-ดีดีที พารา,พารา-ดีดีดี เอนโดซัลเฟน-1 เอนโดซัลเฟน-2 เอนโดซัลเฟน ซัลเฟต และ พารา,พารา-ดีดีที กับเอนโดซัลเฟน ซัลเฟตพบเฉพาะในตัวอย่างดินตะกอน ส่วนเอนดริน เอนดริน อัลดีไฮด์ และ พารา,พารา-ดีดีดี ตรวจไม่พบในตัวอย่างแพลงก์ตอน

2. พารา,พารา-ดีดีดี เป็นชนิดสารที่ถูกตรวจพบความบ่อยที่สุดในตัวอย่างหอยแมลงภู่และตัวอย่างดินตะกอน คิดเป็นร้อยละ 84.07 และ 95.00 ส่วนในตัวอย่างแพลงก์ตอนเอนโดซัลเฟน-1 เป็นสารที่ถูกตรวจพบมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 71.43

3. เฮปตาคลอร์เป็นชนิดสารที่ตรวจพบปริมาณสูงสุดในทุกตัวอย่างในปริมาณค่าเฉลี่ย 214.40 ± 150.37 , 48.62 ± 96.80 , 28.17 ± 19.65 ng g⁻¹ dry weight ในตัวอย่างแพลงก์ตอน หอยแมลงภู่ และดินตะกอนตามลำดับ

4. ปริมาณรวมเฉลี่ยของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนสูงสุดในตัวอย่างแพลงก์ตอน รองลงมาเป็นตัวอย่างหอยแมลงภู่และดินตะกอนในปริมาณ 211.09 ± 42.83 , 79.32 ± 83.12 และ 68.68 ± 45.03 ng g⁻¹ dry weight ตามลำดับ

5. ปริมาณรวมเฉลี่ยของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในหอยแมลงภู่ไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดของตัวอย่างและปริมาณไขมัน จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าเมื่อหอยแมลงภู่ขนาดใหญ่ขึ้นปริมาณการสะสมของสารจะลดลง

6. ในเดือนมีนาคม-เดือนพฤษภาคมปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในหอยแมลงภู่เพศเมียสูงกว่าหอยเพศผู้ เพราะว่าในช่วงเวลาดังกล่าวหอยเพศเมียอยู่ในระยะสมบูรณ์เพศจึงมีการสะสมสารอาหารไว้มากกว่าในภาวะปกติ ส่วนในเดือนมิถุนายน-สิงหาคม ปริมาณสารในหอยทั้งสองเพศจะมีค่าลดลงและค่าไม่แตกต่างกัน

7. ระดับการปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนในหอยแมลงภู่มีค่าต่ำกว่าปริมาณสูงสุดที่ยอมให้มีได้ในสัตว์น้ำ ซึ่งกำหนดโดยกระทรวงสาธารณสุข

8. ในการเก็บตัวอย่างหอยแมลงภู่เพื่อนำมาวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนคลอรีนต้องคำนึงขนาดและเพศของตัวอย่างที่นำมาศึกษาด้วยเพราะสิ่งเหล่านี้มีผลต่อข้อมูล