ปริมาณของสารออร์แกโนคลอรีนในไข่แดงและความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของนกยางเปีย *Egretta garzetta* (Linnaeus, 1758) เขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

นายศรัณย์ เกียรติมาลีสถิตย์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-3448-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONCENTRATION OF ORGANOCHLORINE IN EGG YOLK AND REPRODUCTIVE SUCCESS OF *Egretta garzetta* (Linnaeus, 1758) AT WAT TAN-EN NON-HUNTING AREA, PHRA NAKHON SI AYUTTHAYA PROVINCE

Mr. Sarun Keithmaleesatti

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Environmental Science (Inter-department)
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2003

ISBN 974-17-3448-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ปริมาณของสารออร์แกโนคลอรีนในไข่แดงและความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของนกยางเปีย *Egretta garzetta* (Linnaeus, 1758) เขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
โดย	นายศรัณย์ เกียรติมาลีสถิตย์
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กำธร ธีรคุปต์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ ดร. อาจอง ประทัตสุนทรสาร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

…….. คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. สุชาดา กีระนันทน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

…… ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์)

……... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กำธร ธีรคุปต์)

……อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ ดร. อาจอง ประทัตสุนทรสาร)

……กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. อมร เพชรสม)

……กรรมการ
(ดร. เบญจลักษณ์ กาญจนเศรษฐ์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศรัณย์ เกียรติมาลีสถิตย์: ปริมาณของสารออร์แกโนคลอรีนในไข่แดงและความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของนกยางเปีย *Egretta garzetta* (Linnaeus, 1758) เขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา. (CONCENTRATION OF ORGANOCHLORINE IN EGG YOLK AND REPRODUCTIVE SUCCESS OF *Egretta garzetta* (Linnaeus, 1758) AT WAT TAN-EN NON-HUNTING AREA, PHRA NAKHON SI AYUTTHAYA PROVINCE) อ. ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กำธร ธีรคุปต์, อ.ที่ปรึกษาร่วม: อาจารย์ ดร. อาจอง ประทัตสุนทรสาร ; 119 หน้า. ISBN 974-17-3448-4

การศึกษาความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของนกยางเปีย บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน อำเภอบางประหัน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ในปี พ.ศ. 2545 พบว่า รังของนกยางเปียจำนวน 61 รังมีจำนวนไข่ตั้งแต่ 1 ถึง 5 ฟอง จำนวนไข่เฉลี่ยต่อรังคือ 3.10 ± 0.87 ฟอง โดยร้อยละ 49.2 จะมีจำนวนไข่ 3 ฟอง ความสำเร็จในการฟักของไข่ต่อรังและอัตราการรอดต่อรังของลูกนกยางเปียจนบินออกจากรังจำนวน 36 รัง คิดเป็นร้อยละ 67.06 และ ร้อยละ 20.22 ตามลำดับ ยังพบอีกว่าจำนวนไข่ต่อรัง อัตราการฟักออกจากไข่ และอัตราการรอดของลูกนกอายุ 1 สัปดาห์ของปีพ.ศ. 2545 น้อยกว่าปี พ.ศ. 2525 อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งปี พ.ศ. 2525 เป็นปีก่อนที่จะมีการห้ามใช้สาร DDT ทางการเกษตรในประเทศไทย

จากการศึกษาผลกระทบของการเก็บไข่ 1 ฟองต่อรังเพื่อศึกษาปริมาณของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนพบว่า การเก็บไข่ไม่มีผลทางลบต่ออัตราการฟักและอัตราการรอดทุกระยะแต่กลุ่มที่ทำการเก็บไข่จะมีจำนวนตัวของลูกนกอายุ 4 สัปดาห์น้อยกว่ากลุ่มควบคุม

พบว่ายังมีสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีน 1 ชนิดคือ 4, 4' DDE ในทุกตัวอย่างไข่แดง (n=12) ปริมาณที่พบอยู่ระหว่าง 33.4 -116.0 นาโนกรัมต่อกรัม (น้ำหนักเปียก) ความหนาของเปลือกไข่นกยางเปีย จำนวน 24 ฟอง มีค่าเฉลี่ย 0.261 ± 0.005 มิลลิเมตร ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสาร 4,4' DDE ที่พบกับความหนาของเปลือกไข่ และปริมาณดังกล่าวไม่มีความสัมพันธ์กับความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของนกยางเปียในทุกระยะ

ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการลดลงของความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของนกยางเปียที่สังเกตได้ในระหว่างทำการศึกษาในภาคสนามได้แก่ ลมแรง ผู้ล่า การแข่งขันในชนิดเดียวกันและต่างชนิด นอกจากนี้พฤติกรรมของลูกนก รวมทั้งการรบกวนโดยมนุษย์ จะมีผลกระทบต่อความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของนกยางเปียในพื้นที่ที่ศึกษาด้วย

สหสาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2546 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4389100220 : MAJOR INTER-DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEY WORD: ORGANOCHLORINE/ REPRODUCTIVE SUCCESS/ LITTLE EGRET *Egretta garzett*a / EGGSHELL THICKNESS/

SARUN KEITHMALEESATTI: CONCENTRATION OF ORGANOCHLORINE IN EGG YOLK AND REPRODUCTIVE SUCCESS OF *Egretta garzetta* (Linnaeus, 1758) AT WAT TAN-EN NON-HUNTING AREA, PHRA NAKHON SI AYUTTHAYA PROVINCE. THESIS ADVISOR: ASST. PROF. KUMTHORN THIRAKHUPT, Ph.D., THESIS CO-ADVISER; ART-ONG PRADATSUNDARASAR, Ph.D., 119 pp. ISBN. 974-17-3448-4

The reproductive success of the Little Egret *Egretta garzetta* population at Wat Tan-en Non-hunting Area, Bang Pahan District, Phra Nakhon Si Ayutthaya Province was studied in 2002. Clutch sizes (n=61 nests) ranged from 1-5 eggs. The mean of clutch sizes was 3.10 ± 0.87 eggs of which 49.2 % were the clutch size of 3 eggs. The averages of hatching success and fledging success per nest (n = 36 nests) were 67.06 % and 20.22 %, respectively. The clutch size, hatching rate and survival rate of one-week-old nestlings in 2003 were significantly lower than those in 1982, which is a year after the DDT was banned for agricultural use in Thailand.

The effect of the collection of one egg per nest to study organochlorine contamination was determined and it was found that the egg collection had no negative effect on hatching and survival rates but the total number of chicks during a 4 week period was much lower in the collected group than in the control group.

Only 4, 4' DDE was detected in the yolk of all samples (n=12 eggs), varying from 33.4 – 116.0 ng/g wt. The mean of eggshell thickness (n=24 eggs) was 0.261 ± 0.005 mm. Negative relationships between the concentration of 4, 4' DDE and eggshell thickness as well as the reproductive success at all stages were not found.

Major factors influencing the decline of reproductive successes observed during the field study were strong wind, predators, intraspecific competition and interspecific competition. Furthermore, the chick behaviors and the human disturbance had some effects on the reproductive success of the Little Egret population at the study site.

Inter-department Environmental Science . Student's signature……

Field of study Environmental Science . Advisor's signature……...

Academic year 2003 . Coadvisor's signature……..

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กำธร ธีรคุปต์ และ อาจารย์ ดร. อาจอง ประทัตสุนทรสาร อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ที่สั่งสอน ดูแล ให้คำปรึกษาตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา อีกทั้งสละเวลาช่วยตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์ ผู้อำนวยการหลักสูตรสหสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม รองศาสตราจารย์ ดร. อมร เพชรสม และ ดร. เบญจลักษณ์ กาญจนเศรษฐ์ ที่กรุณาตรวจทาน ให้คำแนะนำและช่วยเหลือในทุกๆเรื่องเสมอมา

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. กิ่งแก้ว วัฒนาเสริมกิจ อาจารย์ ดร. ดวงแข สิทธิเจริญชัย อาจารย์ ดร. วิเชษฐ์ คนซื่อ ที่ช่วยเหลือตลอดมา และ ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐชนัญ ลีพิพัฒน์ไพบูลย์ อาจารย์ ดร. ปกรณ์ วรานุศุภากุล และ อาจารย์ ดร. พุทธรักษา วิลาสุวรรณ ภาควิชาเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ คุณนันทนา ชูฉัตร ที่ให้คำปรึกษาด้านเทคนิคในการสกัดและวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเครื่อง Gas Chromatography

ขอขอบพระคุณ คุณธวิทย์ ภู่ประดิษฐ์ และ พี่ๆ สมาชิกห้องปฏิบัติการสัตว์เลื้อยคลานและสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศุภลักษณ์ วิรัชพินทุ ดร. วชิระ กิตติมศักดิ์ อ.วรัญญา อรัญวาลัย อ. ศันสรียา วังกุลางกูร อ.คมศร เลาห์ประเสริฐ อ.วัชราภรณ์ แก้วดี อ.ธงชัย งามประเสริฐวงศ์ คุณอัญชลี เอาผล และ คุณทัศนีย์ เอี่ยมกมล คุณทัศนาวลัย อุฑารสกุล ที่ให้ความช่วยเหลือดูแลให้คำปรึกษาและกำลังใจด้วยดีตลอดระยะเวลาที่ศึกษา

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ชัชวาล เรืองประพันธ์ ภาควิชาสถิติ ที่ให้คำปรึกษาเรื่องสถิติในงานวิจัย คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ที่อบรมสั่งสอนตลอดมา และ รองศาสตราจารย์ สุภาพ ณ นคร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล

ขอขอบพระคุณคุณสง่า วงศ์ศิวิลัย ที่ช่วยเก็บข้อมูลในภาคสนาม และกำนันสมชาย แก้วนิล กำนันตำบลตาลเอน และประชาชนตำบลตาลเอนที่อำนวยความสะดวกตลอดการศึกษาภาคสนาม

ขอบพระคุณเพื่อนๆ และน้องๆ ที่ไม่อาจเอยนามได้ทั้งหมด ที่ช่วยเก็บข้อมูลภาคสนาม ช่วยจัดหาอุปกรณ์ในการวิจัยและช่วยวิเคราะห์ตัวอย่าง และเป็นกำลังใจจนงานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ โครงการศูนย์วิจัยแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย ที่สนับสนุนในด้านทุนผู้ช่วยวิจัย สารเคมี และเครื่องมือ และขอบพระคุณทุนพัฒนาอาจารย์ สาขาขาดแคลน ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ขอขอบพระคุณสหสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม และศูนย์เครื่องมือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เอื้อเฟื้อสารเคมีและสถานที่ในการทำการทดลอง และขอขอบพระคุณทุกท่านที่ไม่ได้เอยนาม ที่ช่วยในการศึกษาครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดาที่ให้โอกาส และให้ความอุปการะทางด้านทุนการศึกษา และกำลังใจตลอดมา ตลอดจนญาติพี่น้องที่ช่วยดูแลด้วยดีเสมอมา และนายศาสตรา เกียรติมาลีสถิตย์ ซึ่งจะอยู่ในดวงใจเสมอ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ฌ
สารบัญภาพ..... ฎ
บทที่ 1 บทนำ..... 1
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 5
แนวคิดและทฤษฎี..... 5
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 21
บทที่ 3 วิธีการศึกษา..... 26
3.1 พื้นที่ที่ทำการศึกษา..... 26
3.2 ชนิดของนกที่ศึกษา..... 28
3.3 ช่วงเวลาที่ทำการศึกษา..... 29
3.4 อุปกรณ์การศึกษาและสารเคมี..... 30
3.5 การศึกษานิเวศวิทยาการสืบพันธุ์ของนกยางเปีย..... 32
3.6 การเปรียบเทียบข้อมูลประชากรและนิเวศวิทยาการสืบพันธุ์ของนกยางเปีย..... 34
3.7 การเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาผลกระทบจากปริมาณของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนในไข่แดงของนกยางเปีย..... 34
3.8 การศึกษาผลกระทบของการเก็บไข่จากรัง..... 36
3.9 การวิเคราะห์ปริมาณของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนในไข่แดงของนกยางเปีย..... 36
3.10 ความสัมพันธ์ระหว่างสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนในไข่แดงกับความหนาของเปลือกไข่นกยางเปีย..... 44
3.11 ความสัมพันธ์ระหว่างสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนในไข่แดงกับความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของนกยางเปีย..... 44

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผล..... 46
4.1 นิเวศวิทยาการสืบพันธุ์ของนกยางเปียที่เขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน..... 46
4.2 การเปรียบเทียบข้อมูลประชากรและนิเวศวิทยาการสืบพันธุ์ของนกยางเปีย..... 58
4.3 ความหนาของเปลือกไข่นกยางเปีย..... 62
4.4 ผลกระทบของการเก็บไข่นกยางเปียกับความสำเร็จในการสืบพันธุ์..... 64
4.5 ปริมาณของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนในไข่แดงของนกยางเปีย..... 67
4.6 ปริมาณของสาร 4, 4' DDE ในไข่แดงและความหนาของเปลือกไข่ของนกยางเปีย... 78
4.7 ปริมาณของสาร 4, 4' DDE และความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของนกยางเปีย..... 80
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ..... 82
5.1 สรุปผลการศึกษา..... 82
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 84
รายการอ้างอิง..... 85
ภาคผนวก..... 93
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 119

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

ตารางที่ 2.1 การยกเลิกการใช้สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนในประเทศไทย..... 6
ตารางที่ 4.1 จำนวนและชนิดของต้นไม้ที่พบ จำนวนและชนิดของต้นที่นกสร้างรัง และจำนวน รังที่นกยางเปียทำรัง บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน เมื่อ เดือนมกราคม ถึง มีนาคม พ.ศ. 2545..... 48
ตารางที่ 4.2 จำนวนไข่ต่อรังของนกยางเปียบริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน..... 49
ตารางที่ 4.3 อัตราการรอดของลูกนกยางเปีย บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน..... 52
ตารางที่ 4.4 เหตุการณ์ที่เกิดกับไข่ของนกยางเปียบริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน ในปี พ.ศ. 2545..... 53
ตารางที่ 4.5 แสดงเหตุการณ์ที่เกิดกับลูกนกยางเปียอายุ 1 - 4 สัปดาห์ ที่เขตห้ามล่าสัตว์ป่า วัดตาลเอนในปี พ.ศ. 2545..... 54
ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบลักษณะ และจำนวนไข่ต่อรังของนกยางเปีย ในปี พ.ศ. 2525 กับ พ.ศ. 2545..... 58
ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยอัตราการฟักและอัตราการรอดของลูกนกอายุ 1 สัปดาห์ในปี พ.ศ. 2525 และ ในปี พ.ศ. 2545 บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน..... 61
ตารางที่ 4.8 ค่าความหนาเฉลี่ยของเปลือกไข่นกยางเปีย บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน..... 63
ตารางที่ 4.9 จำนวนรัง จำนวนไข่ และจำนวนลูกนกยางเปีย ที่อยู่รอดจนถึงอายุ 4 สัปดาห์ ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ในช่วงก่อนและหลังการทดลอง บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน..... 65
ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบอัตราการฟักออกจากไข่และอัตราการรอดของลูกนก อายุ 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน..... 66
ตารางที่ 4.11 ลำดับการชะของสาร retention time และ r^2 ของสารละลายมาตรฐานผสมออร์แกโนคลอรีน..... 67
ตารางที่ 4.12 LOD และ LOQ หน่วยไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (ppb)..... 69
ตารางที่ 4.13 ค่า % recovery, % RSD ของสาร และค่า method detection limit (MDL)..... 71

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

ตารางที่ 4.14 เปรียบเทียบค่า % recovery ระหว่างวิธีที่ศึกษากับวิธีของ Furusawa และคณะ(1999)……..... 72

ตารางที่ 4.15 แสดงปริมาณของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีน หน่วยไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียกในไข่แดงของนกยางเปีย ณ. เขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน จ.พระนครศรีอยุธยา และ % recovery ของสาร 2, 4, 5, 6 - tetrachloro-m-xylene (surrogate)....……..... 77

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

ภาพที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีน 3 กลุ่ม..... 8
ภาพที่ 2.2 เมตาบอลิซึมของ DDT..... 17
ภาพที่ 2.3 แสดงการเกิดปรากฏการณ์ การเพิ่มขยายทางชีวภาพ..... 19
ภาพที่ 3.1 แผนที่เขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน อ.บางปะหัน จ.พระนครศรีอยุธยา และแสดงพื้นที่ที่ทำการศึกษา..... 27
ภาพที่ 3.2 บริเวณที่ทำการศึกษา ณ. เขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน..... 28
ภาพที่ 3.3 นกยางเปีย บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน..... 29
ภาพที่ 3.4 การเก็บไข่นกยางเปียเพื่อทำการศึกษาขนาดและน้ำหนักของไข่..... 33
ภาพที่ 3.5 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการสกัดและวิเคราะห์ปริมาณสารฆ่าแมลง กลุ่มออร์แกโนคลอรีนในไข่แดงของนกยางเปีย..... 45
ภาพที่ 4.1 รังของนกยางเปียที่ทำรังบนต้นไผ่ บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน..... 47
ภาพที่ 4.2 ลักษณะรังนกยางเปีย บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน..... 49
ภาพที่ 4.3 ภาพนกยางเปียกำลังยืนกางปีกในรัง บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน..... 51
ภาพที่ 4.4 ลูกนกเจาะเปลือกไข่ บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน..... 52
ภาพที่ 4.5 ลูกนกช่วงอายุต่างๆ บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน..... 55
ภาพที่ 4.6 ภาพลูกนกยางเปียอายุประมาณ 2-3 สัปดาห์ตกจากรัง และติดอยู่บนกิ่งไม้ ที่เขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน..... 57
ภาพที่ 4.7 พื้นที่ที่นกยางเปียสร้างรังที่ถูกไฟไหม้ เขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน เดือนมีนาคม พ.ศ. 2545..... 57
ภาพที่ 4.8 ปริมาณน้ำฝนระหว่างเดือนมกราคมถึงธันวาคมปี พ.ศ. 2524 และเดือนมกราคม ถึงธันวาคมปี พ.ศ. 2544 ที่จังหวัดลพบุรี ซึ่งอยู่ใกล้กับพื้นที่เขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอนมากที่สุด..... 60
ภาพที่ 4.9 จำนวนลูกนกยางเปีย (ตัว) ที่รอดในช่วงอายุต่างๆ ตั้งแต่ฟักออกจากไข่จนถึงอายุ 4 สัปดาห์ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน..... 66

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

ภาพที่ 4.10 retention time และ ลำดับของการชะของสาร (elution order) ของสารมาตรฐานผสมออร์แกโนคลอรีน ที่ความเข้มข้น 10 ppb…….. 68
ภาพที่ 4.11 โครมาโตแกรมของ blank กับตัวอย่างรังที่ 25 และสารละลายมาตรฐานผสมออร์แกโนคลอรีนความเข้มข้น 5 ppb…… 74
ภาพที่ 4.12 โครมาโตแกรมของตัวอย่างที่สกัดกับสารละลายมาตรฐาน 4,4' DDE ความเข้มข้น 5 ppb…… 76
ภาพที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสาร 4, 4' DDE (ng/g wt/wt.)ในไข่และความหนาของเปลือกไข่นกยางเปีย บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน…… 78

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีน (organochlorine insecticides) เช่น ดีดีที (DDT, dichloro diphenyl trichloroethane) และอัลดริน (aldrin) ถูกนำมาใช้ครั้งแรกหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 และต่อมาถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายทั่วโลก เนื่องจากมีความสามารถในการกำจัดแมลงได้หลายกลุ่ม จึงเป็นที่นิยมทั้งในด้านการเกษตรและสาธารณสุข จนกระทั่งปลาย ค.ศ. 1950 มีรายงานถึงผลกระทบของสารดีดีทีต่อนกเป็นครั้งแรก โดยมีการใช้สารดีดีทีในการควบคุมแมลงเต่าทองซึ่งเป็นพาหะที่ทำให้เกิดโรค Dutch elm disease ในต้นเอล์ม (elm) ต่อมานักวิทยาศาสตร์ได้ค้นพบว่าสารฆ่าแมลงกลุ่มนี้ได้มีการสะสมในไส้เดือนดินซึ่งกินใบของต้นเอล์มที่เน่าเปื่อยเป็นอาหาร เมื่อนกโรบิน (robin) กินไส้เดือนดินเป็นอาหาร นกก็ตายลงเนื่องจากได้รับพิษจากสารดีดีที (Ehrlich และคณะ, 1998) นอกจากนี้นักวิทยาศาสตร์ยังพบว่าสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนสามารถปนเปื้อนในดินและน้ำเป็นระยะเวลานานและมีการสะสมผ่านห่วงโซ่อาหารในปริมาณที่เพิ่มขึ้นตามลำดับของการถ่ายทอดพลังงาน ปรากฏการณ์นี้มีชื่อเรียกว่าการเกิด biological magnification ซึ่งการสะสมของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนจะมีปริมาณที่สูงสุดในผู้บริโภคระดับสูงในห่วงโซ่อาหาร

เมื่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตได้รับสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนเข้าไปในร่างกาย สารกลุ่มนี้จะถูกสะสมอย่างช้าๆ ที่ชั้นไขมัน จากการศึกษาถึงผลกระทบของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนต่อนก พบว่าสารกลุ่มนี้จะมีผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อนกโดยผลกระทบทางตรงเมื่อนกได้รับสารกลุ่มนี้ในปริมาณที่มาก จะทำให้นกตายได้อย่างฉับพลัน ส่วนผลกระทบทางอ้อมพบว่า สารดีดีทีและสารเมตาบอไลต์ (metabolites) ของดีดีทีมีความสัมพันธ์กับการเกิดแคลเซียมเมตาบอลิซึมของเปลือกไข่นก โดยสารดีดีทีจะไปทำการยับยั้งเอนไซม์คาร์บอนิคแอนไฮเดรส (carbonic anhydrase) ผลที่ตามมาจึงทำให้ปริมาณแคลเซียมไม่เพียงพอที่จะนำมาใช้สร้างเปลือกไข่ ซึ่งส่งผลกระทบทำให้เปลือกไข่ของนกบางลง (กิตติ เอกอำพน, 2529) นกที่สามารถเห็นผลกระทบนี้ได้อย่างชัดเจนคือ นกที่เป็นผู้บริโภคระดับสูงจำพวกนกผู้ล่า เช่น เหยี่ยวออสเปร (*Pandion haliaetus*) และนกกินปลา เช่น snowy egret (*Egretta thula*) และ double-crested cormorant (*Phalacrocorax auritus*) เป็นต้น การบางลงของเปลือกไข่ทำให้เกิดการแตกของไข่นก

ในระหว่างการฟักไข่ได้ง่าย ผลดังกล่าวทำให้เกิดการลดลงของประชากรนก brown pelican (*Pelecanus occidentalis*)ในทวีปอเมริกาเหนือ และเหยี่ยวเพเรกริน (*Falco peregrinus*) ในภาคตะวันออกของประเทศสหรัฐอเมริกาและภาคตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศแคนาดา และมีรายงานว่าสารฆ่าแมลงกลุ่มนี้เป็นสาเหตุให้นก bald eagle (*Haliaeetus leucocephalus*) และนก golden eagle (*Aquila chrysaetos*) ไม่ประสบผลสำเร็จในการสืบพันธุ์ จากผลกระทบที่เกิดขึ้นทำให้ในปี ค.ศ. 1972 ประเทศสหรัฐอเมริกาได้ประกาศห้ามใช้สารดีดีที (Ehrlich และคณะ, 1998) สำหรับในประเทศไทยได้มีการประกาศห้ามใช้สารดีดีทีในปี พ.ศ.2526 อย่างไรก็ตามในปัจจุบันสารฆ่าแมลงบางชนิดในกลุ่มสารออร์แกโนคลอรีนยังมีการนำเข้ามาใช้บ้างโดยทางเฉพาะสาธารณสุขเพื่อควบคุมยุงซึ่งก่อให้เกิดโรคมาลาเรีย (กรมควบคุมมลพิษ, 2541)

นกยางเปีย (*Egretta garzetta*) เป็นนกชายน้ำที่หากินในพื้นที่ชุ่มน้ำ และพื้นที่เกษตร อาหารของนกยางเปียได้แก่ ปลา กบ เขียด และแมลงเป็นต้น ในห่วงโซ่อาหารพบว่านกยางเปียเป็นผู้บริโภคระดับสูง และมีพฤติกรรมหากินในพื้นที่ปลูกข้าวซึ่งในอดีตได้มีการใช้สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนในปริมาณมาก จึงคาดว่านกยางเปียน่าจะได้รับผลกระทบจากสารฆ่าแมลงนี้ด้วย ในประเทศไทยได้มีการศึกษาการสะสมของสารออร์แกโนคลอรีนในบึงบอระเพ็ด กว๊านพะเยา และหนองหาน ซึ่งเป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่ของประเทศ และยังพบว่ามีการสะสมของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนในดินตะกอนตามลุ่มน้ำต่างๆ เช่น เจ้าพระยา ป่าสัก ท่าจีน เป็นต้น (สุกรานต์ โรจน์ไพรวงศ์, 2544) นอกจากนี้ยังพบว่ามีการปนเปื้อนของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนในไข่ไก่ ไข่เป็ด ไข่นกกระทา ในภาคกลางของประเทศไทย (อารยา กำเนิดมั่น และ จินตนา ภู่มงกุฎชัย , 2538)

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาปริมาณของสารออร์แกโนคลอรีนในไข่แดงของนกยางเปียและความสัมพันธ์ของปริมาณสารออร์แกโนคลอรีนกับความหนาของเปลือกไข่ และความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของประชากรนกยางเปียที่เขตห้ามล่าสัตว์วัดตาลเอน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ข้อมูลที่ได้จะช่วยคาดการณ์ถึงปริมาณของสารกลุ่มดังกล่าวในสิ่งแวดล้อมว่ายังอยู่ในระดับที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตหรือไม่ภายหลังจากประเทศไทยประกาศเลิกใช้สารดีดีทีนานประมาณ 20 ปี

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษานิเวศวิทยาการสืบพันธุ์ของนกยางเปีย บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน จ.พระนครศรีอยุธยา

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบขนาดประชากรและนิเวศวิทยาการสืบพันธุ์ของนกยางเปียในปัจจุบันข้อมูลการศึกษาปี พ.ศ. 2526

1.2.3 เพื่อศึกษาผลกระทบของการเก็บไข่กับความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของนกยางเปีย บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน จ.พระนครศรีอยุธยา

1.2.4 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนกับความหนาของเปลือกไข่และความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของนกยางเปีย

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ทำการเก็บตัวอย่างไข่และบันทึกข้อมูลนิเวศวิทยาการสืบพันธุ์ของนกยางเปีย จากเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน ตำบลตาลเอน อำเภอบางปะหัน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ระหว่างเดือนมกราคม พ.ศ. 2545 ถึงเดือน เมษายน พ.ศ. 2545

1.3.2 ชนิดของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนที่ทำการศึกษาคือ

alpha-BHC, beta-BHC, gamma-BHC, delta-BHC, heptachlor, aldrin, heptachlor epoxide, gamma-chlordane, endosulfan I, alpha-chlordane, dieldrin, 4, 4 ' DDE, endrin, endosulfan II, 4, 4 ' DDD, 4, 4 ' DDT

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบข้อมูลด้านนิเวศวิทยาการสืบพันธุ์ของนกยางเปียในปัจจุบัน

1.4.2 ทราบข้อมูลผลกระทบของการเก็บไข่กับความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของนกยางเปีย

1.4.3 ทราบถึงชนิดและปริมาณของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนในไข่นกยางเปียที่ตกค้างในปัจจุบันและความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของเปลือกไข่และความสำเร็จในการสืบพันธุ์กับปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนในนกยางเปีย

1.4.4 ทราบข้อมูลเพื่อใช้ในการประเมินและคาดการณ์ผลกระทบของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนต่อสิ่งมีชีวิตในปัจจุบันรวมทั้งการอนุรักษ์นกยางเปียในอนาคต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดและทฤษฎี

2.1 ประวัติของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีน

สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีน (organochlorine insecticides) หรือที่เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า สารกลุ่มคลอริเนตเต็ดไฮโดรคาร์บอน (chlorinated hydrocarbon) เป็นชื่อของกลุ่มสารเคมี ที่ถูกสังเคราะห์ขึ้น สารเคมีกลุ่มดังกล่าวจะมีอนุพันธ์ของคลอรีน (Cl) เป็นองค์ประกอบ (Metalf, 1974)

สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนเป็นสารฆ่าแมลงที่นิยมใช้กันแพร่หลายทั่วโลก ใน ด้านการเกษตรและสาธารณสุขตั้งแต่ช่วงหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 เนื่องจากสารฆ่าแมลงกลุ่มนี้มีความสามารถในการกำจัดแมลงได้หลายชนิด สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนที่เป็นรู้จักกันอย่างแพร่หลายคือ ดีดีที (DDT, dichloro diphenyl trichloroethane,) ซึ่งสังเคราะห์ขึ้นครั้งแรกโดย Othmar Zeidler ในปี พ.ศ. 2417 ต่อมาในปี พ.ศ. 2482 Dr. Paul Muller ได้ผลิตสารดีดีที ขึ้นเป็นครั้งแรก และเริ่มแพร่หลายในอีก 3 ปีถัดมา นอกจากนี้ยังมีสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีน อีกหลายตัวที่นิยมนำมาใช้ในด้านการควบคุมแมลงเช่น toxaphene (Toxakil), endrin (Hexadrin), aldrin (Aldrite), endosulfan (Thiodan) เป็นต้น ปัจจุบันยังมีการใช้สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโน-คลอรีนอีก 1 ชนิดคือ lindane ซึ่งใช้ในการฆ่าแมลงในพื้นที่เกษตรกรรมและในป่า ในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา (กิตติ เอกอำพน, 2529 และ Britt, 2000)

ในระยะเวลาต่อมานักวิทยาศาสตร์ได้พบว่าสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีน เกิดการตกค้างในสิ่งแวดล้อมและสะสมในสิ่งมีชีวิต อีกทั้งจากคุณสมบัติทางเคมีของสารกลุ่มนี้ทำให้สลายตัวได้ช้าในสิ่งแวดล้อม จึงทำให้เกิดผลกระทบอย่างกว้างขวางต่อสิ่งมีชีวิต โดยผลกระทบที่เห็นได้เด่นชัดคือ ทำให้นกผู้ล่าและนกกินปลาหลายชนิด ไม่ประสบความสำเร็จในการสืบพันธุ์ ไข่จากนกที่ได้รับสารดีดีทีเข้าไปในปริมาณมากจากการสะสมในห่วงโซ่อาหารจะมีความหนาของเปลือกไข่น้อยกว่าไข่จากนกที่ไม่ได้รับสารดีดีที ทำให้เมื่อนกฟักไข่ ไข่จะแตกระหว่างการฟักจนทำให้ประชากรของนกผู้ล่าหลายชนิดลดลงจนเกือบสูญพันธุ์ เมื่อนักวิทยาศาสตร์ศึกษาโดยละเอียด

พบว่าสารเมตาบอไลต์ของสารดีดีที คือ สารดีดีอี (DDE, dichloro diphenylethane) จะไปทำการยับยั้งเอนไซม์ ทำให้เปลือกไข่ของนกบางลง

จากเหตุผลดังกล่าวทำให้สารดีดีทีและสารกลุ่มนี้ถูกห้ามใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกา การใช้สารดีดีทีลดลงอย่างมากจาก ช่วง 30 ปีหลัง พ.ศ. 2488 ซึ่งมีการใช้ถึง 1,350 ล้านปอนด์ ทั้งด้านการเกษตร การค้า และสาธารณสุข จนเหลือเพียง 12 ล้านปอนด์ในช่วง ค.ศ. 1970s โดยกว่าร้อยละ 80 ใช้ในไร่ข้าวโพด (USEPA, 1975)

สำหรับในประเทศไทยได้มีการใช้สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนในด้านการเกษตร การสาธารณสุข โดยสารดีดีทีเป็นสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนชนิดแรกที่ถูกนำเข้ามาใช้ในประเทศไทย ในปี ค.ศ. 1949 โดยนำเข้ามาใช้ในการควบคุมโรคมาลาเรีย ที่จังหวัดเชียงใหม่ (Boon-Long, n.d.) ต่อมาในช่วงราวปี ค.ศ. 1960 เริ่มมีรายงานจากต่างประเทศถึงการสะสมตัวของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีน รวมทั้งรายงานถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นของสารกลุ่มนี้ต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม จึงได้มีการห้ามนำเข้ามาในประเทศไทยและยกเลิกการใช้ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงการยกเลิกการใช้สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนในประเทศไทย

ชื่อสาร	พ.ศ. ที่ยกเลิกการใช้
BHC (benzene hexchlorine)	2523
Endrin	2524
DDT	2526
Toxaphene	2526
Dieldrin	2531
Aldrin	2531
Heptachlor	2531
Chlodane	2543
DDD	2544
Gamma-BHC (lindane)	2544
Alpha and Beta-BHC	2544

ที่มา: Integrated Pest Management for a healthy environment (Online, 2003)

นอกจากนี้ กรมควบคุมมลพิษ (2541) รายงานว่ายังมีการใช้สารดีดีทีและอนุพันธ์ในการควบคุมยุงก้นปล่อง ที่เป็นสาเหตุของโรคมาลาเรีย

2.2 ลักษณะทางเคมีของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีน

สารฆ่าแมลงที่มีสูตรโครงสร้างออร์แกโนคลอรีน (organochlorine insecticides) มีลักษณะทั่วไปของโครงสร้างโมเลกุลของสารฆ่าแมลงในกลุ่มนี้ได้แก่

1) ประกอบด้วยอะตอมของ ไฮโดรเจน (H) คาร์บอน (C) และ คลอรีน (Cl) องค์ประกอบหลัก (บางกรณีอาจมีออกซิเจน (O) และกำมะถัน (S) ด้วย) และมีพันธะ C-Cl ในโมเลกุล

2) ไม่มีตำแหน่งทำปฏิกิริยา (reactive site) ภายในโมเลกุล

3) มีโครงสร้างส่วนที่เป็นวงแหวนคาร์บอนอยู่ในโมเลกุล รวมทั้งวงแหวนเบนซีน (benzene ring) ด้วย

4) โมเลกุลไม่มีขั้ว (nonpolar molecule) ละลายในไขมันได้ดี

5) มีเสถียรภาพ ไม่สลายตัวง่ายในสิ่งแวดล้อม

สารฆ่าแมลงออร์แกโนคลอรีนสามารถจำแนกได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

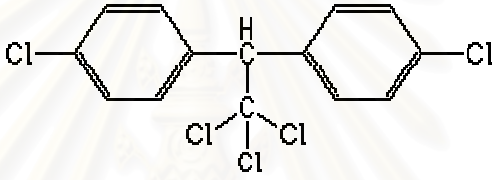
2.2.1 Chlorinated ethane และอนุพันธ์ ประกอบด้วยสารดีดีที (DDT, 1,1,1-trichlor-2,2-bis (4-chlorophenyl) ethane) และสารฆ่าแมลงที่มีสูตรทางเคมีใกล้เคียง เช่น ดีดีดี (DDD , 2,2-bis (p-chlorophenyl) 1-dichloroethane) และ dicofol

2.2.2 Cyclodienes ประกอบด้วย dieldrin และ aldrin โดยสารกลุ่มนี้เกิดจากการสังเคราะห์ปฏิกิริยาดีลส์-อัลเดอร์ (Diels – Alder reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาการสังเคราะห์สารเคมีวงแหวนที่มีคาร์บอน 6 คาร์บอนประกอบวงแหวนจากไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัวแบบโซ่เปิด ซึ่งในกรณีนี้คือ hexaclorocychlopentadiene ตัวอย่างสารฆ่าแมลงกลุ่มนี้เช่น chlordane และ endrin

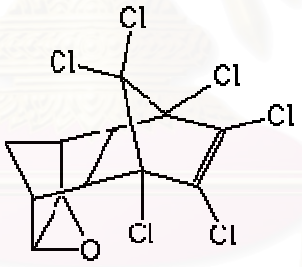
2.2.3 กลุ่มอื่นๆ ประกอบด้วย

1) Hexachlorocyclohexane สารฆ่าแมลงกลุ่มนี้มีเพียงชนิดเดียวคือ BHC (benzene hexachlorine) มีองค์ประกอบ ของ stereoisomer 1, 2, 3, 4, 5, 6 – hexachlorocyclohexane แกมมาไอโซเมอร์ (gamma isomer) มีความเป็นพิษสูงสุด มีชื่อสามัญว่า ลินเดน (lindane)

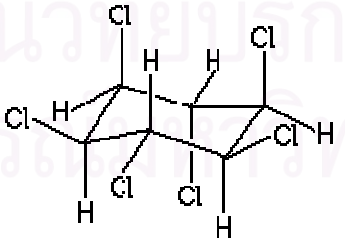
2) Toxaphene เป็นสารกลุ่มไฮโดรคาร์บอนที่คาร์บอน 10 ตัวแทนที่ด้วยอะตอมคลอรีน 5 – 12 อะตอม (Doull และคณะ, 1980 อ้างถึงใน พาลาภ สิงหเสนี, 2540 และ สุภาณี พิมพ์สมาน, 2540)



DDT



Endrin



Lindane

ภาพที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนทั้ง 3 กลุ่ม
ที่มา: Wood (Online, 2003)

2.3 นิเวศวิทยาของนกยางเปีย *Egretta garzetta* (Linnaeus, 1758)

นกยางเปีย จัดอยู่ใน

Kingdom Animalia

Phylum Chordata

Class Aves

Order Ciconiiformes

Family Ardeidae

Genus *Egretta*

Species *Egretta garzetta* (Linnaeus, 1758)

นกในวงศ์นกยางเป็นนกที่มีกำเนิดมาตั้งแต่สมัยอีโอซีน (Eocene) ในยุคเทอร์เชียร์ ประมาณ 58-36 ล้านปีมาแล้ว ทั่วโลกพบนกในวงศ์ Ardeidae ทั้งหมด 65 ซึ่งบางชนิดได้สูญพันธุ์ไปแล้ว สำหรับในประเทศไทยพบนกวงศ์นี้ 12 สกุล ชนิด (โอภาส ขอบเขตต์, 2543 และ Robson, 2000)

Hancock (1999) ได้จำแนกนกในสกุล *Egretta* ทั่วโลกเป็น 13 ชนิด และ ในประเทศไทยพบนกในสกุลนี้ 3 ชนิดคือ นกยางเปีย นกยางทะเล และนกยางจีน (โอภาส ขอบเขตต์, 2543) โดยนกยางเปียเป็นนกที่พบเห็นได้ทั่วไปในประเทศไทย เมื่อมีการจำแนกนกยางเปียโดยแบ่งตามพื้นที่ที่พบการแพร่กระจาย โดย Hancock (1999) พบว่าสามารถจำแนกได้เป็น 6 ชนิดย่อย (subspecies) ซึ่งแพร่กระจายในทวีปยุโรป เอเชีย อัฟริกา และ ออสเตรเลีย ได้แก่

