



สารเคมีที่รบกวนระบบต่อมไร้ท่อและผลต่อสัตว์เลื้อยคลาน Endocrine Disrupting Chemical on Reptile's Effect

ศรัณย์ เกียรติมาลีสถิตย์¹

บทคัดย่อ

สารเคมีที่รบกวนระบบต่อมไร้ท่อ เป็นกลุ่มของสารเคมีสังเคราะห์ที่สามารถเลียนแบบ รบกวน หรือยับยั้งการทำงานของฮอร์โมนตามธรรมชาติในร่างกายของสิ่งมีชีวิต ทำให้สมดุลฮอร์โมนเกิดการเปลี่ยนแปลง ส่งผลต่อการเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ และระบบภูมิคุ้มกันของมนุษย์และสัตว์ป่า สารเคมี สังเคราะห์ซึ่งถูกจัดเป็นสารเคมีที่รบกวนระบบต่อมไร้ท่อ หลายชนิดถูกใช้อย่างแพร่หลายทางการเกษตรและสาธารณสุข ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เช่น อัลดริน ดีดีที เป็นต้น ซึ่งปัจจุบันถูกยกเลิกและห้ามใช้แล้วตามกฎหมายในหลายประเทศทั่วโลก แต่ยังพบการตกค้างของสารเคมีเหล่านี้ในระบบนิเวศ สัตว์เลื้อยคลานเป็นสิ่งมีชีวิตกลุ่มหนึ่งที่มีรายงานการได้รับผลกระทบจากสารเคมีที่รบกวนระบบต่อมไร้ท่อที่ตกค้างในระบบนิเวศผ่านทางห่วงโซ่อาหาร ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสัตว์เลื้อยคลานได้แก่ การผันแปรของเพศ การเปลี่ยนสมดุลระดับฮอร์โมน และการเกิดความผิดปกติทางสรีรวิทยา หลายการศึกษาที่ทะเลสาบอะพ็พกา ประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่าสารเคมีที่รบกวนระบบต่อมไร้ท่อส่งผลต่อการผันแปรของเพศและการลดลงประชากรของจระเข้สายพันธุ์อเมริกันอัลลิเกเตอร์ ในสายใยอาหารที่สลับซับซ้อนเมื่อสัตว์เลื้อยคลานซึ่งอยู่ในระดับขั้นการบริโภคเดียวกับมนุษย์หรือต่ำกว่าหนึ่งระดับขั้นการบริโภค อาจจะได้รับผลกระทบจากสารเคมีที่รบกวนระบบต่อมไร้ท่อ และมีความเป็นไปได้ว่าผู้บริโภคระดับสูงในสายใยอาหารจะมีโอกาสเสี่ยงที่จะได้รับผลกระทบเช่นเดียวกับสัตว์เลื้อยคลาน

¹ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

E-mail: ksarun@kku.ac.th

ABSTRACT

Endocrine disrupting chemicals (EDCs) are the groups of synthetic chemicals that may interfere, mimic or inhibit the function of natural hormone. The chemicals can change in balance of hormone and adverse effect on organs development, reproductive system and immune system in both human and wildlife. Those synthetic chemicals which persist and transfer in food chain at ecosystem as known as EDCs for example aldrin and DDT had been extensively used for many decades until present; they had been legitimately banned in several countries for agricultural use and public health proposes. Many well-known literature reports EDCs presents several adverse effect on reptiles including sex reversal, sex steroid, and morphology malformation. Many studies of Lake Apopka, United State of America showed obviously the EDCs effects on sex reversal and population decline of American alligator *Alligator mississippiensis*. Also, in complex food web in which reptiles are less or equivalent to human on trophic level, they may be getting risk on EDCs adverse effects throughout the food web as same as consumers on higher trophic level.

