

ผลของดีดีทีในอาหารนกไข่อต่อความหนาของเปลือกไข่^{1/}

อัตราการฟักออกเป็นตัวและการพัฒนาโครงกระดูกของ

นกกระทาญี่ปุ่น

(Effects of DDT in Diets on Eggshell Thickness,

Hatchability and Skeletal Development of Japanese

quail)

รูปภาพ ๒ นศ^{2/}

ยุติมา ๒ หมายเหตุ^{3/}

วิจัย ๒ รื่องพัฒนา^{4/}

บทคัดย่อ

ได้ศึกษาผลของยาฆ่าแมลงดีดีทีที่มีต่อความหนาของเปลือกไข่ อัตราการฟักออกเป็นตัว และการพัฒนาของโครงกระดูกของนกกระทาญี่ปุ่น โดยการผสมดีดีทีลงในอาหาร ในปริมาณ 0, 5 และ 10 ppm. ตามลำดับ ผลการวิจัยพบว่า ปริมาณดีดีทีดังกล่าวไม่มีผลในเชิงสถิติต่อ ความหนาของเปลือกไข่ต่ออัตราการฟักออกเป็นตัวและการพัฒนาของโครงกระดูกของนกกระทา ญี่ปุ่นในสัตว์ทดลองทั้ง 3 กลุ่มเลย

Abstract

Young japanese quails were fed diets containing 0, 5 and 10 ppm. technical DDT. It was found that DDT had no effect on egg shell thickness hatchability and also skeletal development.

1/ - ได้รับทุนอุดหนุนทั่วไปจากมหาวิทยาลัยขอนแก่น ประจำปี 2527

2/1 - รองศาสตราจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

3/ - ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

4/ - อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำและการตรวจสอบเอกสาร

ดีดีทีเป็นยาฆ่าแมลงพวก Chlorinated hydrocarbon ซึ่งมีชื่อทางเคมีว่า Dichloro diphenyl trichloroethane และมีชื่อทางการแพทย์เรียกว่า Chlorophenothane คุณสมบัติทางเคมีของสารตัวนี้ เป็นผลึกสีขาว ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ใน Apolar organic solvent มีฤทธิ์ตกค้างอยู่ได้นาน ดีดีทีเป็นวัตถุพิษที่ถูกต้องไว้ในกลุ่มออร์แกโนคลอรีน (organochlorine)

ในประเทศไทย ภายหลังสงครามโลกครั้งที่สอง ได้มีการนำวัตถุพิษพวกออร์แกโนคลอรีนมาใช้อย่างมากมาย ทั้งในการเกษตรและการสาธารณสุข และในปัจจุบันก็ยังใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะดีดีทีซึ่งมีปริมาณการสั่งเข้ามากกว่าวัตถุพิษชนิดอื่น (ลูจิต วิทยังคน, 2521 อ้างตามศิริรักษ์ มหิทธิบุรินทร์ 2524)

เนื่องจากการใช้ดีดีทีในหมู่เกษตรกรไทยอย่างไม่มีขอบเขต และสารตัวนี้มีฤทธิ์ตกค้างอยู่ได้นาน ดังนั้นดีดีที จึงมีการตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อมทั่ว ๆ ไป เช่น ในพืชผัก ในน้ำ ในปลา ในดิน ในอาหารสัตว์ ในน้ำดื่ม แม้แต่ในไข่ไก่และในเนื้อเยื่อของไก่

การสะสมวัตถุพิษในไข่และเนื้อเยื่อของนก (ไก่)

Liska, et al (1964) ได้รายงานว่าวัตถุพิษออร์แกโนคลอรีน โดยเฉพาะดีดีที ซึ่งสเปรย์โดยตรงในสิ่งแวดล้อมหรือปนอยู่ในอาหารสัตว์จะตกค้างอยู่ในเนื้อเยื่อไก่และในไข่ไก่ในปริมาณเล็กน้อย