1) The nominate race: *E. garzetta garzetta* พบในแผ่นดินใหญ่ของทวีปเอเชียและยุโรป
2) The Indonesian race: *E. garzetta nigripes* พบในประเทศอินโดนีเซีย
3) The Australian race: *E. garzetta immaculata* พบในทวีปออสเตรเลีย
4) The island race: *E. garzetta dimorpha* พบในเกาะบริเวณมหาสมุทรอินเดีย
5) The West African race: *E. garzetta gularis* พบในแอฟริกาตะวันตก
6) The Indian/Middle Eastern race: *E. garzetta schistacea* พบในเอเชียกลาง

ในประเทศไทย โอภาส ขอบเขตต์ (2543) รายงานว่านกยางเปียที่พบในภาคกลางเป็นชนิดพันธุ์ย่อย *E. garzetta garzetta*

2.3.1 ลักษณะและรูปร่าง

นกยางเปียเป็นนกหากินชายน้ำ ขนาดลำตัวยาวประมาณ 50 – 60 เซนติเมตร ลำตัวปกคลุมด้วยขนมีสีขาว มีลำคอยาว ปากยาวตรงสีดำ สันขากรรไกรบนยาวประมาณ 8.5 เซนติเมตร บริเวณมุมปากมีขนเล็กน้อย ผิวหนังบริเวณด้านหน้าและรอบลูกตาจะไม่มีขน ปกคลุมบริเวณดังกล่าวมีสีเขียวหรือเหลือง ปีกยาว ปลายปีกมน ขายาว แข้งสีเขียวหรือสีดำ นิ้วเท้า สีเหลือง ทั้งสองเพศมีลักษณะเหมือนกัน ช่วงฤดูผสมพันธุ์จะมีขนสีขาวที่ท้ายทอยสีขาว 2 เส้นเรียกว่า filoplumes ยาวประมาณ 10 เซนติเมตร ลักษณะคล้ายผมเปียของคนนอกจากนี้อกและตะโพกยังมีขนลักษณะแตกเป็นฝอยละเอียด ซึ่งเมื่อพ้นฤดูผสมพันธุ์ขนเหล่านี้จะหลุดร่วงไป ผิวหนังที่หน้าอาจจะเปลี่ยนเป็นสีชมพูหรือน้ำเงินสว่าง นกยางเปียที่ยังโตไม่เต็มที่หรือยังไม่ถึงวัยเจริญพันธุ์ ขาและนิ้วเท้าจะมีสีเขียวมะกอก (สุวรรณา ฉายศิริพันธ์, 2526; Lekagul and Round, 1991; Černý, 1999; โอภาส ขอบเขตต์, 2543)

Hancock (1999) ได้บรรยายลักษณะของนกยางเปีย *E. garzetta garzetta* ว่าเป็นนกที่มีลำตัวสีขาว ปากสีดำ ขาสีดำ ตาและขาสีเหลือง ผิวหนังที่หน้ามีสีเทาน้ำเงิน และเปลี่ยนเป็นสีชมพูหรือแดงในฤดูผสมพันธุ์

2.3.2 การแพร่กระจาย

นกยางเปียมีการแพร่กระจายในทวีปยุโรป (ยกเว้น ทางตอนเหนือ) เอเชีย อัฟริกา และออสเตรเลีย โดยมีประชากรทั้งที่เป็นนกอพยพและนกประจำถิ่น นกยางเปียที่เป็นนกอพยพจะอพยพในช่วงฤดูหนาวลงมาสู่ทางตอนใต้ของทวีปเอเชีย ประเทศไทยพบว่ามีนกยางเปียอยู่ทั้ง 2 กลุ่ม นอกจากนี้ยังพบว่านกยางเปียในประเทศญี่ปุ่นได้อพยพเข้าไปในประเทศฟิลลิปินส์ และจีน (McClure, 1998)

Hancock (1999) กล่าวว่า นกยางเปียชนิดย่อย *E. garzetta garzetta* มีการกระจายในยุโรปและแผ่นดินใหญ่ของเอเชีย โดยพบหากินทั้งในแหล่งน้ำจืดและริมทะเล

Robson (2000) กล่าวว่า นกยางเปียพบได้ในแหล่งน้ำจืด และพื้นที่ชุ่มน้ำบริเวณชายหาด พื้นที่เพาะปลูก จนถึงพื้นที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 800 เมตร พบได้ทั้งในทวีปเอเชีย เช่นในประเทศจีน ไทย อินโดนีเซีย อินเดีย นอกจากนี้ยังพบที่ ตอนใต้ของทวีปยุโรป

ทวีปอัฟริกา ทวีปออสเตรเลีย ในประเทศไทยสามารถพบนกยางเปียได้ในฤดูร้อน และกระจายอยู่ในภาคกลาง ภาคตะวันออกของประเทศ

ในประเทศไทยพบว่านกยางเปียเป็นนกพบได้ทั่วทุกภาคของประเทศ และเป็นนกประจำถิ่นของภาคกลาง อย่างไรก็ตามในฤดูหนาวมีประชากรนกยางเปียกลุ่มเล็กๆ อพยพลงมาจากทางตอนเหนือของทวีปเอเชีย (Lekagul and Round, 1991) และที่เขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อย จ.พัทลุง ซึ่งอยู่ในภาคใต้ของประเทศไทย มีรายงานว่าพบนกยางเปียได้ตลอดทั้งปี (Kaewdee, 1999)

2.3.3 อาหารของนกยางเปีย

Ria (Online, 2001) รายงานว่าเหยื่อที่เป็นอาหารของนกยางเปีย ได้แก่ ปลา หอย หนอน และแมลง รวมทั้งสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมและนกขนาดเล็ก ในการหาอาหารนกยางเปียจะมีเทคนิค เช่น ยืนนิ่งๆแหล่งแล้วรอเหยื่อว่ายน้ำผ่านมาแล้วใช้ปากจิ้มลงไปที่เหยื่อ โดยปกติแล้วนกยางเปียจะอยู่เดี่ยวๆเวลาหากิน

Hancock (1999) รายงานว่าอาหารที่นกยางเปียกินได้แก่ ปลาขนาดเล็ก แมลง สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมขนาดเล็ก นกขนาดเล็ก และสามารถใช้ปากขนาดใหญ่ในการเปิดกระดองของสัตว์ในชั้น ครัสเตรเซีย (Class Crustacea)

สุวรรณา ฉายศิริพันธ์ (2526) รายงานถึงเศษอาหารของนกยางเปียในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน จ.อยุธยา ที่เก็บรวบรวมระหว่างเดือนสิงหาคม – กันยายน พ.ศ. 2525 และเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2526 เศษอาหารที่รวบรวมได้เป็นสัตว์ใน 2 Phylum คือ Phylum Arthropoda ร้อยละ 4.91 และ Phylum Chordata ร้อยละ 95.09 โดย Phylum Arthropoda สามารถจำแนกได้เป็น 3 Class คือ Class Crustacea ร้อยละ 4.63 Class Arachnida ร้อยละ 0.05 และ Class Insecta ร้อยละ 0.24 ส่วน Phylum Chordata สามารถจำแนกเป็น Class Pisces ร้อยละ 94.28 และ Class Amphibia ร้อยละ 0.80 จึงถือได้ว่าเป็นชั้นของปลาเป็นอาหารหลักของลูกนก โดยปลาที่เป็นอาหารหลัก 3 อันดับแรก ได้แก่ ปลาในอันดับของปลาช่อน ถูกนกยางเปียจับกินมากที่สุดคือร้อยละ 45.23 นอกจากนี้ปลาในอันดับปลาตะเพียน ถูกจับกินมากเป็นอันดับสองคือร้อยละ 33.46 และปลาในอันดับปลาหมอช้างเหยียบและปลาแป้นน้ำจืด ถูกจับกินเป็นอันดับที่ 3 คิดเป็นร้อยละ 2.88 นอกจากนี้สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก ที่ถูกนกยางเปียจับกินอยู่ในวงศ์ Ranidae มี 3 ชนิดคือ

เขียดบัว (*Rana erythraea*) คิดเป็นร้อยละ 0.38 เขียดจะนา (*Occidozyga lima*) คิดเป็นร้อยละ 0.14 และกบนา (*Hoplobatrachus rugulosus*) คิดเป็นร้อยละ 0.28

2.2.4 การผสมพันธุ์และสร้างรังวางไข่

โอภาส ขอบเขตต์ (2543) กล่าวว่านกยางเปียส่วนใหญ่ผสมพันธุ์ในฤดูฝน ในช่วงระหว่างเดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายน แต่มีส่วนน้อยที่ผสมพันธุ์ในฤดูหนาวระหว่างเดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ ก่อนการสร้างรังและวางไข่นกจะเกี้ยวพาราสีกัน โดยตัวผู้บินเข้าไปใกล้ตัวเมียและส่งเสียงร้อง ยื่นปากไปข้างหน้าและโบกไปมา สะบัดขนประดับที่ท้ายทอย อก และตะโพกให้พลิ้วลม ถ้าตัวเมียไม่สนใจ มันจะบินไปเกาะที่อื่น แต่ถ้าตัวเมียนิ่งเฉย ตัวผู้จะไปคาบกิ่งไม้ยื่นให้ตัวเมีย และใช้ตำแหน่งที่ตัวเมียเกาะอยู่เป็นตำแหน่งสร้างรัง นกตัวผู้จะหาวัสดุส่งให้ตัวเมียและช่วยสร้างรังจนเป็นรูปร่าง แล้วจึงผสมพันธุ์กัน

นกยางเปียจะทำรังเป็นกลุ่มและอาจอยู่รวมกับนกชนิดอื่น เช่นนกแขวก (*Nycticorax nycticorax*) นกยางควาย (*Bubulcus ibis*) รังของนกยางเปียเป็นรังแบบง่ายๆใช้กิ่งไม้และกิ่งไผ่วางซ้อนกัน แล้วทำเป็นแอ่งตรงกลาง อาจมีใบไม้หรือใบหญ้าสดมาวางกลางแอ่งเพื่อรองรับไข่ โดยทั่วไปรังมีเส้นผ่านศูนย์กลางขอบนอก 35-40 เซนติเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางขอบใน 15-25 เซนติเมตร แอ่งลึก 5-10 เซนติเมตร อยู่สูงจากพื้นตั้งแต่ 2-20 เมตร

ไข่นกยางเปียมีรูปร่างยาวรี สีเขียวอมฟ้า ผิวอาจเรียบเป็นมัน บางฟองอาจมีผงสีขาวคล้ายผงชอล์กปกคลุมบางส่วนมีขนาดกว้าง x ยาว คือ 31.61 x 43.39 มิลลิเมตร หนัก 22.64 กรัม รังมีไข่ 2-5 ฟอง พบ 4 ฟองบ่อยที่สุด นกจะออกไข่แต่ละฟองห่างกัน 37-48 ชั่วโมง นกทั้งสองเพศช่วยกันฟักไข่ตั้งแต่แม่นกวางไข่ฟองแรก ใช้เวลาฟักไข่ 25-27 วัน

Avian Management Service (Online, 2003) รายงานว่าจากการวัดขนาดของ ไข่นกยางเปีย จำนวน 8 ฟอง มีความกว้างเฉลี่ย 31.75 ± 0.4330 มิลลิเมตร และความยาวเฉลี่ย 44.00 ± 0.7071 มิลลิเมตร และจากการติดตามไข่ของนกยางเปียจำนวน 4 ฟองพบว่านกยางเปียมีระยะเวลาการฟัก 22.76 ± 0.74 วัน

Kaewdee (1999) รายงานว่านกยางเปียบริเวณควนขี้เสี้ยน เขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อย มีช่วงฤดูผสมพันธุ์ระหว่างเดือนธันวาคมถึงเดือนสิงหาคม โดยช่วงเดือนพฤษภาคมและเดือนมิถุนายน และเดือนธันวาคมถึงเดือนมกราคม เป็นช่วงที่มีการผสมพันธุ์มากที่สุด นกยางเปียผสมพันธุ์ในป่าเสม็ดขาว (*Melaleuca* sp.)

Hancock (1999) นกยางเปียผสมพันธุ์ได้ในหลายแหล่งที่อยู่อาศัยที่แตกต่างกัน นกยางเปียทำรังได้ทั้งบนพื้นดิน บนหิน แต่ปกติทำรังบนต้นไม้และไม้พุ่ม ไข่ของนกยางเปียมีสีเขียวอมฟ้า

สุวรรณา ฉายศิริพันธ์ (2526) รายงานว่าในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน จ.อยุธยา มีฤดูผสมพันธุ์ 2 ครั้งต่อปี ครั้งแรกระหว่างเดือนมิถุนายนถึงกันยายน และครั้งที่สองเดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ นกจะทำรังรวมฝูงบนต้นไม้ใกล้น้ำ รังมีลักษณะหยาบและเป็นรูปถ้วย โดยใช้เรียวไผ่แห้งวางซ้อนกัน บางครั้งมีใบไม้สดรองรัง รังมีขนาดเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางรอบขอบนอก 27.06 เซนติเมตร ความสูง 14.3 เซนติเมตร และความลึก 5.26 เซนติเมตร ไข่มีลักษณะยาวรี ผิวเปลือกไข่สีเขียวอมฟ้า ผิวอาจเรียบเป็นมัน บางฟองอาจมีผงสีขาวคล้ายผงชอล์กปกคลุมบางส่วน มีขนาดเฉลี่ย 43.39 x 31.61 มิลลิเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 22.64 กรัม จำนวนไข่ต่อหนึ่งรัง 2-5 ฟอง และค่าเฉลี่ย 3.85 ฟองจากจำนวน 70 รัง ไข่แต่ละฟองจะถูกวางห่างกัน 2 วัน นกทั้งสองเพศช่วยกันฟักไข่ตั้งแต่แม่นกวางไข่ฟองแรก ลูกนกเจริญเติบโตจนถึงระยะที่บินออกจากรังเพื่อหากินตามลำพังได้ใช้เวลา 35 วัน

นกยางเปียมักทำรังรวมกันเป็นฝูงใหญ่ปะปนกับนกชนิดอื่น อาทิ นกแขวก นกยางควาย และนกกระสาแดง ทำรังอยู่บนต้นไม้ที่ขึ้นในแหล่งน้ำหรือตามพงอ้อ หรือแม้แต่บนพื้นดิน ลักษณะของรังเป็นรูปถ้วย วางไข่ 2-4 ฟอง ไข่มีขนาดเฉลี่ย 49.3 x 35.2 มิลลิเมตร เปลือกไข่มีสีเขียวอมฟ้า นกเพศผู้และนกเพศเมียสลับหน้าที่กันฟักไข่ ระยะเวลาการฟักไข่ 21-27 วัน (McLachlan and Liversidge, 1966; Smythies, 1968; Grzimek, 1972 และ England, 1974 อ้างถึงใน สุวรรณา ฉายศิริพันธ์, 2526)

Baker (1929, อ้างถึงใน สุวรรณา ฉายศิริพันธ์, 2526) รายงานว่านกยางเปียในอินเดียและพม่า มีช่วงฤดูผสมพันธุ์ในเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน แต่นกยางเปียทางตอนใต้สุดของอินเดียและลังกามีช่วงฤดู ผสมพันธุ์ระหว่างเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม อาจพบทำรังในหมู่บ้านใกล้ชุมชน รังทำด้วยกิ่งไม้นำมาสานกันอย่างง่ายๆ อาจมีการใช้รังเก่าและเสริมรังใหม่ขึ้น นกวางไข่ 3-5 ฟองต่อรัง เปลือกไข่สีฟ้าอมเขียว ขนาดเฉลี่ย 44.4 x 31.7 มิลลิเมตร

Birron and Gordon (1951, อ้างถึงในสุวรรณา ฉายศิริพันธ์, 2526) รายงานว่า นกยางเปียทำรังปะปนกับนกยางควาย นกกาน้ำเล็ก นกกาน้ำปากยาว นกปากช้อน และนกช้อนหอย ทำรังบนต้นหม่อน ต้นไคร้น้ำ หรือ ตามพงหญ้า ตำแหน่งของรังส่วนมากจะอยู่บริเวณกึ่งกลางของลำต้น รังทำจากกิ่งไม้แห้งยาวเรียวเล็ก วางไข่ครั้งละ 3-5 ฟอง ไข่มีลักษณะค่อนข้างยาวรี สีเปลือกไข่จะมีสีเขียวอมฟ้า ถ้าวางนานแล้วสีจะซีด ไข่มีขนาดเฉลี่ย 46.5 x 32.6 มิลลิเมตร วางไข่แต่ละฟองห่างกัน 24-48 ชั่วโมง นกทั้งสองเพศช่วยกันฟักไข่ ระยะฟักไข่ 25 วัน

2.4 องค์ประกอบของไข่นก

Romanoff and Romanoff (1949) รายงานว่าไข่ของนกประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ ไข่แดง (yolk) ไข่ขาว (albumen) เปลือกและเยื่อหุ้มไข่ (shell with membrane) สัดส่วนร้อยละของไข่แดงต่อน้ำหนักของไข่ทั้งหมด จะทำให้แบ่งนกออกเป็น 2 ประเภท คือว่า precocial birds พวกนี้มีไข่แดงอยู่ประมาณร้อยละ 30-40 ของน้ำหนักไข่ และ altricial birds ซึ่งมีไข่แดงอยู่ประมาณร้อยละ 15-20 ส่วนเปลือกไข่จะมีน้ำหนักประมาณ ร้อยละ 10 ของน้ำหนักไข่ ส่วนที่เหลือจะเป็นส่วนของไข่ขาว

ไข่แดงเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของไข่ ไข่ที่ถูกผสมจะถูกพัฒนาเป็นตัวอ่อน โดยใช้ไข่แดงเป็นแหล่งอาหาร ในการพัฒนาของตัวอ่อน ไข่แดงมีลักษณะค่อนข้างกลมอยู่ตำแหน่งกลางของฟองไข่สามารถเคลื่อนไปมาได้ สีของไข่แดงในนกแต่ละชนิดอาจแตกต่างกันเนื่องจากปริมาณของ carotenoid pigment ที่แตกต่างกัน

McGee (1997) อธิบายถึงการสร้างส่วนต่างๆของไข่นก โดยหลังจากมีการตกไข่ ซึ่งไข่มีไข่แดงอยู่เต็มจะถูกปล่อยออกจากรังไข่แล้วเข้าสู่ท่อนำไข่ซึ่งมีความยาวประมาณ 2 ฟุต โดยผ่านทางปลายของรูปกรวย ถ้าแม่นกถูกผสมพันธุ์ sperm จะเข้าผสมกับเซลล์ไข่ โดยใช้เวลาช่วงนี้ประมาณ 15 นาที เซลล์ไข่และไข่แดงจะเคลื่อนที่ไปยังส่วนที่เรียกว่า magnum ซึ่งผนังส่วนนี้จะหลั่งโปรตีนของไข่ขาวออกมา ทำให้เกิดไข่ขาว 4 ชั้นห่อหุ้มไข่แดงไว้ ไข่ขาวชั้นแรกที่ข้นจะถูกบิดโดยรอยพับของผนัง magnum เกิดเป็น chalazae 2 สาย ซึ่งเชื่อมไข่แดงเข้ากับเปลือกไข่ ทำให้ไข่แดงอยู่ตรงกลาง ส่วนถัดมาของท่อนำไข่จะล้อมทั้งไข่แดงและไข่ขาวไว้ด้วยเยื่อบางๆแต่แข็งแรง 2 ชั้น ซึ่งทั้ง 2 ชั้นนี้อยู่เกือบติดกันทุกตำแหน่งยกเว้นที่ปลายข้างหนึ่งซึ่งภายหลังจะเกิดถุงอากาศขึ้นเพื่อให้ลูกนกที่ฟักตัวมีอากาศหายใจ เยื่อทั้งสองชั้นนี้ยังป้องกันแบคทีเรียด้วย การสร้างเนื้อเยื่อใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง

ต่อมาจะเกิดการสร้างเปลือกไข่ซึ่งเกิดจากต่อม shell gland ในมดลูก โดยใช้เวลาประมาณ 14 ชั่วโมง เปลือกไข่จะประกอบด้วย แคลเซียมคาร์บอเนต ร้อยละ 95 ที่เหลือเป็นโปรตีน แคลเซียมที่นำมาสร้างเปลือกไข่นี้จะถูกนำมาจากกระดูกของแม่นก หน้าที่ของเปลือกไข่คือการปกป้องไข่ นอกจากนี้เปลือกไข่ยังมีรูพรุนทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซที่ลูกนกใช้ในการหายใจ และชั้นสุดท้ายที่ล้อมรอบเปลือกไข่คือ cuticle ซึ่งมีลักษณะคล้ายขี้ผึ้ง จึงช่วยชะลอการสูญเสียน้ำ แม่นกจะเริ่มออกไข่เมื่อถูกกระตุ้นด้วยฮอร์โมนโปรแลคติน ซึ่งใช้ระยะเวลาประมาณ 25 ชั่วโมง หลังไข่ตกจากรังไข่

2.5 การปนเปื้อนของสารฆ่าแมลงในสิ่งแวดล้อม

สุภาณี พิมพ์สมาน (2540) กล่าวว่าสารฆ่าแมลงอาจเข้าปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม เนื่องจาก

ก. การใช้เพื่อการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูทางการเกษตรและการสาธารณสุข
ข. ของเสียจากโรงานผลิตยาฆ่าแมลง
ค. อุบัติเหตุการหกรั่วขณะขนส่งหรือระหว่างเก็บ

2.5.1 ความคงทนและแพร่กระจายของสารฆ่าแมลงในสิ่งแวดล้อม

สารฆ่าแมลงมีความคงทน (persistence) แตกต่างกัน สารฆ่าแมลงที่มีความคงทนสูงจะมีโอกาสที่จะเคลื่อนย้ายจากบริเวณแหล่งที่เข้าปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมโดยวิถีทางต่างๆ ได้แก่ ทางน้ำ ทางอากาศ และทางสิ่งมีชีวิตต่างๆ จึงอาจทำให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศอื่นซึ่งอยู่ใกล้เคียงได้ด้วย

การเคลื่อนย้ายของสารฆ่าแมลงในอากาศ มักเกิดขึ้นโดยมีไอน้ำและฝุ่นผงเป็นพาหะ อาจมีการระเหยของสารจากผิวดินหรือผิวน้ำพร้อมไอน้ำ (co-distillation) ในทางตรงข้าม สารฆ่าแมลงอาจกลับสู่ดินหรือน้ำได้อีก พร้อมกับฝนและฝุ่นที่ตกลงมา

ในดินมักจะพบสารฆ่าแมลงสะสมอยู่บริเวณหน้าดินลึก 1-2 นิ้ว สารในกลุ่มออร์แกโนคลอรีนส่วนใหญ่จะถูกดูดซึมโดยอนุภาคดิน โดยทั่วไปสารฆ่าแมลงที่มีคุณสมบัติการละลายน้ำได้สูงกว่า 5 ppm จึงจะมีการชะละลาย (leaching) เกิดขึ้นได้ การทำให้แตกสลาย (degradation) ของสารฆ่าแมลงในดินเกิดขึ้นโดยจุลินทรีย์ชนิดต่างๆในดินเป็นสำคัญ ดังนั้น

ปัจจัยใดๆ ก็ตามที่มีผลในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและการทำงานของจุลินทรีย์ดินย่อม มีผลให้สารฆ่าแมลงเกิดการแตกสลายเร็วขึ้นด้วย ปัจจัยดังกล่าว เช่น อุณหภูมิ ความชื้น เป็นต้น

ในน้ำ อนุภาคของดินที่มีอยู่ในน้ำจะมีผลทำให้สารฆ่าแมลงตกตะกอนมากขึ้นและเร็วขึ้น ดินตะกอนซึ่งอยู่ที่ก้นสระ ทะเลสาบ หรือแม่น้ำ จึงเป็นแหล่งสะสมสารฆ่าแมลงตกค้างในปริมาณสูงกว่าระดับของสารตกค้างที่มีอยู่ในน้ำมาก รายงานการศึกษาปริมาณสารออร์แกโนคลอรีนในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างและคลองที่เชื่อมต่อในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่าการแพร่กระจายของสารขึ้นกับอัตราการไหลของน้ำและปริมาณตกค้างของสารดังกล่าวในตะกอนดินสูงกว่าในน้ำ 200-300 เท่า

การมีพิษตกค้างที่ยาวนานของสารกลุ่มออร์แกโนคลอรีนเนื่องจากคุณสมบัติ 2 ประการ

2.5.1.1 โครงสร้างโมเลกุลประกอบด้วยพันธะ C-C, C-H และ C-Cl ซึ่งเป็นลักษณะที่เสถียรภาพ การแตกสลายเกิดขึ้นได้ช้ามาก ออร์แกโนคลอรีนส่วนใหญ่สามารถอยู่ในดินได้นานเป็นเดือนหรือเป็นปี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพดินที่มีอินทรียวัตถุสูง โดยทั่วไปค่าครึ่งชีวิต (half life) ขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่ง คือ ส่วนประกอบของสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างเช่น ในสภาพสิ่งแวดล้อมเขตร้อน DDT จะมีการสลายตัวเร็วกว่าในเขตหนาว

2.5.1.2 ละลายในน้ำได้น้อย แต่ละลายได้ดีในไขมัน ตัวอย่างเช่น DDT ละลายในน้ำได้เพียง 0.02 ppm ทำให้มีการสะสมในเนื้อเยื่อไขมันของสิ่งมีชีวิตได้ โดยเมื่อเข้าไปสะสมแล้วขับถ่ายออกมาเกิดขึ้นได้ยาก

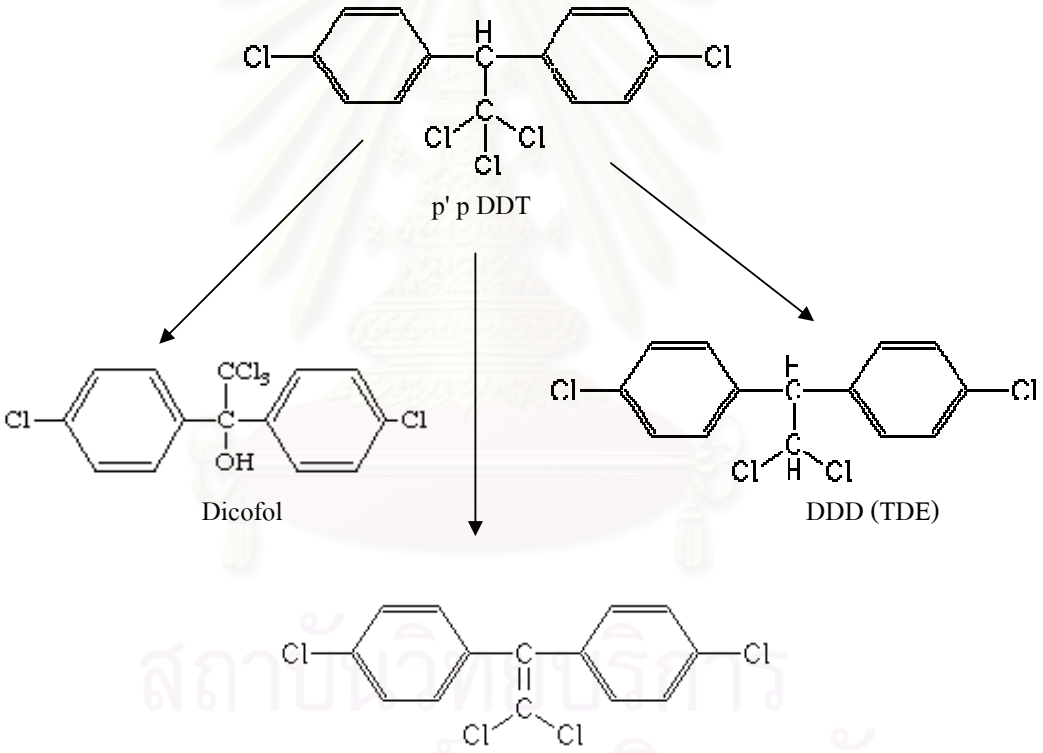
ในกรณี DDT ถึงแม้จะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นเมตาบอไลต์ ในรูปอื่น เช่น จาก DDT เป็น DDE แต่เมตาบอไลต์ เหล่านั้นก็ยังเป็นสารซึ่งมีพิษและมีความคงทน โดยทั่วไปเมตาบอลิซึมของ DDT เกิดขึ้นได้ 3 วิถีทาง ดังภาพที่ 2. 2

ก. โดยปฏิกิริยาดีไฮโดรคลอริเนชัน (dehydrochlorination) ผลจากปฏิกิริยาจะได้สาร DDE ซึ่งยังคงมีความเป็นพิษแต่อยู่ในระดับต่ำกว่า DDT วิถีทางนี้เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิตทั่วไป โดยมีเอนไซม์ ดีดีทีดีไฮโดรคลอริเนส (DDT dehydrochlorinase, DDTase) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา DDE จะสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อไขมันได้ต่อไป

ข. โดยปฏิกิริยารีดักทีพดีคลอริเนชัน (reductive dechlorination) เป็นวิถีทางซึ่งอาจเกิดขึ้นในสิ่งแวดล้อมในธรรมชาติ โดยการทำงานของจุลินทรีย์บางชนิด ผลจากปฏิกิริยาได้สาร DDD หรือ TDE

ค. โดยปฏิกิริยาออกซิเดชัน ผลจากปฏิกิริยาจะได้สาร dicofol ซึ่งมีสมบัติเป็นสารฆ่าไร วิถีทางนี้เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแมลง โดยเกี่ยวข้องกับเอนไซม์โมโนออกซิจีเนส

ภาพที่ 2.2 เมตาบอลิซึมของ DDT



ที่มา: Wood (Online, 2003) และ Agrimor (Online, n.d.)

2.5.2 การสะสมในสิ่งมีชีวิต (bioaccumulation)

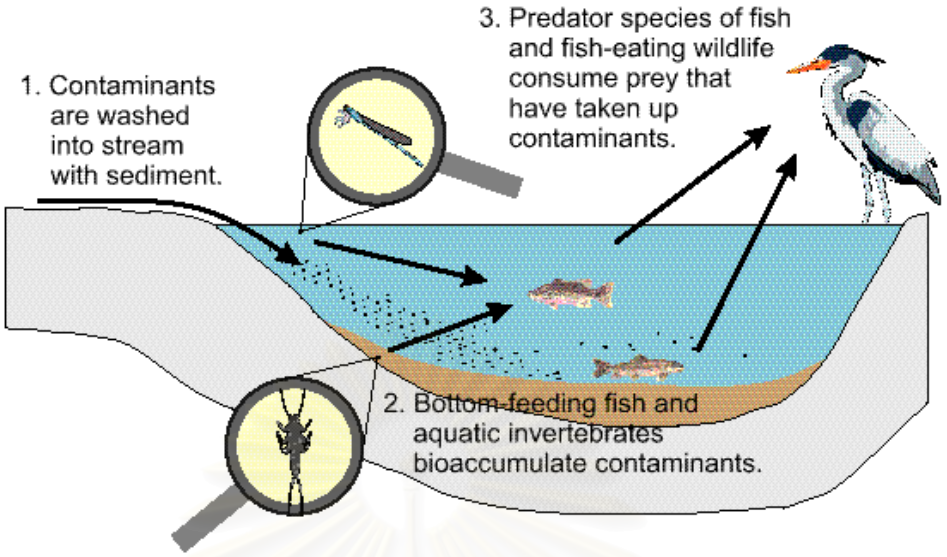
สิ่งมีชีวิตสามารถสะสมสารฆ่าแมลงไว้ในเนื้อเยื่อไขมันโดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชหัว เช่น แครอท อาจพบปริมาณสาร dieldrin หรือสาร heptachlor อยู่ในระดับใกล้เคียงที่มีอยู่ในดินปลูก ในสัตว์น้ำ เช่น หอย ซึ่งกินอาหารโดยการกรองเอาอาหารจากน้ำ พบว่าอาจมีการสะสมของDDT ไว้ในเนื้อเยื่อได้ในระดับประมาณ 70,000 เท่าของระดับ DDT ที่มีอยู่ในน้ำทะเล ปลากินพืชซึ่งอยู่ในน้ำที่มี endrin ปนเปื้อนอยู่เพียง 2-3 เดือน จะมีปริมาณสารสะสมในร่างกายของปลาได้ถึงประมาณ 10,000 เท่าของที่มีอยู่ในน้ำ

อัตราการสะสมสารฆ่าแมลงในสิ่งแวดล้อมทางน้ำ โดยทั่วไปจะมีอัตราสูงกว่าสิ่งแวดล้อมทางบก เนื่องจากคุณสมบัติในการละลายได้ดีในไขมันของสารออร์แกนโนคลอรีนและมีน้ำเป็นตัวกลางที่ดีในการเคลื่อนย้ายไปสะสมในสิ่งมีชีวิตต่างๆ นอกจากนี้สิ่งมีชีวิตในน้ำมีโอกาสได้รับสารตกค้างได้สองทางโดยผ่านทางอาหาร และโดยการได้รับโดยตรงจากน้ำซึ่งอยู่ล้อมรอบ

2.5.3 การเพิ่มขยายทางชีวภาพ (biological magnification)

การเพิ่มขยายทางชีวภาพ เป็นคำใช้อธิบายลักษณะการเพิ่มความเข้มข้นของสารพิษตกค้างที่เกิดขึ้นตามชั้นอาหาร ซึ่งสิ่งมีชีวิตมีความสัมพันธ์ต่อเนื่องของอาหารที่กินจากชั้นของอาหาร (trophic level) ต่ำไปสู่ระดับสูงเป็นลำดับต่อไป เรียกลักษณะนี้ว่า โซ่อาหาร (food chain) ลักษณะสำคัญอย่างหนึ่งในโซ่อาหาร คือ สามารถสะสมสารพิษที่ยังไม่ถูกทำให้แตกสลายในชั้นของอาหารสิ่งมีชีวิต พบว่าสิ่งมีชีวิตที่จัดอยู่ในชั้นของอาหารต่างกันมักมีออร์แกโน-คลอรีนสะสมอยู่ในปริมาณต่างกัน ปริมาณสารที่สะสมจะสูงกว่าในสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในชั้นของอาหารที่สูงกว่า การสะสมสารพิษในโซ่อาหารนี้จะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตระดับสูงที่อาศัยสิ่งมีชีวิตระดับต่ำเป็นอาหาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งนกกินปลาซึ่งเป็นส่วนปลายสุดของโซ่อาหาร ดังภาพที่ 2.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 2.3 แสดงการเกิดปรากฏการณ์ การเพิ่มขยายทางชีวภาพ
ที่มา: Lindsey และคณะ (Online, 2003)

2.6 ผลกระทบของสารดีดีทีต่อเปลือกไข่นก

ในปี ค.ศ. 1960 นักวิทยาศาสตร์ได้พบว่า มีการลดลงของประชากรนกผู้ล่า เช่น เหยี่ยวเพเรกริน (*Falco peregrinus*) และ นก golden eagle (*Aquila chrysaetos*) เป็นต้น โดยการลดลงของประชากรนกผู้ล่านี้มีสาเหตุจากการบางลงของเปลือกไข่ ทำให้ไข่ของนกเหล่านี้แตกในรัง ซึ่งพบว่าสาเหตุที่เปลือกไข่บางลงเพราะการได้รับสารดีดีที ซึ่งสารดีดีทีมีการถ่ายทอดผ่านห่วงโซ่อาหารและสะสมในร่างกายของสิ่งมีชีวิต ทำให้นกผู้ล่าเสี่ยงต่อการได้รับผลกระทบต่อสารดีดีทีมาก

เมตาบอลิซึมของสารดีดีทีทำให้ไข่บางลงได้อย่างไร ยังไม่เป็นที่เข้าใจอย่างชัดเจนนัก อย่างไรก็ตามจากการทดลองพบว่า การทดลองให้นกกระทากินอาหารที่มีส่วนผสมของสารดีดีที 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อนกกระทาได้รับอาหารเข้าไปเกิดการเปลี่ยนแปลงของการสร้างแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ในเปลือกไข่ โดยเอนไซม์ carbonic anhydrase ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการสร้างคาร์บอนิกไอออน (CO^{2-}_3) จาก คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ลดลง แคลเซียมคาร์บอเนตที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของเปลือกไข่ลดลง ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎี (Shaw and Chadwick, 1998)

กิตติ เอกอำพน (2529) อ้างถึงการศึกษาที่พบว่าสารพวกคลอริเนตเต็ดไฮโดรคาร์บอน เป็นสาเหตุสำคัญทำให้จำนวนประชากรของนกบางชนิดลดลง ทั้งนี้เนื่องจากสารเคมีประเภทนี้มีผลรบกวนการสืบพันธุ์ของนกหลายชนิด เช่น นกออก, นกอินทรีย์หัวล้าน เป็นต้น บรรดานกเหล่านี้มีประชากรลดลงอย่างมากในช่วงระหว่างปี ค.ศ. 1940 ถึง ค.ศ. 1950 ซึ่งเป็นระยะที่มีการใช้สารเคมีกลุ่มคลอริเนตเต็ดไฮโดรคาร์บอน ใช้กันอย่างแพร่หลาย สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะความสามรถในการสืบพันธุ์ของนกเหล่านี้ลดลง ทั้งนี้นกเหล่านี้จะมีการผสมพันธุ์เกิดขึ้นช้ากว่าปกติหรือไม่ออกไข่ ในกรณีที่ออกไข่ ไข่จะมีเปลือกบาง แตกง่าย ลูกนกที่ฟักออกมามีอัตราการตายสูง ปรากฏการณ์เช่นนี้เกิดขึ้นอย่างรุนแรงและเด่นชัดมากในบริเวณที่มีการใช้สารเคมีพวกคลอริเนตเต็ดไฮโดรคาร์บอน

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าสารพวกคลอริเนตเต็ดไฮโดรคาร์บอนในระดับความเข้มข้นที่ไม่ถึงกับทำให้เกิดอันตรายแก่นกถึงขั้นเสียชีวิตเป็นตัวการรบกวนเมตาบอลิซึมของแคลเซียมในตัวนก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสารเคมีประเภทนี้มีผลยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ carbonic anhydrase ผลที่ตามมาทำให้มีปริมาณแคลเซียมไม่เพียงพอที่จะนำไปสร้างเปลือกไข่ เปลือกไข่จึงบางลงผิดปกติ ผลจากการศึกษาในห้องปฏิบัติการพบว่าผลเช่นเดียวกันนี้เกิดขึ้นแม้จะทำการฉีดสารเคมีประเภทนี้เข้าสู่ตัวนกก่อนการวางไข่ในระยะเวลาไม่เกิน 20 ชั่วโมง (การสร้างเปลือกไข่โดยทั่วไปจะเกิดขึ้นก่อนวางไข่ประมาณ 20 ชั่วโมง) จึงเท่ากับเป็นการยืนยันว่าการที่นกมีเปลือกไข่บางมิได้เกิดขึ้นเนื่องจากการมีปริมาณแคลเซียมสะสมอยู่ไม่เพียงพอ ส่วนการให้สารเคมีประเภทนี้แก่นกตั้งแต่ต้นจะทำให้เกิดผลต่อนกอีกแบบหนึ่ง กล่าวคือจะมีผลทำให้การวางไข่ช้าออกไป คาดว่าสาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะสารคลอริเนตเต็ดไฮโดรคาร์บอน เป็นตัวยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ในตับ รวมทั้งทำให้ระดับของฮอร์โมนเอสโทรเจน (estrogen) ในเลือดลดลง

ภายหลังจากการนำเอาสารเคมีกลุ่มคลอริเนตเต็ดไฮโดรคาร์บอนมาใช้กันอย่างกว้างขวาง ก็เริ่มมีการสังเกตพบว่าความหนาของเปลือกไข่ของนกประเภทกินเนื้อลดลงอย่างชัดเจน มีการรายงานผลการศึกษาหาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความหนาของเปลือกไข่นกพวกนี้นับตั้งแต่ปี ค.ศ. 1891 ถึงปี ค.ศ. 1947 ที่บ่งชี้ว่าค่าเฉลี่ยความหนาและมวลของเปลือกไข่มีค่าค่อนข้างคงตัวตั้งแต่ต้น จนประมาณปี ค.ศ. 1945 ถึง ค.ศ. 1947 ก็พบว่าค่าดังกล่าวลดลงอย่างมากและอย่างรวดเร็ว ผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับช่วงระยะเวลาที่มีการนำสารเคมีพวกคลอริเนตเต็ดไฮโดรคาร์บอนมาใช้

นอกจากผลเสียหายที่มีต่อการสืบพันธุ์แล้วยังมีการศึกษาพบว่า เป็ด black ที่ได้รับสาร DDE จะมีพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงไป กล่าวคือหลังจากวางไข่แล้วเป็ดจะทำลายไข่ของตัวเอง

เป็ดป่าที่ได้รับสารดีดีอี และไก่พันธุ์เลกฮอร์นที่ได้รับดีดีที จะออกไข่น้อยลง การออกไข่ของนกคุ่ม นกพิราบ และนกฟินซ์ ที่ได้รับสารดีดีทีจะล่าช้ากว่าปกติ นอกจากนี้ยังมีผลเสียหายอื่นๆ อีกหลายประการซึ่งคาดว่าเกิดจากสารเคมีที่ใช้ในกำจัดศัตรูพืชและสัตว์เป็นสาเหตุ ตัวอย่างเช่น นกบางชนิดในทะเลสาบ Great Lakes มีตา เท้า และจงอยปากผิดปกติ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำหรับเอกสารที่เกี่ยวข้องในการวิจัยในครั้งนี้ได้แก่ การหาปริมาณของสารออร์แกโน-คลอรีนในไข่นกยางเปียมีผู้ศึกษาได้แก่ Connell และคณะ (2003) ได้รายงานว่าพบสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนหลายชนิดในไข่ของนกยางเปีย (*Egretta garzetta*) และนกแขวก (*Nycticorax nycticorax*) ซึ่งเก็บจากประเทศฮ่องกง ได้แก่ สาร DDT สาร PCBs (polychlorinated biphenyls) สาร chlordane และ สาร hexachlorocyclohexanes และสารฆ่าแมลงที่พบในไข่นกยางเปียปริมาณสูง ได้แก่ สารDDT ประมาณ 560 – 2200 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก (ng g^{-1}) สาร PCBs ประมาณ 270-1700 ng g^{-1} สาร chlordane 81-470 ng g^{-1} และ สาร hexachlorocyclohexanes 8.4 - 30 ng g^{-1} เมื่อนำค่าที่ได้ไปประเมินความเสี่ยงพบว่า ค่าที่เป็นเส้นตรงระหว่าง dose ต่อ response มีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์การลดลงของอัตราการรอดของลูกนกซึ่งเกี่ยวข้องกับสารDDE ในไข่ที่มีพัฒนาการ ค่า Risk Quotient (RQ) ของนกยางเปียมีค่า 40.9 % และนกแขวก 12.4 % ซึ่งบ่งชี้ว่าสารDDT ในไข่ส่งผลกระทบต่ออัตราการรอดของลูกนกทั้งสองชนิด

Sanpera และคณะ (2003) ที่ศึกษาการคงอยู่ของสาร POPs (Persistent Organic Pollutants) ในไข่ของนกยางเปีย ที่ประเทศปากีสถาน พบว่ายังมีสารฆ่าแมลงออร์แกโนคลอรีนที่เป็นสาร POPs ได้แก่ DDTs ในนกยางเปียทั้งสองชนิดพันธุ์ย่อยคือ *Egretta garzetta garzetta* และ *E. garzetta gularis* บริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำ 3 แห่ง ในประเทศปากีสถาน ซึ่งปริมาณสารที่พบจะแตกต่างกันตามแต่ละพื้นที่ นอกจากนี้ยังพบสาร POPsบางชนิดในปลาที่เป็นอาหารของนกและในตะกอน (sediments) โดยพบ Σ DDTs ในทุกไข่ตัวอย่างของนกยางเปียและปริมาณที่พบประมาณ 730 – 2900 ng/g wt/wt.