คำสำคัญ: สารเคมีที่รบกวนระบบต่อมไร้ท่อ สัตว์เลื้อยคลาน ระดับขั้นการบริโภค

Keywords: Endocrine disrupting chemicals, Reptile, Trophic level

บทนำ

จากการพัฒนาของโลกและการเพิ่มจำนวนของประชากรจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงจากระบบเกษตรกรรมเพื่อยังชีพสู่ระบบเกษตรกรรมเพื่อการค้านอกจากนี้ยังมีการพัฒนาอุตสาหกรรมต่างๆ เพื่อตอบสนองความสะดวกสบายของมนุษย์ ทำให้มีการผลิตคิดค้นสารเคมีสังเคราะห์หลายหลายชนิดเพื่อมาใช้ประโยชน์ เช่น ยารักษาโรค และสารเคมีกำจัดศัตรูพืช เป็นต้น ในช่วงทศวรรษที่ 1940 มีสารเคมีสังเคราะห์ชนิดแรกที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายเพื่อกำจัดแมลงศัตรูพืช ในการเกษตรและการสาธารณสุข คือ สารดีดีที (DDT, Dichloro-diphenyltrichloroethane) ในช่วงสงครามโลกครั้งที่สอง มีการนำสารดีดีทีมาใช้เพื่อลดการระบาดของโรคไข้ป่าหรือไข้มาลาเรีย (Malaria) และกำจัดแมลงรบกวนให้แกทหาร ซึ่งสาร

ดีดีทีให้ผลที่ดีในการควบคุมแมลงพาหะนำโรค ทำให้สารดีดีทีเป็นที่นิยมใช้ในหลายๆประเทศ อย่างไรก็ตามในปลายยุคทศวรรษที่ 1950 เริ่มมีรายงานถึงผลกระทบของสารดีดีทีต่อนกโรบิน (Robin) ที่กินไส้เดือนดินในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยพบว่านกโรบินตายหลังกินไส้เดือนดินที่ปนเปื้อนสารดีดีที (Ehrlich et al., 1998) และในปี ค.ศ. 1962 Rachel Carson นักชีววิทยาชาวอเมริกันได้ตีพิมพ์หนังสือที่มีชื่อเสียงโด่งดังคือ Silent spring ซึ่งบรรยายถึงผลของสารเคมีสังเคราะห์โดยเฉพาะสารดีดีทีต่อสิ่งมีชีวิตและมีการศึกษาอย่างต่อเนื่องถึงผลกระทบของสารดีดีทีต่อความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของนกผู้ล่า (bird of preys) เช่น นก Bald eagle (*Haliaeetus leucocephalus*) (Bowerman et al., 1995 and Clark et al., 1998) จากผลการศึกษาอย่างต่อเนื่องในต่างประเทศทำให้

พบว่าสารดีดีทีที่มีผลกระทบต่อความสำเร็จในการสืบพันธุ์ (reproductive success) ของนกผู้ล่า โดยพบว่านกผู้ล่ามีความไม่ประสบความสำเร็จในการสืบพันธุ์ (reproductive failure) และสารดีดีอี (DDE, Dichlorodiphenyldichloroethylene) ซึ่งเป็นสารอนุพันธ์ของสารดีดีที มีผลต่อเปลือกไข่ของนกผู้ล่า สารดีดีอีจะทำให้เปลือกไข่ของนกผู้ล่าบางลง (egg shell thinning) ทำให้ไข่ของนกแตกระหว่างการฟัก (incubation) (Ratcliffe, 1970)

สารดีดีทีเป็นสารเคมีสังเคราะห์ที่มีคุณสมบัติทางเคมีที่สามารถสะสมได้ดีในไขมันของสิ่งมีชีวิต (lipophilicity) และสลายตัวได้ช้ามากในระบบนิเวศ และมีความสามารถถ่ายทอดผ่านห่วงโซ่อาหาร (biological magnification) จึงทำให้มีการสะสมในปริมาณสูงโดยเฉพาะกับผู้บริโภคระดับสูงในห่วงโซ่อาหาร (top carnivore) (Perry et al., 1998) ทำให้หลายประเทศประกาศห้ามใช้สารดีดีทีและอนุพันธ์ ในการเกษตรตั้งแต่ทศวรรษที่ 1970 เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา ประเทศสวีเดน และประเทศญี่ปุ่น (Keithmaleesatti et al., 2009) แต่อย่างไรก็ตามหลายประเทศโดยเฉพาะประเทศในทวีปแอฟริกายังอนุญาตให้ใช้สารดีดีทีทางด้านการสาธารณสุข โดยเฉพาะใช้ควบคุมยุงพาหะนำโรคมาลาเรีย

ในช่วงทศวรรษที่ 1980 พบว่าการร่วงไหลของสารไดโคพอล (dicofol) ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของสารดีดีที ซึ่งเป็นหนึ่งในสารเคมีสังเคราะห์ที่มีชื่อเสียงของสารกลุ่มออร์แกโนคลอรีน (organochlorine pesticides) ลงสู่ทะเลสาบอะพ็อพกา (Apopka) รัฐฟลอริดา (Florida) ประเทศสหรัฐอเมริกา และใน ปี ค.ศ.1994 มีรายงานว่าสารไดโคพอลได้ส่งผลกระทบต่อจำนวนประชากรของสัตว์เลื้อยคลานในทะเลสาบโดยเฉพาะ American alligator (*Alligator mississippiensis*) Guillette et al. (1994) ซึ่งเป็นรายงานแรก ๆ ของ