Reichel, W.L. และ C.E. Addy (1968) ได้ทำการสำรวจเกี่ยวกับพิษตกค้างของยาฆ่าแมลงพวก Chlorinated ในไข่เป็ด (Black Duck Eggs) ซึ่งอาศัยอยู่แถบ Atlantic Flyway พบว่ายาฆ่าแมลงตกค้างอยู่ในไข่และปริมาณที่ตกค้างก็อาจจะส่งผลต่อการฟักออกเป็นตัวหรืออัตราการอยู่รอดของสัตว์ชนิดนี้

Johnston D.W. (1978) ได้ศึกษาพิษตกค้างของยาฆ่าแมลงพวก Chlorinated hydrocarbon โดยเฉพาะดีดีทีและเมตาบอไลต์ของมัน ในนกที่เป็นผู้ล่า 71 ตัว พบว่า 68 ตัว มี p, p'-DDE หรือเมตาบอไลต์ตัวอื่น 34 ตัวมีดีลเดริน (dieldrin) Blus, L.J. and T.G. Lamont (1979) ได้ทำการศึกษาพิษตกค้างของออร์แกโนคลอรีนในนกที่อาศัยอยู่ตามชายทะเลแถบ South Carolina จำนวน 6 ชนิด จะพบ DDE และ polychlorinated biphenyls (PCBs) ปริมาณสูงตกค้างในไข่

Ohlendorf et al (1979) ได้รายงานว่าในนกฮิรอนที่ยังหนุ่มสาว (young Herons) ที่อาศัยอยู่บริเวณแม่น้ำมิสซิสซิปปี ตอนบนจะพบสารพอกออร์แกโนคลอรีนตกค้างอยู่ในปริมาณ 6.43 ppm. ของ PCBs) 1.31ppm. ของ DDE และ 1.90 ppm. ของ DDT (คิดจากค่าเฉลี่ยของน้ำหนักเปียก).

Haseltine, S.D. G.H. Heinz, W.L. Reichel and J.F. Moore (1981) ได้ศึกษาเกี่ยวกับพิษตกค้างของสารออร์แกโนคลอรีนและโลหะหนักใน 'นกที่ทำรังอยู่ในน้ำในทะเลสาบมิชิแกน พบว่าในปีที่ทำการศึกษาคือ 1977-1978 พบว่าปริมาณของ DDE และ PCBs ลดลงจากปริมาณที่พบในปี 1975 ส่วนดีลดรินและปรอทที่ตกค้างนั้นปริมาณจะไม่ลดลงไปกว่าปี 1975

Ohlendorf, H.M., D.M. Swineford และ L.N. Locke (1981) ได้รายงานผลการศึกษพิษตกค้างของออร์แกโนคลอรีนในนก Herons ซึ่งได้พบว่าจากซากนก 72 ตัวซึ่งพบตายในท้องทุ่งนั้นมีปริมาณสารพิษตกค้างเล็กน้อยเรียงลำดับดังนี้ สูงสุดคือ DDE รองลงไปคือ PCBs และ dieldrin และ TDE อันดับที่ 3 และต่อ ๆ ไปก็คือ Endrin, mirex, toxaphene และ HCB เขาสรุปว่าในซากนก 1 ตัวต้องพบสารพิษออร์แกโนคลอรีนอย่างน้อย 1 ชนิด

อันตรายของวัตถุพิษออร์แกโนคลอรีนที่มีต่อนก

ในกรณีที่นกได้รับวัตถุพิษในปริมาณมากจะทำให้เกิดอันตรายอย่างเฉียบพลันทำให้นกตายได้ แต่อีกกรณีหนึ่งถ้าปริมาณของวัตถุพิษนั้นไม่ทำให้ถึงตายก็จะเกิดอันตรายในรูปเรื้อรังคือมีผลเสียต่อการสืบพันธุ์และการขยายพันธุ์ของนก