Berny และคณะ (2002) ศึกษาผลกระทบของพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่อุตสาหกรรมต่อการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ในการวางไข่ของนกยางเปียที่ Camargue ประเทศฝรั่งเศส พบว่ามีสารหลายชนิดปนเปื้อนในไข่ ปริมาณของสาร lindane 0.01-0.7 µg/g wet weight และ สาร PAH

(polycyclic aromatic hydrocarbon) < 0.5 µg/g wet weight นอกจากนี้พบว่ามีสาร DDE (dichloro diethyltrichlorethylene) ต่ำกว่า 1 µg/g wet weight สารหลักที่พบคือ PCB (polychlorinated biphenyls) 0.1-12 µg/g wet weight จะพบว่าสาร PCB มีการปนเปื้อนในไข่สูง โดยไข่ถูกเก็บจากใกล้ๆกับบริเวณพื้นที่อุตสาหกรรม

Aurigi และคณะ (2000) ได้ทำการศึกษา การปนเปื้อนของสารออร์แกโนคลอรีนในไข่ของนกที่ปากแม่น้ำ Danube โดยทำการเก็บไข่ในปี ค.ศ. 1997 นกที่ทำการศึกษาได้แก่ mallard (*Anas platyrhynchos*), greylag goose (*Anser anser*), mute swan (*Cygnus olor*), coot (*Fulica atra*), glossy ibis (*Plegadis falcinellus*), spoonbill (*Platalea leucorodia*), little egret (*Egretta garzetta*), night heron (*Nycticorax nycticorax*), grey heron (*Ardea cinerea*), great white egret (*Egretta alba*), red-necked grebe (*Podiceps griseus*), dalmatian pelican (*Pelecanus crispus*), pygmy cormorant (*Phalacrocorax pygmaeus*), และ common cormorant (*Phalacrocorax carbo*) พบว่าในไข่นก 4 ชนิดคือ little egret, great white egret, common cormorant, pygmy cormorant มีปริมาณของ DDT สูงกว่านกชนิดอื่นๆ โดย little egret มีปริมาณของ DDT มากที่สุดคือ 48,399 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (ng/g dry wt.) นกทุกชนิดมี hexachlorobenzene (HCB) ต่ำกว่า 1,393 ng/g dry wt. และนก pygmy cormorant มีปริมาณของ PCB มากที่สุด คือ 2,565 ng/g dry wt. ซึ่งสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนในปี ค.ศ. 1997 มีปริมาณน้อยลงกว่าในปี ค.ศ. 1982 ในพื้นที่เดียวกันนี้

Fasola และคณะ (1998) ได้ศึกษาปริมาณของสารออร์แกโนคลอรีนและ polychlorinated biphenyls (PCB) ในไข่ของนกแขวก (*Nycticorax nycticorax*) และนกยางเปีย (*Egretta garzetta*) และศึกษาปริมาณของโลหะในขนของนกทั้งสองชนิด ระหว่างปี ค.ศ. 1993 – ค.ศ. 1994 ที่ภาคเหนือของประเทศอิตาลี พบว่ามีการสะสมของสารออร์แกโนคลอรีนในระดับต่ำกว่าระดับปกติ ซึ่งไม่ส่งผลต่อการตายและความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของนกทั้งสองชนิด ปริมาณของ DDE ที่พบลดลงจากในปี ค.ศ. 1978 อย่างไรก็ตามแสดงให้เห็นว่าถึงแม้ว่าในอิตาลีจะมีการห้ามใช้ DDT ในปี ค.ศ.1978 และ ห้ามใช้ β - BHC ในปี ค.ศ. 1988 แต่ก็ยังพบสารกลุ่มดังกล่าวอยู่

Ayas (1997) ศึกษาการปนเปื้อนของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนในดิน น้ำ และสิ่งมีชีวิต ได้แก่นกยางเปีย (*Egretta garzetta*) ระหว่างเดือนตุลาคม ค.ศ. 1991 ถึง ตุลาคม ค.ศ. 1993 ที่ GÖksu Delta-Tasucu ประเทศตุรกี พบว่ามีการปนเปื้อนของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีน

13 ชนิด ที่ปนเปื้อนในสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม โดยไข่ของนกยางเปียพบปริมาณของสาร p,p' DDT ประมาณ 1.254 ppm และ สาร heptachlor 0.980 ppm

Albanis และคณะ (1996) ได้รายงานความเข้มข้นของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนในไข่และซากลูกนกหลายชนิดได้แก่ นก squacco heron (*Ardeola ralloides*) นกยางเปีย (*Egretta garzetta*) และนกแขวก (*Nycticorax nycticorax*) และ กบ (*Rana* sp.) ซึ่งนกยางล่าเป็นอาหารบริเวณอ่าว Thermaikos ประเทศกรีซ ระหว่างปี ค.ศ. 1992 -ค.ศ. 1993 โดยพบว่าในไข่นกมีสาร α-BHC, β-BHC, lindane, 4,4' – DDD, 4,4' – DDE, heptachlor and dieldrin ส่วนลูกนกและกบพบ α-BHC, β-BHC, lindane โดยพบว่าในนกแขวกมีปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนสูงสุดและนกยางเปียพบต่ำสุด เมื่อนำทุกตัวอย่างมาคำนวณค่า Bioconcentration factors (BCF) พบว่าทุกองค์ประกอบมีค่า BCF สูง ค่า BCF ในไข่ของนก squacco heron ต่ำกว่าในตัวลูกนก และค่า Biomagnification factor (BMF) ของ 4,4' – DDE และ β-BHC มีค่าสูงที่สุดในนกแขวก ซึ่งการที่นกยางหลายชนิดมีความแตกต่างของสารฆ่าแมลงที่ตรวจพบเพราะมีสถานที่หากินแตกต่างกัน การศึกษาครั้งนี้ยังระบุว่ายาฆ่าแมลงที่ตรวจพบมีผลน้อยต่อความหนาของเปลือกไข่ของนก squacco heron หรือมีผลต่อสัตว์ป่าในบริเวณนั้นน้อย

Findholt (1984) ได้ศึกษาการสะสมของสารออร์แกโนคลอรีนความหนาของเปลือกไข่และความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของนก snowy egret (*Egretta thula*) ที่ IDAHO ประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่าไข่ที่ทำการตรวจทั้งหมด มีสารDDE 100 % สารDDT 63 % และสารDDD 53 % ความหนาของเปลือกไข่มีความสัมพันธ์แบบตรงกันข้ามกับความเข้มข้นของยาฆ่าแมลงโดยเฉพาะสาร DDE อย่างมีนัยสำคัญ และมีความสำเร็จในการสืบพันธุ์ต่ำกว่าระดับปกติ และไข่ที่มีสารดีดีอี มากกว่า 5 ppm จะแตกระหว่างการฟัก ซึ่งสารดีดีอีเป็นปัจจัยแรกที่ทำให้การสืบพันธุ์ของนก snowy egret ในรัฐ Idaho ไม่ประสบผลสำเร็จ

Ratter และคณะ (2001) ได้ศึกษาการปนเปื้อนของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนและความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของนกแขวก (*Nycticorax nycticorax*) บริเวณ Baltimore Harbor รัฐ Maryland สหรัฐอเมริกา โดยมีสมมติฐานว่าการลดลงของขนาดประชากรของนกแขวกมีความสัมพันธ์กับการได้รับสาร polychlorinated biphenyls (PCB) โดยทำการเก็บตัวอย่างไข่นกแขวก 65 รัง จาก 2 บริเวณแล้วติดตามจนกระทั่งลูกนกบินออกจากรังได้ และทำการวิเคราะห์สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีน 26 ชนิดรวมทั้งสาร PCB 145 congeners ซึ่งผลการศึกษาเมื่อ

ประมาณค่าของความสำเร็จของการสร้างรังด้วยวิธี Mayfield มีค่าเท่ากับ 0.74 และค่าเฉลี่ยของลูกนกที่บินออกจากรังต่อแม่นกหนึ่งตัวคือ 2.05 และนำค่าปริมาณของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนในตัวอย่างไข่ มาหาความสัมพันธ์กับจำนวนลูกนกที่ฟัก จำนวนลูกนกที่บินออกจากรัง หรือความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของนก พบว่าค่าที่ได้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การที่ประชากรของนกลดลงกับมาจากสาเหตุอื่นๆเช่น การอพยพออก การทำลายแหล่งที่อยู่อาศัย

สำหรับในประเทศไทยได้มีการศึกษาการสะสมของสารออร์แกโนคลอรีนในชั้นไขมัน ได้แก่ ศิวรักษ์ มหิทธิบุรินทร์. (2524) ทำการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณวัตถุมีพิษตกค้างในนกบริเวณอำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม โดยทำการเก็บตัวอย่างนกในระหว่างเดือนมีนาคม พ.ศ.2523 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2523 แล้วทำการวิเคราะห์หาวัตถุมีพิษพวกออร์แกโนคลอรีน 14 ชนิด โดยใช้หลักของแก๊สโครมาโตกราฟ พบว่าวัตถุมีพิษตกค้างที่พบเป็นประจำคือ P, P′DDE, และ dieldrin วัตถุมีพิษที่ตรวจพบอีก 11 ชนิดคือ O, P′DDE, P, P′DDT, O, P′DDT, P, P′TDE, α-BHC, heptachlor, heptachlor epoxide, endrin, aldrin, lindane และ PCBs ปริมาณวัตถุมีพิษตกค้างกระจายอย่างกว้างขวางในระหว่างเนื้อเยื่อโดยพบว่า ไขมันสะสมวัตถุมีพิษไว้มากที่สุด การศึกษาในครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าปริมาณสาร DDT และ สาร dieldrin ในเนื้อเยื่อสัมพันธ์กับอุปนิสัยการกินอาหารของนกโดยที่ไม่มีความแตกต่างในเรื่องเพศ ปริมาณวัตถุ มีพิษตกค้างในนกส่วนมากมีไม่เกิน 1 ppm (น้ำหนักสด)

อารยา กำเนิดมั่น และ จินตนา ภู่มงกุฎชัย. (2538) ได้วิจัยชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างกลุ่มออร์แกโนคลอรีนในไข่ชนิดต่างๆในภาคกลาง โดยออกสำรวจเก็บตัวอย่างไข่ไก่ ไข่เป็ด และไข่นกกระทาจากแหล่งจำหน่ายในจังหวัดสมุทรปราการ ฉะเชิงเทรา นครนายก พระนครศรีอยุธยา อ่างทอง ปทุมธานี สุพรรณบุรี นนทบุรี นครปฐม ราชบุรี และกรุงเทพมหานคร จำนวน 114 ตัวอย่าง แยกเป็นไข่ไก่ 56 ตัวอย่าง ไข่เป็ด 48 ตัวอย่าง และ ไข่นกกระทา 10 ตัวอย่าง พบสารพิษตกค้างทุกตัวอย่าง สารพิษที่พบส่วนใหญ่ ได้แก่ สาร aldrin สาร dieldrin สารDDTและอนุพันธ์ โดยไข่ไก่พบสาร aldrin และ สาร dieldrin 44 ตัวอย่าง ปริมาณระหว่าง 0.001 – 0.057 ppm และสาร DDTและอนุพันธ์ (ส่วนใหญ่ที่พบได้แก่ สาร DDE และ สาร DDT) 56 ตัวอย่าง ปริมาณระหว่าง 0.007 – 0.044 ppm ไข่เป็ดสาร aldrin และ สาร dieldrin 47 ตัวอย่าง ปริมาณระหว่าง 0.001 – 0.021 ppm และสาร DDT และอนุพันธ์ 47 ตัวอย่าง ปริมาณระหว่าง 0.006 – 0.073 ppm ไข่นกกระทา สารaldrin และสาร dieldrin 7 ตัวอย่าง ปริมาณระหว่าง 0.001 – 0.006 ppm และสาร DDT และอนุพันธ์ 10 ตัวอย่าง ปริมาณระหว่าง 0.005 – 0.027 ppm ซึ่งปริมาณสารมีพิษตกค้างทุกชนิดที่พบมีค่าต่ำกว่าค่าปริมาณสูงสุดของสารมีพิษตกค้างซึ่งยอมให้มีได้ในไข่ (MRL) ซึ่งคณะกรรมการ

มาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ (Codex Alimentarius Committee) กำหนดค่า MRL ของสาร aldrin และ สาร dieldrin เท่ากับ 0.1 ppm และของสาร DDT และอนุพันธ์เท่ากับ 0.5 ppm

สุภาพ ณ. นคร และ คณะ (2527) ได้ศึกษาผลของยาฆ่าแมลงดีดีทีต่อความหนาของเปลือกไข่ อัตราการฟักออกเป็นตัวและพัฒนาของโครงกระดูกของลูกนกกระทาญี่ปุ่น โดยการผสมดีดีทีลงไปในอาหาร ในปริมาณ 0, 5 และ 10 ppm ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณดีดีทีดังกล่าวไม่มีผลเชิงสถิติต่อความหนาของเปลือกไข่ ต่ออัตราการฟักออกเป็นตัว และต่อการพัฒนาของโครงกระดูกของนกกระทาญี่ปุ่นในสัตว์ทดลองทั้ง 3 กลุ่มเลย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีการศึกษา

3.1 พื้นที่ที่ทำการศึกษา

เขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอนตั้งอยู่ที่ ตำบลตาลเอน อำเภอบางปะหัน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอนตั้งอยู่ละติจูด 14 องศา 31 ลิปดาเหนือ และลองติจูด 100 องศา 24 ลิปดาตะวันออก ในปี พ.ศ. 2519 กรมป่าไม้ได้ประกาศให้พื้นที่จำนวน 100 ไร่ 2 งาน 15 ตารางวา หรือประมาณ 0.16 ตารางกิโลเมตร ของตำบลตาลเอน เป็นเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน ตามแผนที่ท้ายประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ มีอาณาเขตดังนี้

ทิศเหนือ จดคลองบางพระครู

ทิศใต้ จดคันคลองส่งน้ำชลประทาน

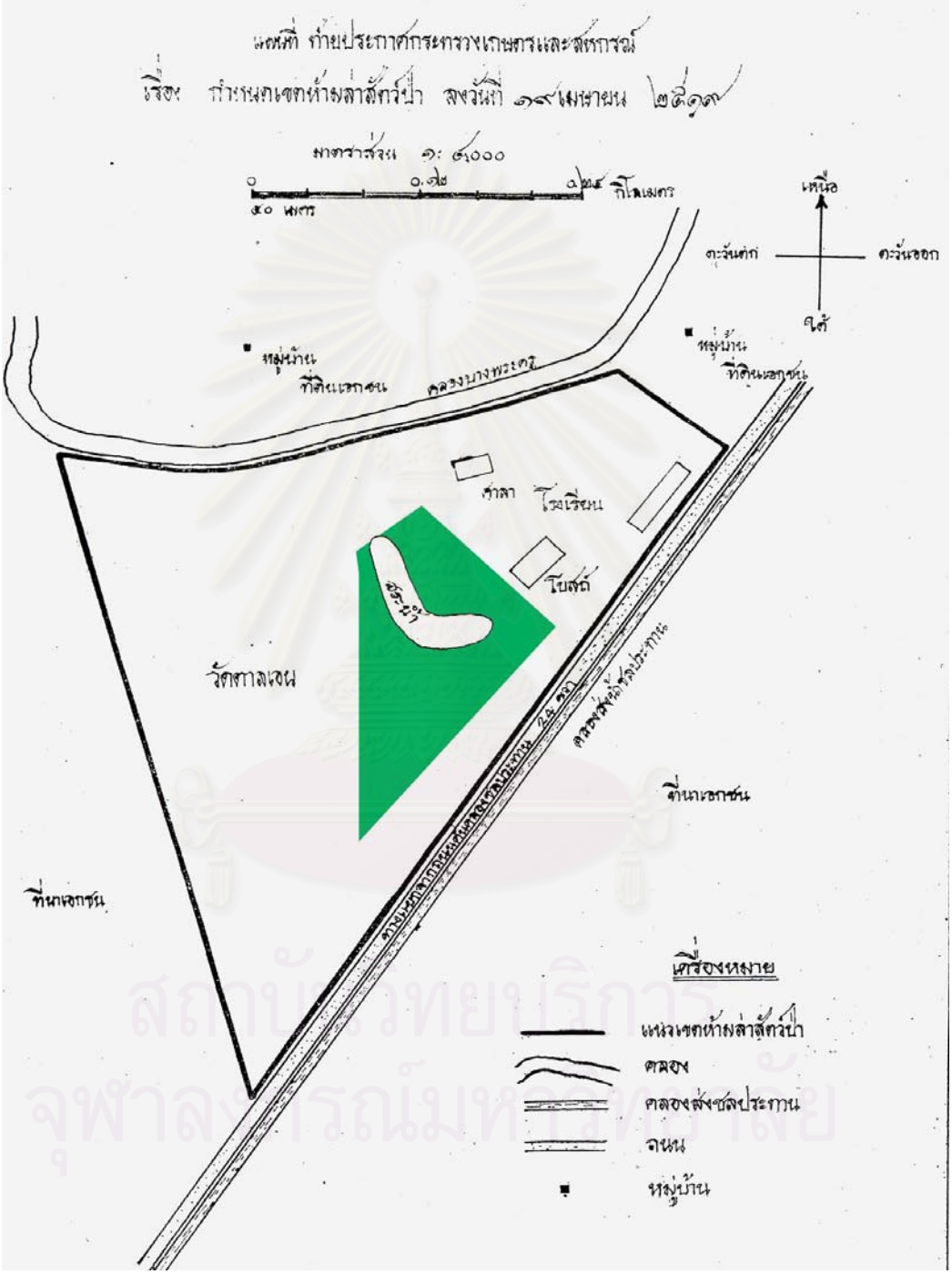
ทิศตะวันออก จดที่ดินกรรมสิทธิ์ของเอกชนและเป็นหมู่บ้าน

ทิศตะวันตก จดที่ดินกรรมสิทธิ์ของเอกชนซึ่งเป็นนาข้าว

(ราชกิจจานุเบกษา, 2519 และ สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, 2542) พื้นที่ดังกล่าวประกอบด้วย วัดตาลเอน ป่าละเมาะ พื้นที่เกษตรกรรม นาข้าว และชุมชน (ภาพที่ 3.1)

พื้นที่ที่ทำการศึกษา คือบริเวณที่เป็นป่าละเมาะหลังวัดตาลเอน (ภาพที่ 3.2) ซึ่งมี นกยางเปีย (*Egretta garzetta*) นกแขวก (*Nycticorax nycticorax*) และนกยางควาย (*Bubulcu ibis*) สร้างรังการเลือกพื้นที่ศึกษาในการศึกษาครั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่เพียงไม่กี่แห่งในภาคกลางของประเทศไทยที่มีรายงานการสร้างรังของนกยางเปีย และรอบๆพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งได้มีการทำการเกษตรกรรมโดยเฉพาะการปลูกข้าวมาอย่างต่อเนื่องหลายสิบปี ซึ่งคาดว่าในอดีตน่าจะมีการใช้สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนในการกำจัดศัตรูพืช และพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ส่วนล่างของแม่น้ำป่าสัก ซึ่งมีรายงานว่าพบการปนเปื้อนของสารฆ่าแมลงกลุ่ม

ออร์แกโนคลอรีนในน้ำและตะกอนดินของแม่น้ำป่าสัก ซึ่งเหตุผลทั้งสองนี้ทำให้พื้นที่ดังกล่าวเป็นบริเวณที่เหมาะสมในการศึกษาครั้งนี้



ภาพที่ 3.1 แผนที่เขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน อ.บางปะหัน จ.พระนครศรีอยุธยา และแสดงพื้นที่ที่ทำการศึกษา (สีเข้ม)

ภาพที่ 3.2 บริเวณที่ทำการศึกษา ณ. เขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน

3.2 ชนิดของนกที่ศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาประชากรของนกยางเปีย *Egretta gazettar gazettar* (Linnaeus, 1758) ที่ได้สร้างรัง วางไข่ในพื้นที่ป่าละเมาะ นกยางเปียเป็นนกน้ำขนาดกลาง ตัวเต็มวัยมีขนาดประมาณ 60 เซนติเมตร มีขนปกคลุมลำตัวสีขาว ปากยาวตรง มีสีดำ คอยาว ขายาว แข้งสีดำ นิ้วเท้าสีเหลือง ทั้งสองเพศมีลักษณะและสีเหมือนกัน ในช่วงฤดูผสมพันธุ์บริเวณท้ายทอยมีขนสีขาว 2 เส้นยาวประมาณ 10 เซนติเมตร ลักษณะคล้ายผมเปียของคนจึงเป็นที่มาของชื่อนกยางเปีย นอกจากนี้ในฤดูผสมพันธุ์ขนที่อกและตะโพกยังแตกเป็นฝอยละเอียด หลังผ่านฤดูผสมพันธุ์แล้วขนเหล่านี้จะหลุดร่วงไป (โอภาส ขอบเขตต์, 2543)

นกยางเปียเป็นนกที่มีกิจกรรมหากินในเวลากลางวัน อาศัยอยู่ตามแหล่งน้ำ ทุ่งนา ทุ่งหญ้า ป่าชายเลน และนาเกลือ มักพบหากินเป็นกลุ่มแต่บางครั้งหากินตามลำพัง อาหารได้แก่ ปลา กบ และแมลง (สุวรรณา ฉายศิริพันธ์, 2526 และ โอภาส ขอบเขตต์, 2543) จากพฤติกรรมการหากินของนกยางเปียซึ่งเป็นผู้บริโภคระดับสูงในห่วงโซ่อาหารและสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนสามารถตกค้างในสิ่งแวดล้อมได้เป็นเวลานานรวมทั้งสามารถถ่ายทอดผ่านห่วงโซ่อาหารอาหารในปริมาณที่เพิ่มขึ้นตามลำดับของการถ่ายทอดพลังงาน (biological magnification) ทำให้นกยางเปียน่าจะได้รับสารกลุ่มนี้ในปริมาณมากด้วย จากเหตุผลที่กล่าวมาแล้วทำให้ในการศึกษาครั้งนี้เลือกนกยางเปียเป็นตัวแทนในการศึกษาผลกระทบของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีน อีกทั้ง

นกผู้ล่า ซึ่งเป็นผู้บริโภคลำดับสูงในห่วงโซ่อาหาร เช่น เหยี่ยวขาว (*Elanus caeruleus*) มีการทำรังค่อนข้างน้อย รังพบเห็นได้ยาก และทำรังสูงจากพื้นมากกว่า 20 เมตร จึงยากต่อการที่จะนำนกมาศึกษา

ภาพที่ 3.3 นกยางเปีย บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน

3.3 ช่วงเวลาที่ทำการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ เริ่มทำการสำรวจพื้นที่ศึกษาตั้งแต่วันที่ 30 ตุลาคม พ.ศ. 2544 และเริ่มออกเก็บตัวอย่าง ไข่นกยางเปียตั้งแต่ 15 มกราคม พ.ศ. 2545 ถึง 30 มีนาคม พ.ศ. 2545 และทำการวิเคราะห์ปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีน ตั้งแต่ เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2545 ถึง มิถุนายน พ.ศ. 2546

3.4 อุปกรณ์การศึกษาและสารเคมี

3.4.1 อุปกรณ์ภาคสนาม

1) กล้องส่องทางไกลแบบ 2 ตา กำลังขยาย 7 – 21 x 40
2) ดินสอสีน้ำมัน
3) แผ่นพลาสติกที่เขียนหมายเลขเพื่อติดหมายเลขรังนก
4) เครื่องชั่งดิจิตอลแบบ 2 ตำแหน่ง
5) เวอร์เนีย
6) บันได
7) กระติกน้ำที่รองพื้นด้วยสำลี
8) อะลูมิเนียมฟอยล์
9) กล้องถ่ายรูปและฟิลม์ถ่ายรูป

3.4.2 อุปกรณ์ห้องปฏิบัติการ

3.4.2.1 เครื่องมือ

1) เครื่องมือเจาะเปลือกไข่
2) เครื่องผสมตัวอย่าง homogenizer
3) เครื่อง rotary vacuum evaporator รุ่น N-N series ยี่ห้อ Eyela
4) เครื่อง vacuum pump
5) เครื่อง gas chromatography ของบริษัท Hewlett Packard รุ่น 6890 N ที่มี detector แบบ μ-ECD และมีตัวฉีด (injector) แบบอัตโนมัติ (autosample) รุ่น 7683 Series ของบริษัท Hewlett Packard
6) คอลัมน์ของบริษัท J & W Scientific รุ่น HP-5 (5% diphenyl 95% dimethyl polysiloxane) ความยาว 30 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง (I.D.) 0.32 มิลลิเมตร film 0.25 ไมโครเมตร และ คอลัมน์รุ่น DB 1701 (14% cyanopropylphenyl 86 % dimethyl polysiloxane)
7) กล้องจุลทรรศน์แบบสองตา
8) stage micrometer
9) ocular micrometer

3.4.2.2 เครื่องแก้ว

1) ขวดแก้วสะอาดพร้อมฝาปิดเพื่อเก็บไข่แดง
2) ขวดเตรียมตัวอย่างขนาด 100 มิลลิลิตร
3) กรวยกรองแบบ Buchner
4) กรวยแก้วแยกสารขนาด 100 มิลลิลิตร พร้อมก๊อกชนิดเทฟลอน
5) ขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตร
6) ขวดก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร
7) คอลัมน์แก้วขนาดสูง 30 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 11 มิลลิเมตร พร้อมก๊อกชนิดเทฟลอน
8) เข็มฉีดตัวอย่างสารขนาด 10 ไมโครลิตร 25 ไมโครลิตร และ 250 ไมโครลิตร
9) เครื่องแก้วอื่นๆ

3.4.2.3 สารเคมีและอุปกรณ์

1) 95 % n-n-hexane ชนิด pesticide grade ของบริษัท แลป สแกน
2) acetonitrile ชนิด pesticide grade ของบริษัท แลป สแกน
3) diethyl ether ชนิด pesticide grade ของบริษัท แลป สแกน
4) florisil Pr 60/100 ของบริษัท Supelco
5) สารละลายมาตรฐานออร์แกโนคลอรีน 8081 STD Mix ความเข้มข้น 200 µg/ml (ppm) ของบริษัท Supelco
6) Pesticides Surrogate Spike Mix ความเข้มข้น 200 µg/ml ของบริษัท Supelco
7) sodium sulfate (Na_2SO_4) anhydrous ชนิด granular
8) กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.5 การศึกษานิเวศวิทยาการสืบพันธุ์ของนกยางเปีย

การศึกษานิเวศวิทยาการสืบพันธุ์ของนกยางเปียครั้งนี้ได้ทำการศึกษาในช่วงฤดูสืบพันธุ์ เริ่มทำการศึกษาตั้งแต่ก่อนนกยางเปียวางไข่โดยทำการติดตามเป็นระยะตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2544 จนกระทั่งนกเริ่มวางไข่ในกลางเดือนมกราคม พ.ศ. 2545 และทำการศึกษาจนกระทั่งลูกนกยางเปียรังสุดท้ายที่บันทึกข้อมูลบินออกจากรัง การศึกษานิเวศวิทยาการสืบพันธุ์ของนกยางเปียได้ทำการเก็บข้อมูลดังต่อไปนี้

3.5.1 บันทึกชนิดพันธุ์ของต้นไม้ที่นกเลือกทำรัง

ทำการสำรวจและบันทึกชนิดต้นไม้ที่นกยางเปียสร้างรังในบริเวณเขตป่าละเมาะหลังวัดตาลเอน โดยหลังจากนกเริ่มสร้างรัง จะทำเครื่องหมายใต้รังที่ศึกษาด้วยการติดแผ่นพลาสติกและเขียนหมายเลขบนแผ่นพลาสติกด้วยดินสอน้ำมันใต้รังจำนวน 61 รัง นอกจากนี้ยังทำการนับรังนกยางเปียบนต้นไม้แต่ละต้นด้วย

3.5.2 ขนาดและน้ำหนักของไข่ และจำนวนไข่ในรัง

เมื่อนกวางไข่จะทำเครื่องหมายบนไข่แต่ละฟอง เพื่อให้ทราบลำดับการวางไข่ และทำการตรวจสอบทุกๆสองวัน เมื่อนกไม่วางไข่เพิ่มแล้วทำการนับจำนวนไข่ทั้งหมดในรังและไข่ในรังถูกนำลงมาเพื่อศึกษารูปร่างและสีของเปลือกไข่ นำมาวัดความกว้าง และความยาว โดยทำการวัดตรงส่วนที่กว้างที่สุด และส่วนที่ยาวที่สุดของไข่โดยใช้เวอร์เนีย จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักโดยตาชั่งดิจิตอลแบบสองตำแหน่ง ในภาคสนาม ทำการบันทึกข้อมูล เมื่อวัดความยาว ความกว้าง และชั่งน้ำหนักไข่นกเสร็จแล้ว ได้นำกลับขึ้นไปไว้ในรังตามเดิม

ทั้งนี้ในการเก็บข้อมูลได้กระทำอย่างรวดเร็วเพื่อลดการรบกวนต่อประชากรนกที่มีการสร้างรังวางไข่ในบริเวณที่ศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 3.4 การเก็บไข่นกยางเปียเพื่อทำการศึกษาขนาดและน้ำหนักของไข่

3.5.3 ช่วงระยะเวลาการสร้างรัง วางไข่และฟักไข่

ติดตามตรวจสอบไข่ในรังที่ทำการศึกษาทุกๆ 2 วัน บันทึกวันที่นกเริ่มวางไข่และระยะเวลาในการฟัก

3.5.4 อัตราการรอดของลูกนก

อัตราการการรอดของลูกนกได้บันทึกข้อมูลต่อไปนี้

1) อัตราการรอดของลูกนกต่อรังที่ฟักออกจากไข่

2) อัตราการรอดของลูกนกอายุ 1 สัปดาห์

3) อัตราการรอดของลูกนกอายุ 2 สัปดาห์

4) อัตราการรอดของลูกนกอายุ 3 สัปดาห์

5) อัตราการรอดของลูกนกอายุ 4 สัปดาห์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยในช่วงที่ลูกนกอายุน้อยกว่า 2 สัปดาห์และยังไม่สามารถเดินออกจากรังได้ ได้ทำการบันทึกข้อมูลทุกๆ 2 วัน แต่เมื่อลูกนกอายุมากกว่า 2 สัปดาห์และเริ่มเดินได้แล้ว การบันทึกข้อมูลจะมีระยะห่างมากขึ้นเนื่องจาก การเข้าใกล้รังนกมากทำให้ลูกนกตื่นตกใจ

3.5.5 ความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของนกยางเปีย

ความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของนกยางเปียได้ทำการพิจารณา ข้อมูลดังต่อไปนี้

1. จำนวนไข่ที่วางต่อรัง (clutch size)

2. อัตราการรอดของลูกนกที่ฟักออกจากไข่ต่อรัง

3. อัตราการรอดของลูกนกอายุ 4 สัปดาห์ หรือสามารถบินออกจากรังได้แล้ว (fledging)

ข้อมูลที่บันทึกในข้อ 3.5.4 และ 3.5.5 ทำการเก็บข้อมูลจากรังที่ไม่ได้มีการเก็บไข่

3.6 การเปรียบเทียบข้อมูลประชากรและนิเวศวิทยาการสืบพันธุ์ของนกยางเปีย

ข้อมูลที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ได้แก่ ความกว้าง ความยาว และน้ำหนักของไข่ จำนวนไข่ที่วางต่อรัง เปอร์เซ็นต์ลูกนกที่ฟักต่อรังและอัตราการรอดของลูกนกอายุ 1 สัปดาห์ต่อรัง ได้นำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่มีการศึกษาในปี พ.ศ. 2526 ที่ทำการศึกษาโดยสุวรรณา ฉายศิริพันธ์ โดยได้นำค่าเฉลี่ยของทั้งสองช่วงเวลามาหาความแตกต่างกันทางสถิติด้วยสถิติทดสอบแบบ t – test ที่ค่าความเชื่อมั่น 95 %

3.7 การเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาผลกระทบจากปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนในไข่แดงของนกยางเปีย

3.7.1 การเก็บตัวอย่างไข่นกยางเปีย

ทำการเก็บตัวอย่างไข่ใบที่ 2 ของนกยางเปียจำนวน 1 ฟอง จากรังที่มีไข่มากกว่า 2 ฟองเพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีน ไข่นกยางเปียที่เก็บจะถูกห่อ

ด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ และใส่ถุงพลาสติก นำมาห้องปฏิบัติการเพื่อทำการวัดความหนาของเปลือกไข่และวิเคราะห์ปริมาณสารฆ่าแมลงออร์แกโนคลอรีน นอกจากนี้ยังทำการเก็บตัวอย่างไข่ที่แตกระหว่างการฟักมาวิเคราะห์หาความหนาและปริมาณของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนด้วย

การเก็บตัวอย่างไข่นกเพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนจะทำการเก็บหลังจากพบว่ามีไข่ใบที่ 3 ถูกวางในรัง ซึ่งจะทราบจากการทำเครื่องหมายลำดับบนไข่นก การเก็บตัวอย่างไข่ในครั้งนี้จะทำการเก็บอย่างรวดเร็วเพื่อให้รบกวนการฟักไข่ของนกให้น้อยที่สุด

3.7.2 การวัดความหนาของเปลือกไข่

การวัดความหนาของเปลือกไข่นกยางเปียปรับปรุงวิธีจาก Sjoerd Dirksen and Theo Boudewijn (2000), ศันสรียา วังกุลางกูร (2540) และวิเชฏฐ์ คนซื่อ (2536)

1) นำตัวอย่างไข่นกยางเปียที่เก็บ มาชั่งน้ำหนัก วัดความกว้างและความยาว

2) นำไข่แดงออกมาด้วยเครื่องมือเจาะเปลือกไข่ แล้วนำไปใส่ในขวดที่จัดเตรียมไว้เก็บในตู้เย็น ที่อุณหภูมิ – 30 องศาเซลเซียส เพื่อรอวิเคราะห์

3) นำเปลือกไข่มาตากให้แห้งในอุณหภูมิห้อง

4) ทำการตัดเปลือกไข่ด้วยกรรไกรผ่าตัดออกเป็นชิ้นเล็กๆ 5 ชิ้น โดย แต่ละชิ้นจะถูกตัดจากตำแหน่งเดียวกันของบริเวณส่วนกลางของฟองไข่

5) เปลือกไข่ที่ถูกตัดแล้วทั้ง 5 ชิ้นจะถูกนำไปวางบนแผ่นสไลด์ ที่ใช้ดินน้ำมันเป็นฐาน