โลกที่ทำให้ทราบถึงผลกระทบของสารเคมีสังเคราะห์กลุ่มออร์แกโนคลอรีนต่อสัตว์เลื้อยคลาน ต่อมาในปี ค.ศ.1996 ได้มีการตีพิมพ์หนังสือ Our Stolen Future (Colborn et al., 1996) ที่อธิบายถึงผลของสารเคมีสังเคราะห์ต่อสัตว์ป่าและการศึกษาผลของสารเคมีสังเคราะห์ที่รบกวนระบบต่อมไร้ท่อ (endocrine disruptor) ในสัตว์ทดลอง รวมทั้งพยายามเชื่อมโยงผลของสารที่รบกวนการทำงานของต่อมไร้ท่อและระบบฮอร์โมนต่อสุขภาพมนุษย์ โดยเรียกสารเคมีดังกล่าวว่า สารเคมีที่รบกวนระบบต่อมไร้ท่อ (endocrine disrupting chemicals, EDCs) ซึ่งโดยปกติสิ่งมีชีวิตสามารถได้รับสารกลุ่มนี้ในรูปสารเคมีที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้น (xenobiotic) และสารตามธรรมชาติ เมื่อสารกลุ่มนี้เข้าสู่ร่างกายสิ่งมีชีวิตจะสามารถเลียนแบบ (mimic) หรือ ยับยั้ง (block) และรบกวนการทำงานของฮอร์โมนเพศ (sex hormone) เช่น เอสโตรเจน (estrogen) หรือ แอนโดเจน (androgen) (Keith, 1997) บ่อยครั้งพบว่าผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสิ่งมีชีวิตเป็นผลจากการได้รับสารเคมีในปริมาณน้อยๆ เป็นระยะเวลาต่อเนื่อง

รูปแบบการออกฤทธิ์ของสารเคมีที่เลียนแบบการทำงานของฮอร์โมนเอสโตรเจนเป็นการออกฤทธิ์รูปแบบหนึ่งที่มีผู้ให้ความสนใจอย่างแพร่หลาย โดยปกติแล้วฮอร์โมนเอสโตรเจนเป็นฮอร์โมนที่ร่างกายสิ่งมีชีวิตสังเคราะห์จากรังไข่และอัณฑะ ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อระบบสืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต (ลินินาฏ และ กฤษณะ, 2006) เมื่อสารกลุ่มที่เลียนแบบการทำงานของฮอร์โมนเอสโตรเจนเข้าสู่ร่างกายสิ่งมีชีวิตจะออกฤทธิ์คล้ายกับฮอร์โมนเอสโตรเจน หรือสามารถสร้างสารที่รบกวนการทำงานของระบบฮอร์โมนได้โดยสารที่เลียนแบบฮอร์โมนเอสโตรเจน พบได้ทั้งจากธรรมชาติ และสารเคมีที่มนุษย์สังเคราะห์ขึ้นโดยสารจากธรรมชาติพบได้ในพืชเรียกว่า ไฟโตเอสโตรเจน

(phytoestrogen) เช่น สารไอโซฟลาโวนอยด์ (isoflavonoids) จากถั่วเหลือง และสารไมโรเอสโตรล (miroestrol) จากกวาวเครือขาว ส่วนสารเคมีสังเคราะห์เรียกว่า ซีโนเอสโตรเจน (xenoestrogen) เช่น 17 เบต้า-เอสตราไดออล (17 β -estradiol)

ในปัจจุบันมีรายงานว่าสารเคมีสังเคราะห์ (xenobiotic) มากกว่า 80,000 ชนิด รายงานการเป็นสารที่รบกวนระบบต่อมไร้ท่อ โดยแบ่งเป็นสารเคมีทางการเกษตร ได้แก่ กลุ่มของสารกำจัดศัตรูพืช ประมาณ 600 ชนิด เช่น สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์แกโนคลอรีน เช่น สารลินเดน (lindane) สารเอนโดซัลแฟน (endosulfan) และสารดีดีที (DDT) ดังในตารางที่ 1 สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟต (organophosphate) เช่น พาราไรออน (parathion)