Ames, 1966, Jones and Summers 1968 ได้รายงานว่าวัตถุพิษออร์แกโนคลอรีนที่ขับถ่ายออกจากแม่นกไปสะสมอยู่ในไข่ จะไปยับยั้งการเจริญของตัวอ่อนทำให้ไม่สามารถฟักไข่ออกมาเป็นตัวได้ และเขายังกล่าวว่าลูกนกจะกลายเป็นตัวเมียตั้งแต่อยู่ในไข่แม้ว่าจะฟักออกมาก็ไม่มีโอกาสเป็นตัวผู้ซึ่งมีผลเสียต่อการสืบพันธุ์

Peakall, 1967; Peakall, 1970b; Davison and Sell 1972 ได้รายงานว่า วัตถุพิษออร์แกโนคลอรีนมีผลทำให้พฤติกรรมการสืบพันธุ์ของนกผิดปกติไปอันได้แก่ การผสมพันธุ์ช้าลง วางไข่ช้าลงหลังจับคู่ผสมพันธุ์หรือไปวางไข่ขนาดเล็ก Clutch ลดลงและไม่วางไข่ทดแทนที่เสียไป

Ratcliffe (1967) ได้ทำการทดลองให้นกกินวัตถุพิษเข้าไป ผลปรากฏว่าเป็ลือกไข่จะบางลงกว่าปกติ ซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับความหนาของเป็ลือกไข่ลดลงเนื่องจากวัตถุพิษออร์แกโนคลอรีนได้พบเช่นเดียวกันในประเทศสหรัฐอเมริกา (Hickey and Anderson 1968)

Porter and Wiemeyer, 1969; Wiemeyer and Porter, 1970 ได้ทดลองให้นก Sparrow Hawk กินดีดีทีและดีลตรินในปริมาณเท่าที่พบตามธรรมชาติพบว่าเป็ลือกไข่ของนกกระจ่างบางลง 8-10% และในนกที่ล่องบางลง 15-17% และเมื่อให้นก American Kestrels กินอาหารที่มีดีดีทีปนอยู่ 5 พีพีเอ็มมีผลทำให้เป็ลือกไข่บางลง 10%

Tucker, R.K. and H.A. Haegle (1970) ได้ทดลองผสมดีดีทีในอาหารที่มีแคลเซียมต่างระดับกันในนกกระทาและนกเป็ดน้ำ Mallard ผลของการวัดเป็ลือกไข่เป็นดังนี้

DDT	Calcium		
	3.1 (control)	1.73%	1.0%
0 ppm.	204 u	204	186
10 ppm.	208	200	183
30 ppm.	195	196	181

เขาสรุปรว่าในอาหารที่มีแคลเซียมต่ำและผสมดีดีทีจะเป็นสาเหตุให้เป็ลือกไข่บางลง และเขาก็ได้ผลเช่นเดียวกันในนกเป็ดน้ำ

Longcore et al (1971) และ Longcore and Saurson (1973) พบว่าดีดีทีที่มีความเข้มข้น 10-40 พีพีเอ็มในอาหารทำให้เป็ลือกไข่ของนกเป็ด Mallard และ Block Duck บางลง และองค์ประกอบของสารในเป็ลือกไข่เปลี่ยนไปจากปกติ

Blus et al (1979) ได้พบว่า วัตถุพิษออร์แกโนคลอรีน 13 ชนิดจะพบตกค้างอยู่ในไข่และเนื้อเยื่อของนกเพลลิแกนซึ่งพบว่าตายในระหว่างปี 1974-1975 และยังได้พบว่าเป็ลือกไข่ซึ่งเก็บในระหว่างปี 1969-1975 จะบางลงกว่าเป็ลือกไข่ซึ่งเก็บในปี 1947 อย่างมีนัยสำคัญ

Davison, K.L. and J.L. Sell (1972) ได้ศึกษาผลของวัตถุพิษดีลตรินและ p,p'-DDT ซึ่งมีปริมาณสูงต่อการออกไข่และการบางลงของเป็ลือกไข่ในไก่ ผลปรากฏว่าพบความแตกต่างของอัตราการออกไข่ น้ำหนักตัว น้ำหนักเป็ลือกไข่แห้ง และความหนาของเป็ลือกไข่เลย ในช่วงการทดลอง 12 อาทิตย์ (เขาได้กล่าวว่าแม้ว่าผู้ทำการทดลองหลาย ๆ คนได้สรุปรว่าวัตถุพิษออร์แกโนคลอรีนมีผลทำให้เป็ลือกไข่บาง แต่ผลการทดลองของเขาเองไม่เห็นความแตกต่างอย่างเด่นชัดเช่นในสัตว์ป่า