6) วัดความหนาของเปลือกไข่ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสองตาโดยใช้ไมโครมิเตอร์ โดยทำการวัดเปลือกไข่ชิ้นละ 3 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

7) ค่าความหนาที่ได้จะถูกนำไปหาความสัมพันธ์กับปริมาณของ 4, 4' DDE ที่พบจากการวิเคราะห์ต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.8 การศึกษาผลกระทบของการเก็บไข่จากรัง

เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างไข่นกในรัง (ข้อ 3.7.1) จึงจำเป็นต้องศึกษาต่อผลกระทบของการเก็บไข่นกต่ออัตราความสำเร็จในการสืบพันธุ์ด้วย การศึกษาผลกระทบได้ทำการแยกประชากรของนกยางเปียในพื้นที่ศึกษาออกเป็นสองกลุ่มเท่าๆกันโดยพิจารณาจากรังที่มีจำนวนไข่ต่อรัง 3 และ 4 ฟอง และจำแนกเป็น 2 กลุ่มคือ

1. กลุ่มที่ทำการเก็บไข่เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีน จำนวน 23 รัง เป็นกลุ่มทดลอง

2. กลุ่มที่ไม่ได้มีการเก็บไข่ เพื่อเป็นกลุ่มควบคุม จำนวน 23 รัง

โดยทำการทดสอบว่าประชากรทั้งสองกลุ่มมีอัตราการรอดของลูกนกระยะต่างๆ แตกต่างกันหรือไม่ ด้วยสถิติทดสอบแบบ t – test ที่ค่าความเชื่อมั่น 95 % และได้จำนวนลูกนกรวมในแต่ละกลุ่มแตกต่างกันอย่างไร

3.9 การวิเคราะห์ปริมาณของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนในไข่แดงของนกยางเปีย

3.9.1 การวิเคราะห์สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนด้วยเครื่องแกสโครมาโตกราฟี (GC-μECD, gas chromatography micro electron capture detector)

สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนสามารถหาปริมาณได้โดยการวิเคราะห์ด้วยเครื่องแกสโครมาโตกราฟี ที่มี detector แบบ electron capture detector สำหรับในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการตรวจวัดจาก เครื่อง GC-μECD รุ่น HP 6890 และมีตัวฉีด (injector) แบบอัตโนมัติ (autosample) รุ่น 7683 Series ของบริษัท Hewlett Packard และปรับปรุงจาก EPA Method 8081 B Organochlorine Pesticides by Gas Chromatography (Online, 1998)

3.9.1.1 สภาวะของเครื่อง GC-μECD

คอลัมน์ : คอลัมน์ HP 5 (5% diphenyl 95% dimethyl polysiloxane) และยืนยันผลด้วย คอลัมน์รุ่น DB 1701 (14% cyanopropylphenyl 86 % dimethyl polysiloxane) ของบริษัท J & W Scientific

อุณหภูมิ: อุณหภูมิของตู้อบ (oven) มีการตั้งอุณหภูมิเป็นลำดับขั้น (oven temperature program) ดังนี้ อุณหภูมิตู้อบ เริ่มต้นที่ 135 องศาเซลเซียส จากนั้นอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 275 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราการเพิ่ม 4 องศาเซลเซียส (^{o} C) ต่อ 1 นาที และคงที่ที่อุณหภูมิดังกล่าวเป็นเวลานาน 30 นาที

ส่วนของการฉีด (injector port) ใช้การฉีดแบบ splitless อุณหภูมิที่ใช้คือ 250 องศาเซลเซียส

ส่วนตรวจวัด (detector port) ตั้งที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส โดยส่วนการตรวจวัดเป็นแบบ Micro Electron Capture Detector (μECD)

ก๊าซที่ใช้: carrier gas คือก๊าซฮีเลียม (He) ด้วย flow rate 2 ml/min

: makeup gas คือ ก๊าซไนโตรเจน (N_2) ด้วยflow rate 30 ml/min

ปริมาณที่ฉีด (injector volume) ปริมาณที่ฉีดตัวอย่างคือ 1 ไมโครลิตร

การประมวลผลใช้ software Chemstation ของบริษัท Agilent Technologies

3.9.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐานสำหรับทำกราฟมาตรฐาน (calibration standard) และการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานสำหรับปรับเทียบ

3.9.2.1 การเตรียมสารละลายมาตรฐานสำหรับทำกราฟมาตรฐาน

1) เตรียมสารละลายมาตรฐานผสมออร์แกโนคลอรีนที่ความเข้มข้น 10 ppm จากสารละลายมาตรฐานผสมออร์แกโนคลอรีนตั้งต้น 200 ppm เพื่อเก็บไว้เป็นสารละลายมาตรฐานใช้งาน โดยการปิเปตมา 0.5 มิลลิลิตรจากสารละลายมาตรฐานผสมออร์แกโนคลอรีนตั้งต้น 200 ppm ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตรที่มีตัวทำละลาย n-hexane บางส่วน แล้วเติมตัวทำละลาย n-hexane จนถึงขีดปริมาตรในขวด เขย่าให้เข้ากันจะได้สารละลายมาตรฐานผสมออร์แกโนคลอรีนที่ความเข้มข้น 10 ppm

2) เตรียมสารละลาย pesticides surrogate spike mix ความเข้มข้น 8 ppm จากสารละลาย pesticides surrogate spike mix ตั้งต้น 200 ppm โดยการปิเปตมา 0.4 มิลลิลิตรจากสารละลายตั้งต้น pesticides surrogate spike mix 200 ppm ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร ที่มีตัวทำละลาย acetone บางส่วนแล้วเติมตัวทำละลาย acetone จนถึงขีดปริมาตรในขวด เขย่าให้เข้ากัน จะได้สารละลายมาตรฐาน pesticides surrogate spike mix ที่ความเข้มข้น 8 ppm

3) เตรียมสารละลายมาตรฐานผสมออร์แกโนคลอรีนเพื่อการปรับเทียบ (calibration standard) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ดังนี้คือ 1 ppb, 2 ppb, 5 ppb, 10 ppb และ 50 ppb โดยการปิเปตสารละลายมาตรฐานผสมออร์แกโนคลอรีนที่ความเข้มข้น 10 ppm จากข้อ 3.9.2.1 ปริมาตร 1, 2, 5, 10, 50 ไมโครลิตร (µl) ตามลำดับใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตรที่มีตัวทำละลาย n- n-hexane บางส่วน แล้วเติมตัวทำละลาย n-hexane จนถึงขีดปริมาตรในขวดเขย่าให้เข้ากัน จะได้สารละลายมาตรฐานผสมออร์แกโนคลอรีนที่ความเข้มข้นตามที่ต้องการ

3.9.2.2 การวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานสำหรับทำกราฟสารละลายมาตรฐาน

การวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานสำหรับทำกราฟสารละลายมาตรฐาน โดยการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานออร์แกโนคลอรีนด้วย เครื่องแกสโครมาโตกราฟี (GC-µECD) พีก (peak) ที่ปรากฏออกมาจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับโครมาโตแกรม (chromatogram) ที่มีลำดับการปรากฏของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีน และจำแนกชนิดของสารด้วยลำดับการปรากฏของสาร ที่ได้จากบริษัท Agilent Technologies (Online, 2000)

สารละลายมาตรฐานออร์แกโนคลอรีนที่ศึกษาจะถูกนำมาวัดพื้นที่ใต้พีก หาความสัมพันธ์แบบถดถอยเชิงเส้น (linear regression) ระหว่างความเข้มข้นกับพื้นที่ใต้พีกของแต่ละสารที่ศึกษา (compound) จะได้ค่า สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (r^2) ความชัน (slope) และจุดตัด (intercept)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.9.3 การเตรียมตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีน

3.9.3.1 การเตรียมตัวอย่างไข่เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนปรับปรุงจากวิธีของ Furusawa (1999) โดยทำดังนี้

1) นำตัวอย่างไข่แดงที่แช่แข็งไว้ มาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องให้ไข่แดงละลายตัว แล้วนำไปชั่งบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน จากนั้นถ่ายสู่ขวดเตรียมตัวอย่าง เติม Na_2SO_4 (anhydrous) จำนวน 10 กรัม

2) นำสารละลายผสม n-hexane : acetonitrile (4:1) จำนวน 50 มิลลิลิตร เติมลงไปในขวดเตรียมตัวอย่าง หลังจากนั้นเติม pesticides surrogate spike mix ที่เตรียมไว้แล้วจากข้อ2) ของข้อ 3.5.2.1 ลงไป 40 ไมโครลิตร เพื่อให้ได้ความเข้มข้นสุดท้ายเป็น 32 ppb และตั้งทิ้งไว้ 20 นาที

3) นำตัวอย่างในสารละลายผสมมาสกัด โดยใช้เครื่อง Homogenizer เป็นเวลา 5 นาที ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที หลังจากนั้นค่อยๆเทส่วนที่เป็นสารละลายกรองผ่านกรวย Buchner ที่ใส่กระดาษกรอง เบอร์ 42 ลงสู่ขวด suction ตัวอย่างที่เหลือทำการสกัดตามข้อ 2) และ 3) อีก 1 ครั้ง จากนั้นเทส่วนของสารละลายและตัวอย่างทั้งหมดกรองผ่านกรวย Buchner ลงสู่ขวด suction

4) ใช้ตัวทำละลาย n-hexane 2 มิลลิลิตร ชะล้างขวดเตรียมตัวอย่างให้ทั่วและเทผ่านกรวยแบบ Buchner ลงไปรวมกันในขวด suction โดยทำการชะล้างขวดเตรียมตัวอย่างแบบนี้ 2 ครั้ง

5) เทสารจากขวด suction ลงไปยังกรวยแยกสาร ชะล้างขวด suction ให้ทั่วด้วยตัวทำละลาย n-hexane 2 มิลลิลิตร แล้วเทรวมลงไปในกรวยแยกสาร หลังจากนั้นเขย่ากรวยแยกสารประมาณ 1 นาทีให้สารตัวอย่างที่อยู่ในกรวยรวมตัวกันตั้งทิ้งไว้ 5 นาทีสารตัวอย่างจะแยกออกเป็นสองชั้น ไขก๊อกเอาสารตัวอย่างที่อยู่ชั้นล่างทิ้งสู่ขวด suction แล้วปิดก๊อก จากนั้นเปิดก๊อกอีกครั้งปล่อยสารตัวอย่างชั้นบนลงไปสู่ขวดก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร

6) เทสารที่เหลือในขวด suction (acetonitrile) ลงไปในกรวยแยก ผสมกับตัวทำละลาย n-hexane ในสัดส่วน 1 ต่อ1 แล้วเขย่าดังข้อ 5) แล้วรินกรวยแยกสารประมาณ 5 มิลลิลิตร แล้วนำตัวอย่างไปเพิ่มความเข้มข้นต่อไป

3.9.3.2 การเพิ่มความเข้มข้นให้แก่ตัวอย่าง (preconcentration)

นำตัวอย่างในขวดก้นกลมมาเพิ่มความเข้มข้นด้วยเครื่อง rotary vacuum evaporator โดยใช้สภาวะดังนี้

อุณหภูมิของอ่างน้ำ : 30 องศาเซลเซียส
ความเร็วที่ระดับ : 5

จนเหลือปริมาตรสุดท้ายประมาณ 5 มิลลิลิตร

3.9.3.3 การทำความสะอาดตัวอย่าง (clean up)

การทำความสะอาดตัวอย่างใช้วิธีตาม EPA Method 3620C Florisil Cleanup (Online, 2000) โดยมีวิธีดังนี้

นำตัวอย่างที่เพิ่มความเข้มข้นแล้ว มาทำความสะอาดโดย ผ่านคอลัมน์แก้ว ความสูง 30 มิลลิลิตร มีขั้นตอนดังนี้

1) ใส่ใยแก้วลงไปที่คอคอลัมน์แก้ว เพื่อป้องกันสาร florisil ตกลงไปสู่ข้างล่าง

2) เติมสาร florisil ลงไปในคอลัมน์ประมาณ 10 กรัม

3) ล้างคอลัมน์ด้วยตัวทำละลาย n-hexane และแช่ florisil ในตัวทำละลาย n-hexane โดยห้ามปล่อยให้คอลัมน์แห้งเด็ดขาด

4) ดูดสารตัวอย่างที่เพิ่มความเข้มข้นแล้วมาใส่ที่ต้นคอลัมน์แก้วที่เตรียมไว้ ชะล้างรอบๆขวดก้นกลมให้ทั่ว ด้วยสารละลาย n-hexane แล้วดูดมาใส่ที่ต้นคอลัมน์ จากนั้นค่อยๆ ไขให้สารละลายผ่านคอลัมน์ลงมา เก็บสารละลายไว้ในขวดก้นกลม

5) ใช้สารละลายผสม 15 % diethyl ether ใน n-hexane จำนวน 150 มิลลิลิตร ผ่านคอลัมน์ตามสารตัวอย่างในข้อ 4) โดยไม่ปล่อยให้คอลัมน์แห้ง ลงสู่ขวดก้นกลม จากนั้นนำสารละลายที่ผ่าน florisil cleanup ไปเพิ่มความเข้มข้นให้แก่ตัวอย่างอีกครั้งด้วยสภาวะข้อ 3.9.3.2 จนเหลือปริมาตรสุดท้าย 1-2 มิลลิลิตร จากนั้นดูดสารตัวอย่างที่ได้สู่ขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตรที่มีตัวทำละลาย n-hexane บางส่วน แล้วเติมตัวทำละลาย n-hexane จนถึงขีดวัดปริมาตร

3.9.4 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

การวิเคราะห์ตัวอย่างสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนที่ปนเปื้อนในไข่แดงของนกยางเปีย จะทำคล้ายกับข้อ 3.9.2.2 และใช้การเปรียบเทียบ peak กับ ลำดับการปรากฏของสาร รวมทั้งระยะเวลาที่สารถูกหน่วงเหนี่ยวและชะออกมาจากคอลัมน์ (retention time) ที่ได้จากบริษัท Agilent Technology การจำแนกชนิดของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนจะใช้ retention time ที่ถูกบันทึกไว้เป็นตัวจำแนกชนิดของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนที่ปนเปื้อนในตัวอย่าง

พื้นที่ใต้พีคที่ปรากฏและมี retention time ตรงกับสารละลายมาตรฐานออร์แกโนคลอรีน จะถูกนำไปแทนค่าในสมการถดถอยเชิงเส้นในข้อ 3.9.2.2 จะได้ค่าความเข้มข้นของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนที่ตรวจพบ จะนำค่าความเข้มข้นดังกล่าว ไปคำนวณเป็นค่าความเข้มข้นของสารที่ตรวจพบต่อน้ำหนักเปียกของตัวอย่าง ดังนี้

$$\text{ค่าความเข้มข้นของสารที่ตรวจพบต่อน้ำหนักเปียกของตัวอย่าง} = \frac{\text{ค่าความเข้มข้นที่ตรวจพบ X 10}}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง}}$$

3.9.5 การทดสอบความถูกต้องและความแม่นยำ

3.9.5.1 Detection limit ของเครื่องแกสโครมาโตกราฟี (GC-μECD)

เตรียมสารละลายมาตรฐานผสมออร์แกโนคลอรีนที่ความเข้มข้น 1 ppb แล้วนำสารละลายมาตรฐานที่เตรียมมาฉีดที่เครื่องแกสโครมาโตกราฟี (GC-μECD) ด้วยสภาวะตามข้อ 3.9.1.1 หลังจากนั้นนำไปคำนวณเพื่อหาค่า LOD และ LOQ ด้วย software Chemstation โดยค่า LOD คือความเข้มข้นที่ให้สัดส่วนของ signal ต่อ noise เท่ากับ 3

LOD = 3 S/N (signal/noise)

และ LOQ คือความเข้มข้นที่ให้สัดส่วนของ signal ต่อ noise เท่ากับ 10

LOQ = 10 S/N

3.9.5.2 Detection limit, % recovery, % RSD ของวิธี

1) การศึกษา method detection limit (MDL) ศึกษาได้จากการเติมสารละลายมาตรฐานออร์แกโนคลอรีนที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนลงไปในตัวอย่างและสกัดตัวอย่างตามวิธีที่ในข้อ 3.9.3 การศึกษาครั้งนี้ทำการเติมสารละลายมาตรฐานลงไป 10 ไมโครลิตรจากสารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 10 ppm ลงไปในตัวอย่างคือไข่แดงของไก่จำนวน 5 กรัม ซึ่งใช้เป็นตัวแทนในการศึกษา เพื่อจะให้มีความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานออร์แกโนคลอรีนในไข่แดง 20 ppb หลังจากนั้นนำไป วิเคราะห์หาปริมาณสารออร์แกโนคลอรีน ด้วยเครื่อง GC-μECD ด้วยสภาวะตามข้อ 3.9.1.1 โดยทำซ้ำทั้งหมด 8 ครั้ง และหา ค่า standard deviation (SD)

MDL = t-test ที่ความเชื่อมั่น 95 % X SD และ df = (n-1)

2) ค่าร้อยละการคืนกลับมาของสาร (% recovery)

% recovery ของสารละลายมาตรฐานออร์แกโนคลอรีน สัดส่วนของค่าความเข้มข้นสุดท้ายของสารละลายมาตรฐานออร์แกโนคลอรีนที่ผ่านการสกัดในดังข้อ 1) กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน 20 ppb

$$\% \text{ recovery} = \frac{\text{ความเข้มข้นสุดท้ายของสารละลายมาตรฐานที่พบ}}{\text{ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน 20 ppb}} \times 100$$

3) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (% RSD, relative standard deviation)

ร้อยละของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (% RSD) ค่าดังกล่าวจะบอกถึงความแม่นยำ (precision) ของการวิธีที่ศึกษา โดยคำนวณจาก

$$\% \text{ RSD} = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100$$

3.9.5.4 การควบคุมคุณภาพของตัวอย่าง (quality control Sample)

การควบคุมคุณภาพของการศึกษาครั้งนี้ทำ 2 แบบคือ

1) การทำ blank โดยใช้ตัวอย่างไข่แดงของไก่เป็นตัวแทน การศึกษานี้ทำโดยการเติม pesticides surrogate spike mix ที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนลงไปในตัวอย่างแล้วสกัดตัวอย่างตามวิธี 3.9.3 และ 3.9.1 หลังจากนั้นนำพีคที่ปรากฏมาหาพื้นที่ใต้พีค และนำไปแทนค่าใน สมการเส้นถดถอยเชิงเส้นในข้อ 3.9.2.2 และคำนวณ % recovery ข้อ 2) ของข้อ 3.9.5.2

2) การทำ duplicate โดยการแบ่งตัวอย่างไข่แดงของนกยางเปียออกเป็น 2 ส่วนเติม pesticides surrogate spike mix ที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนลงไปในตัวอย่างและทำการสกัดตัวอย่างตามวิธี 3.9.3 และ 3.9.1 ซ้ำ 2 ครั้ง หลังจากนั้นนำพีคที่ปรากฏมาหาพื้นที่ใต้พีค และนำไปวิเคราะห์เหมือนข้อ 3.9.4 ค่าที่ได้จะถูกนำไปแทนค่าใน สมการเส้นถดถอยเชิงเส้นในข้อ 3.9.2.2 และคำนวณร้อยละความแตกต่างดังนี้

$$\frac{\text{ค่าความแตกต่างของความเข้มข้นของสารที่ตรวจพบของตัวอย่าง}}{\text{ค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของสารที่ตรวจพบ}} \times 100$$

3) % recovery ของ pesticides surrogate spike mix คือ 2, 4, 5, 6 - tetrachloro-m-xylene และ decachlorobiphenyl ที่เติมลงไปในตัวอย่างไข่แดงของนกยางเปียโดยทราบความเข้มข้นที่เติมลงไปในที่นี้คือ 32 ppb

$$\% \text{ recovery} = \frac{\text{ความเข้มข้นของสาร surrogate ที่ตรวจพบ}}{\text{ความเข้มข้นที่ทราบค่าแน่นอน}} \times 100$$

สำหรับการยืนยันผลของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนที่ตรวจพบ ทำโดยฉีดสารละลายมาตรฐานออร์แกโนคลอรีนเฉพาะสารที่ตรวจพบในตัวอย่างไข่แดงของนกยางเปียที่คอลัมน์ DB 1701 และสภาวะข้อ 3.9.1.1 แล้วฉีดตัวอย่างที่สกัดแล้วลงไป เพื่อเปรียบเทียบ retention time ของสารละลายมาตรฐานผสมกับสารตัวอย่างว่ามี retention time ตรงกันหรือไม่

3.10 ความสัมพันธ์ระหว่างสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนในไข่แดงกับความหนาของเปลือกไข่นกยางเปีย

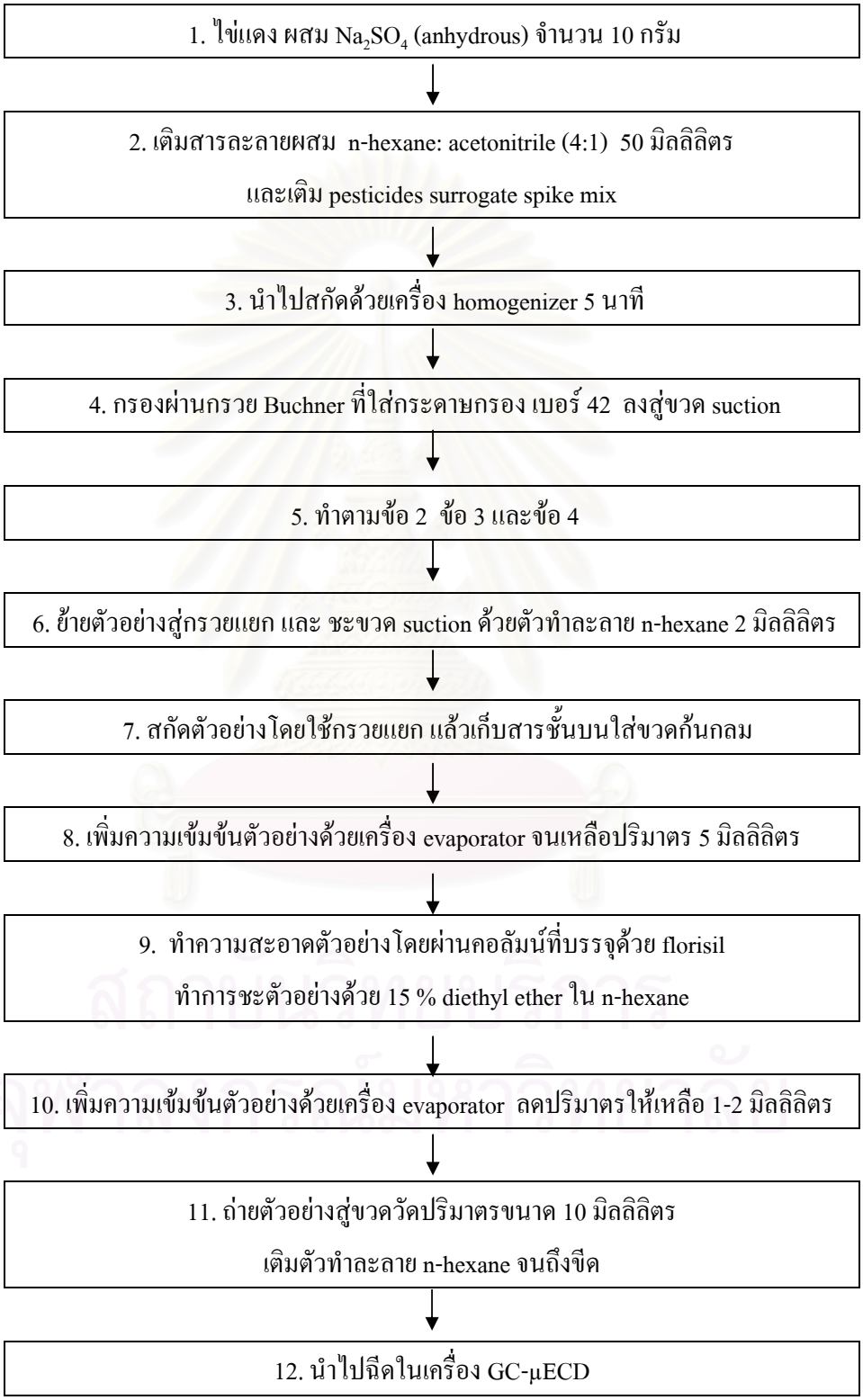
การหาความสัมพันธ์ของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนจะให้ความสนใจที่สาร 4, 4 ' DDE ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของสาร DDT โดยจากสืบค้นข้อมูลที่ได้มีผู้ศึกษามาพบว่าสาร 4, 4 ' DDE มีผลต่อหนาของเปลือกไข่และส่งผลถึงความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของนกยางเปีย

ในการศึกษาครั้งนี้ทำการศึกษาจากรังที่มีการเก็บไข่ดังข้อ 3.8 จำนวน 12 รัง เพื่อเป็นตัวแทนในการศึกษา และวัดความหนาของเปลือกไข่นกยางเปียดังข้อ 3.7.2 จากนั้นนำข้อมูลความหนาของเปลือกไข่ไปหาความสัมพันธ์กับปริมาณของสาร 4, 4 ' DDE โดยใช้สถิติทดสอบแบบ Pearson's correlation ที่ค่าความเชื่อมั่น 95 %

3.11 ความสัมพันธ์ระหว่างสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนในไข่แดงกับความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของนกยางเปีย

ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการศึกษาจากรังที่มีการเก็บไข่ดังข้อ 3.8 จำนวน 12 รัง เพื่อเป็นตัวแทนในการศึกษา โดยทำการเก็บข้อมูลความสำเร็จในการสืบพันธุ์ดังข้อ 3.5.5 และนำข้อมูลที่ได้ไปหาความสัมพันธ์กับปริมาณของสาร 4, 4 ' DDE โดยใช้สถิติทดสอบแบบ Pearson's correlation ที่ค่าความเชื่อมั่น 95 %

ภาพที่ 3.5 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการสกัดและวิเคราะห์ปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนในไข่แดงของนกยางเปีย



บทที่ 4

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

4.1 นิเวศวิทยาการสืบพันธุ์ของนกยางเปียที่เขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน

4.1.1 ชนิดของต้นไม้ที่นกสร้างรัง

พื้นที่เขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน มีลักษณะเป็นที่ราบลุ่ม สูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 3-3.5 เมตร ในฤดูฝนจะมีน้ำท่วมถึงพื้นที่ตลอด บริเวณที่นกสร้างรัง วางไข่ ตั้งอยู่ด้านหลังวัด มีไม้ยืนต้นหลายชนิด ทั้งชนิดที่เป็นพันธุ์ไม้พื้นเมืองและพันธุ์ไม้ต่างถิ่น ได้แก่ ไผ่ (*Bambusa* sp.) หมัน(*Cordia cochinchinensis*) คางหรือกางหลวง(*Albizia* sp.) ไทร (*Ficus* sp.) สะเดา (*Azadirachta indica*) ตาล (*Borassus flabellifer*) ชมพูพันธ์ทิพย์ (*Tabebuia rosea*) นนทรี *Peltophorum pterocarpum*) จามจุรี (*Albizia lebbeck*) กระถินณรงค์ (*Acacia auriculaeformis*) ก้านเหลือง (*Nauclea orientalis*) และ ยูคาลิปตัส (*Eucalyptus* sp.) พบว่านกยางเปีย (*Egretta garzetta*) สร้างรังเฉพาะบน ต้นไผ่ ต้นหมัน ต้นคาง ต้นไทร ต้นสะเดา ต้นชมพูพันธ์ทิพย์ ต้นนนทรี และต้นก้านเหลือง (ดังตารางที่ 4.1) โดยนกยางเปียทำรังที่ต้นไผ่มากที่สุด คือประมาณร้อยละ 70 ของรังทั้งหมด และต้นไผ่เป็นต้นไม้ชนิดแรกที่นกยางเปียเลือกทำรัง ส่วนต้นไม้ชนิดสุดท้ายที่นกยางเปียเลือกทำรังคือ ต้นคาง ซึ่งการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ สุวรรณา ฉายศิริพันธ์ (2526) พบว่าต้นไม้ที่นกยางเปียใช้ทำรังมากที่สุดคือไผ่สีสุก ทั้งนี้อาจเนื่องจากไผ่มีจำนวนมากที่สุด และมีข้อและปล้องจำนวนมากโดยที่ข้อทุกข้อจะมีแขนงแตกออกไป ทำให้ไผ่เป็นต้นไม้ที่เหมาะกับการรองรับรังได้ดี (ภาพที่ 4.1)

การที่นกยางเปียเลือกทำรังที่ต้นไผ่ก่อนอาจเนื่องจากต้นไผ่ส่วนใหญ่ขึ้นอยู่ในบริเวณตรงกลางของพื้นที่ศึกษา จึงไม่ค่อยได้รับการรบกวนจากมนุษย์ และต้นไผ่มีใบและกิ่งแหลมคมที่อาจช่วยป้องกันผู้ล่า เช่น เหี้ย (*Varanus salvator*) ที่จะกินไข่หรือลูกนก นอกจากนี้ต้นไผ่เป็นต้นไม้ที่มีกิ่งระหว่างข้อปล้องที่เหมาะสมสำหรับรองรับรังนก อย่างไรก็ตามต้นไผ่มีลำต้นที่ไม่แข็งแรงทำให้ลำต้นโค้งงอและโอนเอนได้ เมื่อเกิดพายุลมแรงทำให้รังและไข่ของนกจำนวนหนึ่งตกลงมา สำหรับต้นคางซึ่งนกได้ทำรังเป็นชนิดสุดท้ายคาดว่าเพราะกลุ่มของต้นคางอยู่ติดกับพื้นที่ถนน ทำให้อาจได้รับการรบกวนมากกว่า และต้นคางซึ่งอยู่บริเวณรอบๆของพื้นที่ยังเป็นแนวปะทะของลมทำให้รังที่นกสร้างไว้บนต้นคางตกลงมาได้ง่าย ส่วนต้นไม้ในพื้นที่ที่นกไม่สร้างรังเลยอาจ

เนื่องจากหลายสาเหตุ เช่น ต้นไม้ดังกล่าวเป็นไม้เนื้ออ่อน กิ่งหักได้ง่ายเมื่อโดนพายุหรือลมแรงๆ และอาจจะไม่สามารถรองรับน้ำหนักของรังได้ หรือรูปร่างของต้นไม้ไม่เหมาะในการรองรับรัง ส่วนกรณีของต้นนนทรีที่มีอยู่จำนวนมากจะอยู่บริเวณใจกลางของพื้นที่ศึกษาแต่นกเลือกสร้างรังน้อย อาจเป็นเพราะต้นนนทรีในบริเวณดังกล่าวยังมีขนาดลำต้นเล็ก

ภาพที่ 4.1 รังของนกยางเปียบนต้นไผ่ บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน

ลักษณะของรังนกยางเปีย เป็นแบบรูปถ้วย (ภาพที่ 4.2) ถูกสานกันแบบหยาบๆ โดยนกจะใช้กิ่งไม้และเรียวไผ่แห้งที่หาได้ใกล้ๆกับบริเวณที่สร้างรังมาเป็นวัสดุทำรัง บางรังอาจใช้ใบไม้สดมารองพื้นรังด้วยเช่น ใบของต้นไทร และพบว่านกสร้างรังสูงจากพื้นตั้งแต่ 5 ถึง 14 เมตร แต่จากการศึกษาของ สุวรรณา ฉายศิริพันธ์ (2526) พบว่านกยางเปียทำรังสูงจากพื้นดินตั้งแต่ 2 เมตรขึ้นไปและไม่เกิน 20 เมตร นกยางเปียทำรังที่ความสูงแตกต่างกันอาจเนื่องจากปัจจัยของการแข่งขันในการหาพื้นที่ทำรังโดยในปี พ.ศ. 2525 สุวรรณา ฉายศิริพันธ์ (2526) รายงานว่านกยางเปียที่ทำรังช้ากว่า นกแขวก (*Nycticorax nycticorax*) และ นกกาน้ำเล็ก (*Phalacrocorax niger*) จะสร้างรังในระดับที่ต่ำลงมา แต่ในปี พ.ศ. 2545 นกยางเปียได้ทำรังพร้อมๆกับนกแขวก และไม่พบว่ามีนกกาน้ำเข้าทำรังเลย อีกทั้งจำนวนรังของนกได้ลดน้อยลง จึงคาดว่าการแข่งขันดังกล่าวจึงลดน้อยลง นกจึงทำรังในระดับความสูงที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.1 จำนวนและชนิดของต้นไม้ที่พบ จำนวนและชนิดของต้นไม้ที่นกสร้างรัง และจำนวนรังที่นกยางเปียทำรัง บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน เมื่อ เดือนมกราคม ถึง มีนาคม พ.ศ. 2545

ชนิดต้นไม้	จำนวน(ต้น)	จำนวนต้นที่นกสร้างรัง	จำนวน (รัง)
ไผ่ (*Bambusa* sp.)	20 กอ	20 กอ	100 - 130
กระถินณรงค์ (*Acacia auriculaeformis*)	2	2	20
คางหรือกางหลวง (*Albizia* sp.)	7	5	16
ไทร (*Ficus* sp.)	3	3	16
หมัน (*Cordia cochinchinensis*)	2	2	15
ก้านเหลือง (*Nauclea orientalis*)	1	1	5
ชมพูพันธ์ทิพย์ (*Tabebuia rosea*)	2	3	3
นนทรี (*Peltophorum pterocarpum*)	40	2	2
สะเดา (*Azadirachta indica*)	2	2	2
ตาล (*Borassus flabellifer*)	8	0	0
จามจุรี (*Albizia lebbeck*)	3	0	0
ยูคาลิปตัส (*Eucalyptus* sp.)	2	0	0

ในช่วงเวลาที่นกยางเปียเริ่มทำรังพบว่ามีนกแขวก สร้างรัง วางไข่ ในเวลาใกล้เคียงกัน โดยนกทั้งสองชนิดจะทำรังอยู่บนต้นไม้ชนิดเดียวกัน และทำรังใกล้ๆกันเป็นกลุ่มขนาดใหญ่ แต่ประชากรของนกแขวกบริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอนจะมีระยะเวลาสืบพันธุ์นานกว่านกยางเปีย และระยะเวลาการสืบพันธุ์จะสิ้นสุดประมาณกลางเดือนเมษายน และหลังจากนกยางเปียเริ่มทำรังได้ประมาณ 1 เดือนพบว่ามีนกอีกชนิดหนึ่งคือนกยางควาย (*Bubulcu ibis*) เข้ามาสร้างรังในพื้นที่ดังกล่าว โดยสังเกตถึงการเปลี่ยนแปลงของสีขนบริเวณลำคอของนกยางควายที่เปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีทอง นกยางควายที่เข้ามาสร้างรังมี 3 คู่และได้เข้ามาอาศัยรังของนกแขวกหรือนกยางเปียที่ว่าง เข้าไปทำรังฟักไข่แทน ซึ่งช่วงที่นกยางควายวางไข่ ลูกนกยางเปียส่วนมากเริ่มฟักออกจากไข่แล้ว

ภาพที่ 4.2 ลักษณะรังนกยางเปีย บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน

4.1.2 ลักษณะ ขนาด น้ำหนักและจำนวนไข่ต่อรัง

การศึกษาจำนวนไข่ต่อรัง (clutch size) ของนกยางเปียจำนวน 61 รัง พบว่า นกยางเปียวางไข่ต่อรังตั้งแต่ 1 – 5 ฟอง โดยวางไข่จำนวน 3 ฟองต่อรังมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 49.2 (ตารางที่ 4.2) โดยมีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของจำนวนไข่ต่อรังคือ 3.10 ± 0.87 ฟอง

ตารางที่ 4.2 จำนวนไข่ต่อรังของนกยางเปียบริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน

จำนวนไข่ต่อรัง	จำนวนที่พบ	คิดเป็นร้อยละ
1 ฟอง	4	6.6
2 ฟอง	7	11.5
3 ฟอง	30	49.2
4 ฟอง	19	31.1
5 ฟอง	1	1.6
รวม	61	100

จากการศึกษาพบว่าไข่ของนกยางเปียรูปร่างกลมรี คล้ายไข่ไก่ สีเขียวอมฟ้า หรือสีฟ้าอ่อน จากการวัดขนาดและชั่งน้ำหนักไข่จำนวน 174 ฟองพบว่า มีความกว้างเฉลี่ย คือ 31.82 ± 0.79 มิลลิเมตร ความยาวเฉลี่ย 44.27 ± 2.01 มิลลิเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 23.10 ± 1.71 กรัม (ภาคผนวก ก)

4.1.3 ระยะเวลาสร้างรัง วางไข่และการฟักไข่

ระยะเวลาสร้างรัง การวางไข่และฟักไข่ บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน เริ่มประมาณกลางเดือนมกราคมถึงปลายเดือนกุมภาพันธ์ โดยช่วงปลายเดือนมกราคม ถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545 เป็นช่วงที่มีนกทำรังมากที่สุด ซึ่งระยะประมาณ 5 ปีมานี้ ผู้อยู่อาศัยบริเวณ เขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอนให้ข้อมูลว่า นกยางเปียทำรังที่เขตห้ามล่าสัตว์ป่าเพียงครั้งเดียวต่อปีเท่านั้น ผลการศึกษาที่พบนกยางเปียทำรังเพียงครั้งเดียวต่อปีแตกต่างจากที่ สุวรรณา ฉายศิริพันธ์ (2526) ได้เคยรายงานว่านกยางเปียในบริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอนมีการสืบพันธุ์ 2 ครั้งต่อปี โดยช่วงแรกระหว่างเดือน มิถุนายน ถึง กันยายน และช่วงที่สองระหว่างเดือน ธันวาคม ถึง กุมภาพันธ์ และ Kaewdee (1999) รายงานว่านกยางเปียบริเวณ ควนขี้เสี้ยน เขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลน้อย จ.พัทลุง มีการสืบพันธุ์ 2 ครั้งต่อปี ระหว่างเดือน ธันวาคม ถึง มีนาคม และ เมษายน ถึง สิงหาคม โดยช่วงที่มีการทำรังของนกยางเปียมากที่สุด คือ เดือนพฤษภาคม และมิถุนายน

ช่วงเวลาการสืบพันธุ์ของนกมีหลายสมมติฐานที่นำมาอธิบาย สมมติฐานหนึ่งที่เป็นที่นิยมคือ สมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับปริมาณอาหาร (food availability) (Lack, 1954 อ้างถึงใน Stutchbury and Morton, 2001) ซึ่งอธิบายว่า นกจะผสมพันธุ์เมื่อปริมาณอาหารสมบูรณ์เพื่อการเจริญเติบโตและอยู่รอดของลูกนก สมมติฐานดังกล่าวสามารถใช้ทำนายช่วงเวลาที่เหมาะสมกับการสืบพันธุ์ของนกชนิดต่างๆได้ เช่นนกที่กินผลไม้เป็นอาหารจะผสมพันธุ์ช่วงที่มีผลไม้อุดมสมบูรณ์ นกที่กินแมลงจะผสมพันธุ์ในช่วงเวลาที่แมลงมีความอุดมสมบูรณ์ (Stutchbury and Morton, 2001) สมมติฐานดังกล่าวสอดคล้องกับการช่วงเวลาสืบพันธุ์ของนกยางเปียในการศึกษาครั้งนี้เช่นเดียวกัน เนื่องจากช่วงระยะเวลาที่นกยางเปียเริ่มทำรังเป็นระยะเวลาที่บริเวณพื้นที่รอบๆ เริ่มมีระดับน้ำลดลงจากน้ำท่วมในฤดูน้ำหลาก ชาวนาในบริเวณรอบๆเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอนจึงเริ่มทำการเตรียมพื้นที่เพื่อปลูกข้าว นกยางเปียจะลงหากินในบริเวณดังกล่าว นกยางเปียลงหากินได้เพราะระดับของน้ำในบริเวณนาข้าวไม่สูงเกินกว่าที่ระดับนกจะหากินได้และมีอาหารจากน้ำที่ขังไว้สำหรับปลูกข้าว