และมาลาไรออน (malathion) สารกำจัดแมลงกลุ่มไพรีทรอย เช่น ไซเปอร์เมทริน (cypermethrin) สารกำจัดวัชพืช เช่น อาทราซีน (atrazine) และ ทุโฟร-ดี (2, 4-D) สารเคมีจากอุตสาหกรรม 80,000 ชนิด เช่น สารบิสฟีนอล เอ (bisphenol A) สารกลุ่มพีซีบี (PCB, polychlorinated biphenyls) โลหะหนัก (heavy metal) เช่น แคดเมียม (cadmium) ตะกั่ว (lead) สิ่งที่เกี่ยวข้องกับเภสัชภัณฑ์ (pharmaceuticals) เช่น ไดเอทิลstilbestrol (diethylstilbestrol) สารอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน เช่น เบนโซ- α -ไพเร็น (benzo- α -pyrene) (Keith, 1997; Willingham, 2006)

ตารางที่ 1 ผลของสารออร์แกโนคลอรีนบางชนิดที่เกิดขึ้นกับร่างกายสิ่งมีชีวิต (California PSR and CALPIRG (1998))

สารออร์แกโนคลอรีน	ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต
สาร ดีดีที และอนุพันธ์	ต่อต้านฤทธิ์แอนโดรเจน
เมทอกซีคลอร์	สารเลียนแบบฮอร์โมนเอสโตรเจน สารอนุพันธ์รบกวนการพัฒนาของเพศ การสืบพันธุ์และพฤติกรรมของนก ในหนูจะมีพฤติกรรมก้าวร้าวเมื่อได้รับดีดีทีและเมทอกซีคลอร์ ในวันที่ 11-17 ของระยะเวลาดังครรถ์
เอนโดซัลแฟน	จับกับเอสโตรเจนรีเซพเตอร์ และจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพบว่าช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งเต้านม
ลินเดน	สะสมในรังไข่ ท่อนำไข่ และมดลูกของสัตว์ ทำหน้าที่เป็นสารยับยั้งเอสโตรเจน
ไดโคพอล	ทำให้การพัฒนาตัวอ่อนของตัวผู้ผิดปกติและมีพฤติกรรมที่ผิดปกติในลูกของตัวผู้ ลดความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของนก และจับกับฮอร์โมนจากต่อมไทรอยด์ได้ดี

ตัวอย่างการเกิดการรบกวนระบบต่อมไร้ท่อ ในมนุษย์จากสารเคมีสังเคราะห์ เกิดขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ.1970 โดยพบว่าสารไดเอทิลstilbestrol (DES) ที่ถูกใช้เพื่อป้องกันการแท้งบุตรระหว่างปี ค.ศ.1948-1972 เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดมะเร็งเต้านมในแม่ที่ได้รับสารดังกล่าว และทำให้เด็ก

ทารกเพศหญิงที่เกิดมามีความผิดปกติ รวมทั้งส่งผลต่อการเกิดมะเร็งปากมดลูกในเด็กหญิงที่แม่ได้รับสารดังกล่าว นอกจากนี้ยังพบว่าทารกเพศชายที่แม่ได้รับสารดังกล่าวยังมีลักษณะของอวัยวะผิดปกติและการพัฒนาของระบบสืบพันธุ์ (Keith, 1997)

กลไกการทำงานของสารเคมีที่รบกวนระบบต่อมไร้ท่อ

Keith (1997) รายงานว่ากลไกที่เกิดขึ้นเมื่อมนุษย์ได้รับสิ่งมีชีวิตได้รับสารเคมีที่รบกวนระบบต่อมไร้ท่อเข้าไปในร่างกายสิ่งมีชีวิต จะมีกลไกที่เกิดขึ้นไม่น้อยกว่า 5 รูปแบบ ได้แก่

1) เมื่อได้รับสารเคมีเข้าไปในร่างกายสิ่งมีชีวิต สารเคมีจะมีหน้าที่คล้ายฮอร์โมนตามธรรมชาติในร่างกาย ทำให้ตัวรีเซพเตอร์ (receptor) มาจับกับสารเคมีเหล่านี้แทนฮอร์โมนจากธรรมชาติ

2) เมื่อได้รับสารเคมีเข้าไปในร่างกายสิ่งมีชีวิต สารเคมีจะไปบดบังบริเวณที่จะจับกับฮอร์โมน ทำให้กิจกรรมของเซลล์ตามธรรมชาติผิดปกติ

3) เมื่อได้รับสารเคมีเข้าไปในร่างกายสิ่งมีชีวิต สารเคมีจะไปกระตุ้นการสร้างตัวรีเซพเตอร์