Cecil, H.C. et, al (1973) ได้รายงานว่าถ้าใช้ดีดที่ 10 พีพีเอ็มและ 50 พีพีเอ็มผสมในอาหารที่มีแคลเซียม 3.5% และ 1.5% เป็นเวลา 40 อาทิตย์ ผลที่พบคือภายหลังการให้อาหารผสมดีดที่เป็นเวลา 2-4 เดือนในกลุ่มอาหารที่มีแคลเซียม 3.5% เปลือกไขจากแม่ไก่ที่มีอายุ 2 ปี จะบางลงอย่างมีนัยสำคัญ แต่จะไม่มีผลต่อกลุ่มที่มีระดับแคลเซียมในอาหารต่ำ

Klans, E.E. et al (1980) ได้รายงานว่าจากการวิเคราะห์พิษตกค้างของวัตถุมีพิษออร์แกโนคลอรีนในไขนกหลายชนิดซึ่งรวบรวมจากนิวเจอร์ซีย์ในระหว่างปี 1972-1973 และจากเวอร์จิเนียและแคลิฟอร์เนียได้ ในระหว่าง 1973-74 พบว่าไขส่วนใหญ่จะมีสาร p,p'-DDE และ PCBs ตกค้างอยู่ แต่เขาพบว่าเปลือกไขไม่ได้บางกว่าไขที่เก็บในปี 1947 เลย

Lindvall, M.L. and J.B. Low (1980) ได้ศึกษาภาคสนามโดยการเก็บไขนก Western Grebe มาวิเคราะห์หาพิษตกค้างของสารออร์แกโนคลอรีน ซึ่งเขาได้พบในปริมาณต่ำ และเขาได้รายงานว่าเปลือกไขของนกชนิดนี้จะบางลง 2.3% เมื่อเทียบกับช่วงก่อนใช้ดีดที่

อุปกรณ์และวิธีดำเนินงาน

อุปกรณ์

1. วัสดุ

- 1.1 ลูกนกกระทาอายุ 4 อาทิตย์จากฟาร์มสัตว์ปีกคณะเกษตรศาสตร์
- 1.2 อาหารนกกระทารุ่นและนกกระทาไข่
- 1.3 ดีดที่
- 1.4 ไขนกกระทา

2. สารเคมี

- 2.1 95% เอทิลแอลกอฮอล์
- 2.2 น้ำกลั่น
- 2.3 สารละลายโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.2%, 0.5%, 1.0% และ 2%
- 2.4 กลีเซอริน
- 2.5 สีย้อม Alizarin red และ Alcian blue
- 2.6 NaCl 0.8%

3. อุปกรณ์

- 13.1 กรงเลี้ยงนกกระทาแบบขึ้น
- 13.2 ตู้ฟักไข่
- 13.3 ขวดสำหรับดองเอมบริโอ
- 13.4 จานแก้ว
- 13.5 กรรไกรปลายแหลมโค้ง
- 13.6 ปากคีบ
- 13.7 เวอร์เนียร์
- 13.8 ไมโครมิเตอร์

วิธีดำเนินงาน

นกกระทาอวรูปประมาณ 4 อากิตย์จำนวน 400 ตัว (ตัวเมีย 300, ตัวผู้ 100) จากฟาร์มสัตว์ปีก คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น ถูกนำมาเลี้ยงที่โรงเลี้ยงสัตว์ทดลอง ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยวางแผนการทดลองเป็น 3 กลุ่ม

1. กลุ่มควบคุมให้น้ำและอาหารปกติ
2. กลุ่มทดลองที่ 1 (T_1) ให้น้ำและอาหารผสมดีดีที 5 ppm.
3. กลุ่มทดลองที่ 2 (T_2) ให้น้ำและอาหารผสมดีดีที 10 ppm.

ในแต่ละกลุ่มการทดลองจะมีนกกระทาดัวเมีย 100 ตัว, ตัวผู้ 33 ตัว ถูกนำมาเลี้ยงในกรงแบบขึ้นในแต่ละชั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนขนาด 18" x 12.6" x 6" ซึ่งจะให้นกกระทาดัวเมีย 10 ตัว ตัวผู้ 3-4 ตัว เลี้ยงรวมกันเพื่อให้ผสมพันธุ์ นกกระทาทั้ง 3 กลุ่มทดลองจะได้รับน้ำและอาหารตลอดเวลา

เมื่อนกกระทาออกไข่ จะเก็บรวบรวมไข่ในแต่ละกลุ่มทดลองเข้าตู้ฟักเพื่อดูแลการฟักออกเป็นตัวส่วนหนึ่ง และไข่อีกส่วนหนึ่งจะรวบรวมเข้าตู้ฟักเช่นเดียวกันเพื่อทำการศึกษาเกี่ยวกับพัฒนาการของโครงกระดูกเอมบริโอโดยวิธีดองใส่ โดยศึกษาเอมบริโออายุ 6 วัน-16 วัน สำหรับเทคนิคการดองใส่นั้นใช้เทคนิคของ สุกภาพ ณ นครและชุติมา หาญจวนิชย์ (2524) และเมื่อกระดูกอ่อนและกระดูกแข็งย่อยมดิดสีแล้วก็ใช้เวอร์เนียร์วัดความยาวของส่วนต่าง ๆ แล้วบันทึกผลสำหรับเปลือกไข่ที่เหลือจากการที่ลูกนกฟักออกเป็นตัวแล้วจะได้เก็บรวบรวมแยกออกเป็นกลุ่ม ๆ เพื่อศึกษาเกี่ยวกับความหนาของเปลือกไข่ซึ่งวัดโดยใช้ไมโครมิเตอร์วัด 2 จุดและหาค่าเฉลี่ยต่อไข่ 1 ฟอง และในแต่ละกลุ่มจะเฉลี่ยจากไข่ 15 ฟองต่อการฟัก 1 ครั้ง

ผลการทดลอง

1. ผลของที่ดีต่อการฟักออกเป็นตัว

หลังจากที่นำไข่แต่ละชุดเข้าตู้ฟักจนครบ 10-17 วัน ผลปรากฏว่ามีลูกนกฟักออกมาจำนวนหนึ่ง สำหรับไข่ที่เหลือจะได้ตรวจเช็คดูโดยวิธีดูไข่ให้แตกผลปรากฏดังนี้

- (1) ไข่ที่มีสภาพปกติหมายถึง ไข่ไม่เสียเชื้อ
- (2) ไข่ที่ลูกนกพัฒนาถึงระยะหนึ่งแล้วตายหมายถึง เอ็มบริโอไม่พัฒนา
- (3) ไข่ที่ลูกนกพัฒนาถึงระยะฟักแต่ตายก่อนเพราะฟักไม่ได้หมายถึง ตายโคม

ผลการทดลองเป็นดังนี้

วันที่ฟักออกเป็นตัว	กลุ่มควบคุม(%)			กลุ่ม T ₁ (%)			กลุ่ม T ₂ (%)		
	ฟัก(%)	ตายโคม	ไม่พัฒนา	ฟัก	ตายโคม	ไม่พัฒนา	ฟัก	ตายโคม	ไม่พัฒนา
19 ธ.ย. 29	61.01	27.12	6.78	78.38	10.81	13.51	71.43	9.52	17.41
19 ก.ค. 29	58.18	34.55	7.27	59.09	33.63	7.27	44.64	55.35	-
30 ก.ค. 29	70.58	21.35	8.74	66.96	25.89	7.14	38.36	51.52	10.10
25 ส.ค. 29	62.69	23.88	13.43	62.22	25.56	11.11	64.76	22.85	11.43
4 ก.ย. 29	58.75	31.25	10.0	60.91	28.74	11.49	69.66	22.47	7.87
18 ก.ย. 29	53.16	43.03	3.8	66.07	28.57	5.36	74.60	22.22	20.8
10 ต.ค. 29	59.52	34.52	5.95	87.5	12.5	-	37.5	41.67	5.56
18 ต.ค. 29	66.25	31.25	2.5	69.23	15.38	15.38	75.0	16.67	

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way Analysis of Variance)
ของเปอร์เซ็นต์การตายฟัก

SCV	SUM SQUARES	DEG FREEDOM	MEAN SQUARE	F-TEST RATIO
Treatment	390.0469	2	195.0234	1.49 ^{ns.}
Error	2742.961	21	130.6172	
Total	3133.008			

ns : non-significance

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way Analysis of Variance)
ของเปอร์เซ็นต์การตายโคม

SCV	SUM SQUARES	DEG FREEDOM	MEAN SQUARE	F-TEST RATIO
Treatment	337.707	2	168.8535	1.25 ^{ns.}
Error	2843.041	21	135.5829	
Total	3180.748			

ns : non-significance

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way Analysis of Variance)
ของเปอร์เซ็นต์การไม่ฟัก

SCV	SUM SQUARES	DEG FREEDOM	MEAN SQUARE	F-TEST RATIO
Treatment	26.64026	2	13.32013	0.47 ^{ns.}
Error	597.2571	21	28.44081	
Total	623.8973			

ns : non-significance

2. ผลของดีที่ต่อความหนาของเปลือกไข่

โดยการใช้ไมโครมิเตอร์วัดความหนาของเปลือกไข่ การวัดเปลือกไข่ต่อกลุ่มไข่จำนวน

15 ฟองแล้วหาค่าเฉลี่ย ผลเป็นดังนี้

วันที่พัก ออกเป็นตัว	ค่าเฉลี่ยความหนาของ เปลือกไข่ (มม.)		
	C	T ₁	T ₂
10 ม.ย.27	0.263	0.219	0.233
17 ม.ย.27	0.216	0.234	0.239
19 ม.ย.27	0.216	0.219	0.222
30 ม.ย.27	0.213	0.239	0.233
4 ก.ค.27	0.222	0.227	0.223
16 ก.ค.27	0.225	0.223	0.223
19 ก.ค.27	0.210	0.223	0.217
28 ก.ค.27	0.217	0.220	0.222
8 ส.ค.27	0.217	0.235	0.229
21 ส.ค.27	0.225	0.234	0.234
24 ส.ค.27	0.218	0.225	0.231
3 ก.ย.27	0.222	0.222	0.199
4 ก.ย.27	0.205	0.217	0.224
13 ก.ย.27	0.214	0.212	0.219
17 ก.ย.27	0.219	0.209	0.203
18 ก.ย.27	0.221	0.219	0.218
10 ต.ค.27	0.211	0.218	0.234
18 ต.ค.27	0.206	0.211	0.218

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way Analysis of Variance)

ในผลของดีดีที่ต่อความหนาเปลือกไข่

SOV	SUM SQUARES	DEG FREEDOM	MEAN SQUARE	F-TEST RATIO
Treatment	2.067089E-04	2	1.033545E-04	0.49 ^{ns.}
Error	5.742312E-03	51	1.125944E-04	
Total	5.949021E-03			

ns : non-significance

3. ผลของดีดีที่ต่อการพัฒนาโครงกระดูกของเอมบริโอ

โดยการใช้เทคนิคการดองไลแล้วย้อมสีกระดูกอ่อนด้วย Alcian blue และกระดูกแข็งด้วย Alizarin red ผลปรากฏว่ากระดูกอ่อนติดสีน้ำเงิน และกระดูกแข็งติดสีแดงกระดูกอ่อนปรากฏให้เห็นตั้งแต่เอมบริโออายุ 6 วันแต่เล็กมาไม่สามารถวัดได้ ข้อมูลที่พอจะวัดได้นั้นเริ่มที่เอมบริโออายุ 10 วัน โดยทำการวัดความยาวของทั้งปีกและขาและรายงานผลความยาวของส่วนต่างๆ ดังนี้

ส่วนปีก	กระดูก	Humerus	= H
		Ulna	= U
		Radius	= R
		Carpometracarpus	= C
ส่วนขา	กระดูก	Femur	= F
		Tibiotarsus	= Tt
		Tarsometatarsus	= Tm

ผลการทดลองเป็นดังนี้

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยความยาวของปีกส่วนต่าง ๆ เป็นเซนติเมตร

อายุฟัก (วัน)	กลุ่มควบคุม				กลุ่ม T ₁				กลุ่ม T ₂			
	H	U	R	C	H	U	R	C	H	U	R	C
10	0.23	0.25	0.2	0.13	0.29	0.24	0.24	0.1	0.3	0.27	0.24	0.13
11	0.25	0.23	0.25	0.17	0.28	0.22	0.24	0.13	0.27	0.26	0.25	0.14
12	0.29	0.27	0.28	0.14	0.38	0.30	0.29	0.16	0.33	0.32	0.31	0.19
13	0.43	0.37	0.35	0.24	0.42	0.39	0.38	0.28	0.4	0.37	0.35	0.23
14	0.51	0.43	0.42	0.32	0.45	0.45	0.41	0.3	0.46	0.45	0.46	0.37
15	0.54	0.50	0.49	0.36	0.51	0.45	0.45	0.34	0.49	0.45	0.44	0.38
16	0.59	0.51	0.50	0.37	0.56	0.51	0.51	0.35	0.54	0.48	0.47	0.37

ผลที่วัดได้ไม่มีความแตกต่างกันในระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยความยาวของขาส่วนต่าง ๆ เป็นเซนติเมตร

อายุฟัก (วัน)	กลุ่มควบคุม			กลุ่ม T ₂			กลุ่ม T ₂		
	F	Tt	Tm	F	Tt	Tm	F	Tt	Tm
10	0.34	0.34	0.19	0.36	0.43	0.24	0.40	0.39	0.26
11	0.43	0.45	0.28	0.44	0.5	0.3	0.42	0.44	0.31
12	0.51	0.53	0.37	0.55	0.59	0.4	0.58	0.62	0.40
13	0.71	0.78	0.51	0.68	0.75	0.47	0.70	0.77	0.53
14	0.78	0.96	0.62	0.77	0.90	0.60	0.85	0.95	0.65
15	0.94	1.14	0.72	0.91	1.03	0.65	0.91	1.05	0.65
16	1.01	1.22	0.87	0.97	1.15	0.75	1.00	1.23	0.78

ผลที่วัดได้ไม่มีความแตกต่างกันในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

สรุปและวิจารณ์ผล

เนื่องจากการทดลองในครั้งนี้ เป็นการทดลองที่ใช้ระยะเวลาสั้นและใช้ปริมาณดีดที่น้อยมาก ดังนั้นผลการทดลองจึงไม่พบข้อแตกต่างอันใดเลยในกลุ่มนกควบคุมและกลุ่มทดลอง อย่างไรก็ตาม การศึกษาวิจัยนั้นหากจะให้สมบูรณ์จริง ๆ แล้วก็ต้องมีข้อมูลอื่น ๆ อีกจากนักวิจัยหลายสาขาร่วมมือกัน เป็นต้นว่าปริมาณของสารพิษตกค้างในเนื้อเยื่อและในไขมันระดับของเอนไซม์ในเลือด เพื่อจะได้ใช้เป็นข้อมูลประกอบการสรุปผลเพราะเหตุว่าหากมีสารพิษไปสะสมอยู่ในร่างกายของนกแล้ว สารพิษนี้จะไปมีผลโดยตรงต่อเอนไซม์คาร์บอนิคแอนไฮเดรส (Carbonic Anhydrase) ซึ่งในที่สุดจะไปมีผลต่อการสร้างเปลือกไข่ (Peakall, 1970b) และ (Bitman et al 1969) และกระบวนการสร้างเปลือกไข่นั้นจะเกี่ยวข้องกับวัฏจักรของการใช้แคลเซียม เพราะเหตุว่า Taylor (1970) ได้รายงานว่ามีไก่ต้องนำแคลเซียมจากบริเวณขาถึงร้อยละ 15 ไปใช้ในการสร้างเปลือกไข่

อย่างไรก็ตาม วัตถุประสงค์ของอาร์แกโนคลอรีนเมื่อเข้าสู่ร่างกายของนกแล้วส่วนหนึ่งจะถูกขับถ่ายออกไปกับอุจจาระ ส่วนที่เหลือก็จะถูกย่อยสลายเพื่อลดความเป็นพิษให้น้อยลง จนถึงขั้นขับถ่ายออกนอกร่างกายได้ (Matsumara, 1975) ในกรณีที่ยังมีเหลือตกค้างอยู่ภายในร่างกาย วัตถุประสงค์ก็จะถูกย่อยสลายไปตามขั้นตอนและจะผ่านไปยังเนื้อเยื่อและอวัยวะต่าง ๆ ที่มีเซลล์ไขมันและเกิดการสะสม นอกจากนี้วัตถุประสงค์ที่สะสมในตัวนกยังสามารถระบายออกได้ทางต่อมไขมันโคนหาง (preen gland) (Charnetski and Stevens, 1974) และเมื่อนกมีการวางไข่ วัตถุประสงค์จะถูกส่งจากแม่ไก่เข้าสู่ไข่ ซึ่งเป็นการระบายวัตถุประสงค์ออกจากตัวแม่ไก่ แต่ก็อาจจะไปมีผลต่อลูกนกในช่วงแรก ๆ ไปได้

ในกรณีที่วัตถุประสงค์ผ่านจากแม่ไก่ไปยังไข่นั้น สารพิษก็จะไปสะสมอยู่ที่ไข่แดง ในระหว่างที่ตัวอ่อนหรือเอมบริโอกำลังพัฒนานั้นก็จะใช้ไข่แดงเป็นอาหาร ซึ่งในที่สุดสารพิษก็จะเข้าสู่ตัวเอมบริโอและก็จะไปมีผลต่อการพัฒนาโครงกระดูกของเอมบริโอได้ เพราะเหตุว่ากระบวนการสร้างกระดูกนั้นต้องมีการใช้แคลเซียมจากกระดูกและเลือด แต่ Bitman et al (1969) ได้รายงานว่างูวัตถุประสงค์ของอาร์แกโนคลอรีนจะไปยับยั้งการดูดซึมแคลเซียมจากทางเดินอาหาร

ในการทดลองครั้งนี้ไม่ได้พบข้อแตกต่างในเรื่องของความหนาของเปลือกไข่และความยาวของโครงกระดูกส่วนต่าง ๆ ของเอมบริโอเลย เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ทั้งนี้

เพราะเหตุว่าปริมาณดีดที่ใช้นั้นน้อยมาก ซึ่งคาดว่าจะถูกขับออกจากร่างกายหมดไม่เกิดการสะสม
สิ่งไม่เกิดผลกระทบใด ๆ ต่อสัตว์ทดลองเลย

ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษางานในด้านนี้ต่อไปนั้นควรจะใช้วัตถุดิบในปริมาณที่มากขึ้น
ใช้ระยะเวลาทดลองติดต่อกันเป็นช่วงสั้น ๆ และต้องมีนักวิชาการสาขาอื่นร่วมทำการศึกษาร่วมด้วย

ภกชบคุณ

กลุ่มผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยขอนแก่นที่ได้จัดสรรงบประมาณหมวดอุดหนุนทั่วไปให้
ทำการวิจัย ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์รังสรรค์ เนียมสนิทที่ได้ช่วยวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ
และขอขอบคุณภาควิชาชีววิทยาที่ได้ช่วยอนุเคราะห์เกี่ยวกับการใช้บริหารของภาควิชา