การกกไข่ของนกยางเปียพบว่านกจะกกไข่ทันทีหลังจากออกไข่ใบแรก โดยพ่อแม่นกจะสลับกันดูแลไข่ ทั้งนี้จากการเฝ้าสังเกตพบว่าในวันที่แดดร้อนมาก นกยางเปียจะยืนกางปีกออกทั้งสองข้าง อาจเป็นการช่วยการบังแดดให้แก่ไข่ (ภาพที่ 4.3)

ภาพที่ 4.3 นกยางเปียกำลังยืนกางปีกในรัง บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน

การวางไข่ของนกยางเปียพบว่าหลังจากนกวางไข่ใบแรกแล้ว จะวางไข่ใบถัดไปประมาณ 36 ถึง 48 ชั่วโมง ซึ่งคล้ายคลึงกับ สุวรรณา ฉายศิริพันธุ์ (2526) ที่พบว่าไข่ใบถัดไปของนกยางเปียจะถูกวางหลังจากนกได้วางไข่ใบก่อนหน้านี้ประมาณ 37 – 48 ชั่วโมง

ระยะเวลาการฟักไข่ของนกยางเปียจำนวน 49 ฟองบริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน ในปี พ.ศ. 2545 พบว่านกยางเปียมีระยะเวลาการฟักไข่ 20.16 $\pm$ 0.75 วัน ลูกนกจะเจาะเปลือกไข่ด้วยฟันเจาะเปลือก (egg tooth) ที่อยู่ปลายของจงอยปากบน และหลุดออกไปเมื่อลูกนกเริ่มโตขึ้น บริเวณที่ลูกนกเจาะไข่คือบริเวณด้านป้านของไข่ (ภาพที่ 4.4) หลังจากลูกนกเจาะบริเวณดังกล่าวแล้วไข่จะร้าวและลูกนกฟักออกจากไข่ได้ ซึ่งคล้ายกับการศึกษาของสุวรรณา ฉายศิริพันธุ์ (2526) ที่รายงานว่า จากการศึกษาไข่จำนวน 107 ฟองของนกยางเปียที่เขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอนมีระยะเวลาการฟักไข่ในช่วง 20 – 27 วัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 4.4 ลูกนกเจาะเปลือกไข่ บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน

4.1.4 ความสำเร็จในการฟักและอัตราการรอดของลูกนกจนกระทั่งบินออกจากรัง

จากการศึกษาความสำเร็จในการฟักของนกยางเปีย จำนวน 36 รังที่บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน ในปี พ.ศ. 2545 พบว่านกทั้ง 36 รังออกไข่ทั้งหมด 105 ฟอง มีค่าเฉลี่ยของจำนวนไข่ต่อรัง (clutch size) คือ 2.92 ± 1.02 โดยนกออกไข่ตั้งแต่ 1 ถึง 5 ฟอง มีอัตราการรอดดังตารางที่ 4.3 และ ภาพที่ 4.5 และเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นกับไข่นกยางเปียในช่วงเวลาที่ทำการฟักดังตารางที่ 4.4 (ภาคผนวก ข)

ตารางที่ 4.3 อัตราการรอดของลูกนกยางเปีย บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน

เหตุการณ์	ร้อยละ
ฟักออกจากไข่	67.06 ± 0.44
รอดถึง1 สัปดาห์	60.61 ± 0.43
รอดถึง 2 สัปดาห์	41.92 ± 0.36
รอดถึง 3 สัปดาห์	33.31 ± 0.31
รอดถึง 4 สัปดาห์	20.61 ± 0.28

จากตารางที่ 4.3 พบว่าเมื่อเวลาผ่านไปอัตราการรอดของลูกนกยางเปียจะค่อยๆ ลดลงโดยมีผลเนื่องมาจากหลายสาเหตุ เช่นลม การแข่งขันระหว่างลูกนกในรังที่ต้องแย่งอาหารที่พ่อแม่นำมาป้อน การโดนผู้ล่ากิน เป็นต้น

ตารางที่ 4.4 เหตุการณ์ที่เกิดกับไข่ของนกยางเปียบริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอนในปี พ.ศ. 2545

เหตุการณ์ระหว่างการฟักไข่	จำนวน (ฟอง)
รังโดนทำลายและไข่ถูกเจาะกินโดยกระรอกหลากสี	3
พายุ ลมแรงทำให้ไข่ตก	6
ไม่ทราบสาเหตุ	15
แตกระหว่างการฟัก	0
ปฏิสนธิแต่ไม่ฟัก	1
ฟัก	80
จำนวนไข่	105

จากตารางที่ 4.4 พบว่าไข่ประมาณร้อยละ 14 ได้หายไปโดยไม่ทราบสาเหตุ และพบว่ามีเปลือกไข่บางส่วนตกใต้รัง แต่ไม่ทราบว่าเกิดจากการสาเหตุใดที่ทำให้ไข่นกในรังตกลงมา และจากการศึกษาภาคสนามพบว่า สาเหตุที่ทำให้ไข่ของนกยางเปียได้รับความเสียหายระหว่างการฟักมีหลายปัจจัย เช่น ลม ลมเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการอยู่รอดของไข่ในรัง ถึงแม้ว่าจากตารางที่ 4.4 พบว่าไข่ตกจากรังที่ทำการศึกษามีไม่มากนักเพราะต้นไม้ที่ศึกษาค่อนข้างแข็งแรง แต่จากการสังเกตพบว่าหลังจากวันที่เกิดฝนตกและลมแรงพบว่า รังและไข่ของนกยางเปียและนกแขวกที่ทำรังบนกอไผ่ตกลงมาจำนวนมาก จึงอาจกล่าวได้ว่าลมเป็นปัจจัยหนึ่งในการบ่งชี้ถึงความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของนกยางเปียได้ ส่วนรังที่โดนทำลายพบว่ามีกระรอกหลากสี (*Collosciurus finlaysoni*) เข้าไปในรังนกยางเปียและได้ทำลายรัง และมีร่องรอยการเจาะกินไข่ อย่างไรก็ตามพบว่าไข่ส่วนมากในรังที่ทำการศึกษาสามารถฟักออกมาเป็นลูกนกได้ หลังจากนั้นพ่อแม่นกจะช่วยกันเลี้ยงลูกจนลูกนกสามารถบินออกจากรังได้ ประมาณ 4-5 สัปดาห์ สามารถสรุปเหตุการณ์แยกเป็นแต่ละสัปดาห์ได้ดังตารางที่ 4.5

จากตารางพบว่าลูกนกยางเปียมีอัตราการลดลงอย่างมากในระยะหลังสัปดาห์ที่ 1 และ ลูกนกที่อยู่รอดถึง 4 สัปดาห์มีอัตราการรอดต่อรังประมาณร้อยละ 20 เนื่องจากหลายสาเหตุ โดยสาเหตุแรกที่ส่งผลต่ออัตราการรอดของลูกนกคือ ปัจจัยทางกายภาพ ได้แก่ ลมซึ่งพบว่ารังนกหลายรังได้รับผลกระทบจากลมทำให้รังหล่นจากต้นไม้ โดยจากการศึกษาพบว่าต้นคางที่อยู่รอบๆ ของพื้นที่สร้างรัง ซึ่งเป็นต้นไม้ชนิดสุดท้ายที่นกเลือกทำรัง เป็นต้นไม้ที่พบว่ารังของนกตกลงมามากที่สุด โดยตกลงมาทั้งหมดจากจำนวน 5 รังที่นกยางเปียสร้างรังบนต้นไม้ชนิดนี้ เนื่องจาก

ต้นคางจะอยู่ติดกับถนน และทุ่งโล่งทำให้ได้รับแรงปะทะของลมก่อน ซึ่งต้นไม้รอบๆบริเวณที่นกสร้างรังน่าจะเป็นพื้นที่ที่มีความเหมาสะสมน้อยกว่า เมื่อเทียบกับพื้นที่ตรงกลางของป่าละเมาะ ซึ่งนกได้จับจองทำรังเป็นพื้นที่แรก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Bennett และคณะ (2000) พบว่าลมเป็นปัจจัยที่มีนัยสำคัญอย่างมากต่อความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของนก นอกจากนี้ยังมีอีกหลายปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดถึงความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของนกยางเปียได้แก่ ผลกระทบของความหนาแน่นของประชากร (density-dependent effect) และ การแข่งขันในการแย่งพื้นที่สร้างรังที่มีอยู่อย่างจำกัด โดย Hafner (1977 อ้างถึงใน Bennetts, 2000) กล่าวว่า มีความสัมพันธ์ระหว่างความสำเร็จในการสืบพันธุ์กับตำแหน่งการสร้างรังในนกยางเปีย โดยพื้นที่ตรงกลางของอาณาเขตที่นกสร้างรังจะเป็นที่ๆปลอดภัยต่อลมแรงมากกว่าบริเวณขอบๆ ของอาณาเขต ทำให้เห็นได้ว่าสถานที่และต้นไม้ที่นกสร้างรังเป็นปัจจัยหนึ่งที่กำหนดถึงอัตราการรอดของลูกนก

ตารางที่ 4.5 เหตุการณ์ที่เกิดกับลูกนกยางเปียอายุ1 – 4 สัปดาห์ ที่เขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอนในปี พ.ศ. 2545

เหตุการณ์เมื่อลูกนกอายุ 1 สัปดาห์	จำนวน (ตัว)
ตาย	3
หาย	4
อยู่รอด	73
เหตุการณ์เมื่อลูกนกอายุ 2 สัปดาห์	
ตาย	9
หาย	15
อยู่รอด	49
เหตุการณ์เมื่อลูกนกอายุ 3 สัปดาห์	
ตาย	2
หาย	7
อยู่รอด	40
เหตุการณ์เมื่อลูกนกอายุ 4 สัปดาห์	
ตาย	4
หาย	11
อยู่รอด	25

ภาพที่ 4.5 ลูกนกช่วงอายุต่างๆ บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน

อายุ 2 วัน

อายุ 12 วัน

อายุ 20 – 25 วัน

การที่พื้นที่สร้างรังมีอยู่ในปริมาณที่จำกัดนั้นน่าจะก่อให้เกิดการปฏิสัมพันธ์ระหว่างนกยางเปีย (intraspecific relationship) และปฏิสัมพันธ์ระหว่างนกยางเปียกับนกแขวก (interspecific relationship) โดยนกยางเปียจำเป็นต้องมีการแข่งขันในการหาพื้นที่ทำรัง และการแข่งขันด้านการหาวัสดุทำรังให้แข็งแรง เพื่อช่วยให้รังและลูกนกอยู่รอด ซึ่งสุววรณา ฉายศิริพันธ์ (2526) พบว่า นกยางเปียในบริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอนจะเริ่มทำรังบริเวณด้านในของพื้นที่ก่อน และนกที่ทำรังทีหลังจะค่อยๆขยายพื้นที่ที่ทำรังออกไป ซึ่งรังบริเวณด้านนอกมักจะถูกรบกวนจากกิจกรรมของมนุษย์ได้ง่ายกว่ารังด้านใน เมื่อลูกนกฟักออกจากไข่ยังอาจเกิดการแข่งขันระหว่างพ่อแม่นกแต่ละคู่ในการหาอาหารมาเลี้ยงลูกนกด้วย จากการสำรวจพบว่าอาหารของลูกนกยางเปียจะค่อยๆ มีขนาดใหญ่และมีปริมาณมากขึ้นตามอายุของลูกนก พบว่าอาหารของลูกนกได้แก่ ปลาชนิดต่างๆ เช่น ปลากระดี่ (*Trichogaster* sp.) ปลาตะเพียนทราย (*Puntius* sp.) ปลาตะเพียน (*Barbodes* sp.) ปลาช่อน (*Channa striata*) และ ปลาในวงศ์ Cyprinidae เป็นต้น ส่วนนกแขวกนั้นมีการสร้างรังและใช้วัสดุทำรังคล้ายกับนกยางเปียและทำรังพร้อมๆกันน่าจะมีการแข่งขันกับนกยางเปียเช่นกัน ปัจจัยการแข่งขันในสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันและระหว่างสิ่งมีชนิดสองชนิด อาจกล่าวได้ว่าเป็นปัจจัยทางชีวภาพ อย่างไรก็ดีปัจจัยทางชีวภาพอีกสาเหตุหนึ่งที่ส่งผลต่ออัตราการรอดของลูกนกคือ ผู้ล่า พบว่าผู้ล่าที่สำคัญได้แก่ เหยี่ยวดำ (*Milvus migrans*) เหี้ย (*V. salvator*) และงู เช่นงูเห่า (*Naja kaouthia*) พบว่า มีรังนกยางเปีย 1 รังที่ทำรังบนต้นสะเดาซึ่งในตอนแรกมีใบปกคลุมเต็มต้น แต่หลังจากลูกนกอายุประมาณ 1 สัปดาห์ ต้นสะเดาได้ทิ้งใบจนหมด พบว่าลูกนกมีบาดแผลโดนจิกที่ขา คาดว่าน่าจะมีผู้ล่าจำพวกเหยี่ยวเข้ามาในบริเวณดังกล่าว

นอกจากนี้ปัจจัยด้านอายุของนกในวัยเจริญพันธุ์จะมีผลต่อความสำเร็จในการสืบพันธุ์ด้วย โดยจากการศึกษาของ Thomas และคณะ (1999) พบว่าอายุของนกในวัยเจริญพันธุ์จะมีผลต่อความสำเร็จในการสืบพันธุ์ทางบวกของนกยางเปีย (*Egretta garzetta*) แต่วันที่วางไข่ (laying date) และลำดับการวางไข่จะมีผลแบบผกผันกับความสำเร็จในการสืบพันธุ์ จากที่กล่าวมาข้างต้นปัจจัยเรื่องอายุของนกจึงอาจจะเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของนกยางเปียบริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน ในปี พ.ศ. 2545

อีกสาเหตุหนึ่งที่ส่งผลต่ออัตราการรอดของลูกนกคือ พฤติกรรมการเดินของลูกนก ซึ่งจะลูกนกจะเริ่มเดินได้เมื่ออายุประมาณ 2 สัปดาห์ โดยจากการสังเกตจากรังที่โดนรบกวนและไม่โดนรบกวนพบว่า ลูกนกในรังที่ถูกรบกวนจะเริ่มพฤติกรรมการเดินเร็วกว่า โดยเมื่อลูกนกถูกรบกวนลูกนกจะเดินออกจากรังเพื่อไปหลบซ่อน ทำให้บางครั้งลูกนกพลัดตกจากรังลงมาบนพื้นดินและไม่สามารถกลับขึ้นไปที่รังได้ (ภาพที่ 4.6)

ภาพที่ 4.6 ลูกนกยางเปียอายุประมาณ 2-3 สัปดาห์ตกจากรัง และติดอยู่บนกิ่งไม้ ที่เขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน

ปัจจัยสุดท้ายได้แก่มนุษย์ ในช่วงที่ทำการศึกษาพบว่าได้มีการจุดไฟเผานาและลามเข้ามาในบริเวณที่นกทำรังทำให้รังนกบริเวณกอไผ่และต้นกางหลวงได้รับความเสียหายและลูกนกตายจำนวนมาก (ภาพที่ 4.7) Erwin (1996) กล่าวว่าความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของนก snowy egret (*Egretta thula*) มีปัจจัยหลักคืออาหาร แต่การเจริญเติบโตและการรอดชีวิตของลูกนกในรังมักจะขึ้นกับสภาวะแวดล้อมที่ลูกนกอาศัยอยู่

ภาพที่ 4.7 พื้นที่ที่นกยางเปียสร้างรังที่ถูกไฟไหม้ เขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน เดือนมีนาคม พ.ศ. 2545

4.2 การเปรียบเทียบข้อมูลประชากรและนิเวศวิทยาการสืบพันธุ์ของนกยางเปีย

การเปรียบเทียบข้อมูลประชากรและนิเวศวิทยาการสืบพันธุ์ของนกยางเปีย บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์วัดตาลเอน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่ทำการศึกษาในปี พ.ศ. 2525 โดย สุวรรณา ฉายศิริพันธุ์ (2526) กับการศึกษาของในปี พ.ศ. 2545 ได้ผลดังนี้

4.2.1 ขนาด น้ำหนัก และจำนวนไข่ต่อรัง

จากตารางที่ 4.6 พบว่าเมื่อเปรียบเทียบ ความกว้าง ความยาว และน้ำหนัก ของไข่ด้วย t-test ความกว้างเฉลี่ยของไข่ทั้งสองช่วงเวลาไม่แตกต่างกัน ($p = 0.217$) ส่วนความยาวเฉลี่ยและ น้ำหนักเฉลี่ยของไข่ในปี พ.ศ. 2525 มีค่าน้อยกว่าในปี พ.ศ. 2545 อย่างมีนัยสำคัญ ($p = 0.000$, $p = 0.043$ ตามลำดับ) โดยข้อมูลในปี พ.ศ. 2525 รายงานว่าไข่ของนกยางเปียจำนวน 100 ฟอง ที่เขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน มีความกว้างเฉลี่ย 31.61 $\pm$ 1.55 มิลลิเมตร ความยาวเฉลี่ย 43.33 $\pm$ 1.93 มิลลิเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 22.64 $\pm$ 1.98 กรัม ในปี พ.ศ. 2545 พบว่าไข่จำนวน 174 ฟอง มีความกว้างเฉลี่ย 31.82 $\pm$ 0.79 มิลลิเมตร ความยาวเฉลี่ย 44.27 $\pm$ 2.01 มิลลิเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 23.10 $\pm$ 1.71 กรัม

การศึกษาจำนวนไข่ต่อรังของนกยางเปียจำนวน 70 รัง ในปี พ.ศ. 2525 รายงานว่าค่าเฉลี่ยของจำนวนไข่ต่อรังคือ 3.86 $\pm$ 0.75 ฟอง โดยร้อยละ 55.7 มีไข่จำนวน 4 ฟองต่อรัง และนกยางเปียจำนวน 61 รัง ในปี พ.ศ. 2545 ได้ค่าเฉลี่ยจำนวนไข่ต่อรังคือ 3.10 $\pm$ 0.87 ฟอง และร้อยละ 49.2 มีไข่จำนวน 3 ฟองต่อรัง ซึ่งปี พ.ศ. 2525 มีจำนวนไข่ต่อรังมากกว่า ในปี พ.ศ. 2545 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.000$)

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบลักษณะ และจำนวนไข่ต่อรังของนกยางเปียในปี พ.ศ. 2525 กับ พ.ศ. 2545

ค่าเฉลี่ย	พ.ศ. 2525	พ.ศ. 2545	p-value
ความกว้าง (มิลลิเมตร)	31.61 $\pm$ 1.55 (n*=100)	31.82 $\pm$ 0.79 (n*=174)	0.217
ความยาว (มิลลิเมตร)	43.33 $\pm$ 1.93 (n*=100)	44.27 $\pm$ 2.01 (n*=174)	0.000
น้ำหนักไข่ (กรัม)	22.64 $\pm$ 1.98 (n*=100)	23.10 $\pm$ 1.71 (n*=174)	0.043
จำนวนไข่ต่อรัง	3.86 $\pm$ 0.75 (n** = 70)	3.10 $\pm$ 0.87 (n**=61)	0.000

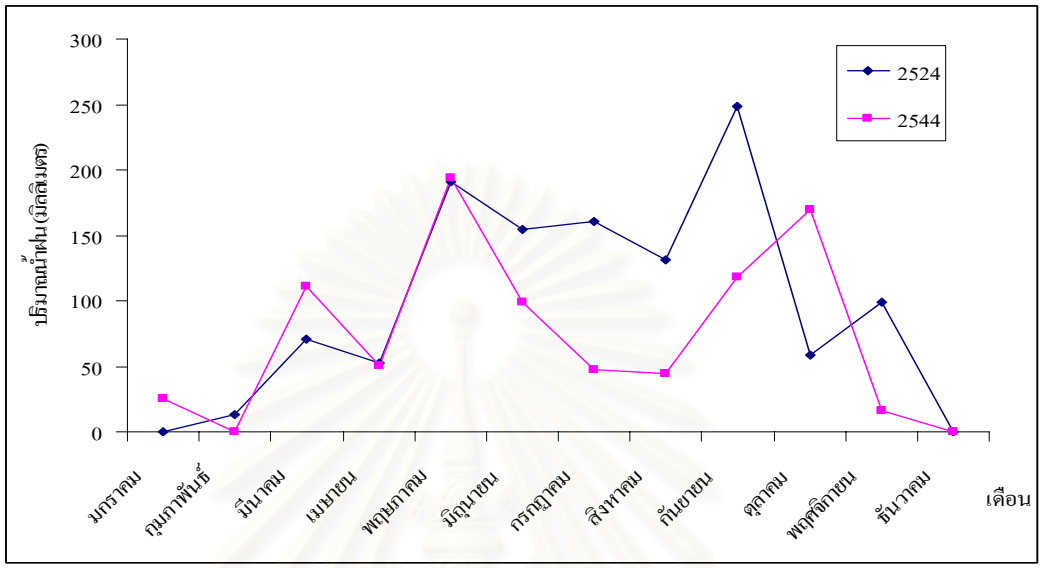
n * คือ จำนวนไข่ และ n ** คือ จำนวนรัง

น้ำหนัก และ ความยาวของไข่ระหว่างสองปีที่ศึกษามีความแตกต่างกัน อาจเนื่องจากนกยางเปียมีจำนวนไข่ต่อรัง ในปี พ.ศ. 2525 มากกว่าในปี พ.ศ. 2545 ทำให้ไข่ของนกยางเปียโดยเฉลี่ยต่อฟองในปี พ.ศ. 2525 มีน้ำหนักและความยาวน้อยกว่า ทั้งนี้น่าจะเกี่ยวข้องกับการจัดสรรพลังงาน (energy allocation) เพื่อให้เกิดผลสูงสุดในการสืบพันธุ์

ความแตกต่างของจำนวนไข่ต่อรัง ระหว่าง ปี พ.ศ. 2525 กับ พ.ศ. 2545 แตกต่างกัน อาจจะเกิดจากปัจจัยต่างๆ หลายปัจจัยทั้งปัจจัยทางกายภาพและทางชีวภาพ เช่น อาหาร และปริมาณน้ำฝน ซึ่งจากการศึกษาความสัมพันธ์ของอาหารกับจำนวนไข่ต่อรังในนกหลายชนิด พบว่าอาหารเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อจำนวนไข่ต่อรัง เช่น Brown และ Brown (1996 อ้างถึงใน Brown และ Brown, 1999) รายงานว่าจำนวนไข่ต่อรังของนก cliff swallows จะสัมพันธ์กับปริมาณอาหารที่ได้รับ โดยอาหารที่ได้มาจะถูกควบคุมโดยปัจจัยทางกายภาพคือปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ และในฤดูสืบพันธุ์ของนก cliff swallows ถ้าอุณหภูมิของอากาศต่ำจะทำให้มีอาหารน้อยลง พลังงานที่นกนำมาใช้ในการผลิตไข่จะน้อยลงทำ ให้จำนวนไข่ต่อรังน้อยลงด้วย นอกจากนี้ Bennetts และคณะ (2000) ได้รายงานว่า จำนวนไข่ต่อรังและจำนวนลูกนกที่ฟักออกมาต่อรังของนกยางเปีย และนกแขวก มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับปริมาณน้ำฝน โดยอธิบายว่าปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้นทำให้มีการเพิ่มของเหยื่อและพื้นที่หากิน ซึ่งจากการเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณน้ำฝนระหว่างปี พ.ศ. 2524 กับ พ.ศ. 2544 พบว่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปี ทั้งสองปีแตกต่างกัน โดยปริมาณน้ำฝนตลอดปี (annual rainfall) ของ พ.ศ. 2524 มีปริมาณน้ำฝน 1179.2 มิลลิเมตร และปริมาณน้ำฝนตลอดปีของ พ.ศ. 2544 มีปริมาณน้ำฝน 877.0 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำฝนในปี พ.ศ. 2524 มากกว่าในปีพ.ศ. 2544 (ภาพที่ 4.8) จึงน่าจะเป็นสาเหตุหนึ่งทำให้จำนวนเฉลี่ยของไข่ต่อรัง ในปี พ.ศ. 2525 มากกว่าปี พ.ศ. 2545

นอกจากนี้ยังมีอีกหลายสมมติฐาน ที่อธิบายถึงจำนวนไข่ต่อรังของนก สมมติฐานแรก คือ The egg-formation กล่าวว่านกตัวเมียสามารถผลิตไข่ได้จำนวนจำกัด สมมติฐานที่สองคือ The incubation ability กล่าวว่าพ่อแม่นกมีความสามารถอย่างจำกัดในเรื่องการฟักไข่อย่างมีประสิทธิภาพและ สมมติฐานที่สามคือ The parental-care โดยเชื่อว่า จำนวนไข่ต่อรังจะถูกจำกัดโดยความสามารถในการที่พ่อแม่จะดูแลไข่และลูกได้ (Perrins and Birkhead, 1983; Szekely และคณะ, 1984; Yogev และคณะ, 1996 อ้างถึงใน Safriel, 1995; Thomson, Monaghan and Forness, 2002) อย่างไรก็ตามยังมีการรายงานว่า อายุของแม่นกมีอิทธิพลต่อจำนวนไข่ต่อรัง โดย Burger และคณะ(1996) ได้รายงาน ในนก rosate tern ที่อายุน้อย (2-3 ปี) จะมีไข่ต่อรังน้อยกว่า นกที่มีอายุมาก และ Welty (1975 อ้างถึงใน สุวรรณา ฉายศิริพันธ์, 2526) อายุของนกเป็นปัจจัยประการหนึ่ง

ที่ทำให้จำนวนไข่ต่อรังของนกชนิดเดียวแตกต่างกัน โดยนกที่มีอายุน้อยจะวางไข่ต่อรังน้อยกว่านกที่มีอายุมาก



ภาพที่ 4.8 ปริมาณน้ำฝนระหว่างเดือนมกราคมถึงธันวาคมปี พ.ศ. 2524 และเดือนมกราคมถึงธันวาคมปี พ.ศ. 2544 ที่สถานีตรวจอากาศจังหวัดลพบุรี ซึ่งอยู่ใกล้กับพื้นที่เขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน มากที่สุด

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2545)

4.2.2 อัตราการฟักและอัตราการรอดของลูกนกอายุ 1 สัปดาห์

ผลการเปรียบเทียบอัตราการฟักและอัตราการรอดของลูกนกในปี พ.ศ. 2525 จำนวน 70 รังและในปี พ.ศ. 2545 จำนวน 36 รัง (ตารางที่ 4.7) พบว่านกยางเปียที่เขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน มีค่าเฉลี่ยอัตราการฟักและค่าเฉลี่ยอัตราการรอดของลูกนกอายุ 1 สัปดาห์ของปี พ.ศ. 2525 สูงกว่า ปี พ.ศ. 2545 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.015$, $p = 0.001$ ตามลำดับ) โดยปีพ.ศ. 2525 นกยางเปียมีค่าเฉลี่ยอัตราการฟักต่อรังร้อยละ 87.74 ± 0.27 และในปี พ.ศ. 2545 ค่าเฉลี่ยอัตราการฟักต่อรังคือ 67.06 ± 0.44 และปี พ.ศ. 2525 ลูกนกยางเปียอายุ 1 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ยอัตราการรอดต่อรังร้อยละ 86.99 ± 0.28 ส่วนในปี พ.ศ. 2545 ลูกนกยางเปียอายุ 1 สัปดาห์ มีค่าเฉลี่ยอัตราการอยู่รอดต่อรังร้อยละ 60.61 ± 0.43

สาเหตุหนึ่งที่มีผลทำให้อัตราการฟักของลูกนกต่อรังทั้งสองปีแตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากการเกิดลมพายุ ซึ่งในปี พ.ศ. 2545 ไข่จำนวนเกือบร้อยละ 15 ที่ทำการศึกษาถูกทำลายโดยลม ทำให้ไข่และรังของนกตกลงมา จึงส่งผลให้มีอัตราการฟักลดต่ำลง

ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยอัตราการฟักและอัตราการรอดของลูกนกอายุ 1 สัปดาห์ในปี พ.ศ. 2525 และในปี พ.ศ. 2545 บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน

ค่าเฉลี่ย	พ.ศ. 2525 (n=70)	พ.ศ. 2545 (n=36)	t-test, p-value
อัตราการฟัก	87.74 ± 0.27	67.06 ± 0.44	0.015
อัตราการรอดอายุ 1 สัปดาห์	86.99 ± 0.28	61.53 ± 0.43	0.002

n คือ จำนวนรัง

อัตราการรอดของลูกนกต่อรังอายุ 1 สัปดาห์ของปี พ.ศ. 2545 น้อยกว่าในปี พ.ศ. 2525 อาจเนื่องมาจากหลายสาเหตุ เช่น ความแตกต่างของสภาพภูมิอากาศ สภาพของแหล่งที่อยู่อาศัย ปริมาณของอาหาร คล้ายกับการศึกษาโดย Erwin และคณะ (1996) รายงานว่าปัจจัยที่มีผลต่อการอัตราการตายของลูกนกแขวก (*Nycticorax nycticorax*) และนก snowy egret (*Egretta thula*) ได้แก่ การล่า (predation) การเกิดอุบัติเหตุ การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ และไม่ทราบสาเหตุ นอกจากนี้ยังพบว่ามีความแตกต่างระหว่างรังของนกทั้งสองชนิดที่ประสบความสำเร็จในการสืบพันธุ์และรังที่ไม่ประสบความสำเร็จในการสืบพันธุ์ในปี ระหว่างสองปีที่ทำการศึกษา

เนื่องจากความแตกต่างของปัจจัยทางกายภาพและชีวภาพระหว่างสองปีที่ทำการศึกษาไม่ได้ทำการบันทึกไว้ในรายละเอียดที่จะสามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้ แต่คาดว่าเมื่อ 20 ปีที่แล้วน่าจะมีความอุดมสมบรูณ์ของแหล่งที่อยู่อาศัย และปริมาณอาหารมากกว่าในปัจจุบัน เพราะเมื่อพิจารณาจากชนิดและปริมาณของนกที่สร้างรังในทั้งสองปีพบว่ามีชนิดและจำนวนต่างกันโดย วีรยุทธ์ เลาหะจินดา (2524) และ สุวรรณา ฉายศิริพันธุ์ (2526) รายงานว่ามีนกทำรังบริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน จำนวน 8 ชนิด มีนกทำรังมากกว่าประมาณ 400 รัง แต่จากการศึกษาในปี พ.ศ. 2545 พบเพียง 3 ชนิด มีการทำรังประมาณ 300 รัง

นอกจากนี้ปัจจัยจำกัดอีกอย่างหนึ่งที่ส่งผลต่อแหล่งที่อยู่อาศัยของนกคือ พื้นที่ที่นกสร้างรังในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอนมีขนาดลดลง โดย 20 ปีที่ผ่านมาหมู่บ้านตาลเอนมีประชากรเข้ามาอาศัยอยู่เพิ่มขึ้น และเนื้อที่เขตห้ามล่าสัตว์ป่าจากเดิมที่มีขนาดประมาณ 100 ไร่ ต่อมาเมื่อมี

การตัดถนนทำให้พื้นที่บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอนถูกแบ่งแยกออก และรอบๆของเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอนได้กลายสภาพเป็นชุมชน นกยางเปียจึงสร้างรังได้เฉพาะพื้นที่บริเวณหลังวัดตาลเอนที่เหลืออยู่เท่านั้น ซึ่งมีเนื้อที่ประมาณ 10 ไร่ การลดลงของพื้นที่แต่มีรังจำนวนมากน่าจะทำให้เกิดการแก่งแย่งพื้นที่และวัสดุสร้างรังระหว่างนกยางเปียด้วยกัน และการแก่งแย่งพื้นที่สร้างรังกับนกแขวกที่ทำรังพร้อมๆกัน การแก่งแย่งดังกล่าวทำให้นกยางเปียบางส่วนต้องขยายพื้นที่สร้างรังมาสร้างรังในที่ที่ไม่ปลอดภัยต่อรังทำให้รังได้รับอันตรายจากปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมส่งผลให้ความสำเร็จในการสืบพันธุ์ลดลงด้วย

จากการเปรียบเทียบข้อมูลอัตราการฟักและอัตราการรอดของลูกนกยางเปียในบริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน พบว่าในปี พ.ศ. 2525 ซึ่งน่าจะยังมีการใช้สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีน มีอัตราการฟักและอัตราการรอดของลูกนกมากกว่าในปี พ.ศ. 2545 ที่ห้ามใช้สารฆ่าแมลงกลุ่มนี้เป็นเวลา 20 ปีแล้ว จึงไม่สามารถสรุปหรือคาดเดาได้ว่านกยางเปียในบริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน มีแนวโน้มที่ได้รับผลกระทบจากสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนหรือไม่

4.3 ความหนาของเปลือกไข่นกยางเปีย

เมื่อทำการวัดความหนาของไข่นกยางเปียจำนวน 24 ใบพบว่า ความหนาเฉลี่ยของเปลือก (รวม membrane) ไข่นกยางเปียเท่ากับ 0.261 ± 0.005 มิลลิเมตรเมตร (ตารางที่ 4.8) จากการศึกษาในภาคสนาม พบว่า มีไข่จำนวน 3 ฟองจาก 3 รังที่แตกระหว่างการฟัก ได้แก่รังที่ 8 รังที่ 11 และรังที่ 14 โดยไข่นกยางเปียที่ในรังที่ 14 มีความหนาน้อยที่สุดคือมีความหนาเฉลี่ย 0.227 ± 0.005 มิลลิเมตรเมตร จากการศึกษาของ Sanpera และคณะ (2003) พบว่าไข่นกยางเปียที่ประเทศปากีสถานที่บางมีความหนาของเปลือก 0.21 มิลลิเมตร ซึ่งไข่นกยางเปียโดยปกติมีความหนาประมาณ 0.3 มิลลิเมตร

ในการศึกษาครั้งนี้ได้คำนวณค่า eggshell index (ภาคผนวก ค) ที่ทำการศึกษาโดย Ratcliffe (1970) ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่นำไปใช้ในการวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า eggshell index กับ ปริมาณของสาร 4,4' DDE โดยค่า eggshell index จะมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับปริมาณของสาร 4,4' DDE อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้ไม่สามารถนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลที่มีการศึกษาในบริเวณอื่นได้ เนื่องจากยังไม่มีผู้ใดทำการศึกษารายละเอียดในเรื่องดังกล่าว และ Ratcliffe (1970) สรุปว่าปัจจัยที่ทำให้ไข่ของนกผู้ล่าแตกระหว่างการฟักมีหลายปัจจัย เช่น การรบกวนของมนุษย์ การเกิดปฏิสัมพันธ์ในชนิดเดียวกัน และ ผู้ล่า

ตารางที่ 4.8 ค่าความหนาเฉลี่ยของเปลือกไข่นกยางเปีย บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน

รังที่	ความหนาเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	0.256	0.005
7	0.273	0.004
8	0.245	0.005
9	0.276	0.006
10	0.264	0.007
11	0.263	0.007
13	0.259	0.003
14	0.227	0.005
18	0.259	0.001
20	0.244	0.004
21	0.257	0.009
23	0.268	0.004
24	0.282	0.004
25	0.261	0.004
27	0.280	0.006
28	0.275	0.007
31	0.279	0.003
33	0.266	0.004
34	0.259	0.004
35	0.239	0.004
37	0.239	0.004
38	0.270	0.004
39	0.259	0.003
40	0.263	0.005
ค่าเฉลี่ย	0.261	0.001

4.4 ผลกระทบของการเก็บไข่นกยางเปียกับความสำเร็จในการสืบพันธุ์

การศึกษาถึงผลกระทบของการเก็บไข่นกเพื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนได้ดำเนินการโดยแบ่งประชากรนกที่ศึกษาเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ไม่ได้ทำการเก็บไข่จำนวน 23 รัง เป็นกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ทำการเก็บไข่จำนวน 1 ฟองต่อรังจำนวน 23 รังเป็นกลุ่มทดลอง โดยแต่ละกลุ่มทำการเลือกรังที่มีไข่ในรัง 3 และ 4 ฟองจำนวน 14 รัง และ 9 รัง ตามลำดับ ดังนั้นนกยางเปียทั้งสองกลุ่มจะมีจำนวนไข่เริ่มต้นเท่ากันคือ 78 ฟอง หรือเฉลี่ยคือ 3.34 ฟองต่อรัง (ตารางที่ 4.9) (ภาคผนวก ง)

จากการศึกษาโดย Erwin และคณะ (1996) พบว่าอัตราการรอดของลูกนกแขวกและนก snowy egret (*Egretta thula*) ในช่วงอายุตั้งแต่ 14 - 40 วัน มีอัตราการรอดประมาณ 0.8 – 1.0 ตัวต่อรังหลังจากนั้นลูกนกอายุ 40 – 60 วันมีอัตราการรอดของลูกนกลดลงเหลือเพียง 0.25 – 0.60 ตัวต่อรัง และการศึกษาในนก great white heron (*Ardea alba*) โดย Powell and Bjork (1990, อ้างถึงใน Erwin, 1996) พบว่ามีลูกนกประมาณร้อยละ10 เท่านั้นที่อยู่รอดเกิน 6 เดือนแรก ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมีสมมติฐานว่าการเก็บไข่จำนวน 1 ฟองจากรังนกยางเปียจึงไม่น่าจะมีผลกระทบต่อจำนวนลูกนกที่อยู่รอดถึงอายุ 4 สัปดาห์ เนื่องจากความสำเร็จในการสืบพันธุ์ตามที่อ้างอิงข้างต้นมีจำนวนลูกนกรอดเหลือในอัตราที่ต่ำกว่า 1 ตัวต่อรัง

การศึกษาครั้งนี้สามารถติดตามจำนวนลูกนกต่อรังที่เหลือรอดได้จนถึงประมาณ 4 สัปดาห์ หรือประมาณ 28 วันหลังจากลูกนกฟักออกจากไข่ เนื่องจากหลัง 4 สัปดาห์แล้ว ลูกนกยางเปียจะแข็งแรงพอและสามารถบินออกจากรังได้ทำให้ยากต่อการติดตาม ผลการเปรียบเทียบความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของลูกนกทั้งสองกลุ่มพบว่าจำนวนลูกนกยางเปียทั้งสองกลุ่มจะมีจำนวนลดลงตามเวลาที่เพิ่มขึ้น และเมื่อลูกนกอายุถึง 4 สัปดาห์มีจำนวนลูกนกที่อยู่รอดคือ กลุ่มควบคุม 1.09 ตัวต่อรัง (25 ตัว/23 รัง) และกลุ่มทดลอง 0.61 ตัวต่อรัง (14 ตัว/23 รัง) (ตารางที่ 4.9 และภาพที่ 4.9)