พิเศษขึ้นมาทำให้เกิดผลกระทบต่อกิจกรรมของฮอร์โมนในเซลล์

4) เมื่อได้รับสารเคมีเข้าไปในร่างกายสิ่งมีชีวิต สารเคมีจะไปส่งผลกระทบต่อทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการทำงานของระบบฮอร์โมนสิ่งมีชีวิต เช่น ไปเปลี่ยนแปลงการข้อมูลในเซลล์

5) เมื่อได้รับสารเคมีเข้าไปในร่างกายสิ่งมีชีวิต สารเคมีจะไปรบกวนฮอร์โมนที่ร่างกายสิ่งมีชีวิตสร้างขึ้นตามธรรมชาติ ซึ่งมีผลต่อสมดุลของฮอร์โมนสิ่งมีชีวิต ดังตารางที่ 2 และ 3

อย่างไรก็ตามการเกิดผลกระทบที่จะเกิดในรูปแบบต่างๆ ยังมีปัจจัยต่างๆของสิ่งมีชีวิตมาเกี่ยวข้องด้วย ได้แก่ เพศ อายุ พันธุกรรม ความเข้มข้นของสาร ระยะเวลาการรับสัมผัสสาร เป็นต้น

ตารางที่ 2 ผลของสารเคมีที่รบกวนระบบต่อมไร้ท่อต่อระบบเป้าหมายในร่างกายสิ่งมีชีวิต (Bhattacharya and Roy (2006))

สารเคมีที่รบกวนระบบต่อมไร้ท่อ	ระบบต่อมไร้ท่อที่ได้รับผล
แคดเมียม, ฟิซีปี, ซีโนเอสโตรเจน, คาร์บาเมต, มาลาไรออน, แกมมา-บีเอชซี	การสร้างสเตียรอยด์ของต่อมบ่งเพศ
ฟิซีปี, เบนโซอัลฟาพิวรีน	ต่อมบ่งเพศเปลี่ยนแปลง
ออร์แกโนฟอสเฟต และคาร์บาเมต	เปลี่ยนแปลงฮอร์โมนคอร์ติซอล
ออร์แกโนคลอรีน, ออร์แกโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต, แคดเมียม, ปรอท	การทำงานของต่อมไทรอยด์
น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย	การสร้างไวเทิลโลจีนิน

ตารางที่ 3 รูปแบบการทำงานของสารเคมีที่รบกวนระบบต่อมไร้ท่อ (Bailey et al., (2002))

สารออกฤทธิ์เลียนแบบเอสโตรเจน	สารออกฤทธิ์ยับยั้งเอสโตรเจน	สารออกฤทธิ์ยับยั้งแอนโดรเจน
พืชีปี้ โอ พี ดีดีที คีโปน บิสฟีนอล เอ เอนโดซัลเฟน เมทอกซีคลอร์ อาหาราซีน	โพลีคลอรีเนเต็ด เบนโซฟูราน เบนโซ(อัลฟา)พิวรีน	ดีดีอี

ผลของสารเคมีที่รบกวนระบบต่อมไร้ท่อต่อสัตว์เลื้อยคลาน

ในทศวรรษที่ 1990 เริ่มมีความสนใจถึงผลของสารเคมีที่รบกวนระบบฮอร์โมนต่อสัตว์เลื้อยคลาน (Kendall et al., 2010) โดยสัตว์เลื้อยคลานชนิดแรกที่มีการรายงานถึงผลกระทบของสารเคมีคือการเกิดประชากรลดลงของจระเข้ American alligator (*Alligator mississippiensis*) Guillette et al. (1994) จากการสำรวจพบว่าไข่ร้อยละ 90 ที่มีการวางไข่ในปีนั้น ไม่ถูกผสม ส่วนร้อยละ 10 ที่ถูกผสมมีเพียงครึ่งหนึ่งที่ฟักและรอดจนอายุมากกว่า 2 สัปดาห์ เมื่อจระเข้ American alligator ตัวเมียอายุได้ 6 เดือน มีระดับของพลาสมาเอสตราไดออล (plasma estradiol) มากกว่าระดับปกติถึง 2 เท่า และมีรังไข่ที่ผิดปกติ สำหรับจระเข้ American alligator ตัวผู้พบว่ามีความผิดปกติของฮอร์โมนเพศ คือ เทสโทสเตอโรน (testosterone) ลดต่ำกว่าระดับปกติ อันหะมีความผิดปกติ และความยาวของอวัยวะเพศลดลงเหลือเพียง 1 ใน 3 ของความยาวเดิม (Guillette et al., 1994, 1996, 1997; Crain et al., 1998) ซึ่งจากการศึกษาพบว่าน่าจะเป็นผลจากการมีสารไดโคพอล (dicofol) ในแหล่งน้ำ แต่ในช่วงเวลาดังกล่าวยังมี

การศึกษาถึงผลของสารไดโคพอลในสัตว์เลื้อยคลานน้อยมาก ต่อมาการศึกษาถึงผลของสารไดโคพอลและสารอาหาราซีนต่อเอสโตรเจนรีเซพเตอร์ (estrogen receptor) ในจระเข้ Alligator (Vonier et al., 1996) และ Guillette (2000) ได้พบว่าสารไดโคพอลสามารถเลียนแบบหรือยับยั้งฮอร์โมนในสัตว์เลื้อยคลานได้ โดยมีการอธิบายดังนี้สัตว์เลื้อยคลานส่วนใหญ่ เช่น จระเข้ทุกชนิด เต่ามากกว่า 40 ชนิด และกิ้งก่าบางชนิด เพศของตัวอ่อนถูกกำหนดโดยอุณหภูมิระหว่างการฟัก (temperature-dependent sex determination) (Ewert and Nelson, 1991; Janzen, 1995; Valenzuela and Lance, 2004) เมื่อมีการทดลองโดยมีการให้สารเคมีสังเคราะห์ที่มีลักษณะคล้ายฮอร์โมน คือ สาร 17 เบต้า เอสตราไดออล (E_2) ลงไปบนไข่ของจระเข้และเต่าที่ฟักในอุณหภูมิที่เป็นจะให้ตัวผู้พบว่าสารดังกล่าวทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการพัฒนาของตัวอ่อนไปเป็นตัวเมียได้ และความเข้มข้นของสาร 17 เบต้า เอสตราไดออล ในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ มีผลต่อรังไข่และอวัยวะของสัตว์เลื้อยคลาน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในห้องปฏิบัติการของ Bergeron et al. (1994) ที่ทำการหดยสาร 2', 4', 5' - ไดคลอโร - 4 - ไบฟีนอล (2', 4', 5' - trichloro - 4 - biphenylol) ความเข้มข้น 9 ppm ปริมาณ

100 µg ลงไปบนผิวของไข่เต่า Red-eared turtle (*Trachemys scripta elegans*) พบว่า สารชนิดนี้ กระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนเพศได้ร้อยละ 50 และจากการศึกษาของ Irwin et al. (2001) พบว่าเต่า Painted turtle (*Chrysemys picta*) ตัวผู้เมื่อได้รับ สาร 17 เบต้าเอส ตราไดออกส ก็สามารถสร้างสารไวเทลโลจิโนน (vitellogenin) ซึ่งโดยปกติจะพบสารไวเทลโลจิโนนชนิดนี้ในเฉพาะตัวเมียเต็มวัยเท่านั้น การศึกษาของ Willingham and Crew (1996) รายงานว่าการเปลี่ยนเพศของเต่า Red-eared turtle เมื่อได้รับสาร ทราน-นอนอะคลอ (*trans*-Nonachlor), ซีส-นอนอะคลอ (*cis*-Nonachlor), อาโรคลอ 1242 (aroclor 1242), พีพี-ดีดีอี (*p,p'*-DDE) และ คลอเดรน (chlordane) มีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุม (control) อย่างมีนัยสำคัญจากการศึกษาทำให้ทราบว่าสารเคมีที่รบกวนระบบฮอร์โมนสามารถทำให้เกิดความผิดปกติในระบบต่อมไร้ท่อรวมทั้งการผันแปรของระบบสืบพันธุ์ของสัตว์เลื้อยคลาน (Guillette and Iguchi, 2003) ได้

นอกจากนี้สารเคมีที่รบกวนระบบฮอร์โมนยังทำให้เกิดความผิดปกติทางสรีระวิทยา (malformation) ในสัตว์เลื้อยคลานอีกด้วย โดยเฉพาะสารพิษจากอุตสาหกรรมกลุ่มคลอรีเนเต็ดไฮโดรคาร์บอน (chlorinated hydrocarbon) ซึ่งสารกลุ่มนี้จะมีคลอรีน (Cl) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ เช่น สารโพลีคลอรีเนเต็ดไดเบนโซไดออกซิน (PCDD, polychlorinated dibenzodioxin) สารโพลีคลอรีเนเต็ดไดเบนโซฟูแรน (PCDF, polychlorinated dibenzofurans) และ สารโพลีคลอรีเนเต็ดไบฟีนิล (PCB) ซึ่งสารทั้งสามตัวมีรายงานว่ามีความสัมพันธ์กับการเกิดความผิดปกติทางสรีระวิทยาในเต่า Common snapping turtle (*Chelydra serpentina serpentina*) โดยมีทั้งการเกิดกระดองหลังผิดรูป