ผลการเปรียบเทียบด้วย t-test ในตารางที่ 4.10 พบว่า อัตราการฟักและอัตราการรอดของจนถึงอายุ 4 สัปดาห์ของลูกนกทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยมีความสำเร็จในการฟักต่อรังของกลุ่มควบคุมคือ ร้อยละ 90.61 และความสำเร็จในการฟักต่อรังของนกยางเปียในกลุ่มทดลองคือร้อยละ 76.13 ซึ่งพบว่าทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($p = 0.149$) เมื่อศึกษาถึงอัตราการรอดต่อรังของลูกนกที่ฟักออกจากไข่อายุ 1 สัปดาห์ พบว่าลูกนกในกลุ่มแรกมีอัตราการรอดร้อยละ 82.70 และลูกนกกลุ่มที่สองมีอัตราการรอดร้อยละ 68.13 โดยทั้งสองกลุ่มนี้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.252$) การศึกษาอัตราการรอดต่อรัง

ของลูกนกอายุ 2 สัปดาห์พบว่าอัตราการรอดของลูกนกทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = 0.877) โดยลูกนกกลุ่มแรกมีอัตราการรอดคือร้อยละ 57.35 และลูกนกกลุ่มที่สองมีอัตราการรอดคือร้อยละ 53.61 ส่วนอัตราการรอดต่อรังของลูกนกอายุ 3 สัปดาห์ พบว่าลูกนกกลุ่มแรกมีอัตราการรอดคือร้อยละ 48.22 ส่วนลูกนกกลุ่มที่สองมีอัตราการรอดคือร้อยละ 42.78 ซึ่งอัตราการรอดของลูกนกทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = 0.566) เมื่อศึกษาจนครบ 4 สัปดาห์ ซึ่งคาดว่านกแข็งแรงพอจะบินออกจากรังได้แล้วพบว่าอัตราการรอดต่อรังของลูกนกทั้งทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p = 0.268) นกกลุ่มแรกมีอัตราการรอดต่อรังคือร้อยละ 32.56 ส่วนกลุ่มที่สองมีอัตราการรอดต่อรังคือร้อยละ 22.43

ตารางที่ 4.9 จำนวนรัง จำนวนไข่ และจำนวนลูกนกยางเปีย ที่อยู่รอดจนถึงอายุ 4 สัปดาห์ ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ในช่วงก่อนและหลังการเก็บไข่ บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน

ก่อนทำการเก็บไข่

สิ่งที่เปรียบเทียบ	กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลอง
รังรวม (รัง)	23	23
รังที่มีไข่ 3 ฟอง (รัง)	14	14
รังที่มีไข่ 4 ฟอง (รัง)	9	9
ไข่รวม (ฟอง)	78	78
ไข่ต่อรัง (ฟอง / รัง)	3.39 ± 0.50	3.39 ± 0.50

หลังทำการเก็บไข่

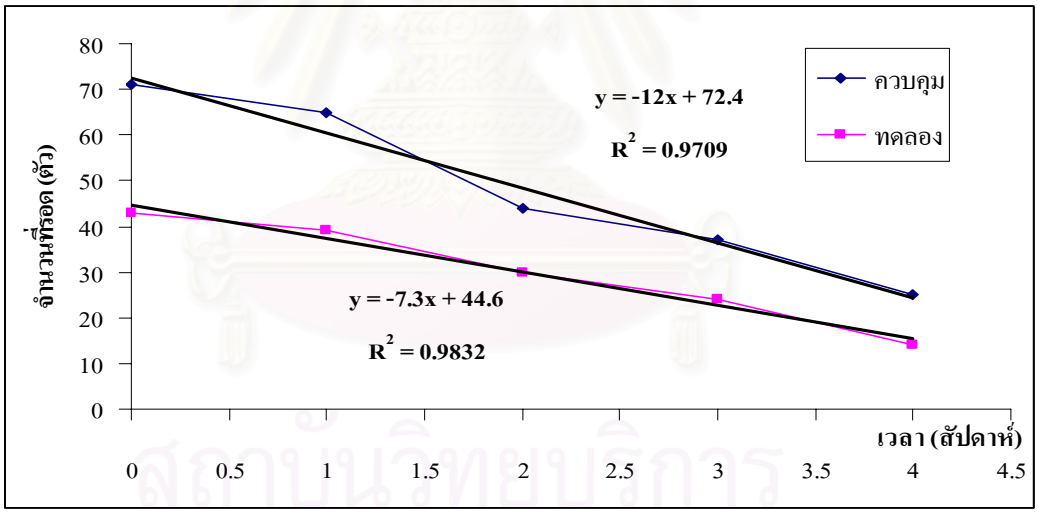
สิ่งที่เปรียบเทียบ	กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลอง
ไข่ที่เหลือรวม (ฟอง)	78	55
ไข่ที่เหลือ (ฟอง/รัง)	3.39 ± 0.50	2.39 ± 0.50
ฟักออกจากไข่ (ตัว/รัง)	3.09 ± 0.90	1.87 ± 1.01
รอดถึง 1 สัปดาห์ (ตัว/รัง)	2.83 ± 0.94	1.70 ± 1.10
รอดถึง 2 สัปดาห์ (ตัว/รัง)	1.91 ± 0.95	1.31 ± 1.06
รอดถึง 3 สัปดาห์ (ตัว/รัง)	1.61 ± 0.84	1.04 ± 0.98
รอดถึง 4 สัปดาห์ (ตัว/รัง)	1.09 ± 0.95	0.61 ± 0.78
รอดถึง 4 สัปดาห์ (ตัว)	25	14

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบอัตราการฟักออกจากไข่และอัตราการรอดของลูกนกอายุ 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน

ร้อยละ	กลุ่มควบคุม (n=23)	กลุ่มทดลอง (n=23)	p-value
ฟักออกจากไข่ (ร้อยละ)	90.61	76.13	0.149
รอดถึง1 สัปดาห์ (ร้อยละ)	82.70	68.13	0.255
รอดถึง 2 สัปดาห์ (ร้อยละ)	57.35	53.61	0.877
รอดถึง 3 สัปดาห์ (ร้อยละ)	48.22	42.78	0.556
รอดถึง 4 สัปดาห์ (ร้อยละ)	32.26	25.35	0.149

n คือ จำนวนรัง

ภาพที่ 4.9 จำนวนลูกนกยางเปีย (ตัว) ที่รอดในช่วงอายุต่างๆ ตั้งแต่ฟักออกจากไข่จนถึงอายุ 4 สัปดาห์ ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน



จากตารางที่ 4.9, 4.10 สรุปได้ว่า อัตราการฟักและอัตราการรอดจนถึง 4 สัปดาห์ของลูกนกทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาถึงจำนวนตัวของลูกนกที่ได้ระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ในภาพที่ 4.9 พบว่าจำนวนลูกนกที่อยู่รอดถึง 4 สัปดาห์ของทั้งสองกลุ่มแตกต่างกัน คือ 25 และ 14 ตัว ตามลำดับ แม้ว่าอัตราการลดลงในกลุ่มควบคุมจะสูงกว่าเมื่อพิจารณาจากค่าความชัน (slope) ของกราฟ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงผลกระทบในแง่ลบของการเก็บไข่ 1 ฟองออกจากรัง เมื่อเวลาผ่านไป 4 อาทิตย์หลังจากลูกนกฟักออกจากไข่และถ้าหากจำนวนตัวยังแตกต่างกันต่อไปจนลูกนกเติบโตถึงวัยเจริญพันธุ์ ก็จะทำให้เกิดผลกระทบต่อประชากรนกยางเปียได้

4.5 ปริมาณของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนในไข่แดงของนกยางเปีย

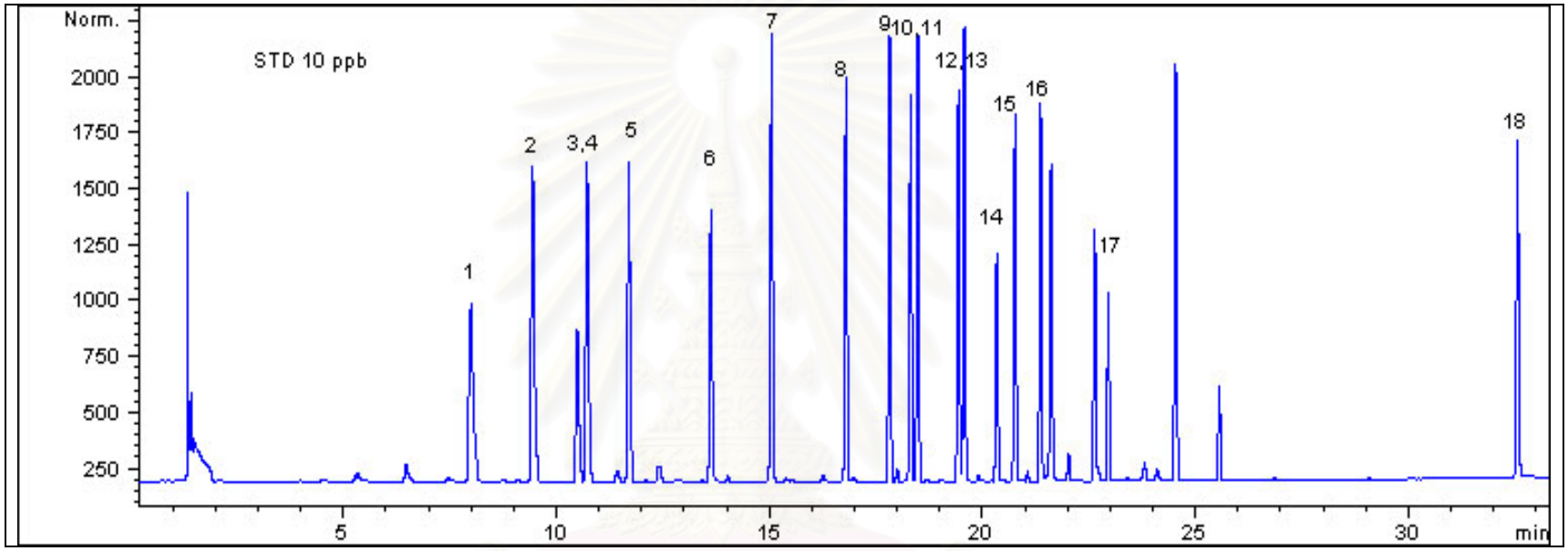
4.5.1 กราฟเทียบมาตรฐานสารละลายมาตรฐานผสมออร์แกโนคลอรีน

การสร้างกราฟเทียบมาตรฐานสารมาตรฐานผสมออร์แกโนคลอรีน จากสารละลายมาตรฐานผสมออร์แกโนคลอรีนที่มีความเข้มข้นตั้งแต่ 1 – 50 ppb ได้ผลค่า r^2 และมีการลำดับของการชะของสาร (elution order) ดังตารางที่ 4.11 และภาพที่ 4.10

ตารางที่ 4.11 ลำดับของการชะของสาร retention time และค่า r^2 ของสารละลายมาตรฐานผสมออร์แกโนคลอรีน

ลำดับที่	retention time (นาที)	ชื่อสาร	r^2
1	7.79	2,4,5,6-Tetrachloro-m-xylene (surrogate)	0.9991
2	9.28	Alpha-BHC	0.9998
3	10.43	Beta-BHC	0.9995
4	10.55	Gamma-BHC	0.9997
5	11.62	Detla-BHC	0.9999
6	13.40	Heptachlor	0.9994
7	14.82	Aldrin	0.9994
8	16.57	Heptachlor epoxide	0.9992
9	18.00	Gamma-Chlordane	0.9993
10	18.08	Endosulfan I	0.9991
11	18.25	Alpha-Chlordane	0.9992
12	19.21	Dieldrin	0.9993
13	19.34	4, 4 ' DDE	0.9994
14	20.02	Endrin	0.9992
15	20.57	Endosulfan II	0.9994
16	21.15	4, 4 ' DDD	0.9993
17	22.71	4, 4 ' DDT	0.9998
18	32.72	Decachlorobiphenyl (surrogate)	0.9984

ภาพที่ 4.10 retention time และ ลำดับของการชะของสาร (elution order) ของสารมาตรฐานผสมออร์แกโนคลอรีน ที่ความเข้มข้น 10 ppb



1. 2,4,5,6-Tetrachloro-m-xylene (surrogate)
2. Alpha-BHC
3. Beta-BHC
4. Gamma-BHC
5. Detla-BHC
6. Heptachlor
7. Aldrin
8. Heptachlor epoxide
9. Gamma-Chlordane
10. Endosulfan I
11. Alpha-Chlordane
12. Dieldrin
13. 4, 4 ' DDE
14. Endrin
15. Endosulfan II
16. 4, 4 ' DDD
17. 4, 4 ' DDT
18. Decachlorobiphenyl(surrogate)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5.2 ความเข้มข้นต่ำสุดของสารออร์แกโนคลอรีนที่สามารถตรวจวัดได้ (LOD) และความเข้มข้นต่ำสุดของสารออร์แกโนคลอรีน ซึ่งสามารถหาปริมาณได้ (LOQ)

ค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารที่ออร์แกโนคลอรีนที่สามารถตรวจวัดได้ (LOD, limit of detection) และความเข้มข้นต่ำสุดของสารออร์แกโนคลอรีน ซึ่งสามารถหาปริมาณได้ (LOQ, limit of quantitation) โดยใช้สารละลายมาตรฐานออร์แกโนคลอรีนผสมความเข้มข้น 1 ไมโครกรัมต่อลิตร (µg/l, ppb) แสดงในตาราง ที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ค่า LOD และ LOQ หน่วยไมโครกรัมต่อลิตร (ppb)

สาร	LOD	LOQ
2,4,5,6-Tetrachloro-m-xylene	0.14	0.48
Alpha-BHC	0.11	0.37
Beta-BHC	0.21	0.70
Gamma-BHC	0.09	0.29
Detla-BHC	0.11	0.35
Heptachlor	0.17	0.57
Aldrin	0.08	0.27
Heptachlor epoxide	0.09	0.30
Gamma-Chlordane	0.09	0.29
Endosulfan I	0.08	0.26
Alpha-Chlordane	0.07	0.22
Dieldrin	0.08	0.26
4, 4 ' DDE	0.06	0.19
Endrin	0.11	0.38
Endosulfan II	0.11	0.38
4, 4 ' DDD	0.12	0.39
4, 4 ' DDT	0.23	0.75
Decachlorobiphenyl	0.11	0.35

ค่า LOD และ LOQ เป็นค่าที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพในการตรวจวัดของเครื่องมือ ว่ามีประสิทธิภาพเพียงใด จากตารางที่ 4.8 พบว่า LOD มีค่าอยู่ระหว่าง 0.06 – 0.23 ppb และ LOQ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.19 – 0.75 ppb แสดงให้เห็นว่าเครื่อง GC-μECD มีประสิทธิภาพในการตรวจวัดในระดับที่ต่ำกว่า 1 ppb

4.5.3 การทดสอบความเหมาะสมของวิธีสกัดตัวอย่าง

การสกัดตัวอย่างโดยใช้ไข่แดงของไข่ไก่เป็นตัวแทนของการศึกษา ก่อนนำวิธีดังกล่าวมาใช้กับตัวอย่างจริง โดยนำไข่แดงมาเติมสารละลายมาตรฐานผสมออร์แกโนคลอรีน และทำให้มีความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานผสมออร์แกโนคลอรีนเป็น 20 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก (ppb) นำมาสกัดตามวิธีในข้อ 3.9.1 พบว่าวิธีการดังกล่าวให้ % recovery ของสารละลายมาตรฐาน มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ % RSD (relative standard deviation) และ ค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารละลายออร์แกโนคลอรีนในตัวอย่างที่สามารถวัดได้โดยวิธีทดสอบนี้ (MDL, method detection limit) (ตารางที่ 4.13)

ค่า % recovery เป็นค่าที่บ่งบอกประสิทธิภาพและความแม่น (accuracy) ของวิธีการสกัดตัวอย่าง จากตารางที่ 4.13 พบว่า สารละลายมาตรฐานอยู่ในช่วง 30 – 130 โดยสารละลายมาตรฐานผสมออร์แกโนคลอรีนบางชนิดให้ค่า % recovery น้อยกว่าร้อยละ 60 และมากกว่าร้อยละ 115 ซึ่ง AOAC (American Association of Official Chemists) กำหนดค่าความถูกต้องที่ยอมรับได้ของวิธีที่ความเข้มข้น 10 ppb อยู่ระหว่างร้อยละ 60 - 115 เนื่องจากปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ข้อจำกัดของเครื่องมือที่มี และผลขององค์ประกอบของตัวอย่างที่นำมาทำการวิเคราะห์โดยวิธีการศึกษาที่ได้ทำการศึกษาได้ปรับปรุงตามความเหมาะสมของเครื่องมือที่มีอยู่มาจากวิธีของ Furusawa และคณะ (1999) ที่ทำการศึกษาถึงวิธีสกัดที่ง่ายและรวดเร็วในการสกัดสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนในไข่ไก่ ผลการศึกษาที่ได้ให้ % recovery ที่มีประสิทธิภาพสูง (ตารางที่ 4.14)

ผลที่ได้จากการศึกษาจากวิธีนี้มีข้อแตกต่างจาก Furusawa และคณะ (1999) ได้แก่ การใช้สัดส่วนของสารละลายที่ใช้ในการสกัดแตกต่างกัน โดยวิธีที่ศึกษาใช้สัดส่วน n-hexane : acetonitrile เป็น 4 ต่อ 1 แต่วิธีของ Furusawa และคณะใช้สัดส่วน n-hexane : acetonitrile เป็น 2 ต่อ 1เนื่องจากพบว่าสัดส่วน n-hexane : acetonitrile ที่ 4 ต่อ 1 เหมาะกับใช้ในการกรองด้วยกรวยกรองแบบ Buchner ด้วยเครื่องปั๊มสุญญากาศมากกว่าแบบสัดส่วน 2 ต่อ 1 ซึ่งการศึกษาของ Furusawa และคณะ จะใช้กรวยกรองแบบ Buchner แต่มีแผ่นกรองแบบ fritted disc 11 G3 (Pyrex; Iwaki Glass, Japan)

ตารางที่ 4.13 ค่า % recovery, % RSD ของสาร และค่า method detection limit (MDL)

สาร	% recovery	% RSD	MDL (ng/g wt/wt.)
Alpha-BHC	41	22	6.3
Beta-BHC	30	19	3.7
Gamma-BHC	62	17	7.3
Detla-BHC	95	22	10.9
Heptachlor	135	6	4.8
Aldrin	103	5	3.8
Heptachlor epoxide	75	7	5.9
Gamma-Chlordane	72	8	6.8
Endosulfan I	70	8	7.0
Alpha-Chlordane	70	10	7.5
Dieldrin	62	14	8.5
4, 4' DDE	81	21	11.6
Endrin	78	15	8.5
Endosulfan II	46	18	5.9
4, 4 ' DDD	46	23	6.6
4, 4 ' DDT	93	22	11.8

นอกจากนี้การทำความสะอาดตัวอย่าง (clean-up) วิธีของ Furusawa ได้ทำความสะอาด 2 ขั้นตอนคือการใช้เครื่องเจลเปอมีเอชั่นโครมาโตกราฟี (GPC, gel-permeation chromatography) และนำสารที่ผ่านเครื่อง GPC มาทำความสะอาดอีกครั้งด้วยการผ่านสาร florisil โดยใช้ 15% diethyl etherใน n-hexane เป็นตัวชะสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนออกมา ซึ่งเครื่อง GPC จะช่วยกำจัดโมเลกุลขนาดใหญ่ที่จะส่งผลรบกวนต่อการวิเคราะห์สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนได้ ส่วนวิธีที่ทำการศึกษานั้นได้ใช้วิธีการทำความสะอาดขั้นตอนเดียวคือ การให้ตัวอย่างที่มีความเข้มข้นผ่านสาร florisil แล้วชะล้างด้วย 15% diethyl ether ใน n-hexane เนื่องจากไม่สามารถหาเครื่อง GPC มาใช้งานได้ ทำให้ผลที่ได้ด้อยกว่า เนื่องจากองค์ประกอบของตัวอย่างที่ทำการศึกษามีโมเลกุลของไขมันและโปรตีนซึ่งเป็นสารที่มีอนุภาคค่อนขนาดใหญ่และไม่สามารถกำจัดออกได้ด้วยวิธีที่ศึกษา จึงส่งผลรบกวนต่อการวิเคราะห์ โดยพบว่าสาร decachlorobiphenyl

ซึ่งเป็นสาร pesticides surrogate ตัวสุดท้ายได้รับผลกระทบมีค่าแปรปรวนมาก จนไม่สามารถนำมาเป็นสารตรวจสอบ % recovery ได้ โดยจากการทดลองฉีดตัวอย่างไข่ไก่ที่สกัดตามวิธีที่ทำการศึกษาซ้ำพบว่า ถ้าฉีดตัวอย่างลงไปซ้ำโดยไม่ทำความสะอาด liner พบว่าพื้นที่ใต้พีคของสารดังกล่าวจะลดลงตามจำนวนครั้งที่ฉีด ซึ่งน่าจะเกิดจากการรบกวนที่เกิดจากการไม่สามารถกำจัดโมเลกุลขนาดใหญ่ออกไปได้ อย่างไรก็ดีวิธีที่เสนอนี้พบว่าสารส่วนใหญ่ ให้ ค่า % recovery ในระดับที่นำไปใช้ได้

ตารางที่ 4.14 เปรียบเทียบค่า % recovery ระหว่างวิธีที่ศึกษากับวิธีของ Furusawa และคณะ (1999)

สาร	% recovery ของวิธีที่ศึกษา	% recovery ของ Furusawa และคณะ
Alpha-BHC	41	80
Beta-BHC	30	93
Gamma-BHC	62	82
Detla-BHC	95	92
Aldrin	103	86
Dieldrin	63	91
4, 4 ' DDE	81	98
4, 4 ' DDD	46	96
4, 4 ' DDT	93	95

จากตารางที่ 4.13 พบว่าในการศึกษาครั้งนี้ค่า % RSD ซึ่งบอกถึงความเที่ยงตรง (precision) ของวิธีอยู่ระหว่างร้อยละ 5 - 23 ซึ่ง AOAC กำหนดค่าความถูกต้องที่ยอมรับได้ของวิธีที่ความเข้มข้น 10 ppb อยู่ระหว่างร้อยละ 21 และ ค่า method detection limit (MDL) ของการศึกษานี้อยู่ในระดับความเข้มข้น 3 – 11 ng/g wt/wt. เป็นระดับความเข้มข้นที่ค่อนข้างต่ำ น่าจะเพียงพอสำหรับการตรวจหาปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนในไข่นกยางเปีย

4.5.4 ความเข้มข้นสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนในไข่แดงของนกยางเปีย

4.5.4.1 การควบคุมคุณภาพของตัวอย่าง

การควบคุมคุณภาพของตัวอย่างทำดังนี้

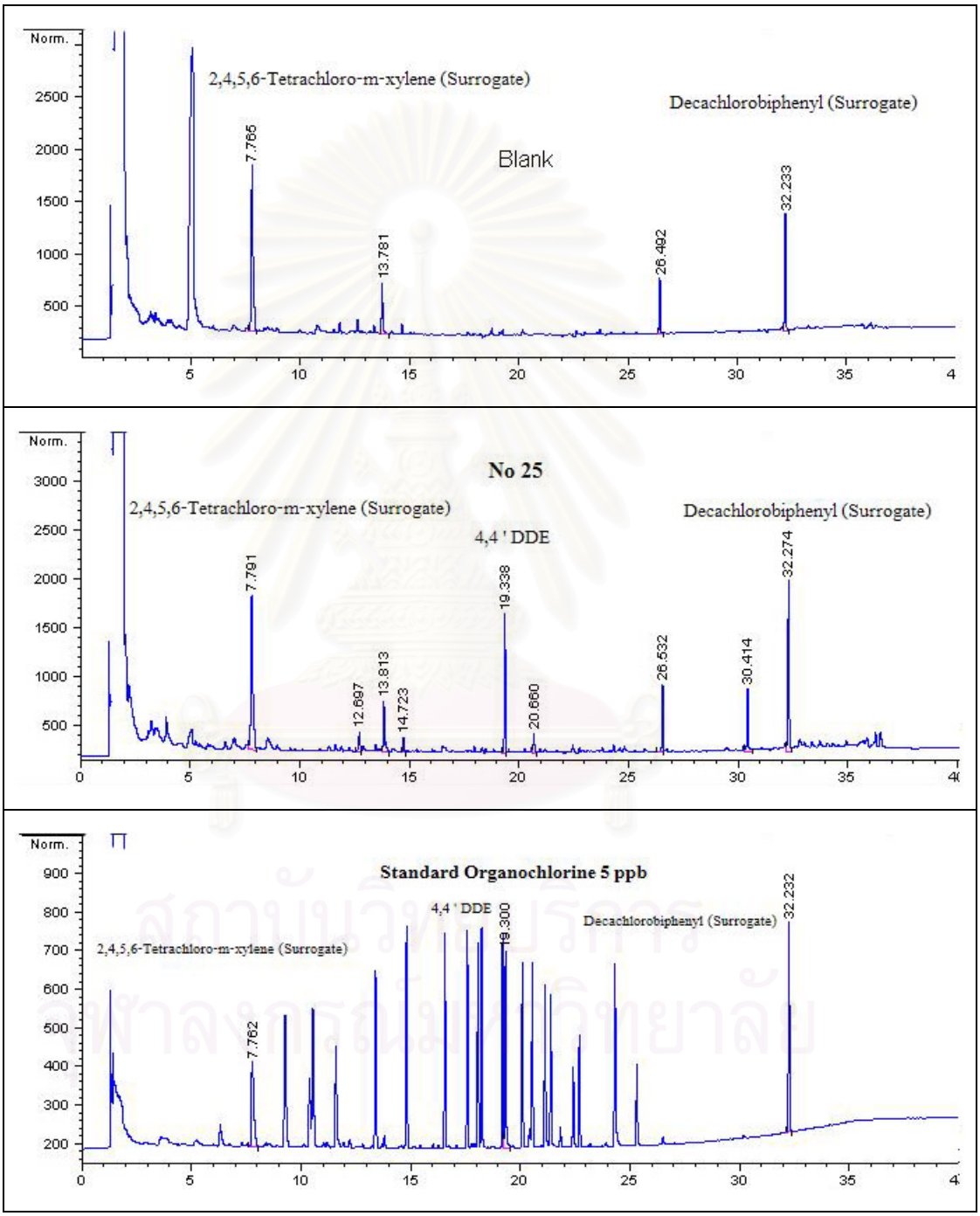
1) การควบคุมคุณภาพของตัวอย่างทำโดย การทำ blank พบว่าไม่พบสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนตัวใดเลยพบเพียง pesticides surrogate ที่เติมลงไปเท่านั้น (โครมาโตแกรมที่ 4.11)

2) ทำการสกัดตัวอย่างซ้ำ (duplicate) พบว่าค่าความแตกต่างระหว่างการทำซ้ำ 2 ครั้ง จากจำนวน 5 ซ้ำมีค่าความแตกต่างระหว่างร้อยละ 2-5

4.5.4.2 % recovery

การตรวจสอบประสิทธิภาพของการสกัดตัวอย่างและความแม่นด้วยค่า % recovery ของสาร pesticides surrogate ทำโดยเติม (spike) pesticides surrogate ลงไปในตัวอย่างก่อนทำการสกัด ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้สาร pesticide surrogates 2 ชนิดคือ 2, 4, 5, 6 – tetrachloro-m-xylene และ decachlorobiphenyl เพื่อให้ครอบคลุมคุณสมบัติทางกายภาพที่มีผลต่อการสกัดของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนที่วิเคราะห์ทั้งหมด แต่จากการศึกษาพบว่าวิธีการสกัดดังกล่าวสามารถเลือกใช้สาร pesticide surrogates เพียง 1 ชนิดคือ 2, 4, 5, 6 - tetrachloro-m-xylene ค่า % recovery ของblank มีค่าระหว่าง 81 – 103 และค่า % recovery ของตัวอย่างมีค่าระหว่าง 81 – 102 (ตารางที่ 4.15) ในขณะที่สาร decachlorobiphenyl ไม่สามารถนำไปใช้ในการตรวจสอบประสิทธิภาพการสกัดในครั้งนี้ได้ เนื่องจากพบว่าเมื่อทำการฉีดซ้ำตัวอย่างเดิมลงไปในเครื่อง GC-μECD พบว่า % recovery ของสาร decachlorobiphenyl มีความแปรปรวนมาก โดยคาดว่าอาจจะเกิดจากการที่ไม่สามารถกำจัดสิ่งสกปรกอนุภาคใหญ่ๆได้ ซึ่งสารดังกล่าวอาจจะเกาะอยู่กับสารอนุภาคใหญ่ ทำให้เมื่อทำการฉีดตัวอย่างซ้ำค่า % recovery ของ decachlorobiphenyl ลดลงตามครั้งของการฉีด จากเหตุผลข้างต้นทำให้ต้องเลือกสาร pesticides surrogate 1 ชนิด ซึ่งค่า % recovery ของสารอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้

ภาพที่ 4.11 โครมาโตแกรมของ blank ของตัวอย่างรังที่ 25 และของสารละลายมาตรฐานผสมออร์แกโนคลอรีนความเข้มข้น 5 ppb



4.5.4.3 การตรวจสอบความถูกต้องของสารที่พบ

การตรวจสอบความถูกต้องของสารที่พบ ทำโดยการเปลี่ยนชนิดของคอลัมน์ที่ใช้จาก HP-5 เป็น DB 1701 และวิเคราะห์ที่สภาวะเดิม โดยทำการฉีดสารละลายมาตรฐานออร์แกโนคลอรีนที่พบในการศึกษานี้คือ 4, 4 ' DDE และฉีดตัวอย่างที่สกัด เพื่อเปรียบเทียบ retention time ผลที่ได้คือตัวอย่างที่สกัดมี retention time ตรงกับสารละลายมาตรฐาน 4, 4 ' DDE (โครมาโตแกรมที่ 4.12)

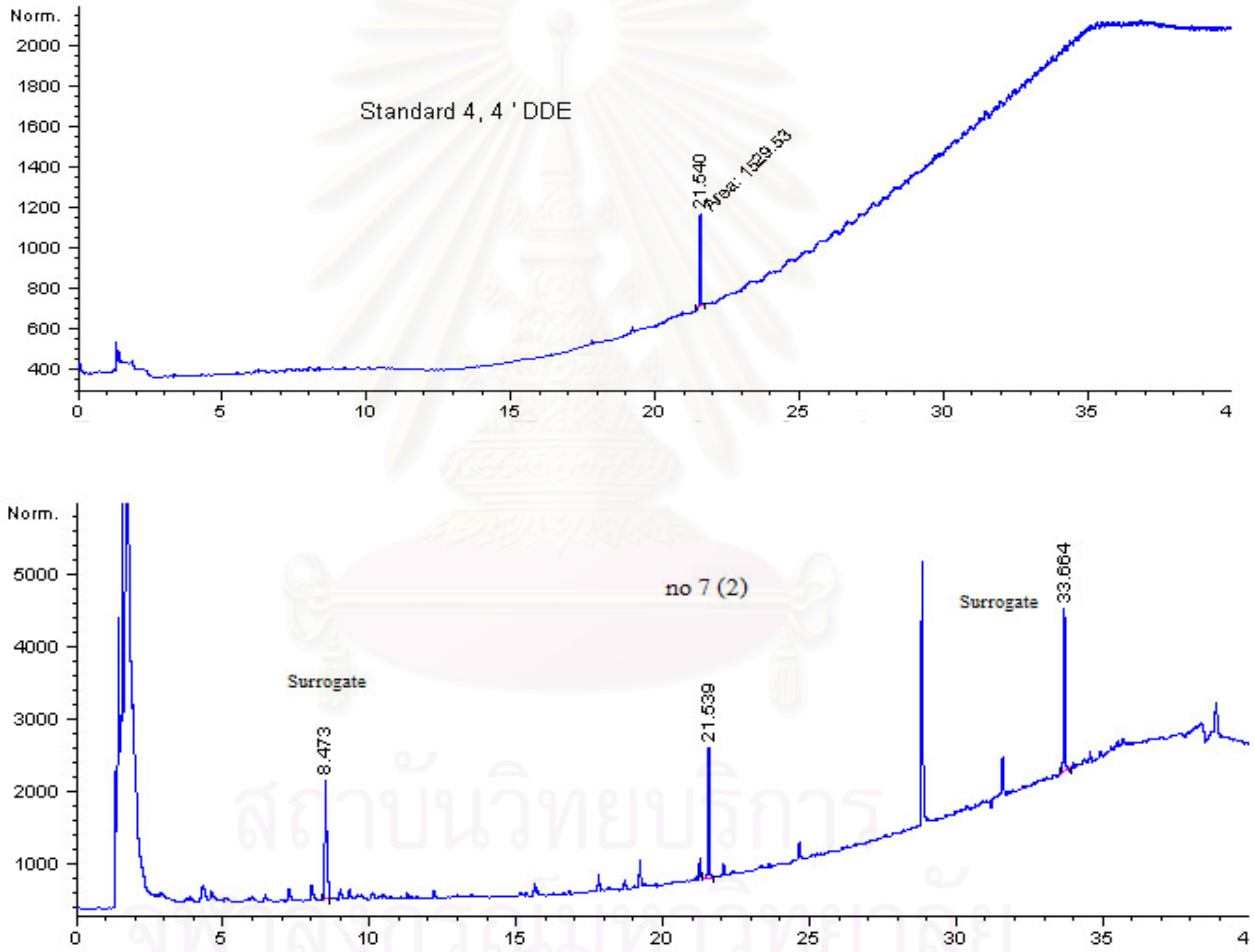
4.5.4.4 ความเข้มข้นของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนที่พบในไข่แดงของนกยางเปีย

ความเข้มข้นของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนในไข่แดงของนกยางเปียทำโดยการจำแนกพีคที่พบในตัวอย่าง ด้วยการเปรียบเทียบ retention time ของพีคกับ retention time ของสารละลายมาตรฐานผสมออร์แกโนคลอรีน แล้ววัดพื้นที่ใต้พีคนำไปหาความเข้มข้นจากกราฟเทียบมาตรฐานสารละลายมาตรฐานผสมออร์แกโนคลอรีน

ทั้งนี้จะทำการฉีดสารละลายมาตรฐานผสมออร์แกโนคลอรีนที่ความเข้มข้น 5 ppb ก่อนและหลังการฉีดตัวอย่างเสมอ เพื่อศึกษาว่ายังสามารถใช้กราฟเทียบมาตรฐานสารละลายมาตรฐานผสมออร์แกโนคลอรีนได้หรือไม่ โดยถ้าสารละลายมาตรฐานผสมออร์แกโนคลอรีนที่ฉีดมีการเปลี่ยนแปลงในระดับที่ต่ำกว่า 3 ppb หรือสูงกว่า 7 ppb (ร้อยละ60-120) เมื่อนำไปเทียบกับกราฟเทียบมาตรฐาน ต้องทำการทำกราฟเทียบมาตรฐานใหม่ ในการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานผสมยังอยู่ในช่วง 3-7 ppb

ผลการศึกษาปริมาณของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนในไข่แดงของ นกยางเปียจากบริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่าในทุกตัวอย่างของไข่แดงของนกยางเปียพบสาร 4,4' DDE ซึ่งสารดังกล่าวเป็นสารอนุพันธ์ของสาร DDT ในปริมาณ 33.4 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก (ppb) ถึง 116.0 ppb ส่วนสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนอื่นๆได้แก่ alpha-BHC, beta-BHC, gamma-BHC, delta-BHC, heptachlor, aldrin, heptachlor epoxide, gamma-chlordane, endosulfan I, alpha-chlordane, dieldrin, endrin, endosulfan II, 4, 4 ' DDD, 4, 4 ' DDT ไม่พบสารดังกล่าวเลย (nd, not detect) (ตารางที่ 4.15) (ภาคผนวกจ)

ภาพที่ 4.12 โครมาโตแกรมของตัวอย่างที่สกัดกับสารละลายมาตรฐาน 4, 4 ' DDE ความเข้มข้น 5 ppb



ตารางที่ 4.15 แสดงปริมาณของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีน หน่วย นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียกในไข่แดงของนกยางเปีย บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน จ.พระนครศรีอยุธยา และ % recovery ของสาร 2, 4, 5, 6-tetrachloro-m-xylene (surrogate) หมายเหตุ nd = not detect

สาร	Blank	รังที่ 1	รังที่ 7	รังที่ 10	รังที่ 13	รังที่ 20	รังที่ 21	รังที่ 23	รังที่ 25	รังที่ 35	รังที่ 37	รังที่ 38	รังที่ 39
Tetrachloro-m-xylene (%)	81-103	95	94	97	96	101	96	81	101	96	97	102	101
Alpha-BHC (ppb)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Beta-BHC (ppb)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Gamma-BHC (ppb)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Detla-BHC (ppb)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Heptachlor (ppb)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Aldrin (ppb)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Heptachlor epoxide (ppb)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
G-Chlordane (ppb)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Endosulfan I (ppb)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
A-Chlordane (ppb)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Dieldrin (ppb)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
4, 4 ' DDE (ppb)	nd	44.9	116.0	91.3	36.2	38.4	67.2	116.0	33.4	68.9	66.9	74.5	80.4
Endrin (ppb)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Endosulfan II (ppb)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
4, 4 ' DDD (ppb)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
4, 4 ' DDT (ppb)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

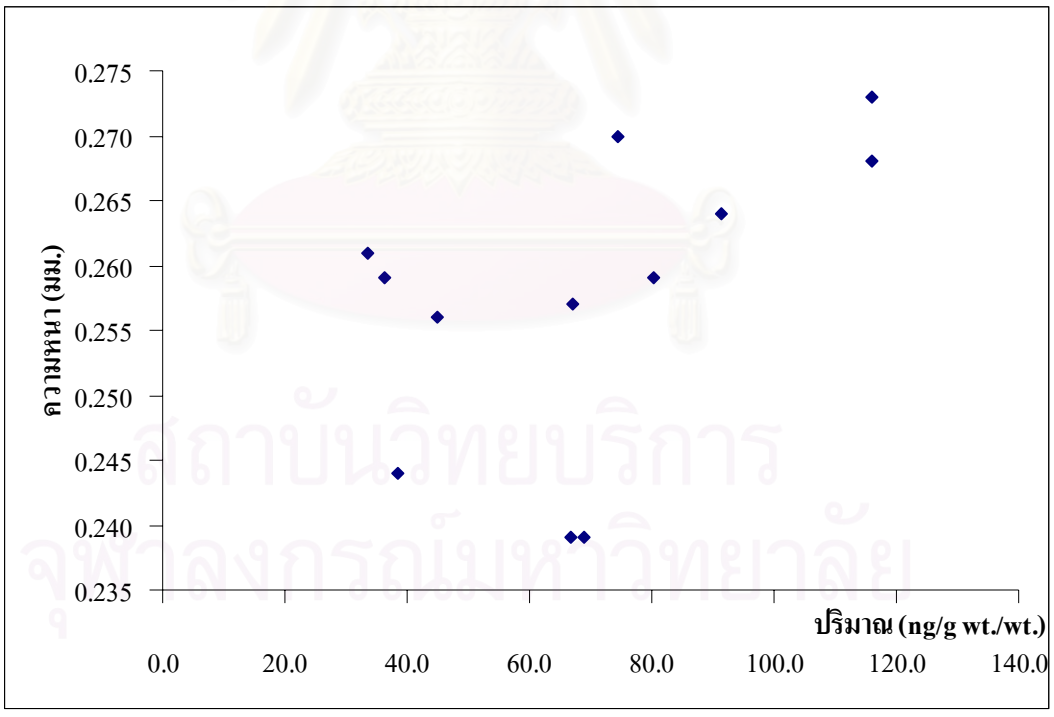
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากผลการศึกษาดังกล่าวสรุปได้ว่าไข่แดงของนกยางเปีย บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ในปัจจุบันมีการตกค้างของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนที่สามารถตรวจวัดได้เพียงชนิดเดียวคือ 4, 4' DDE และมีความปริมาณ 33.4 – 116.0 ng/g wt/wt. ซึ่งระดับที่ตรวจพบเป็นระดับที่ต่ำกว่าระดับที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต

4.6 ปริมาณของสาร 4, 4' DDE ในไข่แดงและความหนาของเปลือกไข่ของนกยางเปีย

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสาร 4, 4' DDE ในไข่แดงกับความหนาของเปลือกไข่นกยางเปีย จำนวน 12 ตัวอย่างโดยการใช้สถิติทดสอบแบบการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นและสหสัมพันธ์ แบบ Pearson พบว่าความหนาของเปลือกไข่ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณของสาร 4, 4' DDE ($p = 0.102$, $r^2 = 0.2446$) (ภาพที่ 4.13)

ภาพที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสาร 4, 4' DDE (ng/g wt/wt.)ในไข่แดงและความหนาของเปลือกไข่นกยางเปีย บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน



เมื่อทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบ Pearson พบว่าไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสาร 4, 4 ' DDE ในไข่กับความหนาของเปลือกไข่นกยางเปียซึ่งคล้ายคลึงกับการศึกษาของ Elliott (1996) ที่พบว่าไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสาร 4, 4 ' DDE กับความหนาของเปลือกไข่ของนก bald eagle (*Haliaeetus leucocephalus*) ถึงแม้ว่าความหนาของเปลือกไข่จะน้อยกว่าในระดับของปี ค.ศ. 1947 อย่างไรก็ตามผลการศึกษาที่ได้แตกต่างกับการศึกษาในนกกินปลาหลายชนิด เช่น ในการศึกษาของ Sanpera (2003) พบว่าปริมาณของสาร 4, 4' DDE ในไข่นกยางเปียมีแนวโน้มที่บ่งชี้ถึงความสัมพันธ์เชิงลบกับความหนาของเปลือกไข่แต่ความสัมพันธ์ดังกล่าวไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และ Harris และคณะ (2003) ศึกษาความสำเร็จในการสืบพันธุ์และการปนเปื้อนของสาร chlorinated hydrocarbon ของนก great blue herons (*Ardea herodias*) พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสาร 4, 4 ' DDE ในไข่แต่ละฟองเป็นเส้นตรงถดถอยเชิงลบ แต่ไม่สามารถอธิบายได้เนื่องจากข้อมูลมีความหลากหลายและพบว่ามีข้อมูลเพียงเล็กน้อยเท่านั้นที่มีปริมาณของสาร 4, 4 ' DDE ในระดับที่สูงและมีนัยสำคัญกับความหนาของเปลือกไข่ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Vermeer and Reynolds (1970), Laporte (1982) Custer และคณะ (1997) Thomas and Anthony (1999) อ้างถึงใน Harris และคณะ (2003) พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างความหนาของเปลือกไข่ของนก great blue herons (*Ardea herodias*) และปริมาณของสาร 4, 4 ' DDE ที่พบโดยความแตกต่างของผลการศึกษาเนื่องจากค่าปริมาณของสาร 4, 4' DDE ที่ตรวจพบนั้นอยู่ในระดับต่ำที่ซึ่งปริมาณที่พบไม่ได้มีผลทำให้เกิดการบางลงของเปลือกไข่ในนกยางเปีย โดยมีรายงานว่าในนก white-faced ibis (*Plegadis chihi*) ที่สร้างรังในรัฐ Nevada พบว่ามีปริมาณของสาร 4, 4 ' DDE ในเปลือกไข่ตั้งแต่ในระดับที่ไม่สามารถตรวจพบ (< 0.01) จนถึง 29 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก (ppm) และได้หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสาร 4, 4' DDE กับความหนาและความแข็งของเปลือกไข่ โดยพบว่าไข่ของนกที่มีปริมาณของสาร 4, 4' DDE น้อยกว่า 0.4 ppm (น้ำหนักเปียก) เป็นไข่ที่มีความหนาปกติและถ้ายิ่งปริมาณสาร 4, 4' DDE เพิ่มขึ้นก็จะพบว่าเปลือกไข่มีความหนาลดลง (Henny and Bennett, 1990) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Custer และคณะ (1983) และ Henny และคณะ (1984) อ้างถึงใน Rattner และคณะ (2001) ที่พบว่าปริมาณของสาร 4, 4 ' DDE 4-8 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก จะเป็นระดับที่ทำให้เปลือกไข่นกแขวกบางลง

จากเหตุผลที่ได้กล่าวมาข้างต้นทำให้เชื่อได้ว่าปริมาณของสาร 4,4' DDE ที่พบมีปริมาณในระดับต่ำเกินกว่าที่จะส่งผลทำให้ไข่ของนกยางเปียมีความบางของเปลือกไข่ลดลง และจากการศึกษาไข่ของนกยางเปียในภาคสนามทั้งหมด 174 ฟอง พบว่ามีไข่เพียง 3 ฟองเท่านั้นที่มีการแตกระหว่างการฟัก อาจสรุปได้ว่าในปัจจุบันปริมาณของสาร 4,4' DDE ที่ตกค้างมีปริมาณในระดับที่ไม่ได้ส่งผลกระทบต่อความหนาของเปลือกไข่ เนื่องจากปัจจุบันได้มีการห้ามใช้สารดีดีทีในการเกษตรกรรมเป็นระยะเวลาหลายปีแล้ว และสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนสามารถ

สลายตัวได้รวดเร็วในเขตร้อนมากกว่าในเขตอบอุ่นทำให้เหลือการตกค้างของสารกลุ่มดังกล่าวในสิ่งแวดล้อมที่ระดับต่ำ

4.7 ปริมาณของสาร 4, 4 ' DDE และความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของนกยางเปีย

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสาร 4, 4 ' DDE กับความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของนกยางเปีย บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน จังหวัดพระนครศรีอยุธยาด้วยสถิติทดสอบสหสัมพันธ์ แบบ Pearson โดยจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสาร 4, 4 ' DDE กับความสำเร็จในการสืบพันธุ์ได้แก่อัตราการฟักของลูกนกพบว่าปริมาณของสาร 4, 4 ' DDE ที่ตรวจพบไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราการฟักของลูกนก ($p = 0.188$) ส่วนการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสาร 4, 4 ' DDE กับอัตราการรอดของลูกนกอายุ 1 สัปดาห์ อัตราการรอดของลูกนกอายุ 2 สัปดาห์และอัตราการรอดของลูกนกอายุ 4 สัปดาห์ พบว่าปริมาณของสาร 4, 4 ' DDE ที่ตรวจพบไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราการการรอดของลูกนกอายุ 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ของลูกนก ($p = 0.188$, $p = 0.238$, $p = 0.095$, $p = 0.442$ตามลำดับ) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Rattner (2001) พบว่าความสำเร็จในการสืบพันธุ์ได้แก่อัตราการฟักออกจากไข่ของลูกนกแขวกและอัตราการรอดจนลูกนกบินออกจากรังไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณของสารที่ตรวจพบ เนื่องจากปริมาณสาร 4, 4' DDE ที่ตรวจพบมีปริมาณในระดับต่ำ และสรุปว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบทำให้ประชากรนกแขวกลดลงคืออัตราการรอดหลังจากที่นกแขวกบินออกจากรัง การอพยพและการทำลายแหล่งที่อยู่อาศัยของนก Custer และคณะ (1998) พบว่าระดับความเข้มข้นที่จะมีส่วนช่วยให้มีผลทำให้ความสำเร็จการสืบพันธุ์ของนกลดลงคือ ประมาณมากกว่า 10 µg/g wt/wt. และ Findholt (1984) พบว่านก snowy egret (*Egretta thula*) จะมีความสำเร็จในการสืบพันธุ์ลดลงถ้าไข่ของนกมีปริมาณของสาร DDE มากกว่า 5 ppm แต่ถ้าอยู่ในระดับต่ำกว่านี้จะไม่พบความผิดปกติ

ความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของนกยางเปียที่เขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน ในระยะที่ลูกนกฟักออกจากไข่น่าจะถูกควบคุมโดยปัจจัยอื่นๆได้แก่ ลม ผู้ล่า การเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างประชากรนก ยางเปียและนกอื่นๆ เช่นการแก่งแย่งพื้นที่สร้างรัง มากกว่าการได้รับผลกระทบจากปริมาณสาร 4, 4 ' DDE ส่วนระยะหลังที่ลูกนกฟักออกจากไข่แล้ว จนถึงระยะที่นกสามารถบินออกจากรังได้ ความสำเร็จในการสืบพันธุ์ส่วนใหญ่น่าจะถูกกำหนดโดย ได้แก่ผู้ล่า การแก่งแย่งอาหารและพื้นที่หาอาหารระหว่างประชากรนกยางเปียและนกยางเปียกับนกแขวกและนกชายน้ำชนิดอื่นๆ รวมทั้งพฤติกรรมบางอย่างที่ส่งผลต่อการลดลงของประชากรนกยางเปียเช่น การพลัดตกจากรังในกรณีที่นกตกใจจากการรบกวนของผู้คนหรือผู้ล่าหรือกำลังหัดเดินหรือแย่งอาหารขณะที่พ่อแม่มาป้อนอาหาร

จากข้อมูลที่ทำการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า ปัจจุบันยังมีการตกค้างของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนบางชนิด ได้แก่ สาร 4, 4' DDE ในไข่แดงของนกยางเปียบริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา แต่ปริมาณของสารที่พบอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งเป็นระดับที่ไม่น่าจะมีผลกระทบต่อความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของนกยางเปียในพื้นที่ดังกล่าว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

1. นกยางเปีย (*Egretta garzetta*) บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน อ.บางปะหัน จ. พระนครศรีอยุธยา ทำรังบนกอไผ่ (*Bambusa* sp.) มากที่สุดประมาณร้อยละ 70 ของรังทั้งหมด และไผ่เป็นต้นไม้ชนิดแรกที่นกยางเปียเลือกทำรัง ส่วนต้นไม้ชนิดสุดท้ายที่นกยางเปียเลือกทำรังคือ ต้นคาง (*Albizia* sp.)

2. นกยางเปีย ทำรังร่วมกับนกอีก 2 ชนิดคือ นกแขวก (*Nycticorax nycticorax*) และนก ยางควาย (*Bubulcu ibis*) โดยนกแขวกจะมีช่วงระยะเวลาการสืบพันธุ์พร้อมๆกับนกยางเปีย และนกยางควายจะมีระยะเวลาการสืบพันธุ์ช้ากว่านกยางเปียและนกแขวกประมาณ 1 เดือน

3. การศึกษาความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของนกยางเปีย บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน จำนวน 61 รัง พบว่า นกยางเปียวางไข่ตั้งแต่ 1 – 5 ฟองต่อรัง โดยจะมีไข่จำนวน 3 ฟองต่อรังมากที่สุด คือร้อยละ 49.2 ค่าเฉลี่ยของจำนวนไข่ต่อรังคือ 3.10 ± 0.87 ฟอง ลักษณะไข่ของนกยางเปียรูปร่างกลมรี คล้ายไข่ไก่ สีเขียวอมฟ้า หรือ สีฟ้าอ่อน ขนาดและน้ำหนักของไข่ (n = 174 ฟอง) พบว่า มีความกว้างเฉลี่ย คือ 31.82 ± 0.79 มิลลิเมตร ความยาวเฉลี่ย 44.27 ± 2.01 มิลลิเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 23.10 ± 1.71 กรัม ระยะเวลาการฟักไข่ 20.16 ± 0.75 วัน ความสำเร็จในการฟักของไข่ต่อรัง (n = 36 รัง) คิดเป็นร้อยละ 67.06 ± 0.44 และอัตราการรอดต่อรังของลูกนกยางเปียอายุประมาณ 4 สัปดาห์คือ ร้อยละ 20.61 ± 0.28 โดยจำนวนของลูกนกจะลดลงเมื่ออายุของลูกนกเพิ่มขึ้น

4. เมื่อทำการเปรียบเทียบขนาด น้ำหนัก และจำนวนไข่ต่อรัง บริเวณเขตห้ามล่าสัตว์วัดตาลเอน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่ทำการศึกษาในปี พ.ศ. 2525 โดย สุวรรณา ฉายศิริพันธุ์ (2526) กับการศึกษาของในปี พ.ศ. 2545 พบว่า ความกว้างเฉลี่ยของไข่ทั้งสองช่วงเวลาไม่แตกต่างกัน ($p = 0.217$) ส่วนความยาวเฉลี่ย และ น้ำหนักเฉลี่ยของไข่ในปี พ.ศ. 2525 มีค่าน้อยกว่าในปี พ.ศ. 2545 อย่างมีนัยสำคัญ ($p = 0.000$, $p = 0.043$) ตามลำดับ ส่วนจำนวนไข่ต่อรังปีในปีพ.ศ. 2525 มีจำนวนไข่ต่อรังมากกว่าในปี พ.ศ. 2545 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.000$)

5. อัตราการฟักและค่าเฉลี่ยอัตราการรอดของลูกนกอายุ 1 สัปดาห์ของปี พ.ศ. 2525 สูงกว่าปี พ.ศ. 2545 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.015$, $p = 0.001$ ตามลำดับ)

6. ความหนาของเปลือกไข่นกยางเปียจำนวน 24 ใบพบว่า ความหนาเฉลี่ยของเปลือก (รวม membrane) ไข่นกยางเปียเท่ากับ 0.261 ± 0.005 มิลลิเมตร และไข่ฟองที่มีความหนาน้อยที่สุดคือมีความหนาเฉลี่ย 0.227 ± 0.005 มิลลิเมตรเมตร

7. การเก็บไข่ 1 ฟองออกจากรังไม่ได้ส่งผลกระทบต่ออัตราการฟักและอัตราการรอดของลูกนกจนถึงอายุ 4 สัปดาห์ แต่มีผลกระทบต่อความสำเร็จในการสืบพันธุ์โดยรวม แต่มีผลกระทบกับจำนวนตัวรวมของลูกนก

8. การศึกษาปริมาณของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนในไข่แดงของนกยางเปียบริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน พบว่าในปัจจุบันยังมีสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีน 1 ชนิดที่ตรวจพบได้ตกค้างในไข่ของนกยางเปียคือสาร 4, 4 ' DDE ซึ่งสารดังกล่าวเป็นสารอนุพันธ์ของสาร DDT แต่ปริมาณที่พบนั้นมีในระดับที่ต่ำประมาณ 33.4 – 116.0 นาโนกรัมต่อกรัม น้ำหนักเปียก (ppb)

9. ความหนาของเปลือกไข่นกยางเปียและความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของนกยางเปียในทุกช่วงอายุที่ทำการศึกษา ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณของสาร 4, 4 ' DDE ที่ตรวจพบ ($p > 0.05$, $p > 0.05$ ตามลำดับ)

10. ผลการเปรียบเทียบอัตราการฟัก อัตราการรอดในปีที่อยู่ในช่วงที่มีการใช้สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนกับปีที่เลิกใช้สารนี้แล้ว 20 ปี ไม่สามารถสรุปได้ว่าสารกลุ่มดังกล่าวมีผลต่อความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของนกยางเปีย ที่เขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน

11. ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของนกยางเปียในพื้นที่ศึกษาและในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา น่าจะได้แก่ ลม ผู้ล่า การแข่งขันภายในและระหว่างชนิดของนกในการหาอาหาร พื้นที่สร้างรังและพฤติกรรมของลูกนก นอกจากนี้ การรบกวนของมนุษย์โดยการทำลายแหล่งสร้างรังวางไข่ของนกยางเปียเช่น การตัดต้นไม้ที่นกใช้ทำรัง และการขยายของเขตชุมชนจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของนกยางเปีย

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ถ้าต้องการเพิ่มความหลากหลายของชนิดและขนาดประชากรนกในบริเวณเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ควรมีการปลูกต้นไม้ที่นกสามารถใช้สร้างรังเพิ่มขึ้น เช่น ไผ่ (*Bambusa* spp.) และห้ามไม่ให้มีการตัดต้นไม้ในบริเวณดังกล่าว นอกจากนี้ยังควรมีการป้องกันการเผาหญ้าในนาด้วย

2. ควรมีการวางแผนจัดการภายในท้องถิ่นเพื่อป้องกันไม่ให้มีการรบกวนการสร้างรังวางไข่ของนก

3. ควรมีการศึกษาและพัฒนาเทคนิคในการสกัดตัวอย่างไข่ เพื่อวิเคราะห์ตัวอย่างให้ได้ประสิทธิภาพดีขึ้น มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น รวมทั้งประหยัดเวลาและลดการใช้สารเคมี

4. ควรมีการศึกษาถึงปริมาณของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีนในผู้บริโภคระดับสูงในห่วงโซ่อาหารชนิดอื่นๆ ที่เป็นสัตว์ประจำถิ่น เช่น นกแขวก (*Nycticorax nycticorax*) และเต่านา (*Malayemys subtrijuga*)เพื่อจะได้มีข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มนี้ที่ยังตกค้างอยู่ในสิ่งมีชีวิต

5. ควรมีการศึกษารายละเอียดถึงผลกระทบของการเก็บไข่ 1 ฟองออกจากรังว่ามีผลกระทบต่อประชากรนกยางเปียหรือไม่ โดยศึกษาในปริมาณรังที่มากขึ้น และติดตามลูกนกในระยะเวลาที่ยาวนานขึ้นจนถึงวัยเจริญพันธุ์

6. ควรมีการศึกษาถึงความสำเร็จในการสืบพันธุ์ของนกยางเปียเป็นระยะ เพื่อตรวจสอบถึงประชากรของนกยางเปียว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

7. ควรมีการเผยแพร่ข้อมูลให้กับชุมชนและส่งเสริมให้ชุมชนพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ขึ้นในบริเวณดังกล่าว เนื่องจากในบริเวณนี้อาจกล่าวได้ว่าเป็นพื้นที่เดียวที่อยู่ใกล้กรุงเทพฯ และเป็นแหล่งสืบพันธุ์ขนาดใหญ่ของนกในวงศ์นกยาง (Family Ardeidae)

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กิตติ เอกอำพน. 2529. มลภาวะสิ่งแวดล้อม. ขอนแก่น: (ม.ป.ท.).

ควบคุมมลพิษ, กรม. 2541. ดีดีที. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: อินทิเกรเต็ด โปรโมชั่น เทคโนโลยี.

คีรี กออนันตกุล, ชวลิต วิทยานนท์, อภิชาติ เติมวิชชากร และ ชัยศิริ ศิริกุล. 2543. พรรณปลาในบึงบอระเพ็ด (ลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา). กรุงเทพมหานคร: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

ชัชวาลย์ เรืองประพันธ์. 2543. สถิติพื้นฐาน. พิมพ์ครั้งที่ 5. ขอนแก่น: (ม.ป.ท.).

ชัชวาลย์ เรืองประพันธ์. 2544. การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS for Windows. พิมพ์ครั้งที่ 1. ขอนแก่น: (ม.ป.ท.).

ไชมอน การ์ดเนอร์, พินดา สิทธิสุนทร และ วิไลวรรณ อนุสารสนุทร. 2543. คู่มือศึกษาพรรณไม้ในป่าภาคเหนือ ประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร: คบไฟ.

เต็ม สมิตินันทน์. 2544. ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2544. กรุงเทพ: ประชาชน.

นโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, สำนักงาน. 2542. พื้นที่ชุ่มน้ำภาคกลางและภาคตะวันออก. กรุงเทพ: อินทิเกรเต็ด โปรโมชัน เทคโนโลยี.

ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ. 2519. ราชกิจจานุเบกษา 93 (8 มิถุนายน2519): 1381-1384.

วิเชฎฐ์ คนซื่อ. 2536. การศึกษาโครงสร้างเปลือกไข่เต่าที่พบในประเทศไทยบางชนิดโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด. ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วีรยุทธ์ เลาหะจินดา. 2524. ลำดับการทำรังของนกในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าวัดตาลเอน. สัมมนาสัตว์ป่าเมืองไทย ครั้งที่ 2: 94-114.

ศันสรียา วังกุลางกูร. 2540. การศึกษาเปรียบเทียบปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมของแหล่งวางไข่และสัณฐานวิทยาของเปลือกไข่เต่าหญ้า *Lepidochelys olivacea* จากธรรมชาติและบ่อเลี้ยง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตววิทยา ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิวรักษ์ มหิทธิบุรินทร์. 2524. วัตถุมีพิษตกค้างในนก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุกรานต์ โรจน์ไพรวงศ์ (บรรณาธิการ). 2544. สถานการณ์สิ่งแวดล้อมไทย 2542-2543. กรุงเทพมหานคร: อัมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

สุภาณี พิมพ์สมาน. 2540. สารฆ่าแมลง. พิมพ์ครั้งที่ 2. ขอนแก่น: โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา.

สุภาพ ณ. นคร, ชุติมา หาญจวณิช และ วิรัช ว่องพัฒนากุล. 2527. ผลของดีดีทีในอาหารนกไข่ต่อความหนาของเปลือกไข่ อัตราการฟักออกเป็นตัว และการพัฒนาโครงกระดูกของนกกระทาญี่ปุ่น. ขอนแก่น. (อัดสำเนา).

สุวรรณา ฉายศิริพันธ์. 2526. นิเวศวิทยา ชีววิทยา และพฤติกรรมของนกยางเปีย (*Egretta garzetta*). วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสัตววิทยา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อารยา กำเนิดมั่น และ จินตนา ภู่มงกุฎชัย. 2538. วิจัยชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างกลุ่มออร์แกโนคลอรีนในไข่ชนิดต่างๆ ในภาคกลาง. ข่าวสารวัตถุมีพิษ. 22: 3 –7.

อุตุนิยมวิทยา, กรม. 2545. ปริมาณน้ำฝนรายวันจังหวัดลพบุรี [data file]. กรุงเทพ: กรมอุตุนิยมวิทยา.

โอภาส ขอบเขตต์. 2543. นกในเมืองไทย. เล่ม 3. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์สารคดี.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาษาอังกฤษ

Agilent Technologies. 2000. Chromatogram Library [online]. Available from: http://www.chem.agilent.com/temp/rad78FCA/00028590.pdf [2003, January 15].

Agrimor Int'l C. n.d. Dicofol [online]. Available from: http://www.agrimor.com/dicofol.htm [2003, January 15].

Albanis, T. A., D. Hela, G. Papakostas, and V. Goutner. 1996. Concentration and bioaccumulation of organochlorine pesticide residues in herons and their prey in wetlands of Thermaikos Gulf, Macedonia, Greece. The Science of the Total Environment 182: 11-19

Avian management service. 2003. Avian egg data [online]. Available from: http://www.avianmanagement.com/incubation_data.htm [2003, April 10].

Aurigi, S., S. Focardi, D. Hulea, and A. Renzoni. 2000. Organochlorine contamination in bird's eggs from the Danube Delta. Environmental Pollution 109: 61 – 67.

Ayas, Z., B. Nurhayat, and K. Dürdane. 1997. Determination of organochlorine pesticide residues in various environments and organisms in Göksu Delta, Turkey. Aquatic Toxicology 39: 171-181.

Baker, E., C., S. 1929. The Fauna of British India Including Ceylon and Burma, Vol. VI Birds. London: Taylor and Francis. อ้างถึงใน สุวรรณา ฉายศิริพันธ์. 2526. นิเวศวิทยา ชีววิทยา และพฤติกรรมของนกยางเปีย (*Egretta garzetta*). วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสัตววิทยา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Bennetts, R. E., M. Fasola, H. Hafner, and Y. Kayser. 2000. Influence of environmental and density-dependent factors on reproduction of Little Egrets. The Auk 117: 634-639.

Berny P., S. Nicolas, D. Sophie, V. Bernadette, K. Yves, and H. Heinz. 2002. Impact of local agricultural and industrial practices on organic contamination of Little Egret (*Egretta garzetta*) eggs in the Rhône Delta, Southern France. Environmental Toxicology 21: 520-526.

Birron, A. and E. D. Gordon. 1951. Birds of the Soviet Union. Vol II. Jerusalem: IPST Press. อ้างถึงใน สุวรรณา ฉายศิริพันธ์. 2526. นิเวศวิทยา ชีววิทยา และพฤติกรรมของนกยางเปีย (*Egretta garzetta*). วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสัตววิทยา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Boon-Long, J. n.d. . Managing POPs in Thailand [online]. Available from: http://www.chem.unep.ch/pops/POPs_Inc/proceedings/bangkok/JBLPAPER.html [2003 ,February 25].

Britt, J. K. 2000. Properties and effects of pessticides. In Williams, P. L., R. C. James and S. M. Roberts. Principles of Toxicology environmental and industrial applications, pp. 352-353. New York: Wiley.

Brown, C. R. and M. B. Brown. 1996. Coloniality in the Cliff Swallow: The effect of group size on social behavior. Chicago: University of Chicago Press. Cited in Brown, C. R. and M. B. Brown. 1999. Fitness components associated with clutch size in Cliff Swallows. The Auk 116: 467-486.

Černý, W. 1999. A field guide in colour to British Birds. Prague: Polygrafia, a.s.

Connell, D. W., et al. 2003. Risk to breeding success of fish-eating Ardeids due to persistent organic contaminants in Hong Kong: evidence from organochlorine compounds in eggs. Water Research 37: 459-467.

Custer, T. W., R. K. Hines, P. M. Stewart, M. J. Melancon, D. S. Henshel, and J. W. Bickham. 1998. Organochlorines, mercury and selenium in great blue heron eggs from Indiana Dunes National Lakeshore, Indiana. J Great Lakes Res 24: 3-11.

Doull, J. et al. 1980. Casaretta and Doull's Toxicology, The Basic Science of Poisons. 2nd edition. New York: Macmillan Publishing. อ้างถึงใน พาลาภ สิงหเสนี. 2540. พิษของยาฆ่าแมลงต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Ehrlich, P. R., D. S. Dobkin and D. Wheye. 1998. The birder's handbook (A field guide to the natural history of North American birds the essential companion to your identification guide). Newyork: Simon & Schuster Inc.

Eilliott J. E., R. J. Norstorm and G. E. J. Smith. 1996. Patterns, trends, and toxicological significance of chlorinated hydrocarbon and Mercury Contaminants in Bald eagle eggs from the pacific coast of Canada, 1990-1994. Arch. environ. contam. toxicol 31: 354-367.

England, M. D. 1974. Birds of the tropics. London: Hamlyn. อ้างถึงใน สุวรรณา ฉายศิริพันธ์. 2526. นิเวศวิทยา ชีววิทยา และพฤติกรรมของนกยางเปีย (*Egretta garzetta*). วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสัตววิทยา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Erwin, R. M., J. G. Haig, D. B. Stotts and J. S. Hatfeield. 1996. Reproductive success, growth and survival of Black-crowned Night-Heron (*Nycticorax nycticorax*) and Snowy egret (*Egretta thula*) chicks in coastal Virginia. The Auk 113 (1) : 119-130.

Eve, R. and A-M. Guigue. 1996. Birds of Thailand. Bangkok: BookSiam a division of Distri-thai. Cited in Kaewdee, W. Population study of waterbirds and the assessment of the suitability of Khuan Khi Sian, Thale Noi Non-hunting area, as a ramsar site. Master's thesis, Inter-department of Environmental Science, Graduated school, Chulalongkorn University, 1999.

Fasola, M., P. A. Movalli, and C. Gandini. 1998. Heavy Metal, Organochlorine Pesticide, and PCB Residues in Eggs and Feathers of Herons Breeding in Northern Italy. Arch. Environ. Contam. Toxicol 34: 87 – 93.

Findholt, S. L. 1984. Organochlorine Residues, Eggshell Thickness and Reproductive Success of Snowy Egrets Nesting in Idaho. Condor 86: 163 – 169.

Frédéric, T., Y. Kayser and H. Hafner. 1999. Nestling size rank in the little egret (*Egretta garzetta*) influences subsequent breeding success of offsrring. Behav Ecol Sociobiol. 45: 466-470.

Furusawa N., et al.. 1999. Simple and rapid extraction method of total egg lipids for determining organochlorine pesticides in egg. Journal of Chromatography A 830: 473-476

Grzimek, B. 1972. Animal Life Encyclopedia Vol 7, Bird I. New York: Van Nostrand Reinhold. อ้างถึงใน สุวรรณา ฉายศิริพันธ์. 2526. นิเวศวิทยา ชีววิทยา และพฤติกรรมของนกยางเปีย (*Egretta garzetta*). วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสัตววิทยา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Hancock, J. 1999. Herons & egrets of the world *A photo*graphic *jourey*. Singapore: MRM Graphic.

Hancock, J. and J. Kushlan. 1984. The heron handbook. New York: Harper&Low. Cited in Kaewdee, W. Population study of waterbirds and the assessment of the suitability of Khuan Khi Sian, Thale Noi Non-hunting area, as a ramsar site. Master's thesis, Inter-department of Environmental Science, Graduated school, Chulalongkorn University, 1999.

Harris, M. L., J. E. Elliott, R. W. Butler, L.K. Wilson. 2003. Reproductive success and chlorinated hydrocarbon contamination of resident great blue heron (*Ardea herodia*) from coastal British Columbia, Canada, 1977 to 2000. Environmental Pollution 121: 207-227.

Henny, C. J. and J. K. Bennett. 1990. Comparsion of breaking strength and shell thickness as evaluators of White-faced ibis eggshell quality. Environmental toxicology and chemistry 9 : 797 – 805.

Integrated Pest Management for a healthy environment. 2003. Banned pesticides [online]. Available from: http://www.ipmthailand.org/th/Pesticides/pesticides_banned.htm [2003, May 22].

Kaewdee, W. 1999. Population study of waterbirds and the assessment of the suitability of Khuan Khi Sian, Thale Noi Non-hunting area, as a ramsar site. Master's thesis, Inter-department of Environmental Science, Graduated school, Chulalongkorn University.

Lack, D. 1954. The natural regulation of animal numbers. Oxford: Clarendon Press. Cited in Stutchbury, B. J. M. and Morton, E. S. 2001. Behavioral Ecology of Tropical Birds. London: Academic Press.

Lekagul, B. and P. D. Round, 1991. A guide to the birds of Thailand. Bangkok: Darnsutha Press.

Lindsey, B. D., K. J. Breen, M. D. Bilger, and R. A. Brightbill. 1998. Water Quality in the Lower Susquehanna River Basin, Pennsylvania and Maryland, 1992-95: U.S. Geological Survey Circular 1168 [online]. Available from: http://water.usgs.gov/pubs/circ/circ1168/nawqa91-28.gif [2003, February 5].

McClure, E. 1988. The migratory birds of Asia. Bangkok: White Lotus. Cited in Kaewdee, W. Population study of waterbirds and the assessment of the suitability of Khuan Khi Sian, Thale Noi Non-hunting area, as a ramsar site. Master's thesis, Inter-department of Environmental Science, Graduated school, Chulalongkorn University, 1999.

McGee, H. 1997. On Food and Cooking: The Science and Lore of the kitchen. New York: Simon and Schuster.

McLachlan, G. R. and R. Liversidge. 1966. Roberts Birds of South Africa. Cape Town: Cape & Transvoal Printed. อ้างถึงใน สุวรรณา ฉายศิริพันธ์. 2526. นิเวศวิทยา ชีววิทยา และพฤติกรรมของนกยางเปีย (*Egretta garzetta*). วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสัตววิทยา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Metcalf, R. L. and J. J. Mckelvey. 1974. The Future for insecticides: needs and prospects. New York : Wiley.

Powell, G. V. N., III, and R. Bjork .1990. Studies of wading birds in Florida Bay: A biological assessment of the ecosystem. National Audubon Society report to E. Ordway Dunn Foundation, Tavernier, Florida. อ้างถึงใน Erwin, R. M., J. G. Haig, D. B. Stotts and J. S. Hatfeield. 1996. Reproductive success, growth and survival of Black-crowned Night-Heron (*Nycticorax nycticorax*) and Snowy egret (*Egretta thula*) chicks in coastal Virginia. The Auk 113 (1): 119-130.

Perrins, C. M., and T. R. Birkhcad. 1983. Avian ecology. Glasgow: Blackie, p 68. Cited in Yogev, A. et al. 1996. Determination of clutch size and the breeding biology of the Spur-winged Plover *Vanellus spinosus* in Israel. The Auk 113: 68-73.

Ratcliffe, D. A. 1970. Changes attributable to pesticides in egg breakage frequency and eggshell thickness in some British birds. Journal of Applied Ecology 7: 67-115.

Ratter, B. A., P. C. McGowan, J. S. Hatfield, C.-S. Hong and S. G. Chu. 2001. Organochlorine contaminant exposure and reproductive success of Black-crowned Night-Heron (*Nycticorax nycticorax*) nesting in Baltimore Harbor, Maryland. Arch. Environ. Contam. and Toxicol. 41: 73-82.

Ria, T. 2001. Little Egret *Egretta egretta* [online]. Available from: http://www.naturia.per.sg/buloh/birds/Egretta_garzetta.htm [2002, July 10].

Robson, C. 2000. A field guide to the birds of Thailand and South-East Asia. Singapore: Tien Wah Press.

Romanoff, A., L. and A. J. Romanoff. 1949. The avian egg. United State of America. (n.p.)

Safriel, U. N. 1975. On the significance of clutch size in nidifugous birds. Ecology 56: 703-708, p 68. Cited in Yogev, A. et al. 1996. Determination of clutch size and the breeding biology of the Spur-winged Plover *Vanellus spinosus* in Israel. The Auk 113: 68-73.

Sanpera, C., et al. 2003. Persistant Organic Pollutants in Little Egret eggs from selected wetlands in Pakistan. Arch. Environ Contam. Toxicol. 44: 360-368.

Shaw, I. C. and J. Chadwick. 1998. Principle of Environmental Toxicology. Padstow: TJ International.

Sjoerd, D. and T. Boudewijn. 2000. Eggshell thickness measurememts of Cormorant eggs: method and some backgrounds [online]. Available from: http://web.tiscali.it/no-redirect-tiscali/sv2001/WI%20-%20CRSG/eggshell.htm [2001, July 11].

Smythies, B., E. 1953. The Birds of Burma. Edinburgh: Tweeddale Court. อ้างถึงใน สุวรรณา ฉายศิริพันธ์. 2526. นิเวศวิทยา ชีววิทยา และพฤติกรรมของนกยางเปีย (*Egretta garzetta*). วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสัตววิทยา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Stutchbury, B. J. M. and E. S. Morton. 2001. Behavioral Ecology of Tropical Birds. London: Academic Press.

Szekely, T., I. Karsai and T. D. Williams. 1994. Determination of clutch size in the Kentish Plover *Charadrius alexandrinus*. Ibis 136: 341-348, p68. Cited in Yogev, A. et al. 1996. Determination of clutch size and the breeding biology of the Spur-winged Plover *Vanellus spinosus* in Israel. The Auk 113: 68-73

Thomson, D. L., P. Monaghan and R. W. Forness. 2002. The demands of incubation and avian clutch size [online] Available from: http//:www.gla.ac.uk./ibs/DFEB/rwf/refs/tdiaes.htm [2003, May 22].

Untied State Environmental Protection Agency. 1975. DDT Regulatory History: A Brief Survey (to 1975) [online]. Available from: http://www.epa.gov/history/topics/ddt/02.htm [2002, July 15].

Untied State Environmental Protection Agency. 1998. EPA Method 8081 B Organochlorine Pesticides by Gas Chromatography [online]. Available from: http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/test/pdfs/8081b.pdf [2002, June 22].

Untied State Environmental Protection Agency. 2000. EPA Method 3620C Florisil Cleanup [online]. Available from: http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/test/pdfs/3620c.pdf [2002, June 22].

Welty, J. C. 1975. The Life of Birds. Philadelphia: W. B. Saunders Company. อ้างถึงใน สุวรรณา ฉายศิริพันธ์. 2526. นิเวศวิทยา ชีววิทยา และพฤติกรรมของนกยางเปีย (*Egretta garzetta*). วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสัตววิทยา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Wood, A. 2003. Compendium of Pesticide Common Names [online]. Available from: http://www.hclrss.demon.co.uk/class_insecticides.html [2003, March 25].

Yogev, A. et al. 1996. Determination of clutch size and the breeding biology of the Spur-winged Plover *Vanellus spinosus* in Israel. The Auk 113: 68-73.