ขากรรไกรผิดรูป ทางผิดรูปร่างแคระ (dwarf) (Bishop et al., 1998)

สรุป

สารเคมีที่รบกวนระบบต่อมไร้ท่อ (endocrine disrupting chemicals, EDCs) ปัจจุบันมีมากกว่า 80,000 ชนิด ซึ่งสารเคมีหลายชนิด โดยเฉพาะสารคลอรีเนเต็ด ที่มีการใช้ในอดีตและปัจจุบันถูกห้ามใช้แต่ยังคงค้างอยู่ในระบบนิเวศ รวมทั้งสารเคมีสังเคราะห์อื่น ๆ สามารถแสดงผลต่อการรบกวนระบบฮอร์โมนของสิ่งมีชีวิต โดยสามารถเลียนแบบหรือยับยั้ง และรบกวนการทำงานของฮอร์โมนเพศของสิ่งมีชีวิต สัตว์เลื้อยคลานเป็นสิ่งมีชีวิตกลุ่มหนึ่งที่มีรายงานว่าได้รับผลกระทบจากสารเคมีที่รบกวนระบบต่อมไร้ท่อที่ตกค้างในระบบนิเวศผ่านทางห่วงโซ่อาหาร โดยผลที่เกิดขึ้นมีหลายรูปแบบ เช่น มีผลต่อการผันแปรของเพศ ผลต่อระดับฮอร์โมน ผลต่อการเกิดความผิดปกติทางสรีระวิทยา ซึ่งผลที่เกิดขึ้นจะส่งผลกระทบต่อสัตว์เลื้อยคลานและประชากรของสัตว์เลื้อยคลานโดยตรง ในสายใยอาหารที่สลับซับซ้อนนั้น เมื่อสัตว์เลื้อยคลานซึ่งอยู่ในระดับขั้นการบริโภคเดียวกับมนุษย์หรือต่ำกว่าหนึ่งระดับขั้นการบริโภคได้รับผลกระทบจากสารเคมีดังกล่าว ก็เป็นไปได้ว่าผู้บริโภคระดับสูงในสายใยอาหารก็มีโอกาสเสี่ยงที่จะได้รับผลกระทบเช่นเดียวกับสัตว์เลื้อยคลานอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

เอกสารอ้างอิง

- สินินาฏ ศิริ และ ฤกษ์ชนะ อินทร์คำน้อย. (2549). สารเอสโตรเจนจากสิ่งแวดล้อม. ว. วิทย์. มข. 34(2): 89-96
- Bailey, N. R., Clark, H. M., Ferris, J. P., Krause, S. and Strong, R. L. (2002). Chemistry

- of the environment. Academic Press: United state of America.
- Bergeron, J. M., Crews, D. and McLachlan, J. A. (1994). PCB as environmental estrogens: turtle sex determination as a biomarker of environmental contamination. *Environ Health Perspect* 102: 780-781.
- Bhattacharya, S. and Roy, S. (2006). Endocrine signals of response to xenobiotics. *Comparative endocrinology and biodiversity in Asia and Oceania*: 71-76.
- Bishop, C. A., Ng, P., Pettit, K. E., Kennedy, S. W., Stegeman, J. J., Norstrom, R. J. and Brooks, R. J. (1998). Environmental contamination and developmental abnormalities in eggs and hatchlings of the common snapping turtle *Chelydra serpentina serpentina* from the Great Lakes-St. Lawrence River (1989-1991). *Environ Poll* 101: 143-156.
- Bowerman, W. W., Giesy, J. P., Best, D. A. and Kramer, V. J. (1995). A review of factors affecting productivity of bald eagles in the Great Lakes region: Implications for recovery. *Environ Health Perspect* 103: 51-59.
- California PSR and CALPIRG (1998). *Generations At Risk: How Environmental Toxicants May Affect Reproductive Health in California*. California: George Lithograph.
- Clark, K. E., Niles, L. J. and Stansley, W., (1998). Environmental contaminants associated with reproductive failure in Bald Eagle (*Haliaeetus leucocephalus*) eggs in New Jersey. *Bull Environ Contam Toxicol* 61: 247-254.
- Colborn, T., Dumanoski, D. and Myers, J. P., 1996. *Our Stolen Future*. New York: Dutton Press.
- Crain, D. A., Guillette, L. J., Pickford, D. B., Percival, H. F. and Woodward, A. R. (1998). Sex-steroid and thyroid hormone concentration in juvenile alligator (*Alligator mississippiensis*) from contaminated and reference lake in Florida. *Environ Toxicol Chem* 17: 446-452.
- Ehrlich, P. R., Dobkin, D. S. and Wheye, D. (1998). *The birder's handbook (A field guide to the natural history of North American birds the essential companion to your identification guide*. New York: Simon & Schuster. pp 785.
- Ewert, M. A. and Nelson, C. E. (1991). Sex determination in turtles; diverse pattern and some possible adaptive values. *Copeia* 1991: 50-69.
- Guillette, L. J. (2000). Contaminant-Associated Endocrine Disruption in Reptiles. In Sparling, D. W., Linder, G. and Bishop,

- C. A. (eds.), *Ecotoxicology of Amphibians and Reptiles*, Pensacola, Florida: SETAC Press. pp 877.
- Guillette, L. J., Crain, D. A., Rooney, A. A., and Woodward, A. R. (1997). Reduction in penis size and plasma testosterone concentration in juvenile alligators living in control and contaminated lake. *J Herpetol* 31: 347-353.
- Guillette, L. J., Gross, T. S., Masson, G. R., Matter, J. M., Percival, H. F. and Woodward, A. R. (1994). Developmental abnormalities of the gonad and abnormal sex hormone concentrations in juvenile alligators from contaminated and control lakes in Florida. *Environ Health Perspect* 102: 680-688.
- Guillette, L. J. and Iguchi, T. (2003). Contaminant-induced endocrine and reproductive alterations in reptile. *Pure Appl Chem* 75: 2275-2286.
- Guillette, L. J., Pickford, D. B., Crain, D. A., Rooney, A. A., and Percival, H. F. (1996). Reduction in penis size and plasma testosterone concentration in juvenile alligators living in a contaminated and lakes. *Gen Comp Endocrinol* 101: 32-42.
- Irwin, L. K., Gray, S. L., and Oberdorster, E. (2001). Vitellogenin induction in painted turtle, *Chrysemys picta*, as a biomarker of exposure to environmental levels of estradiol-17 β . *Aquat Toxicol* 55:49-60.
- Janzen, F. J. (1995). Experimental evidence for the evolutionary significance of temperature-dependent sex determination. *Evolution* 49: 864-873.
- Keith, L. H. (1997). *Environmental Endocrine Disruptor: A Handbook of Property Data*. New York: Wiley Interscience. pp 1232.
- Keithmaleesatti, S., Varanusupakul, P., Siri Wong, W., Thirakhupt, K., Robson, M. and Kitana, N. (2009). Contamination of organochlorine pesticides in nest soil, egg, and blood of the snail-eating turtle (*Malayemys macrocephala*) from the Chao Phraya River Basin, Thailand. *Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology* 40: 459-464.
- Kendall, R. J., Lacher, T. E., Cobb, G. P. and Cox, S. B. (2010). *Wildlife Toxicology: Emerging Contaminant and Biodiversity Issues*. Boca Raton: Taylor & Francis Group.
- Perry, A. S., Yamamoto, I., Ishaaya, I. and Perry, R. (1998). *Insecticides in Agriculture and Environment: Restrospects and Prospects*. New Delhi: Narosa.
- Ratcliffe, D. A. (1970). Changes attributable to pesticides in egg breakage frequency and egg shell thickness in some British birds. *J Appl Ecol* 7: 67-115.

- Valenzuela, N. and V. Lance, Eds. (2004). Temperature Dependent Sex Determination in Vertebrates. Smithsonian Books. Washington D.C
- Vonier, P. M., Crain, D. A., McLachlan, J. A., Guillette, L. J. and Arnold, S. F. (1996). Interaction of environmental chemicals with the estrogen and progesterone receptors from the oviduct of the American alligator. *Environ Health Perspect* 104: 1318-1322.
- Willingham, E., 2006. Development and reproductive effect. In Gardner, S. C. and Oberdörster, E. (2006). *Toxicology of reptile*. Boca Raton: Taylor & Francis.
- Willingham, E. and Crews, D. (1999). Sex reversal effect of environmentally relevant xenobiotic concentrations on the red-eared slider turtle, a species with temperature-dependent sex-determination. *Gen Comp Endocrinol* 113: 429-435.