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ตารางที่ 1 รัง จำนวนไข่ในรัง น้ำหนัก ความกว้าง และความยาวของไข่นกยางเปีย

รังที่	ใบที่	น้ำหนัก (กรัม)	ความกว้าง (มิลลิเมตร)	ความยาว (มิลลิเมตร)
1	1	23.60	32.00	42.10
.	2	23.40	32.06	43.06
.	3	23.00	31.16	43.28
2	1	22.40	31.00	43.94
.	2	25.20	31.78	41.48
.	3	23.40	30.36	42.68
3	1	22.40	31.78	42.48
.	2	24.40	32.80	42.76
4	1	23.40	31.88	44.94
.	2	23.20	31.78	47.88
.	3	23.60	31.90	47.78
.	4	24.80	32.88	45.52
5	1	22.40	31.60	42.56
.	2	22.60	32.28	43.72
.	3	22.80	31.84	40.76
6	1	21.00	31.86	40.76
.	2	22.00	32.48	41.58
.	3	21.40	32.32	42.46
.	4	22.20	31.66	42.54

ตารางที่ 1 (ต่อ)

รังที่	ใบที่	น้ำหนัก (กรัม)	ความกว้าง (มิลลิเมตร)	ความยาว (มิลลิเมตร)
7	1	23.80	32.20	44.36
.	2	23.80	32.76	42.80
.	3	23.00	32.00	44.12
11	1	22.80	31.52	45.14
.	2	23.00	32.28	43.62
.	3	21.80	31.60	44.08
1	1	26.00	32.18	47.02
.	2	26.40	32.80	47.06
.	3	26.40	31.92	47.10
.	4	25.60	31.00	46.52
38	1	23.60	31.58	44.40
.	2	25.20	31.92	46.28
.	3	24.40	32.16	43.72
2	1	23.80	32.00	44.58
.	2	24.00	32.06	43.00
3	1	25.40	32.32	44.54
.	2	25.20	32.68	46.08
.	3	26.60	32.58	44.00
4	1	22.40	30.98	44.92
.	2	22.40	30.64	46.20
.	3	24.20	31.90	42.20

ตารางที่ 1 (ต่อ)

รังที่	ใบที่	น้ำหนัก (กรัม)	ความกว้าง (มิลลิเมตร)	ความยาว (มิลลิเมตร)
6	1	25.60	32.30	47.48
.	2	25.80	32.58	47.10
.	3	26.00	32.40	47.84
.	4	25.20	32.06	47.84
.	5	99.00	99.00	99.00
11	1	21.60	32.24	43.08
.	2	20.40	30.74	42.06
.	3	20.60	31.94	42.68
12	1	25.00	33.18	42.90
.	2	24.20	32.34	42.80
.	3	24.00	32.88	43.88
.	4	21.60	30.82	41.60
14	1	23.40	31.89	43.66
.	2	24.40	32.56	45.36
.	3	24.20	31.88	45.00
.	4	99.00	99.00	99.00
16	1	24.20	31.18	47.34
.	2	25.00	31.64	46.92
.	3	24.20	30.88	47.58
2	1	21.60	31.74	44.52
.	2	20.60	31.00	42.50
.	3	21.00	31.58	42.76

ตารางที่ 1 (ต่อ)

รังที่	ใบที่	น้ำหนัก (กรัม)	ความกว้าง (มิลลิเมตร)	ความยาว (มิลลิเมตร)
3	1	18.40	31.00	43.94
.	2	22.00	30.96	44.02
.	3	22.00	31.58	42.68
4	1	99.00	99.00	99.00
1	1	99.00	99.00	99.00
.	2	99.00	99.00	99.00
2	1	22.00	32.36	43.00
.	2	20.80	31.38	42.72
.	3	18.60	30.30	40.70
3	1	22.80	31.82	44.44
.	2	23.80	32.22	44.32
.	3	23.60	32.18	43.94
4	1	25.20	32.84	46.20
.	2	25.20	32.86	45.38
.	3	24.40	32.18	46.06
.	4	22.20	31.22	46.06
1	1	20.60	31.30	42.50
.	2	21.20	32.00	42.06
.	3	17.40	29.34	40.54
.	4	21.20	31.74	42.38
3	1	21.80	31.12	43.02
.	2	24.40	32.28	44.24
.	3	25.00	31.70	46.46
.	4	24.00	31.90	43.16

ตารางที่ 1 (ต่อ)

รังที่	ใบที่	น้ำหนัก (กรัม)	ความกว้าง (มิลลิเมตร)	ความยาว (มิลลิเมตร)
4	1	19.80	31.78	41.78
.	2	23.20	33.32	43.88
.	3	22.40	33.22	41.64
5	1	21.80	32.18	43.34
.	2	22.20	31.26	44.40
.	3	20.80	31.68	41.90
.	4	20.00	30.40	44.12
7	1	24.40	32.22	47.10
.	2	23.60	33.00	44.52
.	3	23.60	33.38	43.56
8	1	23.80	32.52	47.40
.	2	25.60	33.28	46.84
.	3	24.80	32.48	48.94
.	4	23.60	32.00	46.00
9	1	22.00	32.18	42.00
.	2	22.20	32.08	41.92
.	3	19.60	30.80	41.48
1	1	23.80	32.22	44.06
.	2	24.40	32.38	44.86
2	1	23.60	31.40	46.50
.	2	23.00	32.16	44.32
.	3	22.60	31.06	44.14
.	4	22.80	31.50	43.64

ตารางที่ 1 (ต่อ)

รังที่	ใบที่	น้ำหนัก (กรัม)	ความกว้าง (มิลลิเมตร)	ความยาว (มิลลิเมตร)
5	1	21.40	32.30	40.38
.	2	21.80	31.78	40.60
.	3	20.80	31.72	42.92
6	1	99.00	99.00	99.00
8	1	22.20	31.38	44.72
.	2	24.80	32.64	45.36
.	3	23.60	32.36	44.70
11	1	23.80	32.30	45.64
.	2	25.00	32.20	43.88
.	3	23.00	31.40	43.36
1	1	24.60	31.70	47.80
.	2	24.00	31.18	48.78
.	3	24.40	32.78	45.48
1	1	99.00	99.00	99.00
2	1	22.00	31.28	42.96
.	2	23.40	31.78	44.38
.	3	23.20	31.38	44.28
.	4	21.20	30.44	43.14
1	1	21.60	31.20	43.00
.	2	21.00	31.00	41.26
.	3	19.40	30.60	39.74

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

รังที่	ใบที่	น้ำหนัก (กรัม)	ความกว้าง (มิลลิเมตร)	ความยาว (มิลลิเมตร)
2	1	24.20	32.90	41.54
.	2	21.40	32.12	41.08
.	3	24.60	33.34	42.18
.	4	22.60	31.96	40.56
3	1	99.00	99.00	99.00
1	1	23.20	32.62	42.76
.	2	22.80	31.98	41.96
.	3	22.20	31.44	43.22
2	1	23.40	31.00	46.04
.	2	25.60	31.96	47.20
.	3	22.20	31.54	45.50
.	4	25.40	31.54	48.64
4	1	23.20	32.04	43.14
.	2	23.40	31.46	42.72
.	3	22.00	31.14	42.90
.	4	22.40	31.06	43.54
5	1	99.00	99.00	99.00
.	2	23.40	31.46	42.72
.	3	99.00	99.00	99.00
6	1	24.80	33.00	43.38
.	2	25.60	32.28	46.60

ตารางที่ 1 (ต่อ)

รังที่	ใบที่	น้ำหนัก (กรัม)	ความกว้าง (มิลลิเมตร)	ความยาว (มิลลิเมตร)
3	1	24.60	33.10	44.42
.	2	25.20	32.66	43.50
.	3	24.60	32.98	44.40
.	4	24.20	32.54	44.30
5	1	22.80	31.60	46.22
.	2	23.20	30.05	42.70
.	3	22.00	30.38	46.64
.	4	22.80	31.04	46.48
6	1	21.00	30.00	43.82
.	2	22.80	30.00	46.80
.	3	21.20	30.30	42.50
.	4	21.40	31.08	46.48
1	1	20.40	30.38	41.96
.	2	22.40	30.50	45.90
.	3	22.20	30.84	44.14
3	1	23.40	31.86	42.56
.	2	23.60	32.72	42.00
1	1	99.00	99.00	99.00
.	2	23.60	32.60	46.06
.	3	23.80	32.84	46.02
.	4	99.00	99.00	99.00
2	1	26.60	32.56	48.00
.	2	24.00	32.14	44.32

ตารางที่ 1 (ต่อ)

รังที่	ใบที่	น้ำหนัก (กรัม)	ความกว้าง (มิลลิเมตร)	ความยาว (มิลลิเมตร)
3	1	25.00	33.00	46.56
.	2	23.00	32.14	45.18
.	3	22.80	31.24	46.48
4	1	99.00	99.00	99.00
.	2	99.00	99.00	99.00
.	3	99.00	99.00	99.00
1	1	19.80	30.80	44.38
.	2	20.80	31.18	46.28
.	3	19.60	29.96	44.90
3	1	25.00	32.48	46.80
.	2	24.60	32.42	45.74
.	3	24.20	33.00	43.98
4	1	24.40	32.10	47.30
.	2	23.00	31.18	45.90
.	3	22.20	31.16	46.32

99 คือ missing value

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ตารางที่ 2 รัง จำนวนไข่ต่อรัง จำนวนลูกนกที่ฟักและจำนวนตัวที่รอดในแต่ละช่วงอายุ

รังที่ไม่ได้ทำการเก็บไข่ จำนวน 36 รัง

รังที่	ไข่ (ฟอง)	ไข่เหลือ (ฟอง)	ฟัก (ตัว)	1 สัปดาห์ (ตัว)	2 สัปดาห์ (ตัว)	3 สัปดาห์ (ตัว)	4 สัปดาห์ (ตัว)
1	3	3	3	3	2	2	1
3	2	2	2	2	2	0	0
4	4	4	4	4	4	2	0
5	3	3	3	3	2	2	0
6	4	4	3	3	2	2	1
7	3	3	2	2	2	1	0
1	4	4	0	0	0	0	0
2	2	2	0	0	0	0	0
4	3	3	0	0	0	0	0
6	5	5	4	4	2	2	0
11	3	3	3	2	1	1	0
4	1	1	0	0	0	0	0
1	2	2	0	0	0	0	0
2	3	3	3	2	2	2	2
3	3	3	3	2	2	2	2
4	4	4	4	4	2	2	2
1	4	4	4	4	2	2	2
4	3	3	2	2	2	2	1
5	4	4	4	4	2	2	2
7	3	3	3	3	3	3	2
9	3	3	3	2	2	1	0
1	2	2	0	0	0	0	0

ตารางที่ 2 (ต่อ)

รังที่	ไข่ (ฟอง)	ไข่เหลือ (ฟอง)	ฟัก (ตัว)	1 สัปดาห์ (ตัว)	2 สัปดาห์ (ตัว)	3 สัปดาห์ (ตัว)	4 สัปดาห์ (ตัว)
2	4	4	4	3	2	2	2
6	1	1	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0
2	4	4	4	4	2	2	1
2	4	4	3	3	2	1	1
3	1	1	0	0	0	0	0
6	2	2	2	2	1	1	0
3	2	2	0	0	0	0	0
1	4	4	4	3	0	0	0
2	2	2	1	0	0	0	0
4	3	3	3	3	0	0	0
1	3	3	3	3	3	2	2
3	3	3	3	3	2	1	1
4	3	3	3	3	3	3	3
รวม	105	105	80	73	49	40	25

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ตารางที่ 3 น้ำหนักเปลือกไข่ ความกว้าง ความยาว และ ความหนา หน่วยมิลลิเมตร ของไข่นกยางเปียที่ทำการเก็บไข่

รังที่	น้ำหนักเปลือก (กรัม)	กว้าง (มม.)	ยาว (มม.)	Eggshell index	ความหนา (มม.)
1	2.20	31.78	41.48	1.67	0.181
7	2.50	32.34	42.80	1.81	0.198
9	1.90	31.00	42.50	1.17	0.17
10	2.00	30.96	44.02	1.44	0.201
13	2.20	32.38	44.24	1.47	0.189
18	1.60	31.78	40.60	1.34	0.188
20	2.00	32.64	45.36	1.54	0.184
21	2.10	31.18	48.78	1.29	0.152
23	1.80	31.00	41.26	1.24	0.184
24	1.90	31.98	41.96	1.35	0.169
25	2.10	31.96	47.20	1.38	0.182
27	2.60	31.46	42.72	1.41	0.193
28	2.60	31.46	42.72	1.42	0.207
31	2.70	32.66	43.50	1.39	0.186
33	2.10	30.05	42.70	1.93	0.205
34	2.10	30.05	45.90	1.93	0.2
35	2.00	30.00	46.80	1.90	0.204
37	2.00	32.20	43.88	1.64	0.191
38	2.30	31.92	42.28	1.52	0.184
39	2.40	31.64	46.92	1.42	0.164
40	2.10	32.14	45.18	1.42	0.164

ตารางที่ 3 (ต่อ)

รังที่	น้ำหนักเปลือก (กรัม)	กว้าง (มม.)	ยาว (มม.)	Eggshell index	ความหนา (มม.)
14	1.90	32.56	45.36	1.70	0.184
11	1.90	31.52	45.14	1.62	0.195
8	1.80	32.52	47.40	1.45	0.188
ค่าเฉลี่ย	2.12	31.63	44.20	1.52	0.186

หมายเหตุ

$$\text{Eggshell index} = \frac{\text{น้ำหนักเปลือกไข่ (กรัม)}}{\text{ความกว้าง (มม.) X ความยาว (มม.)}}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

ตารางที่ 4.1 รัง จำนวนไข่ในรัง จำนวนตัวที่ฟัก และจำนวนตัวของลูกนกที่รอดอายุ 1 -4 สัปดาห์ จากรังที่ไม่ได้ทำการเก็บไข่ จำนวน 23 รัง

รังที่	ไข่ (ฟอง)	ไข่ที่เหลือ (ฟอง)	ฟักออกจากไข่ (ตัว)	รอดถึง 1 สัปดาห์ (ตัว)	รอดถึง 2 สัปดาห์ (ตัว)	รอดถึง 3 สัปดาห์ (ตัว)	รอดถึง 4 สัปดาห์ (ตัว)
1	3	3	3	3	2	2	1
4	4	4	4	4	4	2	0
5	3	3	3	3	2	2	0
6	4	4	3	3	2	2	1
7	3	3	2	2	2	1	0
4	3	3	0	0	0	0	0
11	3	3	3	2	1	1	0
2	3	3	3	2	2	2	2
3	3	3	3	2	2	2	2
4	4	4	4	4	2	2	2
1	4	4	4	4	2	2	2
4	3	3	2	2	2	2	1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

รังที่	ไข่	ไข่ที่เหลือ	ฟักออกจากไข่	รอดถึง 1 สัปดาห์	รอดถึง 2 สัปดาห์	รอดถึง 3 สัปดาห์	รอดถึง 4 สัปดาห์
	(ฟอง)	(ฟอง)	(ตัว)	(ตัว)	(ตัว)	(ตัว)	(ตัว)
5	4	4	4	4	2	2	2
7	3	3	3	3	3	3	2
9	3	3	3	2	2	1	0
2	4	4	4	3	2	2	2
2	4	4	4	4	2	2	1
2	4	4	3	3	2	1	1
1	4	4	4	3	0	0	0
4	3	3	3	3	0	0	0
1	3	3	3	3	3	2	2
3	3	3	3	3	2	1	1
4	3	3	3	3	3	3	3
รวม	78	78	71	65	44	37	25

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 รัง จำนวนไข่ในรัง จำนวนตัวที่ฟัก และจำนวนตัวของลูกนกที่รอดอายุ 1 -4 สัปดาห์ จากรังที่ทำการเก็บไข่ จำนวน 23 รัง

รังที่	ไข่ (ฟอง)	ไข่ที่เหลือ (ฟอง)	ฟักออกจากไข่ (ตัว)	รอดถึง 1 สัปดาห์ (ตัว)	รอดถึง 2 สัปดาห์ (ตัว)	รอดถึง 3 สัปดาห์ (ตัว)	รอดถึง 4 สัปดาห์ (ตัว)
2	3	2	2	2	2	1	0
3	3	2	2	2	2	0	0
12	4	3	3	3	3	2	1
14	4	3	2	2	2	2	1
2	3	2	2	2	1	1	1
3	3	2	0	0	0	0	0
3	4	3	3	3	2	2	2
5	3	2	2	2	2	2	2
8	3	2	1	1	1	1	1
11	3	2	0	0	0	0	0
1	3	2	2	0	0	0	0
1	3	2	0	0	0	0	0
1	3	2	2	2	2	2	0
2	4	3	3	3	3	3	0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 (รัง)

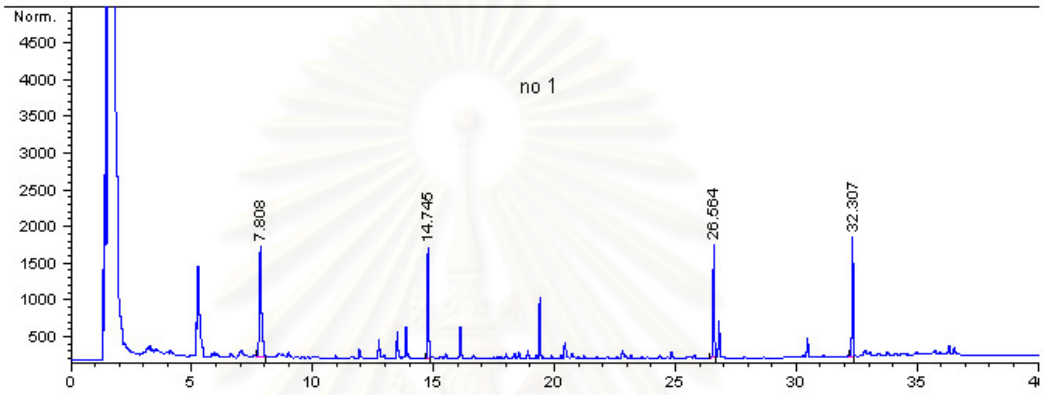
รังที่	ไข่ (ฟอง)	ไข่ที่เหลือ (ฟอง)	ฟักออกจากไข่ (ตัว)	รอดถึง 1 สัปดาห์ (ตัว)	รอดถึง 2 สัปดาห์ (ตัว)	รอดถึง 3 สัปดาห์ (ตัว)	รอดถึง 4 สัปดาห์ (ตัว)
4	4	3	2	2	1	1	0
5	3	2	0	0	0	0	0
3	4	3	3	3	0	0	0
5	4	3	2	1	1	1	1
6	4	3	3	3	1	0	0
1	3	2	2	2	2	2	1
3	3	2	2	1	0	0	0
11	3	2	2	2	2	2	2
8	4	3	3	3	3	2	2
รวม	78	55	43	39	30	24	14

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

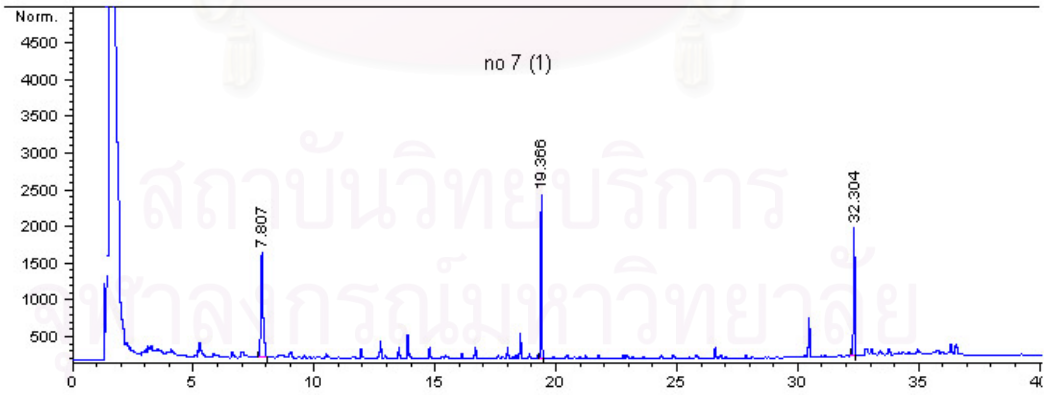
ภาคผนวก จ

ภาพ Chromatogram ของไข่นกยางเปียที่ทำการวิเคราะห์ปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์แกโนคลอรีน

รังที่ 1

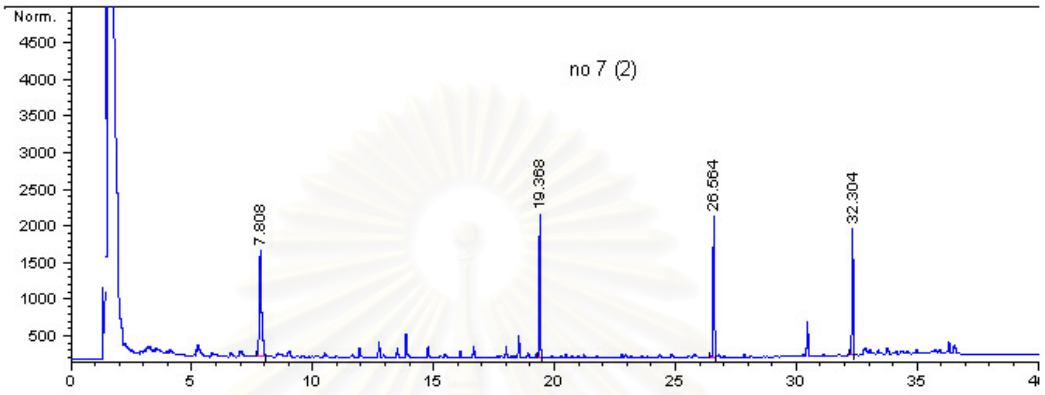


รังที่ 7 (1)

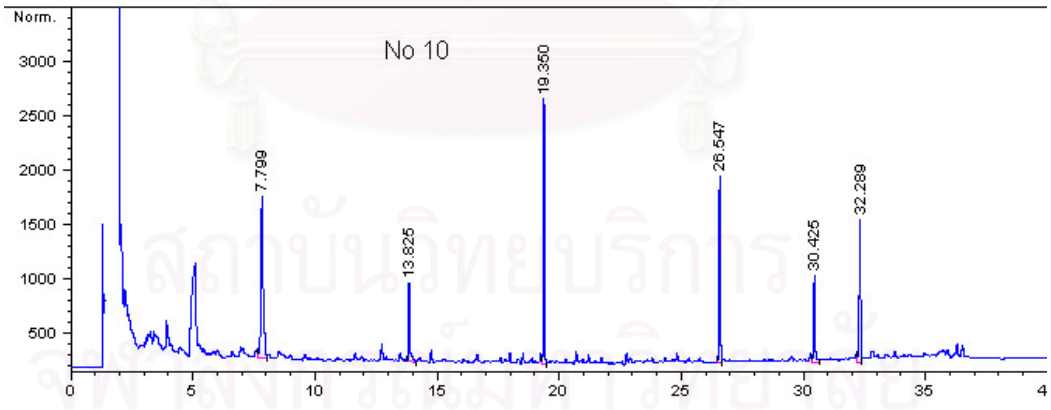


Chromatogram (ต่อ)

รังที่ 7 (2)

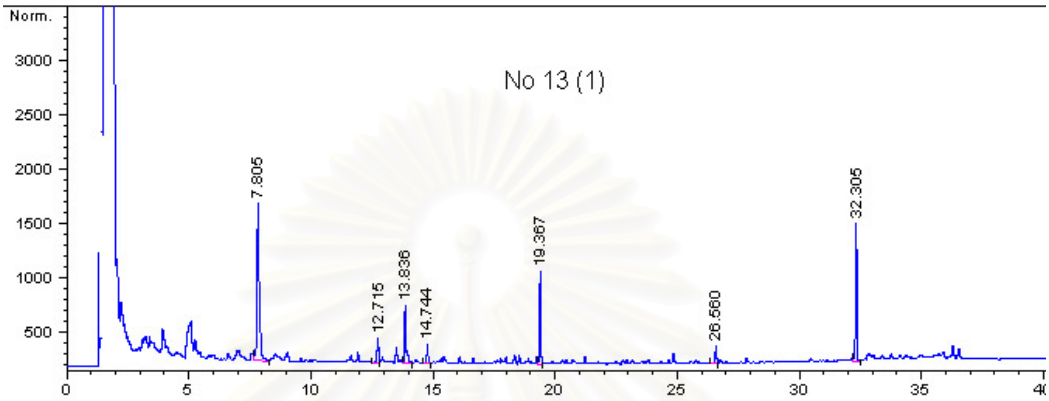


รังที่ 10

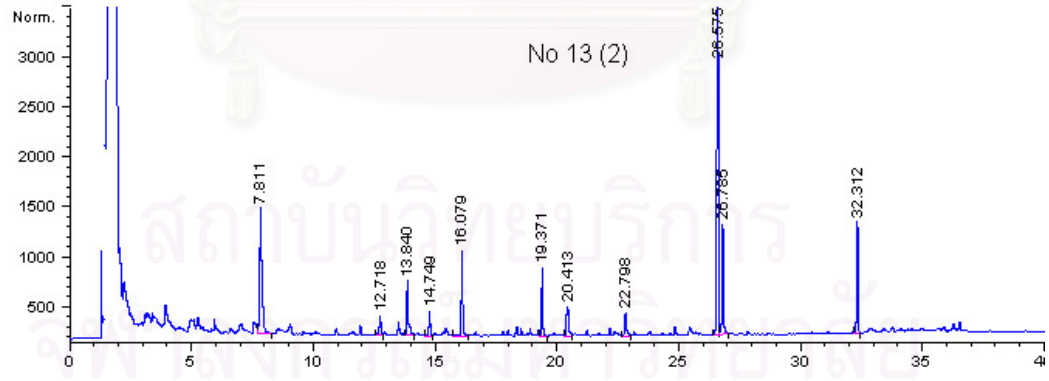


Chromatogram (ต่อ)

รังที่ 13 (1)

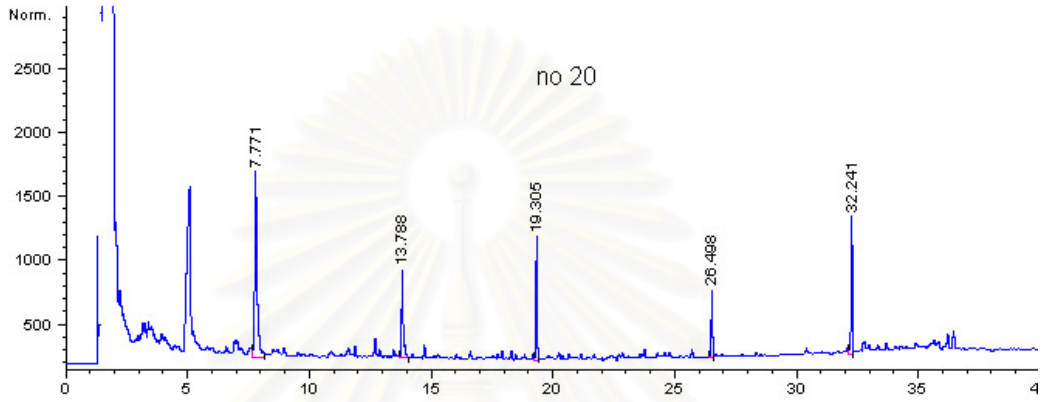


รังที่ 13 (2)

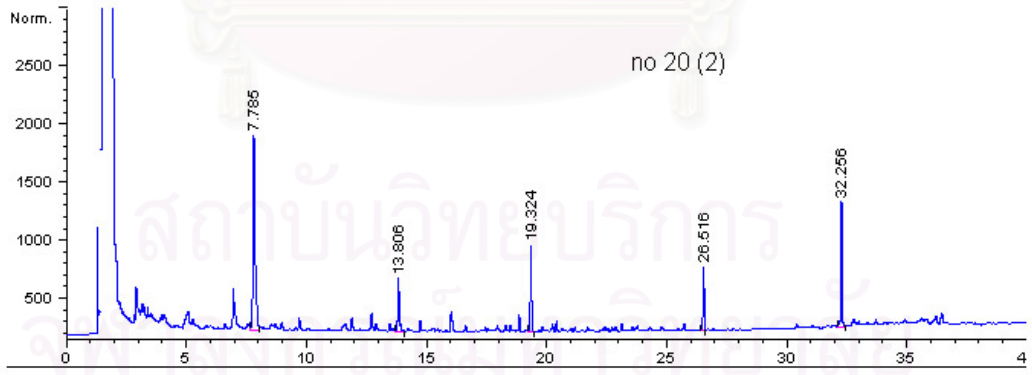


Chromatogram (ต่อ)

รังที่ 20 (1)

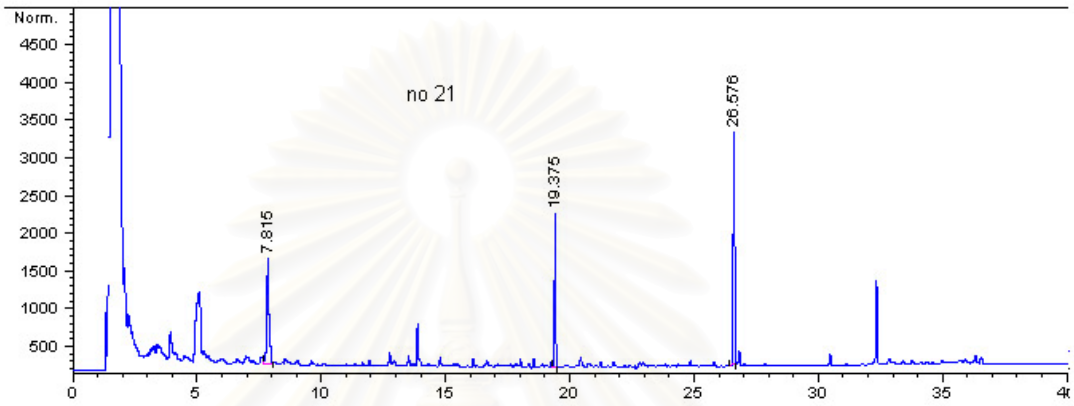


รังที่ 20 (2)

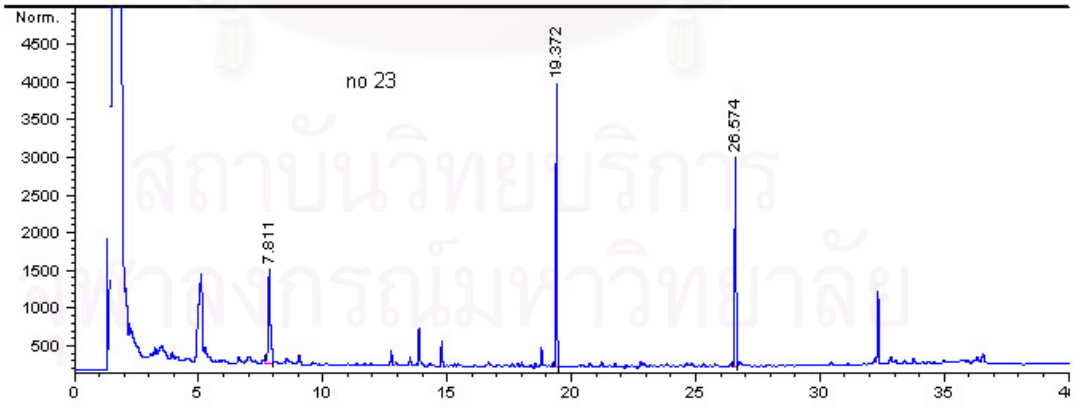


Chromatogram (ต่อ)

รังที่ 21

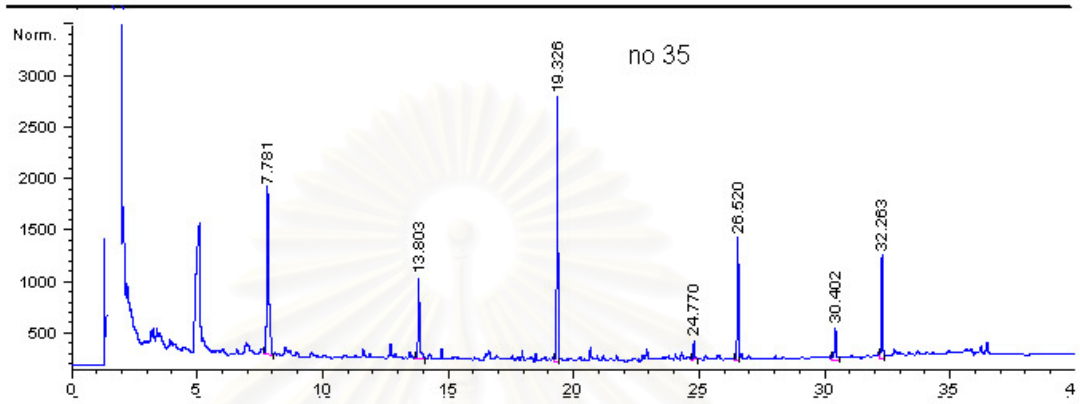


รังที่ 23

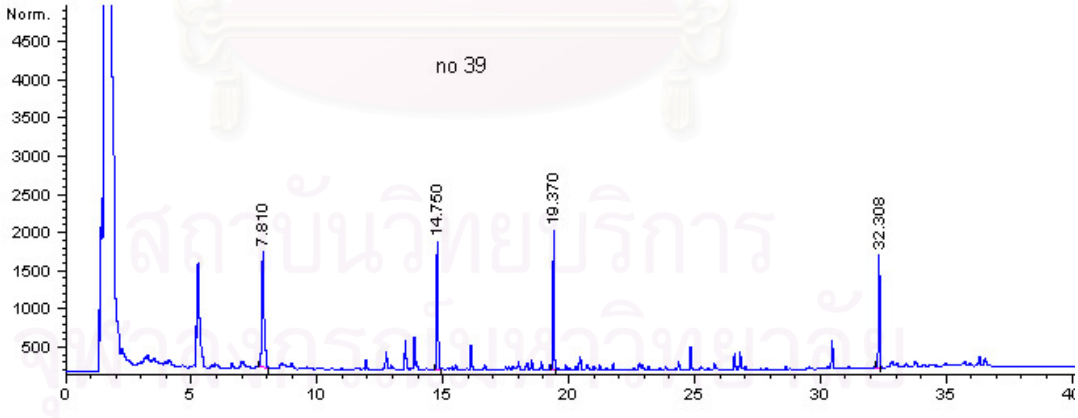


Chromatogram (ต่อ)

รังที่ 35

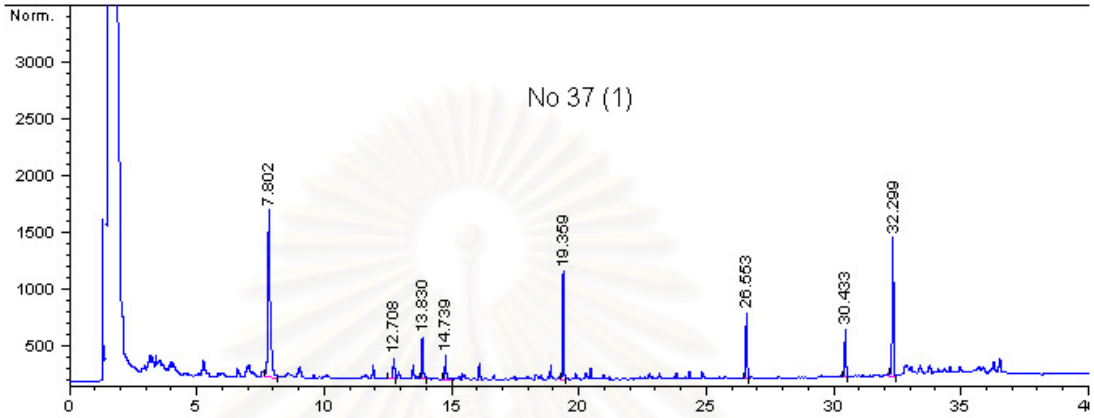


รังที่ 39

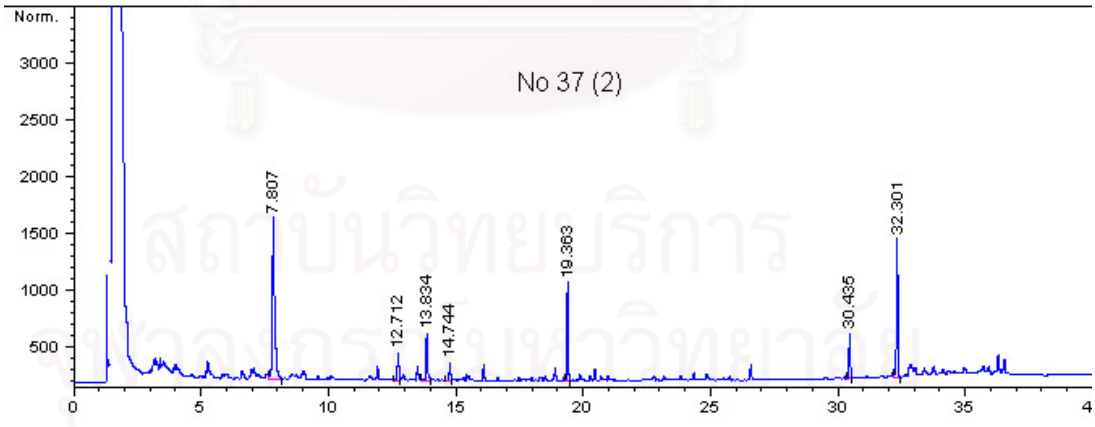


Chromatogram (ต่อ)

รังที่ 37 (1)

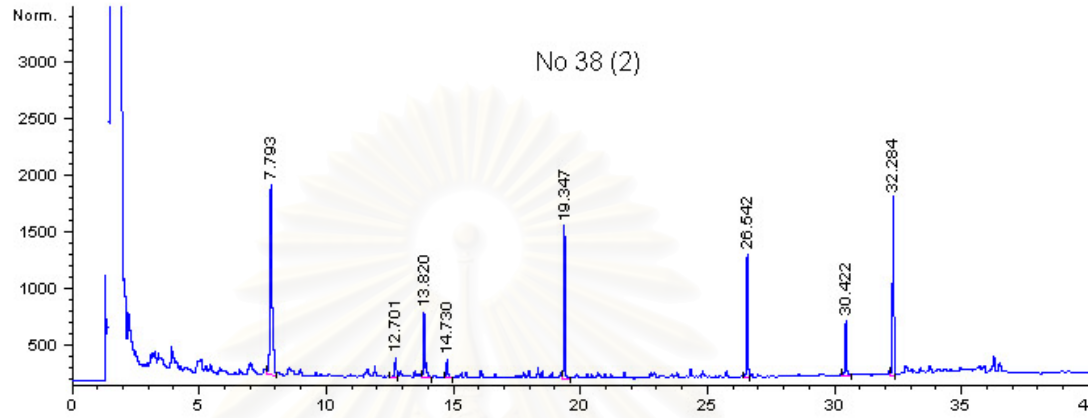


Chromatogram (ต่อ)

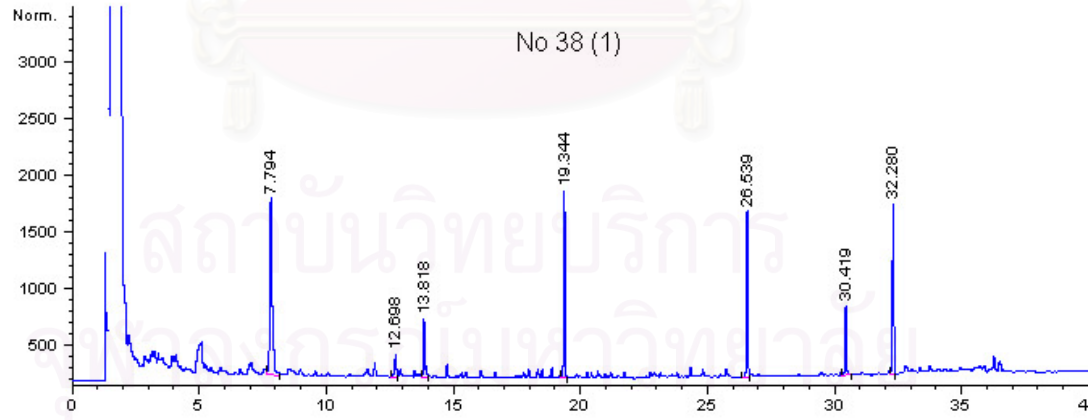


Chromatogram (ต่อ)

รังที่ 38 (1)



รังที่ 38 (2)



ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายศรัณย์ เกียรติมาลีสถิตย์ เกิดวันที่ 22 พฤษภาคม พ.ศ. 2521 ที่จังหวัดขอนแก่น จบการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อปี พ.ศ. 2542 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญามหาบัณฑิต หลักสูตรสหสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2543

เมื่อปี พ.ศ. 2544 ได้รับทุนโครงการพัฒนาอาจารย์สาขาขาดแคลน (UDC) ในส่วนความต้องการของภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย