



การประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของน้ำหนักรูปร่าง และระดับความดำ
ของผิวหนังในไก่กระดุกดำฝูงมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ชนิดดา สุวรรณวิชนี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสัตวศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พ.ศ. 2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

การประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของน้ำหนักรูปร่าง และระดับความต่ำ
ของผิวหนังในไก่กระดูกดำฝูงมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ชนิดดา สุวรรณวิชญ์

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสัตวศาสตร์

พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประภากร ธาราฉาย)

วันที่ 19 เดือน ๗ พ.ศ. 2559

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ พัฒนาวงค์)

วันที่ 19 เดือน ๗ พ.ศ. 2559

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุกิจ ชันธปราบ)

วันที่ 19 เดือน ๗ พ.ศ. 2559

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(อาจารย์ ดร.จอมสุตา ดวงวงษา)

วันที่ 26 เดือน ๗ พ.ศ. 2559

ประธานอาจารย์ประจำหลักสูตร

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุกิจ ชันธปราบ)

วันที่ 19 เดือน ๗ พ.ศ. 2559

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จตุรภัทร วาฤทธิ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 26 เดือน ๗ พ.ศ. 2559

ชื่อเรื่อง	การประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของน้ำหนักตัว และระดับความดำของผิวหนังในไก่กระดูกดำฝูงมหาวิทยาลัยแม่โจ้
ชื่อผู้เขียน	นางสาวชนัดดา สุวรรณวิชญ์
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประภากร ธาราฉาย

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของน้ำหนักตัว และระดับความดำของผิวหนังในไก่กระดูกดำฝูงมหาวิทยาลัยแม่โจ้โดยคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ไก่กระดูกดำภายในฝูงมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เป็นไก่พ่อพันธุ์จำนวน 19 ตัว และแม่พันธุ์จำนวน 57 ตัว เก็บข้อมูลน้ำหนักตัวเป็นรายสัปดาห์ตั้งแต่แรกเกิดถึง 18 สัปดาห์ และวัดระดับสีดำนองผิวหนังบริเวณอก, โคนปีก และ ปีก ในลูกไก่กระดูกดำช่วงรุ่นที่ 1 ที่อายุ 10, 14, และ 18 สัปดาห์ ด้วยเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสง (Reflectometer : EQR/QCR Reflectometer) ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี Restricted Maximum Likelihood (REML) โดยการวิเคราะห์ร่วมหลายลักษณะ (Multivariate analysis) ภายใต้โมเดลตัวสัตว์ (animal model) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป BLUPF90 ผลการศึกษาพบว่า เมื่อไก่อายุ 18 สัปดาห์ สามารถจำแนกได้เป็น 6 กลุ่มสีขนหลักโดยมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มสีขนตั้งแต่แรกเกิดถึง 18 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มสีขน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ยกเว้นที่บริเวณโคนปีกของช่วงอายุ 14 และ 18 สัปดาห์ จากการทดสอบอิทธิพลคงที่ พบว่า เพศและชุดปีก มีอิทธิพลต่อน้ำหนักตัว และระดับสีดำนองผิวหนังทุกบริเวณ ส่วนสีขนมีอิทธิพลต่อระดับความดำของผิวหนังบริเวณโคนปีก และปีกที่อายุ 14 สัปดาห์ ค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัวที่อายุ 10, 14 และ 18 สัปดาห์ พบว่ามีค่าปานกลางถึงสูง (0.30-0.40) ส่วนค่าอัตราพันธุกรรมของระดับความดำของผิวหนังที่บริเวณอก, โคนปีก และปีกในทุกช่วงอายุ พบว่ามีค่าต่ำถึงปานกลาง (0.08-0.19) ค่าอัตราส่วนของน้ำหนักตัว และระดับความดำของผิวหนังที่บริเวณโคนปีกมีค่าสูงส่วนบริเวณอก และปีกมีค่าอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (18.24-60.60) ในขณะที่ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏระหว่างน้ำหนักตัว และระดับความดำของผิวหนังในแต่ละบริเวณของทุกช่วงอายุ พบว่ามีความสัมพันธ์กันต่ำในทิศทางบวก (0.02-0.47) ยกเว้นที่บริเวณปีกของช่วงอายุ 14 และ 18 สัปดาห์ ที่มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักตัวต่ำในทิศทางลบ (-0.25 และ -0.06) ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏของระดับความดำของผิวหนังในแต่ละ

บริเวณของทุกช่วงอายุ พบว่ามีความสัมพันธ์กันปานกลางถึงสูงในทิศทางบวก (0.30-0.91) ยกเว้นความสัมพันธ์ของบริเวณอกกับปีกที่อายุ 14 สัปดาห์ ที่มีความสัมพันธ์กันในทิศทางลบ (-0.31)



Title	Estimation of genetic parameters of body weight and dark skin level for Black-bone chicken in Maejo University flock
Author	Miss Chanadda Suwanvichanee
Degree of	Master of Science in Animal Science
Advisory Committee Chaiperson	Assistant Professor Dr. Prapakorn Tarachai

ABSTRACT

This study was aimed to estimate genetic parameters of body weight and dark skin level of Black-Bone chicken in Maejo University flock, by selective breeding within the flock of 19 male and 57 female breeders. Data was collected on weekly body weight from birth to 18 months and measurement of dark skin level at the breast, wing root and wing areas of F1 generation at 10, 14, and 18 weeks of age by measuring the reflected light (Reflectometer: EQR / QCR Reflectometer). Genetic parameters were estimated by Restricted Maximum Likelihood (REML) with analysis using the BLUPF90 program. Results showed that Black-bone chicken at 18 weeks of age, could be classified into 6 groups of main feather color but with body weight of every group found to be non-significantly different ($P>0.05$). On the average reflected light, it was found that there was no significant difference among the group ($P>0.05$) except at wing root at 14 and 18 week of age. Testing of genetic constancy showed that sex and hatchability had influence towards body weight and dark skin level in all areas. Meanwhile, feather skin color was found to influence the blackness of skin around the wing root and wings at 14 week of age. Percentage of body weight at 10, 14 and 18 weeks was moderate to high (0.30-0.40), while heritability of dark skin level at breast, wing root and wing areas at all ages was low to moderate (0.08-0.19). Repeatability estimate of body weight and dark skin level of the wing root was high, breast and wing areas was low to moderate (18.24-60.60), while genetic and phenotypic correlations between body weight and dark skin level of the breast, wing root and wing areas at all ages showed low positive correlation (0.02-0.47), except at

wing area at 14 and 18 weeks of age which had a negative correlation with body weight (-0.25 and -0.06). Genetic and phenotypic correlation between dark skin level in all area and all ages, showed moderate to high positive correlation (0.30-0.91), except between breast and wing areas at 14 week of age with negative correlation (-0.31).



กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาข้อมูลส่วนหนึ่งของโครงการผลิตไก่พื้นเมืองสายพันธุ์ประดู่หางดำ และไก่กระดุกดำเพื่อส่งเสริมอาชีพมูลนิธิชัยพัฒนา

งานวิจัยในครั้งนี้จะสำเร็จไปได้ด้วยดีไม่ได้หากไม่ได้รับคำแนะนำ และความเอาใจใส่ของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ประภากร ธาราฉาย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ พัฒนาวงค์ และรองศาสตราจารย์ ดร.สุกิจ ชันธปราบ ซึ่งให้ความเมตตาช่วยเหลือ ตรวจทาน รวมถึงช่วยแก้ไข ปัญหา อุปสรรคต่าง ๆ อันเนื่องมาจากการงานวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จสมบูรณ์ ขอขอบคุณอาจารย์ ดร. จอมสุตา ดวงวงษา สำหรับแรงกระตุ้น คำแนะนำ ดิฉัน อันนำมาซึ่งการแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ที่สุด ขอขอบคุณ อาจารย์ภาคภูมิ เสาวภาคย์ ที่ให้ความช่วยเหลือแนะนำในการใช้วิธีที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ รวมถึงชี้แนะแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีอย่างถูกต้อง

ขอขอบคุณน้อง ๆ สาขาวิชาสัตว์ปีกทุก ๆ คนที่มีน้ำใจช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลงานวิจัยในครั้งนี้ รวมถึงพี่สัตวบาลประจำฟาร์มที่สนธยา นิเวศ พี่คนงาน และน้อง ๆ ที่อยู่ประจำฟาร์มมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่คอยช่วยเหลือในด้านการจัดหาอุปกรณ์ โรงเรือน และให้คำแนะนำต่าง ๆ ในงานวิจัยครั้งนี้เสมอมาเพื่อให้ได้มาซึ่งงานวิจัยฉบับนี้ และขอขอบคุณไก่กระดุกดำทุกชีวิตที่อุทิศชีวิตเพื่อความสำเร็จในงานวิจัยฉบับนี้

ขอบคุณโครงการผลิตไก่พื้นเมืองสายพันธุ์ประดู่หางดำ และไก่กระดุกดำมูลนิธิชัยพัฒนาที่สนับสนุนไก่กระดุกดำเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลงานวิจัยครั้งนี้

ขอบคุณคณะสัตวศาสตร์ และเทคโนโลยีที่สนับสนุน และอำนวยความสะดวกในด้านสถานที่ และเครื่องมือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

เหนือสิ่งอื่นใดเบื้องหลังความสำเร็จของข้าพเจ้า ข้าพเจ้าขอระลึกถึงพระคุณบิดามารดาของข้าพเจ้า คุณพ่อพลับพลา และคุณแม่พรณี สุวรรณวิชนี ที่คอยให้กำลังใจ สนับสนุน ผลักดันให้ข้าพเจ้าประสบความสำเร็จเสมอมา

ประโยชน์และความดีอันเนื่องมาจากการงานวิจัยนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้แด่คุณพ่อ คุณแม่ ผู้อบรมเลี้ยงดู และให้การศึกษาลดจนครูอาจารย์ที่คอยอบรมสั่งสอนตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

ชนิดดา สุวรรณวิชนี

มกราคม 2559

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(1)
ABSTRACT	(3)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
สารบัญตาราง	(8)
สารบัญภาพ	(10)
สารบัญตารางผนวก	(11)
บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์การวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	3
ไก่อกระดุกดำ	3
สายพันธุ์ไก่อกระดุกดำ	3
ลักษณะไก่อกระดุกดำแต่ละสายพันธุ์	4
ประโยชน์และคุณค่าทางอาหารของไก่อกระดุกดำ	9
การเกิดสีดำนในไก่อกระดุกดำ	11
การสะสมของเม็ดสีเมลานินในไก่อกระดุกดำ	15
ปัจจัยควบคุมการแสดงออกของการเกิดสีดำของอวัยวะ	18
การถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะสีดำนในไก่อกระดุกดำ	19
การผสมพันธุ์ในไก่	22
อิทธิพลที่มีผลต่อระดับความดำของผิวหนัง และการเจริญเติบโต	24
อิทธิพลของอายุ และเพศต่อระดับความดำของผิวหนัง	24
อิทธิพลของเพศ และรุ่นที่ฟักต่อการเจริญเติบโต	25
ค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม	25
การประมาณค่าอัตราพันธุกรรม (heritability)	26
อัตราซ้ำ	29
ค่าสหสัมพันธ์ (correlation)	31

บทที่ 3 วิธีดำเนินการทดลอง	34
ข้อมูลเบื้องต้นของลักษณะน้ำหนักราก และระดับความดำของผิวหนังกาบบริเวณนอก	
โคนปึก และปึกในไม้กระดุกดำ	34
อิทธิพลของปัจจัยคงที่มีผลต่อลักษณะน้ำหนักราก และระดับสีดำนอกของผิวหนังกาบ	35
การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักราก และระดับความดำของผิวหนังกาบ	38
การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏของลักษณะน้ำหนักราก และระดับความดำของผิวหนังกาบ	39
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	41
ข้อมูลเบื้องต้นของน้ำหนักราก และระดับความดำของผิวหนังกาบบริเวณนอก โคนปึก และปึกในไม้กระดุกดำ	41
อิทธิพลของปัจจัยคงที่มีผลต่อลักษณะน้ำหนักราก และระดับความดำของผิวหนังกาบบริเวณนอก โคนปึก และปึกในไม้กระดุกดำ	49
ค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักราก และระดับความดำของผิวหนังกาบบริเวณนอก โคนปึก และปึก	51
ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏของน้ำหนักราก และระดับความดำของผิวหนังกาบบริเวณนอก โคนปึก และปึก	53
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	57
สรุปผลการทดลอง	57
ข้อเสนอแนะ	58
แนวทางการศึกษาต่อ	58
บรรณานุกรม	59
ภาคผนวก	65
ภาคผนวก ก คำนวณน้ำหนักเฉลี่ย และค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ย Least Squares Means ($\pm$ SE) แยกตามสีขน เพศ และชุดฟักของไม้กระดุกดำฝูงมหาวิทยาลัยแม่โจ้	66
ภาคผนวก ข ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์	73
ภาคผนวก ค ตัวอย่าง Parameter file ที่ใช้ในการวิเคราะห์	76
ภาคผนวก ง ประวัติผู้วิจัย	80

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงปริมาณกรดไขมัน (Fatty acids) ในเนื้อไก่สายพันธุ์ต่าง ๆ (% of total lipid)	10
2	แสดงปริมาณสารเมลานินในเนื้อเยื่อของอวัยวะต่าง ๆ ของไก่ซิลกี้ และ ไก่เล็กฮอร์น	16
3	การสะสมเม็ดสีเมลานินของ Cephalic และ Cardiac tissues ในไก่ซิลกี้	17
4	แสดงความสัมพันธ์ของ Incompletely dominant inhibitor of dermal melanin (Id/id+) และยีน Autosomal dominant fibromelanosis (Fm/fm+) ต่อลักษณะการแสดงออกของความเข้มของสีดำ	19
5	แสดงค่าอัตราพันธุกรรมในไก่พื้นเมืองแต่ละสายพันธุ์	26
6	แสดงค่าอัตราซ้ำของลักษณะที่สำคัญในไก่	30
7	แสดงค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมในไก่แต่ละสายพันธุ์	32
8	แสดงค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏในไก่แต่ละสายพันธุ์	33
9	แสดงอิทธิพลของ เพศ สีขน และชุดปีก ที่มีผลต่อลักษณะน้ำหนักตัว และระดับความดำของผิวหนังไก่กระดุกดำ	50
10	แสดงค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักตัว และระดับความดำของผิวหนัง โดยวัดค่าการสะท้อนแสง (Y-value) บริเวณโคนปีก ออก และปีกของไก่กระดุกดำที่อายุ 10, 14 และ 18 สัปดาห์	52
11	แสดงค่าอัตราซ้ำของลักษณะน้ำหนักตัว และระดับความดำของผิวหนัง บริเวณอก โคนปีก และปีกของไก่กระดุกดำที่อายุ 10, 14 และ 18 สัปดาห์	52
12	ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏของลักษณะน้ำหนักตัว และระดับความดำของผิวหนัง โดยวัดค่าการสะท้อนแสง (Y-value) บริเวณอก โคนปีก และปีก ของไก่กระดุกดำที่อายุ 10 สัปดาห์	54

- 13 ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏของ
ลักษณะน้ำหนักรูปร่าง และระดับความดำของผิวหนัง โดยวัดค่าการสะท้อน
แสง (Y-value) บริเวณอก โคนปีก และปีก ของไก่กระดุกดำที่อายุ 14
สัปดาห์ 55
- 14 ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏของ
ลักษณะน้ำหนักรูปร่าง และระดับความดำของผิวหนัง โดยวัดค่าการสะท้อน
แสง (Y-value) บริเวณอก โคนปีก และปีก ของไก่กระดุกดำที่อายุ 18
สัปดาห์ 56

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ไก่สายพันธุ์ Ayam Cemani rooster	4
2	ไก่สายพันธุ์ White non-bearded Silkie hens	5
3	แสดงลักษณะของไก่สายพันธุ์ซีฟ้า	6
4	แสดงลักษณะของไก่สายพันธุ์ฟ้าหลวง	7
5	แสดงลักษณะของไก่ดำภูพาน	8
6	แสดงกระบวนการชีวสังเคราะห์ของสารเมลานินชนิดฟีเมลานิน และยูเมลานิน	13
7	แสดงการแบ่งตัวของเมลานोไซท์ภายใน Melanocyte cell ระยะสมบูรณ์เต็มที่ (IV)	14
8	แสดงค่า Y value ของไก่พันธุ์ต่าง ๆ	21
9	แสดงการใช้ค่าอัตราพันธุกรรมในการปรับปรุงพันธุ์สัตว์	28
10	แสดงค่าน้ำหนักตัวเฉลี่ยของไก่กระดูกดำแยกตามสีขนในช่วงอายุแรกเกิดถึง 18 สัปดาห์	42
11	แสดงค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยที่บริเวณอกของไก่กระดูกดำแยกตามสีขนที่อายุ 10, 14 และ 18 สัปดาห์	43
12	แสดงค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยที่บริเวณโคนปีกของไก่กระดูกดำแยกตามสีขนที่อายุ 10, 14 และ 18 สัปดาห์	43
13	แสดงค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยที่บริเวณปีกของไก่กระดูกดำแยกตามสีขนที่อายุ 10, 14 และ 18 สัปดาห์	44
14	แสดงค่าน้ำหนักตัวเฉลี่ยของไก่กระดูกดำแยกตามเพศในช่วงอายุแรกเกิดถึง 18 สัปดาห์	46
15	แสดงค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยที่บริเวณอกของไก่กระดูกดำแยกตามเพศที่อายุ 10, 14 และ 18 สัปดาห์	47
16	แสดงค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยที่บริเวณโคนปีกของไก่กระดูกดำแยกตามเพศที่อายุ 10, 14 และ 18 สัปดาห์	47
17	แสดงค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยที่บริเวณปีกของไก่กระดูกดำแยกตามเพศที่อายุ 10, 14 และ 18 สัปดาห์	48

ตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
1	ค่าน้ำหนักตัวเฉลี่ย Least Squares Means ($\pm$ SE) ของไก่กระดุกดำแยกตามสีขนในช่วงอายุแรกเกิดถึง 18 สัปดาห์	67
2	ค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ย Least Squares Means ($\pm$ SE) ของไก่กระดุกดำแยกตามสีขนที่อายุ 10, 14 และ 18 สัปดาห์	68
3	ค่าน้ำหนักตัวเฉลี่ย Least Squares Means ($\pm$ SE) ของไก่กระดุกดำแยกตามเพศในช่วงอายุแรกเกิดถึง 18 สัปดาห์	69
4	ค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ย Least Squares Means ($\pm$ SE) ของไก่กระดุกดำแยกตามเพศที่อายุ 10, 14 และ 18 สัปดาห์	70
5	ค่าน้ำหนักตัวเฉลี่ย Least Squares Means ($\pm$ SE) ของไก่กระดุกดำแยกตามชุดฟักในช่วงอายุแรกเกิดถึง 18 สัปดาห์	71
6	ค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ย Least Squares Means ($\pm$ SE) ของไก่กระดุกดำแยกตามชุดฟักที่อายุ 10, 14 และ 18 สัปดาห์	72
7	ตัวอย่าง Pedigree file ที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักตัว และระดับสีดําของผิวหนัง	74
8	ตัวอย่าง Data file ที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักตัว และระดับสีดําของผิวหนัง	75

บทที่ 1

บทนำ

ไก่กระดูกดำ (Black – bone chicken) เป็นไก่ที่ชาวไทยภูเขาในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยนิยมเลี้ยง โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อใช้ในการประกอบพิธีกรรมตามความเชื่อ และใช้เป็นอาหารบำรุงร่างกาย และในปัจจุบันยังได้รับความนิยมจากกลุ่มประชาชนที่ให้ความสำคัญในเรื่องของอาหารเพื่อสุขภาพ และกลุ่มของประชาชนที่เลี้ยงไว้เพื่อความสวยงาม เนื่องจากลักษณะของไก่กระดูกดำคือไก่ที่มีลักษณะสีดำ 3 ส่วนของร่างกาย ได้แก่ หนัง เนื้อ และเนื้อเยื่อหุ้มกระดูก ในส่วนของหนัง และเนื้ออาจมีสีดำจาง ๆ หรือสีเทาที่ยังไม่ถือว่าเป็นลักษณะที่บ่งพร่องของไก่กระดูกดำ (เพิ่มศักดิ์, 2547) ไก่กระดูกดำสายพันธุ์ดีควรมีลักษณะ ขนดำ หนังดำ แข้งดำ เล็บดำ หน้าแข้งดำ กระดูกดำ เนื้อสีเทาดำ (วิศุทธิ์, 2550) ในส่วนของลักษณะสีขนนั้นจากการสำรวจของโครงการอนุรักษ์และพัฒนาสายพันธุ์ไก่ดำดอยแม่สลอง พบว่ามีการเลี้ยงไก่กระดูกดำสายพันธุ์ซีฟ้า และไก่ซีฟ้าขาว (ศูนย์วิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีเชียงราย, 2552) โดยไก่กระดูกดำมีชีวิตรสำหรับนำไปประกอบอาหารมีราคากิโลกรัมละ 150-200 บาท (ชายแดน, 2557) ลักษณะสีดำในไก่กระดูกดำเกิดจากการสะสมของสารเมลานินใน ขน หนัง แข้ง ตา และเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue) โดยสารเมลานินจะถูกสร้างขึ้นในเซลล์ที่เฉพาะเจาะจงคือเซลล์เมลานोไซต์ (Smyth, 1990)

จากการสำรวจเบื้องต้นของไก่กระดูกดำในฝูงมหาวิทยาลัยแม่โจ้ซึ่งรวบรวมพันธุ์จากพื้นที่ในเขต อำเภอยางตลาด อำเภอดงหลวง จังหวัดเชียงใหม่ และอำเภอดอยหล่อ จังหวัดเชียงราย พบว่ามีความหลากหลายทางพันธุกรรมของขนาดตัว สีขน และระดับความดำของผิวหนัง โดยมีระดับความดำแตกต่างกันตั้งแต่ดำเข้ม ดำปานกลาง และเทาอ่อน ซึ่งเกิดจากชาวบ้านในพื้นที่ที่มีการเลี้ยงไก่กระดูกดำแบบปล่อยให้หากินเองตามธรรมชาติจึงทำให้มีการผสมกับไก่พื้นเมืองที่มีอยู่เดิม ในประเด็นของปริมาณสารเมลานินของผิวหนังพบว่าเมื่อไก่กระดูกดำมีอายุมากขึ้นจะมีระดับความดำของผิวหนังลดลง (Nishimura et al., 2006) และจากรายงานของ Jiang and Groen (2000) รายงานว่าการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่าง ยีน Incompletely dominant inhibitor of dermal melanin (Id/id+) และ ยีน Autosomal dominant fibromelanosis (Fm/fm+) มีอิทธิพลต่อระดับการแสดงออกของยีนที่ควบคุมการสร้างสารเมลานิน โดยยีน Id ซึ่งอยู่บนโครโมโซมเพศจะยับยั้งการสร้างสารเมลานิน แต่แสดงลักษณะการข่มแบบไม่สมบูรณ์จึงทำให้ยีนควบคุมการสร้างสารเมลานิน (fibromelanosis, Fm) ยังคงสามารถแสดงลักษณะปรากฏได้อยู่แต่ไม่ทั้งหมด

ความหลากหลายทางพันธุกรรมถือเป็นเรื่องสำคัญในด้านพันธุกรรมซึ่งสามารถใช้ประโยชน์เพื่อสร้างสายพันธุ์ไม้กระดุกดำ ดังนั้นทางมหาวิทยาลัยแม่โจ้จึงได้วางแผนการปรับปรุงพันธุ์ไม้กระดุกดำฝูงนี้ โดยมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มความสามารถทางพันธุกรรมด้านการเจริญเติบโต และระดับความต้านทานของผิวหนังก่อนการระบาดของแมลงศัตรูพืชในด้านคุณภาพเนื้อ ความสวยงาม และสามารถส่งเสริมให้กับเกษตรกรได้ในอนาคต อย่างไรก็ตาม ในไม้กระดุกดำยังขาดข้อมูลพื้นฐานทางพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักราก และลักษณะระดับความต้านทานของผิวหนังก่อนการระบาดของแมลงศัตรูพืช จึงจำเป็นต้องทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของน้ำหนักราก และระดับสีน้ำตาลของผิวหนังก่อนการระบาดของแมลงศัตรูพืช เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวางแผนปรับปรุงและพัฒนาพันธุ์ไม้กระดุกดำฝูงมหาวิทยาลัยแม่โจ้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของลักษณะน้ำหนักราก และระดับความต้านทานของผิวหนังก่อนการระบาดของแมลงศัตรูพืชในไม้กระดุกดำฝูงมหาวิทยาลัยแม่โจ้
2. เพื่อทดสอบอิทธิพลของปัจจัยคงที่ (fixed effect) ที่มีผลต่อลักษณะน้ำหนักราก และระดับความต้านทานของผิวหนังก่อนการระบาดของแมลงศัตรูพืชในไม้กระดุกดำฝูงมหาวิทยาลัยแม่โจ้
3. เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักราก และระดับความต้านทานของผิวหนังก่อนการระบาดของแมลงศัตรูพืชในไม้กระดุกดำฝูงมหาวิทยาลัยแม่โจ้
4. เพื่อประมาณค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏระหว่างลักษณะน้ำหนักรากกับระดับความต้านทานของผิวหนังก่อนการระบาดของแมลงศัตรูพืชในไม้กระดุกดำฝูงมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบข้อมูลเบื้องต้นของน้ำหนักราก และระดับความต้านทานของผิวหนังก่อนการระบาดของแมลงศัตรูพืชเพื่อใช้เป็นแนวทางในการคัดเลือกจับคู่ผสมพันธุ์ และเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาไม้กระดุกดำในรุ่นต่อไป
2. ทราบค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของน้ำหนักราก และระดับความต้านทานของผิวหนังก่อนการระบาดของแมลงศัตรูพืช เพื่อให้ทราบถึงความเป็นไปได้ในการคัดเลือก และปรับปรุงลักษณะน้ำหนักราก และระดับความต้านทานของผิวหนังก่อนการระบาดของแมลงศัตรูพืชในไม้กระดุกดำฝูงมหาวิทยาลัยแม่โจ้

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

ไก่กระดูกดำ

ไก่กระดูกดำ (Black - boned chickens) หมายถึงไก่ที่มีลักษณะสีดำ 3 ส่วนของร่างกาย ได้แก่ หนัง เนื้อ และเนื้อเยื่อหุ้มกระดูก ซึ่งเกิดจากการสะสมของสารเมลานิน (Melanin) ในเนื้อเยื่อ เกี่ยวพันการสังเกตว่าไก่ตัวไหนเป็นไก่กระดูกดำแท้หรือไม่จะเน้นไปที่สีของกระดูกเป็นหลัก ซึ่งกระดูกแต่ละส่วนของร่างกายจะมีสีดำทั้งหมด ถือว่าเป็นไก่กระดูกดำแท้ ถ้ากระดูกมีสีไม่ดำโดยอาจจะมีสีอื่น เช่น สีเหลือง หรือสีขาวปะปน ถือว่าไม่เป็นไก่กระดูกดำแท้ ในส่วนของหนังและเนื้อนั้นอาจมีสีดำไม่เข้ม อาจเป็นสีเทาที่ยังไม่ถือว่าเป็นลักษณะที่บ่งพร่องของพันธุ์ไก่กระดูกดำ (เพิ่มศักดิ์, 2547)

สายพันธุ์ไก่กระดูกดำ

สายพันธุ์ไก่กระดูกดำที่ได้รับการยอมรับมีอย่างแพร่หลายในภูมิภาคต่าง ๆ ซึ่ง Lukanov and Genchev (2013) ได้รายงานสายพันธุ์ไก่กระดูกดำที่มีการแสดงออกของลักษณะผิวหนังสีดำ จากยีนที่ควบคุมการสร้างเม็ดสีดำ (Fm) มีสายพันธุ์ดังนี้ Silkie (ญี่ปุ่น/ยุโรป), Silkie Bairiong (จีน), Dongxiang (จีน), Emei Black (จีน), Jianghan (จีน), Jiangshan Silkie (จีน), Jiuyuan Black (จีน), Lueyang (จีน), Muchuan Silkie Black (จีน), Tengchongxue (จีน), Wumeng blacked-boned chicken (จีน), Xingwen black boned chicken (จีน), Yanjin blacked-boned chicken (จีน), Yugan black-boned chicken (จีน), Yunyang white silked black boned chicken (จีน), Zhuxiang (จีน), Ga ac (เวียดนาม), Black Hmong chicken (เวียดนาม), oke (เวียดนาม), Svart Höna (สวีเดน), Ayam Cemani (อินโดนีเซีย), Sumatra (อินโดนีเซีย), Kadaknath (อินเดีย), Ogol chicken (เกาหลี), Argentinan Tuzo type (อาร์เจนตินา) โดยมีภาพถ่ายสายพันธุ์ไก่แสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ไก่สายพันธุ์ Ayam Cemani rooster

ที่มา: Lukanov and Genchev (2013)

ลักษณะไก่กระดูกดำแต่ละสายพันธุ์

ไก่วิลลี่ (*Gallus gallus domesticus* Brisson)

ไก่กระดูกดำที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นต้นกำเนิดของสายพันธุ์ไก่กระดูกดำ คือ ไก่กระดูกดำสายพันธุ์วิลลี่ซึ่งมีต้นกำเนิดจากประเทศจีน โดยไก่สายพันธุ์วิลลี่เป็นไก่ที่มีขนาดเล็กขนฟูเนื่องจากไม่มีตะขอกะเกวเส้นขนให้เป็นแผงขน มีทั้งสายพันธุ์ขนสีขาวและขนสีดำ มีกระดูกขนบนหัว ผิวหนังสีดำ เนื้อสีดำ หงอนสีน้ำเงิน ตีงหูสีเขียว หรือสีเทาเงิน มีขนปกคลุมบริเวณแข้ง และมีนิ้วเท้า 5 นิ้ว ในสมัยราชวงศ์ถัง (ประมาณ คศ. 618) ไก่วิลลี่เป็นสัตว์ที่หายากมาก จะนำมาปรุงเป็นอาหารสำหรับฮ่องเต้เท่านั้น (Shi et al., 2005) ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ไก่สายพันธุ์ White non-bearded Silkie hens

ที่มา: Lukanov and Genchev (2013)

ไก่ฟ้า (Gallus gallus)

เป็นไก่พันธุ์พื้นเมืองในท้องถิ่นที่ชาวไทยภูเขาในเขต อำเภอแม่ฟ้าหลวง อำเภอเมือง
อำเภอเวียงแก่น จังหวัดเชียงราย ลักษณะประจำพันธุ์ เพศผู้จะมีขนสร้อยคอ และหลังสีเหลืองอ่อน
ขนลำตัวและหางมีสีดำ หงอนจักร ขอบตา ปาก แข้ง ผิวหนัง และเนื้อ มีสีดำ เพศเมีย มีขนลำตัว และ
หางสีดำ มีขนสร้อยคอสีเหลืองอ่อน หงอนจักร ขอบตา ปาก แข้ง ผิวหนัง และเนื้อมีสีดำ มีอายุเมื่อให้
ไข่ฟองแรก 157 - 199 วัน น้ำหนักตัวเมื่อให้ไข่ฟองแรก 1,338 - 1,714 กรัม น้ำหนักตัวเมื่ออายุ 16
สัปดาห์ 891 - 1,281 กรัม ผลผลิตไข่ 43 - 124 ฟอง/ปี แสดงในภาพที่ 3 (กรมปศุสัตว์, 2545)



ภาพที่ 3 แสดงลักษณะของไก่สายพันธุ์ซีฟ้า

ที่มา: กรมปศุสัตว์ (2545)

ไก่ฟ้าหลวง (*Gallus gallus*)

ไก่ฟ้าหลวง เป็นไก่พื้นเมืองในท้องถิ่นที่ชาวเขาในเขต อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย เลี้ยงกันในหมู่บ้านต่าง ๆ ในเขตพื้นที่สูง กรมปศุสัตว์ได้วิจัยฝูงไก่พื้นภูมิมานี้มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 พร้อมกับไก่ซีฟ้า และไก่แม่ฮ่องสอนโดยได้รับการสนับสนุนทุนจากมูลนิธิโครงการหลวง ลักษณะประจำพันธุ์ เพศผู้จะมีขนสร้อยคอ และหลังสีเหลืองเข้มหรือน้ำตาลแดง ขนลำตัวและหางมีสีดำ หงอนจักร ขอบตา ปาก แข้ง ผิวหนัง และเนื้อมีสีดำ เพศเมียมีขนลำตัว และหางสีดำ มีขนสร้อยคอสีเหลืองเข้มหรือน้ำตาลแดง หงอนจักร ขอบตา ปาก แข้ง เนื้อ และผิวหนังมีสีดำ มีอายุเมื่อให้ไข่ฟองแรก 158 - 198 วัน น้ำหนักตัวเมื่อให้ไข่ฟองแรก 1,267 - 1,786 กรัม น้ำหนักตัวเมื่ออายุ 16 สัปดาห์ 917 - 1,311 กรัม ผลผลิตไข่ 45 - 141 ฟอง/ปี ดังแสดงในภาพที่ 4 (กรมปศุสัตว์, 2545)



ภาพที่ 4 แสดงลักษณะของไก่สายพันธุ์ฟ้าหลวง

ที่มา: กรมปศุสัตว์ (2545)

ไก่ดำภูพาน

เมื่อ 15 ปีก่อนได้มีการนำไก่ดำเข้ามาเลี้ยงที่จังหวัดสกลนครโดยกรมปศุสัตว์เป็นผู้นำเข้าจากประเทศจีน ไก่ดำได้สร้างความสนใจให้แก่เกษตรกรได้ระยะหนึ่งแล้วก็หายไป ต่อมาคุณชูชีพ หาญสวัสดิ์ ครั้งดำรงตำแหน่งรัฐมนตรีว่าการกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้มาเยี่ยมศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพานจึงมีแนวความคิดสิ่งใหม่ ๆ ให้เกษตรกรเลี้ยง เกษตรกรสามารถเลี้ยงง่าย ต้นทุนต่ำพอเพียง ในครอบครัว ดังนั้นจึงเล็งเห็นการเพาะเลี้ยงไก่ดำ เพราะไก่ดำขายได้ราคาดีกว่าไก่พื้นเมืองธรรมดา งานศึกษา และพัฒนาด้านปศุสัตว์จึงได้เริ่มต้นการพัฒนาไก่ดำตั้งแต่ ปี 2545 เป็นต้นมาโดยการนำไก่ดำ 5 ตัว ซึ่งเป็นไก่ดำลูกผสมมาผสมพันธุ์แบบ inbreed การศึกษา และพัฒนาใช้ระยะเวลาทั้งหมด 3 ชั่วโมงจึงได้ไก่ดำที่ตรงตามลักษณะที่ต้องการ คือ ขนดำ หนึ่งดำ แข็งดำ เนื้อเทาดำ และกระดูกเทาดำ น้ำหนักเมื่อโตเต็มที่เพศผู้มีน้ำหนักตัวอยู่ที่ 3 กิโลกรัม เพศเมีย 1.50 กิโลกรัม ให้ไข่ 3 -4 ชุด/ปี ชุดละ 10-15 ฟอง/ตัว สามารถฟักไข่ และเลี้ยงลูกด้วยตัวเองได้มีความทนทานต่อโรค และสภาพแวดล้อมได้ดีดังแสดงในภาพที่ 5 (ศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพานอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, 2555)



ภาพที่ 5 แสดงลักษณะของไก่ดำภูพาน

ที่มา: ศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพานอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (2555)

ประโยชน์ และคุณค่าทางอาหารของไก่กระดูกดำ

ไก่กระดูกดำมีคุณค่าทางอาหาร และยา เพิ่มพละกำลัง บำรุงสมอง บำรุงร่างกาย ต้านทานโรคต่าง ๆ ช่วยให้เลือดที่สูญเสียกลับคืนมาอย่างรวดเร็ว บำรุงอวัยวะที่หมดสภาพให้กลับฟื้นคืนเป็นปกติ อีกทั้งยังช่วยบำรุงเลือด และบำรุงสตรีหลังจากคลอดบุตร (ศรินยา, 2554) เนื้อไก่กระดูกดำเกิดจากการสะสมของเม็ดสีเมลานินในเนื้อเยื่อ เนื้อไก่กระดูกดำมีธาตุอาหารหรือโภชนะสำคัญต่าง ๆ มาก เนื่องจากสารเมลานินที่มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ แต่มีค่าแคลอรีต่ำมีกรดไขมันทั้งชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว และมีกรดอะมิโนที่สำคัญ ๆ อย่างบริบูรณ์ (ศิริลักษณ์, 2530)

Yong-gang et al. (2009) ทดลองการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระในสารเมลานินที่สกัดจากกล้ามเนื้อของไก่กระดูกดำสายพันธุ์ซิลกี้ภายในห้องปฏิบัติการ พบว่าสารเมลานินที่สกัดได้มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ สอดคล้องกับ Li et al. (2009) ทดลองสารเมลานินที่สกัดได้จากเนื้อไก่กระดูกดำสายพันธุ์ซิลกี้ซึ่งทำการทดลองภายในหนูเมาส์ พบว่าสารเมลานินมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ สารเมลานินจากไก่กระดูกดำสายพันธุ์ซิลกี้มีสรรพคุณหลายอย่าง เช่นเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เสริมสร้างภูมิคุ้มกัน และต่อต้านริ้วรอยเป็นต้น (Li et al. 2010) เช่นเดียวกับ Tu et al. (2009) ได้ศึกษาคุณสมบัติของสารเมลานินต่อการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยเปรียบเทียบกับสารเมลานินที่สกัดจากไก่กระดูกดำสายพันธุ์ซิลกี้ กับสารเมลานินสังเคราะห์ พบว่าสารเมลานินที่สกัดได้จากไก่กระดูกดำมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระมากกว่าสารเมลานินสังเคราะห์ถึง 2 เท่า

Yinggang et al. (2007) ได้ศึกษาปริมาณของ carnosine เปรียบเทียบในไก่กระดูกดำสายพันธุ์ซิลกี้ และสายพันธุ์ไก่ไวท์พลัมหรือคอก พบว่าไก่กระดูกดำสายพันธุ์ซิลกี้มีปริมาณ carnosine มากกว่าไก่สายพันธุ์ไวท์พลัมหรือคอกถึง 2 เท่า เหมาะในการนำไปใช้เป็นอาหารเสริมเนื่องจาก carnosine จากธรรมชาติมีสรรพคุณช่วยเพิ่มความแข็งแรงของร่างกาย ลดริ้วรอย และบรรเทาโรคบางชนิด เช่นอหิสติก และโรคเบาหวาน

Tian et al. (2011) ได้ศึกษาปริมาณไขมัน และกรดไขมันในกล้ามเนื้อเปรียบเทียบระหว่างไก่กระดูกดำกับไก่พันธุ์พื้นเมืองของจีน 2 สายพันธุ์ (Chongren chicken และ Lingnan Yellow chicken) พบว่าไก่กระดูกดำมีปริมาณ total lipid น้อยที่สุดแต่มีปริมาณ polyunsaturated fatty acids มากกว่าไก่สายพันธุ์พื้นเมืองสองสายพันธุ์ที่ทำการศึกษา นอกจากนี้ยังมีปริมาณกรดไขมันที่จำเป็น และมีปริมาณกรดไขมัน arachidonic acid (C20:4 n-6) มากกว่าไก่พื้นเมืองทั้งสองสายพันธุ์อีกด้วย ดังแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งกรด arachidonic acid จัดเป็นสารตั้งต้นของฮอร์โมน

prostaglandins และ leukotrientes ช่วยในการทำงานของกล้ามเนื้อเรียบของหลอดเลือด ช่วยลดการเกิดภูมิแพ้ และลดการอักเสบของเนื้อเยื่อ

สอดคล้องกับการศึกษาของ Jaturasitha et al. (2008) ซึ่งได้ทำการศึกษาความแตกต่างของลักษณะคุณภาพซาก และเนื้อระหว่างไก่กระดูกดำพื้นเมืองแถบภาคเหนือของประเทศไทย กับไก่เบอร์ส และไก่โรดไอแลนด์เรด พบว่า ปริมาณของไขมันในแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างกัน ในขณะที่ไก่กระดูกดำมีปริมาณของไขมันอิ่มตัวค่อนข้างต่ำ แต่มีปริมาณของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวสูง และสูงกว่าเมื่อเทียบกับไก่อีกสองสายพันธุ์ที่ทำการศึกษา

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณกรดไขมัน (Fatty acids) ในเนื้อไก่สายพันธุ์ต่าง ๆ (% of total lipid)

ชนิดของไขมัน	ปริมาณกรดไขมัน (%)		
	ไก่กระดูกดำ	Chongren chicken	Lingnan Yellow chicken
C14:0	0.81	0.68	0.71
C14:1 n-3	0.12	0.20	0.23
C15:0	0.15	0.10	0.16
C16:0	22.50	23.80	24.30
C16:1 n-9	4.95	7.55	7.38
C16:2 n-6	0.18	0.18	0.26
C17:0	0.36	0.24	0.38
C18:0	13.10	10.4	10.6
C18:1 n-9	29.90	38.10	35.10
C18:2 n-6*	20.00	14.30	16.40
C18:3 n-6*	0.21	0.25	0.37
C19:0	0.13	<0.10	<0.10
C20:0	0.31	0.62	0.45
C20:1 n-9	0.88	1.71	1.51
C20:2 n-7	0.63	<0.10	<0.10
C20:3 n-6	0.51	0.60	0.73
C20:4 n-6	3.21	1.28	1.48

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ชนิดของไขมัน	ปริมาณกรดไขมัน (%)		
	ไก่กระดุกดำ	Chongren chicken	Lingnan Yellow chicken
C20:5 n-3	1.32	<0.10	<0.10
C22:0	0.23	<0.10	<0.10
C22:6 n-3	0.62	<0.10	<0.10
SFA	37.50	35.90	36.50
UFA	62.50	64.10	63.50
PUFA	26.60	16.60	19.20
PUFA/SFA	0.71	0.46	0.53
n-3	2.06	0.20	0.23
n-6	24.10	16.60	19.20
EFA	20.20	14.50	16.80

หมายเหตุ EFA = Essential fatty acid (กรดไขมันที่จำเป็น)

UFA = Unsaturated fatty acids (กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว)

SFA = Saturated fatty acids (กรดไขมันอิ่มตัว)

PUFA = Polyunsaturated fatty acids (กรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดพหุหลายตำแหน่ง)

ที่มา : Tian et al. (2011)

การเกิดสีดำในไก่กระดุกดำ

ลักษณะสีดำในไก่กระดุกดำเกิดจากการสะสมของสารเมลานิน สารเมลานินเป็นหนึ่งในเม็ดสีธรรมชาติที่มีบทบาทสำคัญโดยจะเกี่ยวข้องกับการสะสมของเม็ดสีใน ขน หนัง แข้ง ตา และเนื้อเยื่อภายในของสัตว์มีกระดูกสันหลัง และสารเมลานินจะถูกสร้างขึ้นในเซลล์ที่เฉพาะเจาะจงคือ เซลล์เมลานोไซต์ (Melanocyte cells) (Smyth, 1990)

1. สารเมลานิน

1.1 แหล่งที่พบ และความสำคัญ

การที่คนเรามีสีผิวแตกต่างกันหรือการที่สัตว์บางชนิด เช่น กบสามารถปรับเปลี่ยนสีผิวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้นั้นเป็นเพราะสารสีที่อยู่ในชั้นหนังกำพร้าซึ่งมีชื่อว่า “เมลานิน” มีไม่เท่ากัน หรือเปลี่ยนแปลงไปในกรณีของการเปลี่ยนสีของกบดังกล่าว แม้เมลานินจะสร้างในเซลล์ Melanocyte ซึ่งเป็นเซลล์ส่วนน้อยมีประมาณ 5-10% ในหนังกำพร้า แต่ก็พบสารสีชนิดนี้ได้ทั่วไปแทบจะทุกเซลล์บนผิวหนัง ทั้งนี้เพราะเมื่อมีการสร้างสารเมลานินเสร็จแล้วก็จะขนย้ายไปให้เซลล์ Keratinocyte อีกทีหนึ่งซึ่งเป็นเซลล์ส่วนมากในชั้นหนังกำพร้า (พจน์, 2535)

1.2 โครงสร้างทางเคมี และคุณสมบัติที่สำคัญ

สารเมลานินเป็นสารประกอบเชิงซ้อนขนาดใหญ่ เมลานินที่สร้างขึ้นที่ชั้นหนังกำพร้ามี 2 ชนิดคือ

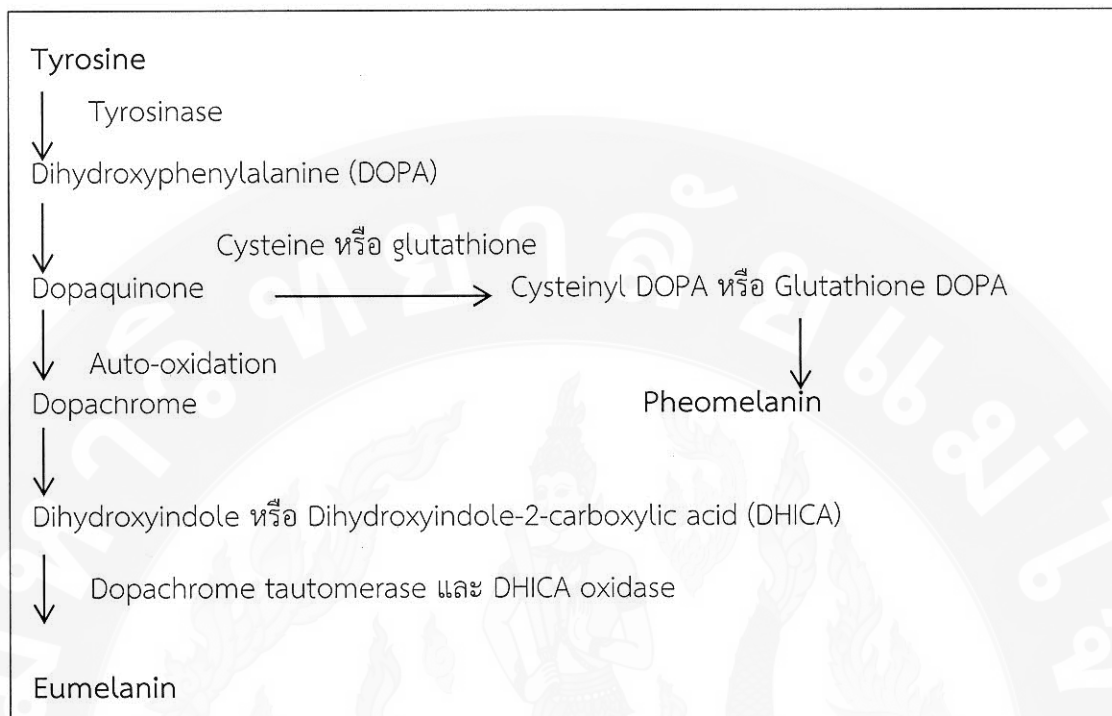
1.2.1 ยูเมลานิน (Eumelanin)

เป็นสารสีที่ให้สีน้ำตาลเข้มถึงดำแก่ผิวหนัง มีองค์ประกอบเป็นธาตุไนโตรเจนประมาณ 6-9 % และกำมะถันประมาณ 0-1 % จากวิธีการสังเคราะห์เมลานินเข้าใจว่าโครงสร้างยูเมลานินจะเป็นพอลิเมอร์ร่วม (Copolymer) ระหว่างสาร Dopachrome tautomerase (DHI) และ Dihydroxyindole-2-carboxylic acid (DHICA)

1.2.2 ฟีโอเมลานิน (Pheomelanin)

สารสีนี้จะให้สีแดงถึงน้ำตาลแก่ผิวหนังเข้าใจว่าสูตรโครงสร้างคงจะเป็นพอลิเมอร์ของสาร 1, 4-benzothiazine เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบพบว่ามีธาตุไนโตรเจนประมาณ 8-11 % และต่างจากยูเมลานินที่มีธาตุกำมะถันสูงถึง 9-12 %

เมลานินทั้ง 2 ชนิดละลายได้ยากมาก และไม่ละลายในกรด สารฟีโอเมลานินสามารถละลายได้บ้างในสารละลายเบสเจือจาง ในขณะที่ยูเมลานินสามารถละลายได้เฉพาะในเบสเข้มข้นเท่านั้น (พจน์, 2535) แสดงในภาพที่ 6

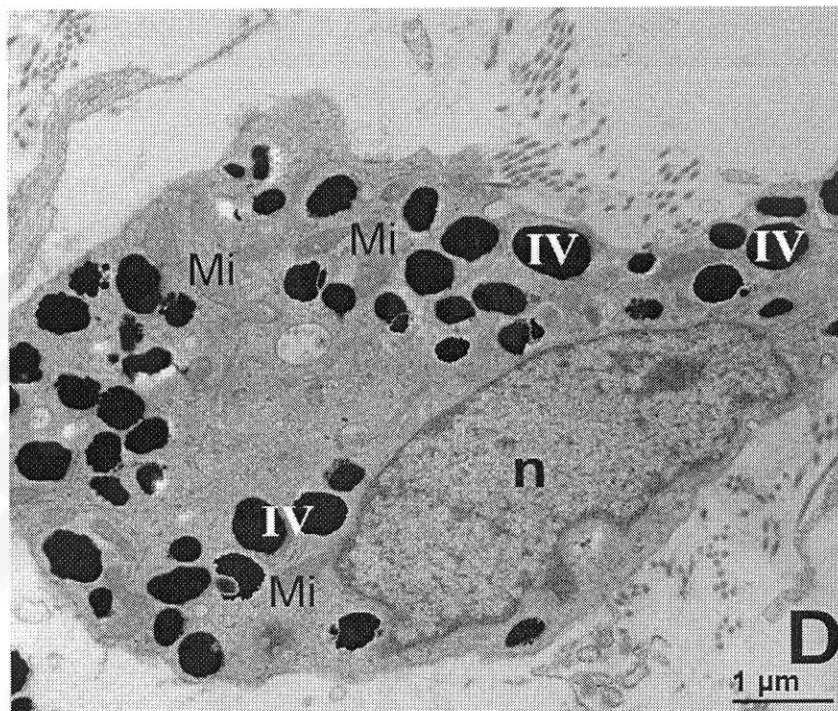


ภาพที่ 6 แสดงกระบวนการชีวสังเคราะห์ของสารเมลานินชนิดพีเมลานิน และยูเมลานิน

ที่มา: ดัดแปลงจาก นาวา (2558)

2. เซลล์ที่เกี่ยวข้องกับเม็ดสีเมลานิน

สารเมลานินจะถูกสร้างขึ้นในเซลล์ที่เฉพาะเจาะจงคือ เซลล์เมลานोไซต์ (Smyth, 1990) โดยในเซลล์เมลานोไซต์จะมีออร์แกเนลล์เฉพาะสำหรับการสังเคราะห์สารเมลานินเรียกว่า เมลาโนโซม (Melanosome) ภายในเมลานโซมจะมีเอนไซม์ไทโรซิเนส (Tyrosinase) และองค์ประกอบอื่น ๆ ที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์สารเมลานินบรรจุอยู่ (พจน์, 2535) ซึ่ง Machado et al. (2009) ได้ทำการศึกษากระบวนการเปลี่ยนแปลงของสารสีเมลานินภายในเซลล์เมลานอไซต์ของชั้นหนังแท้ในตัวอ่อนของไก่สายพันธุ์ซิลกี้ พบการแบ่งตัวของเมลานโซมในระยะต่าง ๆ จนถึงระยะสมบูรณ์เต็มที่จะพบสารเมลานินภายในโครงสร้างของเซลล์เมลานอไซต์อย่างหนาแน่นดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แสดงการแบ่งตัวของเมลานโนโซมภายใน Melanocyte cell ระยะสมบูรณ์เต็มที่ (IV)

หมายเหตุ n = นิวเคลียส และ Mi = ไมโทคอนเดรีย

ที่มา: Machado et al. (2009)

เมื่อมีการสร้างเมลานโนโซมเสร็จสิ้นแล้วเมลานโซมจะเคลื่อนย้ายเข้าสู่เซลล์ Keratinocyte ที่อยู่รอบ ๆ เซลล์เมลานโนไซต์จำนวน 1 เซลล์จะทำหน้าที่สร้างเมลานโนโซมแจกจ่ายให้แก่ Keratinocyte ที่ล้อมรอบอยู่ถึง 36 เซลล์ และเรียกกลุ่มเซลล์ทั้งหมดที่มีเซลล์เมลานโนไซต์จำนวน 1 เซลล์ และเรียก Keratinocyte จำนวน 36 เซลล์ นี้ว่า Epidermal melanin unit เมื่อเซลล์ Keratinocyte เปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์ที่อยู่ชั้นนอกสุดของหนังกำพวด เมลานโนโซมก็จะถูกทำลายและหลุดลอกออกไปพร้อมเซลล์ด้วยเช่นกัน (พจน์, 2535)

การสะสมของเม็ดสีเมลานินในไก่กระดูกดำ

Muroya et al. (2000) รายงานว่า พบปริมาณสารเมลานินในเนื้อเยื่อของไก่สายพันธุ์ซิลกี้ที่บริเวณเนื้อเยื่อหุ้มกระดูก (Periosteum) ของกระดูกต้นขา (Femur) มากที่สุดคือ 21 (%) มิลลิกรัม/กรัมของเนื้อเยื่อ รองลงมาคือ เนื้อเยื่อของอวัยวะในระบบสืบพันธุ์ (รังไข่ และอัณฑะ) หลอดลม ผิวหนัง ไส้ตัน หัวใจ ตับ กล้ามเนื้อหน้าอกส่วนใน กล้ามเนื้อหน้าอกส่วนนอก และกระเพาะปัสสาวะ ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณสารเมลานินในอวัยวะเดียวกัน พบว่าไก่เล็กฮอร์นมีปริมาณน้อยมาก สอดคล้องกับ Chen et al. (2008) พบว่าปริมาณสารสีเมลานินในเนื้อเยื่อของอวัยวะต่าง ๆ ของไก่ซิลกี้ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ปริมาณสารสีเมลานินใน Periosteum ของกระดูก Femur พบมากที่สุดคือ 21.3 (%) มิลลิกรัม/กรัมของเนื้อเยื่อ รองลงมาคือ เนื้อเยื่อของอวัยวะสืบพันธุ์ (รังไข่ และ อัณฑะ) หลอดลม เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ และผิวหนัง ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2

Muroya et al. (2000) พบว่า การสะสมของสารเมลานิน พบในเนื้อเยื่อที่เจริญมาจาก Neural crest สมศักดิ์ (2544) ได้อธิบายถึงการเจริญของเซลล์เมลานोไซต์จาก Neural crest ไว้ว่า หลังจาก 4 เดือนไปแล้วเซลล์ Epidermis ในสัตว์มีกระดูกสันหลังชั้นสูงจะมีการเปลี่ยนแปลงพิเศษมากขึ้นกลายเป็น 4 ชั้นคือ ชั้นในสุด Stratum germinativum เป็นเซลล์ที่มีกิจกรรมตลอดเวลา (Active) มีการแบ่งเซลล์ตลอดเวลา ชั้น Stratum granulosum มี Keratohyaline granule ชั้น Stratum lucidum มีของเหลวชื่อ Eleidin และชั้น Stratum corneum เป็นเซลล์แบน ๆ ไม่มีชีวิต

โดยปกติจะมี Pigment granule เริ่มปรากฏทันทีในเซลล์ชั้น Stratum granulosum โดยปรากฏเป็นเม็ดแกรนูลเจริญมาจาก Melanoblast ซึ่งเคลื่อนย้ายมาจาก Neural crest ในระยะ 3 เดือนแรกของการเจริญ Neural crest จะเปลี่ยนแปลงเป็นเซลล์เมลานोไซต์ทำหน้าที่สร้างเมลานิน และส่งผ่านแขนงของเซลล์ทำให้เกิดสีผิว (เกล็ดแก้ว, 2546) ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณสารเมลานินในเนื้อเยื่อของอวัยวะต่าง ๆ ของไก่ซิลกี้ และ ไก่เล็กฮอร์น

Organ (Tissue)	Melanin contents (ปริมาณสารเมลานิน) (% mg/g)*	
	Silky Fowl	White Leghorn
Periosteum (Femur)	21 ± 2.2 ^a	0.27
Ovary or Testis	9.7 ± 4.2 ^b	0.14
Trachea	8.6 ± 0.94 ^{bc}	0.60
Skin	0.944 ± 0.289 ^{cd}	0.012
Cecum	0.889 ± 0.283 ^{cd}	0.053
Heart	0.124 ± 0.033 ^d	0.112
Liver	0.072 ± 0.024 ^d	0.092
Supracoracoideus	0.067 ± 0.007 ^d	0.009
Pectoralis	0.050 ± 0.014 ^d	0.010
Gizzard	0.039 ± 0.004 ^d	0.046

หมายเหตุ *ไก่ซิลกี้จำนวน 6 ตัว และ ไก่เล็กฮอร์นจำนวน 1 ตัวที่ใช้ในการวัดปริมาณสารเมลานินในเนื้อเยื่อแต่ละอวัยวะ

^{a-d} แสดงความแตกต่างของสารเมลานินในเนื้อเยื่ออวัยวะไก่ซิลกี้ (P<0.05)

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก Muroya et al. (2000)

ตารางที่ 3 การสะสมเม็ดสีเมลานินของ Cephalic และ Cardiac tissues ในไก่ซิลกี้

Organ (Tissue) ^{a)}		Developmental origin ^{b)}	Pigmentation ^{c)}
Neurocranium	Pareital bone	NC	+
	Frontal bone	NC	+
Viscerocranium	Palatine bone	NC	+
	Maxilla	NC	+
Dura mater		NC	+
Brain Cerebrum		-	-
Cerebellum	White matter	-	-
	Gray matter	-	+
Medulla oblongata		-	-
Optic chiasma		-	-
Lingual muscles		-	-
Cranial nerves		-	-
Cephalic connective tissues		NC	+
Cardiac artery		NC	+

หมายเหตุ : ^{a)} ไก่ที่ใช้ในการสังเกต Cephalic จำนวน 4 ตัวและ Cardiac tissues จำนวน 6 ตัวตามลำดับ

^{b)} NC และ- บ่งบอกการพัฒนาจาก Neural crest และเนื้อเยื่ออื่นๆตามลำดับ (Carlson., 1988 and Kuratani et al., 1997) อ้างโดย Muroya et al. (2000)

^{c)} + และ - บ่งบอกถึงการสะสมของเม็ดสีเมลานิน และไม่มีการสะสมของเม็ดสีเมลานินตามลำดับ

ที่มา: ดัดแปลงจาก Muroya et al. (2000)

ปัจจัยควบคุมการแสดงออกของการเกิดสีดําของอวัยวะ

Weiss (1983) กล่าวว่า การสร้างสารเมลานินหรือ การสร้างเม็ดสีดําได้ผิวหนังของสัตว์มีกระดูกสันหลังนั้นจะมีปัจจัยควบคุมได้แก่ พันธุกรรม ฮอร์โมน และสิ่งแวดล้อม ดังนี้

1. พันธุกรรม

จะมีผลต่ออัตราการสังเคราะห์สารเมลานินโดยเซลล์เมลานोไซต์ อัตราการเคลื่อนย้ายสารเมลานินไปยังเคราติโนไซต์ ขนาดของอิพิเดอร์มอล เมลานิน ยูนิต และเมลาโซม รูปแบบของการรวมตัวกันของสารเมลานิน Smyth (1990) กล่าวว่ากระบวนการการสร้างเม็ดสีดําในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Melanism หรือ Fibromelanosis เกิดจากการควบคุมของยีน Incompletely dominant inhibitor of dermal melanin (Id/id⁺) ซึ่งเป็นยีนที่อยู่บนโครโมโซมเพศร่วมกับ Dominant enhancer fibromelanosis gene (Fm) ซึ่งเป็นยีนที่อยู่บนโครโมโซมร่างกาย

2. ฮอร์โมน

จะมีผลต่อการควบคุมการสร้างเมลานินในมนุษย์ เช่น ฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองส่วนกลาง เมลาโนไซต์ สติมูเลติง ฮอร์โมน (Melanocyte stimulating hormone) ซึ่งมีผลต่อการกระตุ้นเซลล์เมลานोไซต์ที่ผิวหนังให้ผลิตสารเมลานินออกมามากขึ้น ในผู้หญิงตั้งครรภ์ฮอร์โมนเอสโตรเจน (Estrogen) และโปรเจสเตอโรน (Progesterone) จะไปกระตุ้นให้เซลล์เมลานोไซต์ที่อยู่บริเวณใบหน้า หน้าท้อง และผิวหนังบริเวณหัวนมสร้างสารเมลานินมากขึ้น เป็นต้น

3. สิ่งแวดล้อม

ผิวหนังสีดํอาจเกิดจากปัจจัยสิ่งแวดล้อม เช่น การเกิดบาดแผลจนเป็นรอยแผลเป็น การกระตุ้นโดยรังสีอัลตราไวโอเลต และการติดเชื้อโรคบางชนิดก็อาจจะมีผลไปกระตุ้นให้มีการสร้างสารเมลานินได้เช่นกัน

การถ่ายทอดทางพันธุกรรมของลักษณะสีดำในไก่กระดูกดำ

ขบวนการสร้างสารเมลานินเกิดจากการควบคุมของยีนที่อยู่บนโครโมโซมเพศ (Sex-linked (id^+)) ร่วมกับ Dominant enhancer gene (Fm) ซึ่งลักษณะผสมของยีน 2 ชนิดนี้เป็นผลให้เกิดความแตกต่างของการสะสมสารเมลานินในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Smyth, 1990)

Dorshorst et al. (2010) รายงานว่า ลักษณะการถ่ายทอดของยีนที่ควบคุมการสร้างเม็ดสีดำในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Fibromelanosis, Fm) ถูกควบคุมด้วยยีน 2 ตำแหน่งคือ Autosomal dominant fibromelanosis (Fm/fm^+) และ Incompletely dominant inhibitor of dermal melanin (Id/id^+) และพบว่ายีน Id อยู่บนโครโมโซมเพศ (Z chromosome) มักเรียกว่า sex-linked Id/id และยีน Fm อยู่บนโครโมโซมที่ 20 ซึ่ง

Jiang and Groen (2000) ได้อธิบายปฏิสัมพันธ์ระหว่างยีน Id/id^+ และยีน Fm/fm^+ ลักษณะของยีน Sex-linked (Id) จะยับยั้งการสร้างสารเมลานิน แต่เนื่องจากยีน Sex-linked (Id) แสดงลักษณะการข้ามแบบไม่สมบูรณ์จึงยังทำให้ยีนควบคุมการสร้างเม็ดสีดำ (Fm) สามารถแสดงลักษณะปรากฏได้อยู่แต่ไม่ทั้งหมดเนื่องจากอิทธิพลของ Sex-linked (Id) ผลของอิทธิพลของยีน Sex-linked (id^+) ซึ่งเป็นยีนที่แสดงลักษณะแบบ Wild type คือไม่ยับยั้งการสร้างเม็ดสีดำ ร่วมกับยีน Fm จะช่วยเพิ่มระดับความเข้มของสีดำ ทำให้เกิดความแตกต่างของระดับความเข้มของการแสดงออกของเม็ดสีดำ ดังแสดงในตารางที่ 4

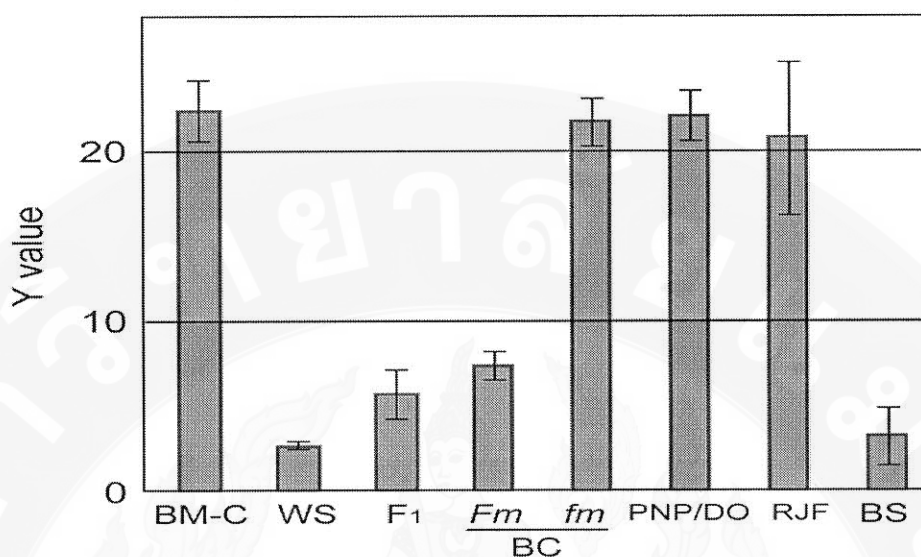
ตารางที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ของ Incompletely dominant inhibitor of dermal melanin (Id/id^+) และยีน Autosomal dominant fibromelanosis (Fm/fm^+) ต่อลักษณะการแสดงออกของความเข้มของสีดำ

Genotype			Phenotype
Enhancer gene	Sex-linked gene		
	Female	Male	
Fm/_	id ⁺ /w	id ⁺ /id ⁺	เม็ดสีเข้ม
Fm/_	Id/w	Id/_	เม็ดสีจาง
fm ⁺ /fm ⁺	id ⁺ /w	id ⁺ /id ⁺	ไม่มีเม็ดสี
fm ⁺ /fm ⁺	Id/w	Id/_	ไม่มีเม็ดสี

ที่มา: Jiang and Groen (2000)

Shinomiya et al. (2012) ได้ทำการทดลองเพื่อยืนยันลักษณะการถ่ายทอดของยีนที่ควบคุมการสร้างสารเมลานินในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Fm) โดยใช้ไก่สายพันธุ์ White silky (ขนสีขาว และผิวหนังสีดำ) และ Black Minorca (ขนสีดำ และสีผิวหนังไม่ดำ) สำหรับทดสอบรูปแบบการถ่ายทอดยีนที่ควบคุมการสร้างสารเมลานิน และใช้ไก่สายพันธุ์ Black silky (ขนสีดำ และผิวหนังสีดำ) สำหรับอ้างอิงยีน Fm ไก่สายพันธุ์ Fayoumi (ขนลาย และสีผิวหนังไม่ดำ) และไก่ป่าสีแดง (Red jungle fowl) (ขนสีดำสร้อยขนสีแดง และสีผิวหนังไม่ดำ) สำหรับอ้างอิงยีนสีปกติ พบว่าค่าความสว่าง (Y value) ของเยื่อหุ้มปอด และหลอดลมที่วัดด้วย Chronometer ของลูกไก่ที่ได้จากการผสมย้อนกลับ มีการแสดงลักษณะของยีนที่ควบคุมการสร้างสารสีดำ หรือเม็ดสีออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีสีดำ (ค่า Y value เท่ากับ 7.5) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับไก่ลูกผสมรุ่น F_1 (5.8) และไก่สายพันธุ์ White silky และ Black silky ซึ่งมีค่า Y value เท่ากับ 2.6 และ 3.3 ตามลำดับ ส่วนกลุ่มที่มีสีไม่ดำ (ค่า Y value เท่ากับ 21.6) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่า Y value ของไก่สายพันธุ์ Black Minorca ซึ่งมีค่าเท่ากับ 22.2 และพบว่ายีนที่ควบคุมการสร้างเม็ดสีดำเป็นยีนข่มที่ควบคุมโดยยีนเดี่ยว (Single dominant gene) มีการข่มแบบข่มไม่สมบูรณ์ (Semidominant) และมีลักษณะเป็นยีนข่มแบบ Homozygous dominant และยีนที่ควบคุมสีผิวหนังปกติหรือผิวหนังไม่ดำเป็นยีนด้อยแบบ Homozygous recessive ดังแสดงในภาพที่ 8

Arora et al (2011) ได้ทำการศึกษาผลของยีนที่ควบคุมการสร้างเม็ดสีดำ ต่อการสร้างเม็ดสีดำเพื่อประเมินผลของยีนที่ควบคุมการสร้างเม็ดสีดำ (Fm) ต่อการสร้างเม็ดสีดำของไก่ลูกผสม Kadaknath โดยใช้ไก่สายพันธุ์แท้ดังนี้ Kadaknath (KN) ซึ่งมียีน Fm/Fm และ id+/id+, White Leghorn (WL) ซึ่งมียีน fm/fm และ Id/Id, White Plymouth Rock (WR) ซึ่งมียีน fm/fm และ Id/Id และ Aseel Peela (AP) ซึ่งมียีน fm/fm และ Id/Id พบว่าลูกผสมของ KN กับ WL และ WR เพศเมียจะมีลักษณะความเข้มของเม็ดสีเมลานินปานกลาง (++) (มองเห็นเป็นสีเทา) ทั่วทั้งร่างกาย โดยจะพบมากที่ผิวหนังบริเวณ คอ, ต้นขา, ใต้ปีก และแข้ง ความเข้มของผิวหนังจะต่ำกว่า KN พันธุ์แท้ ในขณะที่เพศผู้ส่วนใหญ่ผิวหนังจะไม่ดำ แต่จะพบจุดขนาดเล็กเท่าหัวเข็มหมุดกระจายอยู่ประปราย ลูกผสม KNAP ทั้งสองเพศ (KNAP และ APKN) ไม่มีความแตกต่างระหว่างเพศ โดยลูกไก่ทั้งเพศผู้และเมียจะมีสีดำปานกลาง



ภาพที่ 8 แสดงค่า Y value ของไก่พันธุ์ต่าง ๆ

หมายเหตุ

*ตัวอักษร BM-C = ไก่สายพันธุ์ Black Minorca, WS = White silky, PNP/DO = Fayoumi, RJF = ไก่ป่าสีแดง และ BS = Black silky, F1 = ลูกผสมระหว่าง WS กับ BM-C และ BC = ลูกที่เกิดจากการผสม

*Fm หมายถึง การแสดงออกของยีนที่ควบคุมการสร้างเม็ดสีในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน

*fm หมายถึง การแสดงออกของยีนที่ควบคุมสีผิวหนังปกติ

*ค่า Y value ของ standard whiteboard คือ 88.7 แตกต่างที่ $P < 0.01$

ที่มา: Shinomiya et al. (2012)

การผสมพันธุ์ในไก่

1. วิธีการผสมพันธุ์ไก่

วิธีการผสมพันธุ์ไก่พื้นเมืองที่ใช้ปฏิบัติอยู่ในปัจจุบัน แบ่งออกได้เป็น 2 วิธีคือ

1.1 การผสมแบบธรรมชาติ (Natural mating)

1.1.1 การผสมแบบฝูงใหญ่

เป็นวิธีการผสมที่นิยมใช้ในการผสมไก่แบบการค้าในปัจจุบัน โดยการปล่อยเพศผู้รวมฝูงกับเพศเมียฝูงใหญ่ ภายในโรงเรือนเดียวกัน ตามอัตราส่วนที่เหมาะสม วิธีนี้มีข้อดีคือ สะดวกในการจัดการ ไม่สิ้นเปลือง ข้อเสียคือ ลูกที่ฟักออกไม่รู้ว่าเกิดจากพ่อ-แม่ตัวใด และการคัดไก่จากฝูงทำได้ยาก

1.1.2 การผสมแบบฝูงเล็ก

เป็นการผสมโดยใช้เพศผู้ 1 ตัว ต่อเพศเมีย 1 ฝูง หรือ 1 คอก เหมาะสำหรับการผสมเพื่อรักษาสายพันธุ์ และเพื่อการคัดพันธุ์ไว้ทำพันธุ์ต่อไป ถ้าใช้รังไข่กกลูกไก่ที่ฟักออกทุกตัวก็รู้ตัวพ่อ-แม่และสามารถทำประวัติได้ถูกต้อง แต่ก็มีข้อเสียที่เพศเมียไม่สามารถเลือกคู่ผสมได้ และเพศผู้ไม่มีคู่แข่ง ทำให้ขาดการกระตุ้นหรือร้อนที่จะผสมพันธุ์

1.1.3 การผสมเดี่ยว

เป็นการผสมตัวต่อตัว โดยการขังเพศผู้ไว้ในกรงเดี่ยวที่มีขนาดกว้างพอสมควร แล้วนำตัวเมียที่ต้องการผสมเข้าไปในกรงให้ไก่ผสมกันเอง การผสมด้วยวิธีนี้ เพศผู้ 1 ตัว สามารถผสมกับเพศเมียได้มากกว่า และเหมาะสำหรับการใช้เพศผู้ลักษณะดีที่สามารถถ่ายทอดสู่ลูกหลานให้สามารถผสมพันธุ์ได้มากขึ้น แต่เป็นวิธีการผสมที่ต้องใช้แรงงานมาก

1.2 การผสมเทียม (artificial insemination)

หมายถึง วิธีการปฏิบัติในการนำน้ำเชื้อจากพ่อพันธุ์ฉีดเข้าไปในระบบสืบพันธุ์ของแม่พันธุ์ เพื่อให้เกิดการปฏิสนธิระหว่างไข่กับอสุจิขึ้น โดยจะรีดน้ำเชื้อจากพ่อพันธุ์ไม่เกิน 0.5-1.0 มิลลิลิตร ฉีดให้กับแม่พันธุ์ทันที หรืออาจผสมในรูปน้ำเชื้อเจือจางด้วยน้ำเกลือที่มีความเข้มข้น 0.85-1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตรเท่ากับน้ำเชื้อ (1:1) แล้วฉีดให้แม่พันธุ์ตัวละ 0.1 มิลลิลิตร ซึ่งสามารถทำได้สะดวกและได้ผลดี (อรรณ, 2547) เป็นวิธีการผสมพันธุ์ที่ใช้กันมากในสัตว์ปีก (Foote, 2002) ทั้งนี้ยังมีการค้นพบวิธีการเก็บน้ำเชื้อแช่แข็งเพื่อเก็บรักษาน้ำเชื้อเพื่อใช้ในการผสมเทียมด้วย (พรจิต, 2552 ก)

2. ระบบการผสมพันธุ์

ระบบการผสมพันธุ์เป็นเครื่องมือสำคัญที่นักปรับปรุงพันธุ์สัตว์ใช้ในการควบคุมความแปรปรวนของลักษณะในประชากร แบบของการผสมพันธุ์แบ่งกว้าง ๆ ออกเป็น 2 แบบใหญ่ ๆ คือ

2.1. การผสมพันธุ์แบบที่คู่ผสมพันธุ์มีความสัมพันธ์ในด้านพันธุกรรมมากกว่าค่าเฉลี่ยของประชากร (Mating of genetically related individuals)

2.1.1. การผสมแบบเลือดชิด (Inbreeding) เป็นการผสมพันธุ์ซึ่งคู่ผสมพันธุ์มีอัตราสัมพันธ์ระหว่างญาติมากกว่าเฉลี่ยของประชากร

2.1.2. การผสมในสายเลือด (Line breeding) การผสมในสายเลือดเป็นการผสมเลือดชิดแบบพิเศษแบบหนึ่ง โดยเป็นวิธีการผสมพันธุ์ซึ่งมีแผนที่จะรักษาความสัมพันธ์ทางเครือญาติของสัตว์ในฝูงให้มีความใกล้ชิดกับบรรพบุรุษตัวใดตัวหนึ่งโดยเฉพาะ

2.2 การผสมพันธุ์แบบที่คู่ผสมพันธุ์มีความสัมพันธ์ในด้านพันธุกรรมน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของประชากร (Mating of genetically unrelated individuals)

2.2.1. การผสมข้ามภายในพันธุ์ (Outcrossing) เป็นการผสมข้ามซึ่งคู่ผสมพันธุ์เป็นสัตว์พันธุ์เดียวกันแต่ไม่มีความสัมพันธ์ทางเครือญาติกัน

2.2.2. การผสมข้ามพันธุ์ (Crossbreeding) เป็นระบบการผสมข้ามซึ่งคู่ผสมพันธุ์เป็นสัตว์ต่างสายพันธุ์กัน แบ่งออกเป็น

1.) การผสมข้าม 2 พันธุ์ (Two-breed cross) เป็นการผสมเพื่อผลิตลูกผสมชั่วแรก (หรือลูกผสม F1) เพื่อใช้เลี้ยงขุนเชิงการค้า

2.) การผสมกลับคืน (Back cross) เป็นวิธีการผสมซึ่งลูกผสมชั่วแรกเพศเมียถูกผสมกลับไปยังสัตว์ที่ใช้เป็นพ่อพันธุ์

3.) การผสมข้าม 3 พันธุ์ (Three-breed cross) เป็นการใช้น้ำลูกผสมที่เกิดจากสัตว์เพศผู้พันธุ์ A กับสัตว์เพศเมียพันธุ์ B ผสมข้ามกับเพศผู้จากพันธุ์ C

4.) การผสมสลับ 2 พันธุ์ (Criss crossing) เป็นการผสมข้าม 2 พันธุ์ แต่มีการสลับใช้พ่อพันธุ์จากสัตว์พันธุ์แท้ทั้ง 2 ในภาวะความสมดุลของยีน

5.) การผสมสลับ 3 พันธุ์ (Rotational crossing) เป็นการผสมข้ามโดยใช้พันธุ์แท้ 3 พันธุ์และมีการสลับใช้พ่อพันธุ์จากพันธุ์แท้ทั้ง 3 ในภาวะความสมดุลของยีน

2.2.3. การผสมเพิ่มเลือด (Grading) เป็นการผสมสัตว์ตัวเมียพันธุ์พื้นเมืองและลูกผสมในชั่วต่อ ๆ ไปด้วยพ่อพันธุ์แท้ที่ได้รับการคัดเลือกแล้ว

2.2.4. การผสมข้ามสายพันธุ์ (Crossing inbred lines) การผสมข้ามระหว่างสายพันธุ์ (Inbred lines)

2.2.5. การคัดเลือกแบบรีเคอร์เรนต์ (Recurrent selection) เป็นวิธีการผสมพันธุ์และการคัดเลือกที่ดัดแปลงมาจากการผสมพันธุ์เพื่อปรับปรุงความสามารถในการรวมตัวโดยเฉพาะเจาะจงในข้าวโพด

2.2.6. การคัดเลือกกรีซีโพรคอลรีเคอร์เรนต์ (Reciprocal recurrent selection) เป็นวิธีการผสมพันธุ์ และการคัดเลือกพันธุ์ เพื่อจุดประสงค์ของการปรับปรุงความสามารถในการรวมตัวกันโดยเฉพาะเจาะจงของ 2 สายพันธุ์ (สมชัย, 2549)

อิทธิพลที่มีผลต่อระดับความดำของผิวหนัง และการเจริญเติบโต

อิทธิพลของอายุ และเพศต่อระดับความดำของผิวหนัง

Nishimura et al. (2006) รายงานว่า จำนวนของเซลล์เมลานोไซต์ในไก่สายพันธุ์ซิลกี้มีความสัมพันธ์กับอายุ โดยช่วงแรกของการเจริญเติบโตจะพบเซลล์เมลานोไซต์ในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้ออกและกล้ามเนื้อสะโพกเป็นจำนวนมาก และจะค่อย ๆ ลดลงเมื่อไก่มีอายุมากขึ้น ซึ่งการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของเซลล์เมลานोไซต์เป็นตัวบ่งชี้ถึงความดำของลักษณะบริเวณนั้น ๆ เซลล์เมลานोไซต์จะกระจายอยู่ในเนื้อเยื่อ Perimysium และ Endomysium ซึ่งอยู่รอบมัดกล้ามเนื้อ และเส้นใยกล้ามเนื้อ ตามลำดับ แต่เมื่อไก่มีอายุมากขึ้นเซลล์เมลานोไซต์ใน Endomysium จะหายไป

Geng et al. (2000) ศึกษาการกระจายของสารเมลานินในผิวหนังไก่ซิลกี้ พบว่าระดับความดำของสีผิวหนังจะลดลงเมื่อไก่มีอายุมากขึ้น และมีความแตกต่างกันระหว่างเพศ สอดคล้องกับ Pan and Li (2009) ศึกษาปริมาณสารเมลานินในกล้ามเนื้อของไก่กระดูกดำสายพันธุ์ซิลกี้ พบว่าปริมาณสารเมลานินในเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อขา และผิวหนังจะมีปริมาณลดลงเมื่อไก่มีอายุมากขึ้น

Hirano (1990) ศึกษาการกระจายของสารเมลานินในกระดูก พบว่าการกระจายของสารเมลานินในกระดูกในไก่เล็กอายุ 3 สัปดาห์มีการกระจายของสารเมลานินในปริมาณน้อย ส่วนในไก่ใหญ่อายุ 2 ปี พบว่า มีการกระจายของเม็ดสีเมลานินในปริมาณที่มากกว่า และจะพบในเนื้อกระดูก (Osteocyte) เฉพาะส่วนที่อยู่ใกล้กับบริเวณผิวนอกของกระดูกเท่านั้น

Muroya et al. (2000) ได้วิเคราะห์ปริมาณสารเมลานินตามอวัยวะต่าง ๆ ของไก่ซิลก็์สายพันธุ์ที่มีขนสีขาวย และสายพันธุ์ที่มีขนสีดำ เพศผู้ และเพศเมีย พบว่าปริมาณสารเมลานินตามอวัยวะต่าง ๆ ของไก่ซิลก็์สายพันธุ์ที่มีขนสีขาวย และขนสีดำ เพศผู้ และเพศเมีย ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$)

อิทธิพลของเพศ และรุ่นที่ฟักต่อการเจริญเติบโต

ทวี และคณะ (2549) รายงานว่า พบอิทธิพลเนื่องจากเพศต่อลักษณะน้ำหนักตัวในไก่ประดู่หางดำ อีระชัย และคณะ (2550) รายงานว่าอิทธิพลคงที่เนื่องจากปัจจัยของชั่วรุ่น และรุ่นที่ฟักมีอิทธิพลต่อลักษณะน้ำหนักตัวพันธุ์เหลืองหางขาว วุฒิชัย และคณะ (2550) รายงานว่าอิทธิพลคงที่เนื่องจากการจัดการคือชั่วรุ่น และรุ่นที่ฟักมีอิทธิพลต่อลักษณะของน้ำหนักตัวของไก่พื้นเมืองพันธุ์สีส่วนอิทธิพลคงที่เนื่องจากเพศมีอิทธิพลต่อลักษณะน้ำหนักตัวตั้งแต่ 4 สัปดาห์ขึ้นไป สอดคล้องกับ นัฐพงษ์ และคณะ (2556) รายงานว่าเพศ และกลุ่มการจัดการมีอิทธิพลต่อลักษณะการเจริญเติบโตของไก่เบตง (สายเคยู)

Arora et al (2011) รายงานว่าจากสัดส่วนยีนของไก่สายพันธุ์ Kadaknath ซึ่งเป็นไก่กระดูกดำที่ทำการผสมกับไก่สายพันธุ์เนื้อไวท์พลีมัธหรือค ไก่พันธุ์ไขว้ไวท์เล็ทฮอร์น และไก่พื้นเมืองพบว่าผลของสัดส่วนยีนที่เพิ่มขึ้น ($\geq 50\%$) มีอิทธิพลต่อคุณภาพเนื้อ และคุณภาพซาก ในขณะที่การผสมข้ามด้วยไก่เนื้อมีความโดดเด่นมากกว่าการผสมข้ามด้วยไก่ไข่ และไก่พื้นเมือง โดยลักษณะของเส้นใยคอลลาเจนที่ลดลงในเนื้อไก่สายพันธุ์ Kadaknath เป็นคุณสมบัติที่ดี ดังนั้นผลของสัดส่วนยีน Kadaknath จึงเป็นกุญแจสำคัญต่อการพัฒนาคุณภาพเนื้อของไก่เนื้อ

ค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม

ค่าพารามิเตอร์ (parameter) หมายถึง ค่าคงที่ซึ่งแสดงคุณสมบัติของประชากร ส่วนค่าพารามิเตอร์ทางสถิติ หมายถึง ค่าซึ่งคำนวณได้จากตัวอย่างเพื่อใช้เป็นตัวประมาณ (Estimator) ของพารามิเตอร์ เช่น ค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวนของตัวอย่าง และค่าสหสัมพันธ์ระหว่างลักษณะ เป็นต้น (สมชัย, 2549) ค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมจึงเป็นหัวใจสำคัญในการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ได้แก่การหาค่าทางพันธุกรรมสัตว์ในเชิงปริมาณเพื่อนำไปใช้ในการคัดเลือกอย่างเป็นรูปธรรมได้ (ยอดชาย, 2552)

การประมาณค่าอัตราพันธุกรรม (Heritability)

อัตราพันธุกรรมของลักษณะใดลักษณะหนึ่งเป็นค่าสัดส่วนของความแปรปรวน ซึ่งมีผลเนื่องมาจากพันธุกรรมต่อความแปรปรวนของลักษณะปรากฏ ดังนั้นจึงเป็นค่าเฉพาะสำหรับประชากรหนึ่ง ๆ ทั้งนี้เพราะประชากรสัตว์ที่ต่างกันย่อมมีองค์ประกอบทางพันธุกรรม (เช่น ความถี่ยีน) ต่างกัน ทั้งยังอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน สำหรับลักษณะปริมาณลักษณะต่างกันยิ่งจะมีค่าแตกต่างกันมาก อัตราพันธุกรรมของลักษณะหนึ่ง ๆ จะมีค่าได้ตั้งแต่ 0 ถึง 1 จากความสำคัญของค่าอัตราพันธุกรรมที่มีผลต่อการปรับปรุงพันธุ์ (สมชัย, 2549) กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ระดับอัตราพันธุกรรมใช้เป็นแนวทางในการให้ความสำคัญด้านการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ ถ้าระดับอัตราพันธุกรรมต่ำต้องเน้นทางด้านการจัดการสภาพแวดล้อมในทางตรงข้ามอัตราพันธุกรรมสูงต้องเน้นทางด้านการคัดเลือกและการผสมพันธุ์ จึงจะประสบผลสำเร็จ (ชาญชัย, 2532) จึงได้มีการศึกษาเพื่อประมาณค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจทั้งหลายในไก่ และได้มีการรายงานค่าไว้อย่างกว้างขวาง ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัวในไก่พื้นเมืองแต่ละสายพันธุ์

สายพันธุ์	อายุ (สัปดาห์)						ที่มา
	แรกเกิด	4	8	12	14	16	
แก่นทอง	0.70	0.44	0.40	0.40	0.40	-	สุพรรณธิ และคณะ (2556)
มุกอีสาน	0.70	0.34	0.39	0.39	0.46	-	สุพรรณธิ และคณะ (2556)
สร้อยนิล	0.73	0.37	0.24	0.30	0.49	-	สุพรรณธิ และคณะ (2556)
สร้อยเพชร	0.64	0.55	0.60	0.61	0.67	-	สุพรรณธิ และคณะ (2556)
ไก่เบตงสาย KU	0.63	0.52	0.34	0.34	-	0.38	นัฐพงษ์ และคณะ (2556)
ประดู่หางดำ	0.88	-	-	0.46	-	0.39	ทวี และคณะ (2549)
ซี	0.35	0.17	0.19	0.14	-	0.17	วุฒิชัย และคณะ (2550)

1. การคำนวณค่าอัตราพันธุกรรม

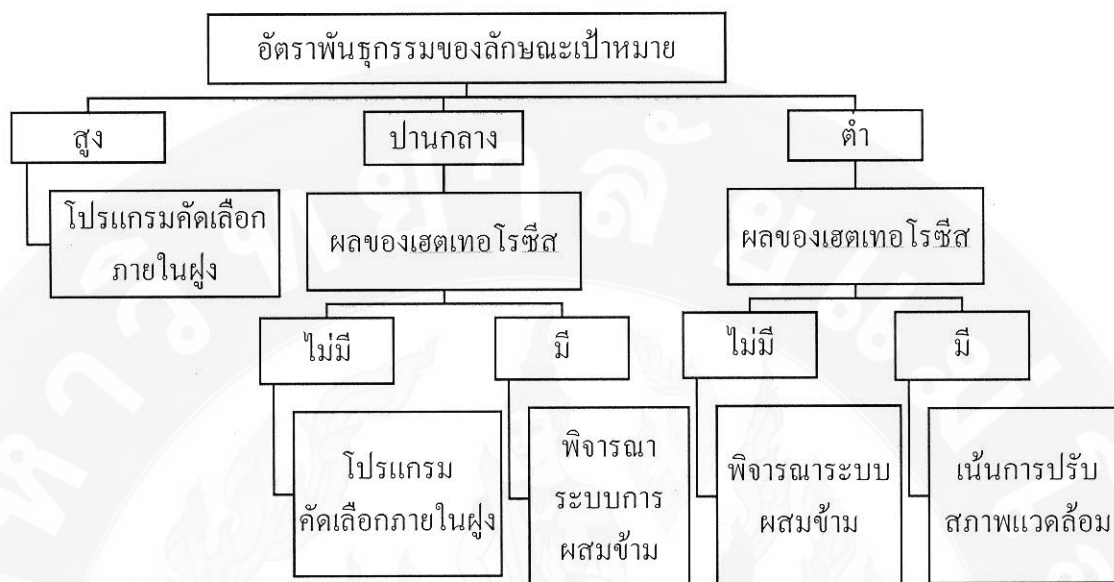
การคำนวณค่าอัตราพันธุกรรมเบื้องต้นจากนิยามอัตราพันธุกรรม คือ สัดส่วนของความผันแปรเนื่องจากพันธุกรรมต่อความผันแปรของลักษณะปรากฏ (จันทร์จรัส, 2534) จากนิยาม สามารถเขียนเป็นสูตรคำนวณ ได้ดังนี้

$$\text{อัตราพันธุกรรม} = \frac{\text{ความผันแปรของลักษณะเนื่องจากพันธุกรรม}}{\text{ความผันแปรของลักษณะที่ปรากฏ}}$$

หรือ

$$h^2 = \frac{V(G)}{V(P)}$$

ค่าอัตราพันธุกรรมเป็นค่าเฉพาะของลักษณะในสัตว์แต่ละฝูง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอิทธิพลของพันธุกรรมต่อการแสดงออกของลักษณะในสัตว์ฝูงนั้นเปรียบเทียบกับอิทธิพลของสภาพแวดล้อมเป็นความสามารถในการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของแต่ละลักษณะในประชากรหนึ่ง ๆ ลักษณะใดที่ลักษณะปรากฏมีความแปรปรวนสูงขณะที่ความแปรปรวนทางพันธุกรรมมีน้อยลักษณะนั้นก็จะมีค่าอัตราพันธุกรรมต่ำในทางตรงกันข้ามถ้าลักษณะใดมีความแปรปรวนของลักษณะปรากฏ และของทางพันธุกรรมสูงลักษณะนั้นก็จะมีค่าอัตราพันธุกรรมสูง ดังนั้นสามารถใช้ค่าอัตราพันธุกรรมประกอบการตัดสินใจในการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ (สีกุล, 2546) ดังแสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 แสดงการใช้ค่าอัตราพันธุกรรมในการปรับปรุงพันธุ์สัตว์

ที่มา: ดัดแปลงจาก สมเกียรติ (2537)

- 1.) อัตราพันธุกรรมของลักษณะมีค่าสูงควรปรับปรุงโดยการคัดเลือกภายในฝูง
- 2.) อัตราพันธุกรรมของลักษณะมีค่าปานกลางหรือต่ำแต่พบว่าเป็นลักษณะที่มีอิทธิพลของเฮเตอโรซีตเข้ามาเกี่ยวข้องควรปรับปรุงโดยการผสมข้าม
- 3.) อัตราพันธุกรรมของลักษณะมีค่าต่ำ และไม่มีอิทธิพลของเฮเตอโรซีตควรปรับปรุงลักษณะนั้นโดยเน้นการปรับปรุงสภาพแวดล้อมแทนอย่างไรก็ตามก่อนที่จะตัดสินใจลงไปเราควรจะศึกษารายงานของสัตว์ฝูงอื่นประกอบด้วยว่าค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะดังกล่าวในสัตว์ฝูงอื่นสูงหรือไม่ เพราะบางครั้งอัตราพันธุกรรมและเฮเตอโรซีตของลักษณะอาจจะมีค่าต่ำเฉพาะในสัตว์บางฝูงเท่านั้น

ถ้าพบว่าค่าดังกล่าวในสัตว์ฝูงอื่นมีค่าสูงก็อาจจะนำสัตว์จากฝูงอื่นเข้ามาผสมข้ามเพื่อเพิ่มความแปรปรวนในฝูงสำหรับระบบการผสมเลือดชิด มักจะประยุกต์ใช้กับฝูงสัตว์ที่มีสมรรถภาพในการให้ผลผลิตสูงอยู่แล้วแต่ต้องการที่จะเพิ่มความแปรปรวนทางด้านพันธุกรรมโดยการสร้างสายพันธุ์เพื่อที่จะยกระดับการผลิตให้สูงขึ้น หรืออาจจะนำสายพันธุ์ที่ได้ (จากผสมเลือดชิด) มาผสมข้ามระหว่างสายพันธุ์เพื่อหวังผลไฮบริดได้

นอกจากนี้อัตราพันธุกรรมยังใช้ในการทำนายค่าทางพันธุกรรมต่าง ๆ หลายประการ เช่น ทำนายความก้าวหน้าของการคัดเลือกปรับปรุงพันธุ์ ทำนายคุณค่าการผสมพันธุ์ของสัตว์ในฝูง ทำนายความสามารถของลูกที่ได้หรือทำนายความสามารถของสัตว์ในลักษณะที่แสดงออกหลายครั้งในชีวิต เป็นต้น (สีğun, 2546)

อัตราซ้ำ

ค่าอัตราซ้ำ (Repeatability) หมายถึง อัตราส่วนของความผันแปรเนื่องจากพันธุกรรมทั้งหมดและสภาพแวดล้อมถาวร ต่อความผันแปรของลักษณะที่ปรากฏใช้สัญลักษณ์ t อัตราซ้ำมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับอัตราพันธุกรรม โดยสัตว์แต่ละตัวที่แสดงลักษณะปรากฏออกมาตั้งแต่ 2 ครั้งขึ้นไป เรียกว่า แสดงผลซ้ำซึ่งการแสดงผลซ้ำสามารถผันแปรได้ และวัดออกมาได้ในรูปของอัตราซ้ำ (บุญชอบ, 2535; บุญเริ่ม, 2549) เป็นค่าที่ใช้อธิบายความสามารถในการให้ผลผลิตซ้ำของลักษณะใด ๆ ในสัตว์เราสามารถวัดได้ในรูปของค่าสหสัมพันธ์ระหว่างการบันทึกซ้ำของลักษณะในสัตว์แต่ละตัวนั้น ๆ (Intraclass correlation) (สมชัย, 2549) ตัวอย่างค่าอัตราซ้ำในไก่แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงค่าอัตราซ้ำของลักษณะที่สำคัญในไก่

ลักษณะ	ค่าอัตราซ้ำ (%)
น้ำหนักตัวเมื่อ 8 สัปดาห์	55
น้ำหนักตัวเมื่อ 18 สัปดาห์	94
จำนวนของไข่	83
น้ำหนักของไข่	80-95
รูปร่างของไข่	94
ความสูงของไข่ขาว	74-80
ความหนาของเปลือกไข่	60
น้ำหนักของเปลือกไข่	60-80

ที่มา : สมชัย (2530)

การคำนวณค่าอัตราซ้ำ

ลักษณะของสัตว์ที่แสดงออกซ้ำหลาย ๆ ครั้ง ในตัวเดียวกันเป็นค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะเดียวกันที่สัตว์ตัวใดตัวหนึ่งแสดงออกมาต่างเวลากัน ดังนั้นลักษณะใดมีค่าอัตราซ้ำสูงการประมาณค่าลักษณะนั้น ๆ ที่จะแสดงออกมาในครั้งต่อไปถูกต้องแม่นยำมากขึ้น นำไปใช้พิจารณาลักษณะที่ควรปรับปรุงพันธุ์ก่อนหลัง อัตราซ้ำใช้บ่งชี้จำนวนบันทึกเพื่อใช้ในการคัดเลือกพันธุ์ ลักษณะที่มีอัตราซ้ำสูงจำนวนบันทึกที่ใช้ในการคัดเลือกพันธุ์น้อยกว่าลักษณะที่มีอัตราซ้ำต่ำ และใช้คำนวณหาความสามารถที่แท้จริงของตัวสัตว์ เมื่อมีบันทึกความสามารถหลายบันทึก

อัตราซ้ำมีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 1 หรือถ้าคิดเป็นร้อยละจะมีค่าระหว่าง 0 - 100 ถ้าอัตราซ้ำของลักษณะหนึ่งมีค่าเท่ากับ 1 หรือ 100 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าลักษณะนั้นจะปรากฏซ้ำเท่าเดิม หรือคงที่เสมอ (สีกุล, 2546)

จากนิยามของอัตราซ้ำ คือ สัดส่วนของความผันแปรที่มีผลมาจากพันธุกรรมและจากสภาพแวดล้อมการต่อความผันแปรของลักษณะที่ปรากฏ (สมชัย, 2549) จากนิยามสามารถเขียนเป็นสูตรคำนวณ ได้ดังนี้

$$\text{อัตราซ้ำ} = \frac{\text{ความผันแปรเนื่องจากพันธุกรรม} + \text{ความผันแปรเนื่องจากสภาพแวดล้อมถาวร}}{\text{ความผันแปรของลักษณะที่ปรากฏ}}$$

หรือ

$$t = \frac{V(G) + V(E_p)}{V(P)}$$

ค่าสหสัมพันธ์ (correlation)

ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างลักษณะสองลักษณะ มักเรียกกันสั้น ๆ ว่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (Genetic correlation) นิยมเขียนย่อด้วย r_G มีสาเหตุจากการที่ยีนตำแหน่งหนึ่งมีผลในการควบคุมลักษณะมากกว่าหนึ่งลักษณะ (Pleiotropy) และจากการที่ยีนหรือกลุ่มของยีนที่ควบคุมลักษณะทั้งสองตำแหน่งอยู่บนโครโมโซมเดียวกัน (Linkage) ความสัมพันธ์ร่วมของอิทธิพลจากพันธุกรรมต่อลักษณะทั้งสองอาจเป็นแบบสนับสนุนซึ่งกันและกัน นั่นคือ การคัดเลือกเน้นในลักษณะหนึ่งจะมีผลทำให้อีกลักษณะหนึ่งดีขึ้นตามไปด้วย หรืออาจเป็นแบบตรงกันข้าม นั่นคือการคัดเลือกเพื่อปรับปรุงลักษณะหนึ่งจะมีผลทำให้อีกลักษณะหนึ่งเลวลง

นอกเหนือไปจากสาเหตุทางพันธุกรรม ความสัมพันธ์ในลักษณะสองลักษณะของสัตว์ตัวหนึ่ง อาจเกิดเนื่องมาจากการได้รับสภาพแวดล้อมที่เหมือนกันก็ได้ ดังนั้น ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทั้งสองซึ่งวัดด้วยค่าสหสัมพันธ์ปรากฏ (Phenotypic correlation) เขียนย่อด้วย r_p จึงประกอบขึ้นด้วยความสัมพันธ์ร่วมที่มีสาเหตุมาจากพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม เมื่อตั้งข้อกำหนดว่าโควาริเอนซ์ระหว่างพันธุกรรมและจากสภาพแวดล้อมมีค่าเป็นศูนย์ (สมชัย, 2549)

วุฒิไกร และคณะ (2555) รายงานว่าค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างลักษณะน้ำหนักตัวและความยาวรอบอกที่อายุ 16 สัปดาห์ของไก่พื้นเมืองประดู่หางดำมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกสูง (0.95) ในทางตรงกันข้าม ลักษณะน้ำหนักตัวกับจำนวนไข่สะสมมีค่าต่ำหรือเข้าใกล้ 0 (0.10) แสดงว่าเมื่อไก่มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นจะมีความยาวรอบอกเพิ่มขึ้นด้วย แต่จะมีจำนวนไข่สะสมลดลง รายงานค่าสหสัมพันธ์ในไก่สายพันธุ์ต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 7 และ 8

ตารางที่ 7 แสดงค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมในไก่แต่ละสายพันธุ์

สายพันธุ์	ลักษณะ	r_G
ไก่เบตง (สายเคยู)	น้ำหนักแรกเกิดกับน้ำหนักอายุ 4 สัปดาห์	-
	- กับน้ำหนักอายุ 8 สัปดาห์	0.35
	- กับน้ำหนักอายุ 12 สัปดาห์	0.27
	- กับน้ำหนักอายุ 16 สัปดาห์	0.21
	น้ำหนักอายุ 4 สัปดาห์	0.20
	- กับน้ำหนักอายุ 8 สัปดาห์	-
	- กับน้ำหนักอายุ 12 สัปดาห์	0.71
	- กับน้ำหนักอายุ 16 สัปดาห์	0.62
	น้ำหนักอายุ 8 สัปดาห์	0.60
	- กับน้ำหนักอายุ 12 สัปดาห์	-
	- กับน้ำหนักอายุ 16 สัปดาห์	0.79
	น้ำหนักอายุ 12 สัปดาห์ กับน้ำหนักอายุ 16 สัปดาห์	0.76
	น้ำหนักแรกเกิด	0.79
	- กับน้ำหนักอายุ 14 สัปดาห์	-
	- กับความยาวรอบอกอายุ 14 สัปดาห์	0.17-0.41
	- กับ ADG 14 สัปดาห์	0.16-0.50
	น้ำหนักอายุ 14 สัปดาห์	0.14-0.39
	- กับความยาวรอบอกอายุ 14 สัปดาห์	-
	- กับ ADG 14 สัปดาห์	0.32-0.91
แก่นทอง, มุกอีสาน, สร้อยนิล, สร้อยเพชร	ความยาวรอบอกอายุ 14 สัปดาห์ ADG อายุ 14 สัปดาห์	0.99-0.99
		0.32-0.91

ที่มา : นัฐพงษ์ และคณะ (2556; หนึ่งฤทัย และคณะ, 2555)

ตารางที่ 8 แสดงค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏในไก่แต่ละสายพันธุ์

สายพันธุ์	ลักษณะ	r_G	r_P
ซี	น้ำหนักแรกเกิดกับน้ำหนักอายุ 16 สัปดาห์	0.49	0.12
	น้ำหนักแรกเกิดกับความยาวรอบอกอายุ 16 สัปดาห์	0.40	0.07
	น้ำหนักแรกเกิดกับ ADG 16 สัปดาห์	0.46	0.08
	น้ำหนักอายุ 16 สัปดาห์ กับความยาวรอบอกอายุ 16 สัปดาห์	0.82	0.49
	น้ำหนักอายุ 16 สัปดาห์ กับ ADG อายุ 16 สัปดาห์	0.99	0.99
	ความยาวรอบอกอายุ 16 สัปดาห์ กับ ADG อายุ 16 สัปดาห์	0.82	0.49
	ADG อายุ 16 สัปดาห์		

ที่มา : วุฒิชัย และคณะ (2550)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการทดลอง

ข้อมูลเบื้องต้นของลักษณะน้ำหนักรีด และระดับความดำของผิวหนัง
ที่บริเวณอก โคนปีก และปีกในไก่กระดุกดำ

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา และการจัดการสัตว์ทดลอง

คัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ไก่กระดุกดำที่มีความสมบูรณ์พันธุ์ ภายในฝูงมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เพื่อนำมาใช้ในการศึกษาวิจัยทั้งสิ้นจำนวน 76 ตัว คัดเลือกไก่พ่อพันธุ์จำนวน 19 ตัว ที่มีความสมบูรณ์พันธุ์เลี้ยงในคอกขนาด 1x1.5 เมตร และแม่พันธุ์จำนวน 57 ตัว ที่มีความสมบูรณ์พันธุ์เลี้ยงบนกรงระดับกรงละ 1 ตัว โดยมีน้ำและอาหารให้กินอย่างเต็มที่

ทำการผสมพันธุ์แบบสุมเบอร์ไก่ตัวผู้ และไก่ตัวเมีย โดยไก่ตัวผู้ 1 ตัวผสมพันธุ์กับไก่ตัวเมีย 3 ตัวและใช้คู่ผสมคู่เดิมตลอดการทดลองโดยในการผสมแต่ละครั้งจะนำไก่ตัวเมียไปใส่ในคอกไก่ตัวผู้ในช่วงเช้า หลังจากนั้นช่วงเย็น (06.00 น.-19.00น.) จะนำไก่ตัวเมียออกจากคอกไก่ตัวผู้ นำมาขังไว้ยังกรงระดับตามเดิม ทำการจับผสมโดยสลับเพศเมียจากตัวที่ 1-3 ไปเรื่อย ๆ เป็นระยะเวลา 3 เดือน เก็บไข่ทุกวัน และบันทึกหมายเลขแม่พันธุ์บนฟองไข่ จากนั้นนำไปแช่น้ำหนักแล้วเก็บไข่ไว้ในห้องเย็นเพื่อรอเข้าฟัก โดยการฟักไข่จะทำการฟักในถาดที่มีลักษณะเป็นช่อง ๆ เพื่อไม่ให้ลูกไก่ที่ฟักออกมาปนกัน จากนั้นทำการติดเบอร์ที่ขา และชั่งน้ำหนักตัวแรกเกิด

ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลลูกไก่เป็นรายตัวเป็นเวลา 1 ปี ภายใต้การเลี้ยงของฟาร์มสัตว์ปีก คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ เลี้ยงด้วยอาหารผสมสำเร็จรูปชนิดเม็ด ซีพี 921 ช่วงอายุแรกเกิดถึง 5 สัปดาห์ คุณภาพอาหารสัตว์ทางเคมี โปรตีน ไม่น้อยกว่า 19% ไขมันไม่น้อยกว่า 2.5% กากไม่มากกว่า 5% ความชื้นไม่มากกว่า 13% ช่วงอายุ 5-16 สัปดาห์ ใช้อาหารผสมสำเร็จรูปชนิดเม็ด ซีพี 922 คุณภาพอาหารสัตว์ทางเคมี โปรตีนไม่น้อยกว่า 15% ไขมันไม่น้อยกว่า 3% กากไม่มากกว่า 6% และความชื้นไม่มากกว่า 13%

การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของลักษณะน้ำหนักร่างกาย และระดับสีตาของฟิวหนิง

ทำการเก็บข้อมูลน้ำหนักตัวในลูกไก่กระดูกดำแรกเกิด, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 และ 18 สัปดาห์ วัดระดับสีตาของฟิวหนิงบริเวณอก, โคนปีก และ ปีก ที่อายุ 10, 14 และ 18 สัปดาห์ ด้วยเครื่องวัดค่าการสะท้อนแสง (Reflectometer : EQR/QCR Reflectometer) และ บันทึกลักษณะสีขนคอนทิวที่อายุ 18 สัปดาห์ วิเคราะห์ความแตกต่างด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SAS 6.12 for Windows (Statistical Analysis System, 1998) โดยใช้คำสั่ง PROC GLM ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 และ 0.01

อิทธิพลของปัจจัยคงที่ที่มีผลต่อลักษณะน้ำหนักร่างกาย และระดับสีตาของฟิวหนิง

การเตรียมข้อมูล

ลักษณะโครงสร้างของชุดข้อมูล

การศึกษานี้ใช้ข้อมูล 2 แฟ้มข้อมูลประกอบด้วยรายละเอียดของข้อมูลดังนี้

1. แฟ้มข้อมูลพันธุ์ประวัติ (Pedigree file)

- 1.1 หมายเลขประจำตัวสัตว์ (Animal I.D.)
- 1.2 หมายเลขพ่อพันธุ์ (Sire I.D.)
- 1.3 หมายเลขแม่พันธุ์ (Dam I.D.)
- 1.4 ปีเกิด (Birth year)

2. แฟ้มข้อมูล (Data file)

- 2.1 หมายเลขประจำตัวสัตว์ (Animal I.D.)
- 2.2 เพศ (Sex) มี 2 ระดับคือ
 - 1 = เพศผู้
 - 2 = เพศเมีย
- 2.3 ชุดฟัก (Hatch) มี 7 ระดับคือ
 - ชุดฟักที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7
- 2.4 สีขน (Feather color) มี 6 ระดับคือ
 - 1 = ขนสีขาว

2 = ขนสีเทา

3 = ขนสีดำ

4 = ขนลาย

5 = ขนแบบซี่ฟ้า

6 = ขนแบบฟ้าหลวง

2.5 น้ำหนักตัวที่อายุ 10 สัปดาห์

2.6 น้ำหนักตัวที่อายุ 14 สัปดาห์

2.7 น้ำหนักตัวที่อายุ 18 สัปดาห์

2.8 ค่าการสะท้อนแสงที่บริเวณอกอายุ 10 สัปดาห์

2.9 ค่าการสะท้อนแสงที่บริเวณอกอายุ 14 สัปดาห์

2.10 ค่าการสะท้อนแสงที่บริเวณอกอายุ 18 สัปดาห์

2.11 ค่าการสะท้อนแสงที่บริเวณโคนปีกอายุ 10 สัปดาห์

2.12 ค่าการสะท้อนแสงที่บริเวณโคนปีกอายุ 14 สัปดาห์

2.13 ค่าการสะท้อนแสงที่บริเวณโคนปีกอายุ 18 สัปดาห์

2.14 ค่าการสะท้อนแสงที่บริเวณปีกอายุ 10 สัปดาห์

2.15 ค่าการสะท้อนแสงที่บริเวณปีกอายุ 14 สัปดาห์

2.16 ค่าการสะท้อนแสงที่บริเวณปีกอายุ 18 สัปดาห์

การตรวจสอบการกระจายของข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลเชิงตรวจสอบ (Explore Data Analysis, EDA) เพื่อตัดข้อมูลที่มีค่าสูง หรือ ต่ำกว่าปกติ (Outlier) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS 6.12 for Windows (Statistical Analysis System, 1998) โดยใช้คำสั่ง PROC UNIVARIATE โดยเพิ่มข้อมูลประกอบด้วยไถ่กระดุกดำจำนวนทั้งสิ้น 322 ตัว และเพิ่มพันธุ์ประวัติประกอบด้วยไถ่กระดุกดำทั้งสิ้น 399 ตัว

การทดสอบอิทธิพลคงที่มีผลต่อลักษณะน้ำหนักรั่ว และระดับสีดำของผิวหนังที่

ค่าสังเกตของน้ำหนักรั่ว และระดับความดำของผิวหนังถูกนำมาวิเคราะห์อิทธิพลคงที่ (Fixed effect) ประกอบด้วย ชุดฟัก เพศ และกลุ่มสีขน เพื่อทดสอบว่าปัจจัยคงที่เหล่านั้นมีอิทธิพลต่อค่าสังเกตของลักษณะที่ศึกษาหรือไม่ เพื่อให้เหลือเพียงอิทธิพลที่เป็นของพันธุกรรมจากตัวสัตว์เพียงอย่างเดียว วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SAS 6.12 for Windows (Statistical Analysis System, 1998) โดยใช้คำสั่ง PROC MIXED ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05 และ 0.01 โดยโมเดลที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ครั้งละลักษณะมีดังนี้

$$y_{ijkl} = \mu + Sex_i + H_j + C_k + A_l + \varepsilon_{ijkl}$$

โดย y_{ijkl} = ค่าสังเกตของลักษณะในไก่ตัวที่ l เพศ i ชุดฟักที่ j สีขนที่ k

μ = ค่าเฉลี่ยรวมของลักษณะที่ศึกษา

Sex_i = อิทธิพลคงที่เนื่องจากเพศระดับที่ i ($1 =$ เพศผู้ และ $2 =$ เพศเมีย)

H_j = อิทธิพลคงที่เนื่องจากชุดฟักระดับที่ j ($j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ และ 7)

C_k = อิทธิพลคงที่เนื่องจากสีขนระดับที่ k ($1 =$ ขนสีขาว, $2 =$ ขนสีเทา, $3 =$ ขนสีดำ, $4 =$ ขนลาย, $5 =$ ขี้ฟ้า และ $6 =$ ฟ้าหลวง)

A_l = อิทธิพลสุ่มเนื่องจากตัวสัตว์ที่ l

ε_{ijk} = อิทธิพลสุ่มของความคลาดเคลื่อน (Error)

การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักตัว และระดับความดำของผิวหนัง

การประมาณค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักตัว และระดับความดำของผิวหนัง

อิทธิพลคงที่มีผลต่อลักษณะที่ศึกษาจากการทดสอบอิทธิพลคงที่ที่ระดับ $P < 0.05$ จะถูกรวมเข้าไปในแฟ้มข้อมูลที่นำมาใช้วิเคราะห์ความแปรปรวน จากนั้นข้อมูลจะถูกนำไปประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธี Restricted Maximum Likelihood (REML) โดยการวิเคราะห์ร่วมหลายลักษณะ (Multivariate analysis) ภายใต้โมเดลตัวสัตว์ (animal model) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป BLUPF90 Chicken PAK 2.5 (Duangjinda et al., 2005) ค่าประมาณขององค์ประกอบความแปรปรวนจะถูกใช้สำหรับประเมินค่าอัตราพันธุกรรม

การประมาณค่าอัตราซ้ำของลักษณะน้ำหนักตัว และระดับความดำของผิวหนัง

ค่าประมาณขององค์ประกอบความแปรปรวนจะถูกนำไปใช้สำหรับประเมินค่าอัตราซ้ำ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าอัตราซ้ำ คำนวณได้จากค่าอัตราส่วนของค่าความแปรปรวนทางพันธุกรรมรวมกับค่าความแปรปรวนของสิ่งแวดล้อมถาวรต่อค่าความแปรปรวนในลักษณะปรากฏทั้งหมด ซึ่งเขียนอยู่ในรูปของสมการได้ดังนี้ (สมชัย, 2549)

$$\text{อัตราซ้ำ (t)} = \frac{V(G) + V(E_P)}{V(P)}$$

โดย $V(G)$ = ความแปรปรวนเนื่องจากพันธุกรรม

$V(E_P)$ = ความแปรปรวนเนื่องจากสภาพแวดล้อมถาวร

$V(P)$ = ความแปรปรวนของลักษณะที่ปรากฏ

การวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏ
ของลักษณะน้ำหนักตัว และระดับความดำของผิวหนัง

ค่าประมาณขององค์ประกอบความแปรปรวนที่ถูกวิเคราะห์ได้จะถูกใช้สำหรับประเมินค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏของลักษณะที่ทำการศึกษา โดยมีรูปแบบของโมเดลที่ใช้ในการวิเคราะห์ดังนี้

Multiple trait animal model:

$$y_1 = X_1\beta_1 + Z_1a_1 + \varepsilon_1$$

$$y_2 = X_2\beta_2 + Z_2a_2 + \varepsilon_2$$

$$y_3 = X_3\beta_3 + Z_3a_3 + \varepsilon_3$$

$$y_4 = X_4\beta_4 + Z_4a_4 + \varepsilon_4$$

แสดงในรูปเมทริกซ์ได้เป็น

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & X_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & X_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & X_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \\ \beta_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & Z_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & Z_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \\ \varepsilon_4 \end{bmatrix}$$

โดยมีข้อกำหนดคือ

$$\text{var} \begin{bmatrix} a \\ \varepsilon \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G \otimes A & 0 \\ 0 & R \otimes I \end{bmatrix}$$

โครงสร้างของเมทริกซ์ G และ R คือ

$$G = \begin{bmatrix} \sigma_{a11}^2 & \sigma_{a12} & \sigma_{a13} & \sigma_{a14} \\ \sigma_{a21} & \sigma_{a22}^2 & \sigma_{a23} & \sigma_{a24} \\ \sigma_{a31} & \sigma_{a32} & \sigma_{a33}^2 & \sigma_{a34} \\ \sigma_{a41} & \sigma_{a42} & \sigma_{a43} & \sigma_{a44}^2 \end{bmatrix} \quad R = \begin{bmatrix} \sigma_{e11}^2 & \sigma_{e12} & \sigma_{e13} & \sigma_{e14} \\ \sigma_{e21} & \sigma_{e22}^2 & \sigma_{e23} & \sigma_{e24} \\ \sigma_{e31} & \sigma_{e32} & \sigma_{e33}^2 & \sigma_{e34} \\ \sigma_{e41} & \sigma_{e42} & \sigma_{e43} & \sigma_{e44}^2 \end{bmatrix}$$

เมื่อ

y = เวกเตอร์ของค่าสังเกตของลักษณะที่ 1-4

β = เวกเตอร์ของอิทธิพลคงที่ของลักษณะที่ 1-4

a = เวกเตอร์ของอิทธิพลสุ่มเนื่องจากตัวสัตว์ของลักษณะที่ 1-4

ε = เวกเตอร์ของอิทธิพลสุ่มของความคลาดเคลื่อนของลักษณะที่ 1 - 4

X, Z = เมตริกซ์ของเหตุการณ์ที่สัมพันธ์กับเวกเตอร์ β และ a

และ

ลักษณะที่ 1-4 = BW, WR, BR, และ WING ตามลำดับ ในแต่ละช่วงอายุ 10 14 และ 18

สปีดาร์

โดย ลักษณะที่ 1 = น้ำหนักตัว

ลักษณะที่ 2 = ค่าระดับความดำของผิวหนังที่บริเวณโคนปีก

ลักษณะที่ 3 = ค่าระดับความดำของผิวหนังที่บริเวณอก

ลักษณะที่ 4 = ค่าระดับความดำของผิวหนังที่บริเวณปีก

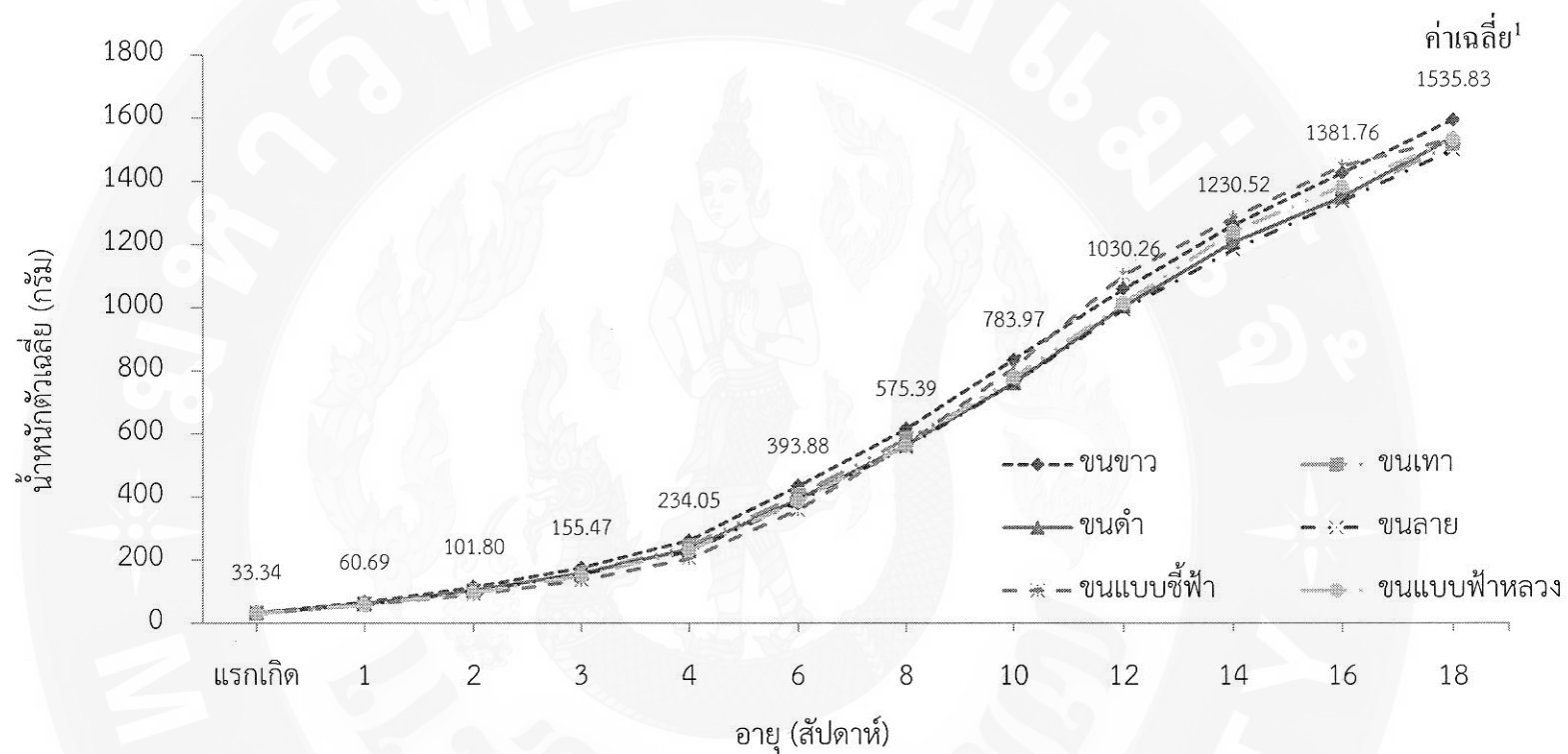
บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ข้อมูลเบื้องต้นของน้ำหนักตัว และระดับความดำของผิวหนังที่ บริเวณอก โคนปีก และปีกในไก่กระดุกดำ

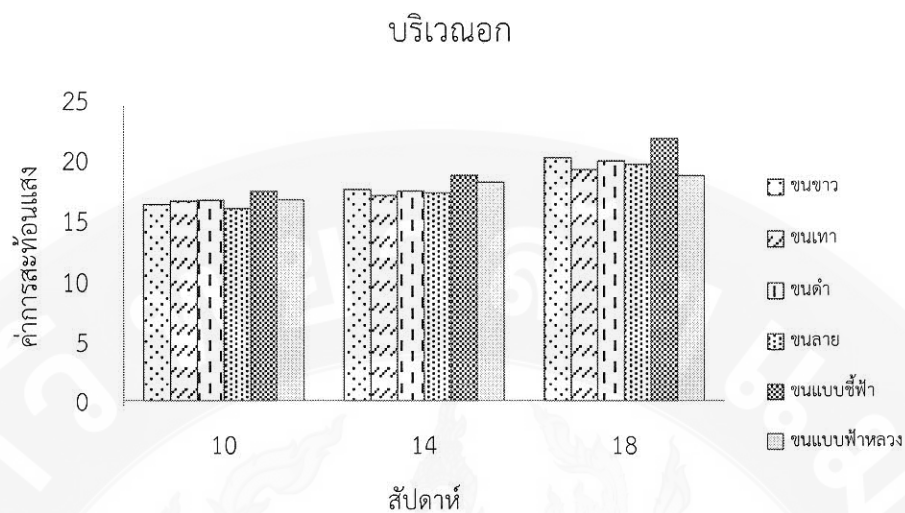
เมื่อไก่อายุ 18 สัปดาห์ สามารถจำแนกไก่ได้เป็น 6 กลุ่มสีขนหลัก ได้แก่ ขนขาว, ขนเทา, ขนดำ, ขนลาย, ขนแบบซี่ฟ้า และขนแบบฟ้าหลวง ผลการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของน้ำหนักตัวในไก่กระดุกดำที่อายุแรกเกิดถึง 18 สัปดาห์ พบว่าน้ำหนักตัวเฉลี่ยเมื่อแยกตามสีขนคอนทัวร์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 10 ซึ่งการทราบค่าเฉลี่ยของน้ำหนักตัวในแต่ละช่วงอายุสามารถทำให้เกษตรกรสามารถคาดหมายช่วงอายุของไก่ที่จะสามารถจำหน่ายได้ล่วงหน้า และสามารถประมาณรายรับจากการจำหน่ายไก่กระดุกดำได้

ส่วนค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยที่บริเวณอกที่อายุ 10, 14 และ 18 สัปดาห์ พบว่าค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยเมื่อแยกตามสีขนคอนทัวร์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 11 ที่บริเวณโคนปีกที่อายุ 10 สัปดาห์ พบว่าค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยเมื่อแยกตามสีขนคอนทัวร์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ในขณะที่อายุ 14 และ 18 สัปดาห์ ค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยเมื่อแยกตามสีขนคอนทัวร์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 12 และที่บริเวณปีกที่อายุ 10, 14 และ 18 สัปดาห์ พบว่าค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยเมื่อแยกตามสีขนคอนทัวร์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังแสดงในภาพที่

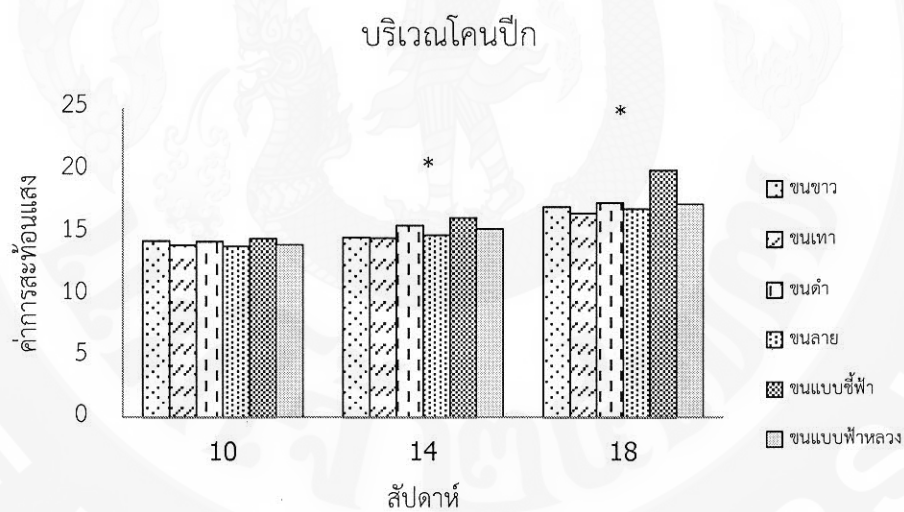


ภาพที่ 10 แสดงค่าน้ำหนักตัวเฉลี่ยของไก่อะดุกดำแยกตามสีขนในช่วงอายุแรกเกิดถึง 18 สัปดาห์

หมายเหตุ ¹ ค่าน้ำหนักตัวเฉลี่ยของไก่อะดุกดำทั้งฝูงจำนวน 322 ตัว

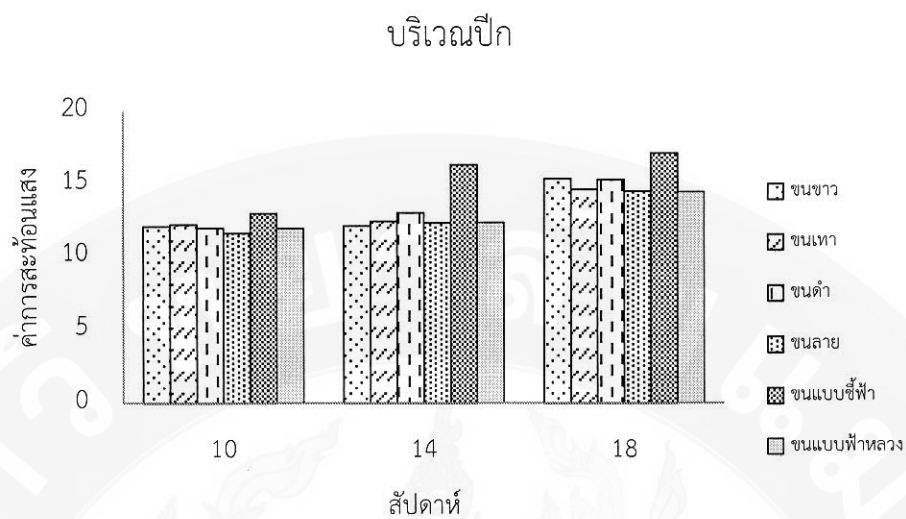


ภาพที่ 11 แสดงค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยที่บริเวณนอกของไก่กระดุกดำ
เมื่อแยกตามสีขนที่อายุ 10, 14 และ 18 สัปดาห์



ภาพที่ 12 แสดงค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยที่บริเวณโคนปีกของไก่กระดุกดำ
เมื่อแยกตามสีขนที่อายุ 10, 14 และ 18 สัปดาห์

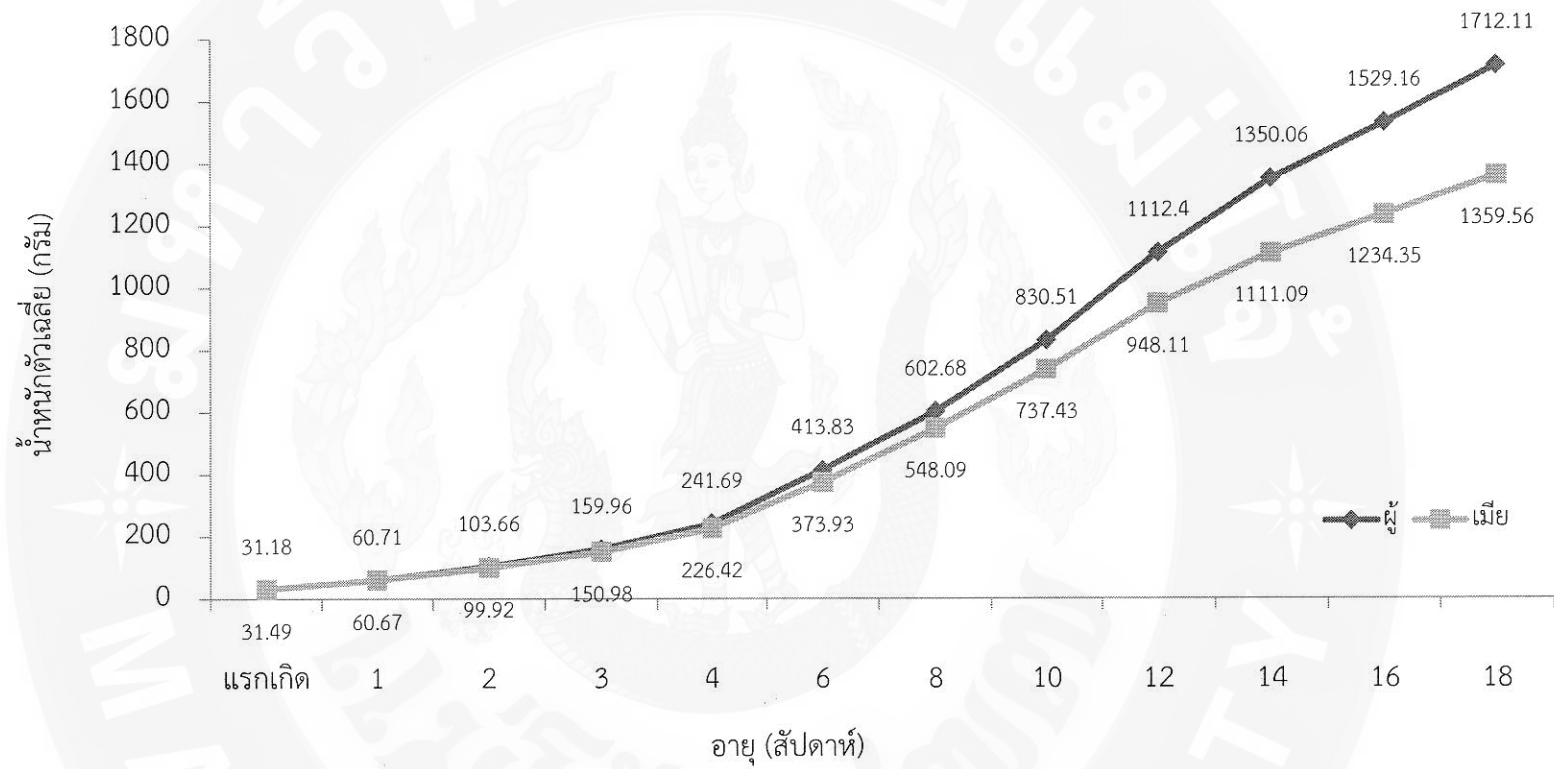
หมายเหตุ * แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)



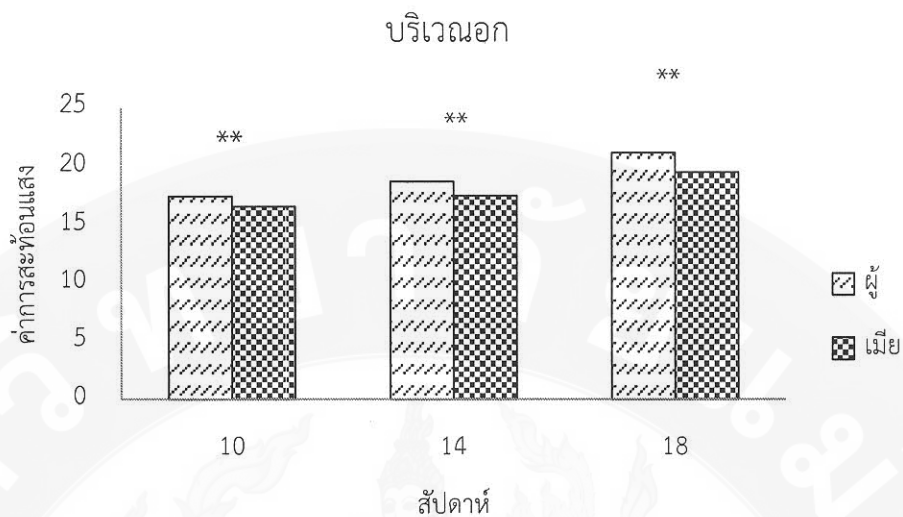
ภาพที่ 13 แสดงค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยที่บริเวณปีกของไก่กระดุกดำ
เมื่อแยกตามสีขนที่อายุ 10, 14 และ 18 สัปดาห์

ผลการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของน้ำหนักตัว และระดับความดำของผิวหนังในไก่กระดูกดำเมื่อแยกเพศ พบว่าที่อายุ 6 สัปดาห์ ขึ้นไปไก่กระดูกดำเพศผู้มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยสูงกว่าเพศเมียอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องกับรายงานของวุฒิชัย และคณะ (2550) รายงานว่าไก่พื้นเมืองพันธุ์ซีเพสจะเริ่มมีอิทธิพลต่อลักษณะการเจริญเติบโตเมื่อลูกไก่มีอายุ 4 สัปดาห์ขึ้นไป ดังนั้นจากการศึกษาสามารถใช้ข้อมูลที่อายุ 6 สัปดาห์ ในการแยกเพศไก่กระดูกดำได้ ดังแสดงในภาพที่ 14 โดยมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยเมื่อแยกเพศที่อายุ 18 สัปดาห์ สูงกว่าอุดมศรี และคณะ (2548) รายงานว่าน้ำหนักตัวเฉลี่ยของไก่กระดูกดำสายพันธุ์ฟ้าหลวงเพศผู้สูงกว่าเพศเมีย โดยน้ำหนักตัวเฉลี่ยเมื่ออายุ 20 สัปดาห์ ของเพศผู้อยู่ที่ 1,492 กรัม และเพศเมียอยู่ที่ 1,162.38 กรัม

ส่วนค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยที่อายุ 10, 14 และ 18 สัปดาห์ บริเวณอก โคนปีก และปีก พบว่าเพศผู้มีการสะท้อนแสงเฉลี่ยสูงกว่าเพศเมียอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงในภาพที่ 15, 16 และ 17 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าเพศเมียจะมีระดับความดำของผิวหนังมากกว่าเพศผู้ (ค่าการสะท้อนแสงน้อยกว่า) สอดคล้องกับการศึกษาของ Jiang and Groen (2000) พบว่าการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างยีน Sex-linked (Id/id^+) และยีน Fibromelanosis (Fm/fm^+) ทำให้เกิดความแตกต่างของปริมาณสารเมลานิน และเพศเมียจะมีระดับความเข้มของสีดำมากกว่าเพศผู้เนื่องจากไม่มียีนที่ยับยั้งการสร้างเมลานิน โดยไก่กระดูกดำเพศผู้มีการสะท้อนแสงเฉลี่ยในช่วงอายุ 10, 14 และ 18 สัปดาห์ ของบริเวณอกอยู่ที่ 17.48 ± 0.30 , 18.75 ± 0.32 และ 21.19 ± 0.32 ตามลำดับ บริเวณโคนปีกอยู่ที่ 14.71 ± 0.23 , 16.01 ± 0.25 และ 18.71 ± 0.30 ตามลำดับ และบริเวณปีกอยู่ที่ 12.62 ± 0.24 , 13.81 ± 0.27 และ 16.31 ± 0.36 ตามลำดับ ในขณะที่ไก่กระดูกดำเพศเมียมีการสะท้อนแสงเฉลี่ยในช่วงอายุ 10, 14 และ 18 สัปดาห์ ของบริเวณอกอยู่ที่ 16.61 ± 0.31 , 17.52 ± 0.34 และ 19.52 ± 0.34 ตามลำดับ บริเวณโคนปีกอยู่ที่ 13.64 ± 0.24 , 14.33 ± 0.26 และ 16.35 ± 0.32 ตามลำดับ และบริเวณปีกอยู่ที่ 11.54 ± 0.25 , 12.28 ± 0.28 และ 14.03 ± 0.38 ตามลำดับ ในขณะที่บริเวณใต้ปีกมีแนวโน้มของระดับความดำของหนังมากที่สุด (ค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยต่ำที่สุด) รองลงมาคือบริเวณโคนปีก และอกตามลำดับ

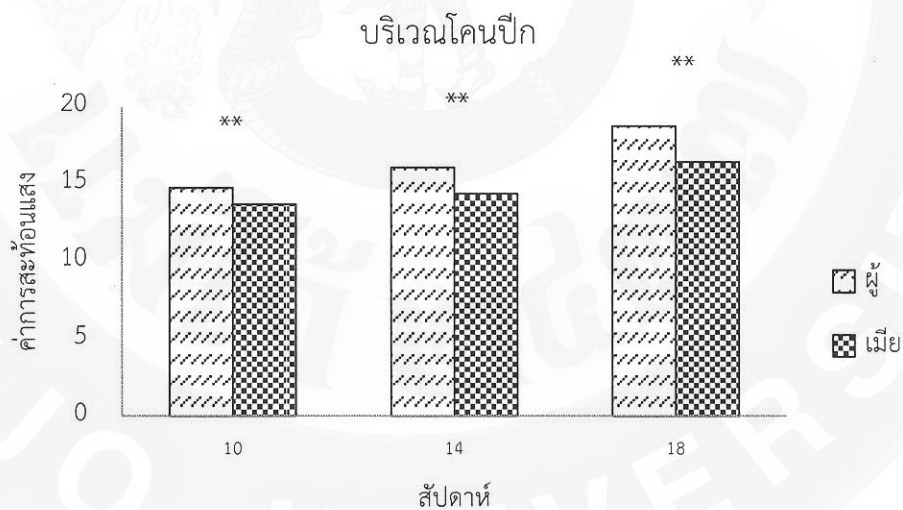


ภาพที่ 14 แสดงค่าน้ำหนักตัวเฉลี่ยของไก่กระดูกดำแยกตามเพศในช่วงอายุแรกเกิดถึง 18 สัปดาห์



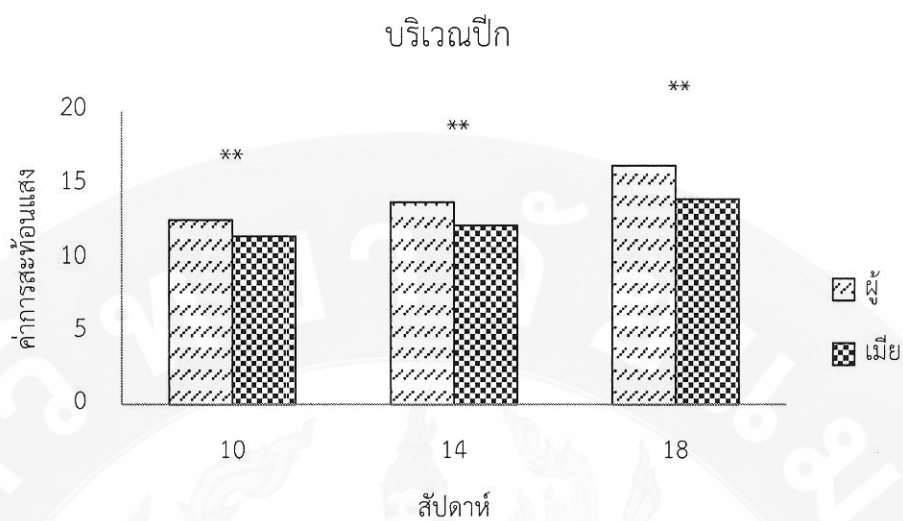
ภาพที่ 15 แสดงค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยที่บริเวณนอกของไข่กระดุกดำ
เมื่อแยกตามเพศที่อายุ 10, 14 และ 18 สัปดาห์

หมายเหตุ * แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)



ภาพที่ 16 แสดงค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยที่บริเวณโคนปีกของไข่กระดุกดำ
เมื่อแยกตามเพศที่อายุ 10, 14 และ 18 สัปดาห์

หมายเหตุ * แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)



ภาพที่ 17 แสดงค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยที่บริเวณอกปีกของไก่กระดุกดำ
เมื่อแยกตามเพศที่อายุ 10, 14 และ 18 สัปดาห์

หมายเหตุ * แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

อิทธิพลของปัจจัยคงที่มีผลต่อลักษณะน้ำหนักรูปร่าง และระดับความดำของผิวหนังที่บริเวณอก
โคนปีก และปีกในไก่กระดุกดำบริเวณอก โคนปีก และปีก

จากการศึกษา พบว่าอิทธิพลของปัจจัยคงที่เนื่องจากเพศมีอิทธิพลต่อลักษณะน้ำหนักรูปร่าง และระดับความดำของผิวหนังที่บริเวณอก โคนปีก และปีก ในไก่กระดุกดำที่อายุ 10 14 และ 18 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) เพศเมียจะมีระดับความดำของผิวหนังต่ำกว่าเพศผู้แต่น้ำหนักตัวน้อยกว่า ในขณะที่อิทธิพลคงที่เนื่องจากสีขน พบว่ามีอิทธิพลต่อลักษณะระดับความดำของผิวหนังเฉพาะบริเวณโคนปีกของอายุ 14 และ 18 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ดังนั้นสีขนมีอิทธิพลกับ 2 ลักษณะอิทธิพลคงที่เนื่องจากสีขนจึงถูกรวมเข้าไปในแฟ้มข้อมูลในการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย ส่วนอิทธิพลคงที่เนื่องจากชุดฟัก พบว่ามีอิทธิพลต่อลักษณะน้ำหนักรูปร่าง และระดับความดำของผิวหนังทุกบริเวณที่ศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) เนื่องจากลูกไก่ที่ใช้ในการทดลองแบ่งออกเป็น 7 ชุดฟัก และใช้เวลานานในการเลี้ยงอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมจึงมีผลต่อลักษณะที่ศึกษาอิทธิพลคงที่เนื่องจากชุดฟักจึงถูกรวมเข้าไปในแฟ้มข้อมูลในการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วย ดังแสดงในตารางที่ 9 สอดคล้องกับอุดมศรี และคณะ (2548) รายงานว่าเพศ และชุดฟัก มีอิทธิพลต่อน้ำหนักตัวเฉลี่ยของไก่กระดุกดำสายพันธุ์ฟ้าหลวง

ตารางที่ 9 แสดงอิทธิพลของ เพศ สีขน และชุดฟัก ที่มีผลต่อลักษณะน้ำหนักตัว และระดับความดําของผิวหนังไก่กระดุกดํา

ลักษณะ	อายุ (สัปดาห์)	เพศ	สีขน	ชุดฟัก
น้ำหนักตัว	10	**	ns	**
	14	**	ns	**
	18	**	ns	**
ระดับความดําของผิวหนังบริเวณอก	10	**	ns	**
	14	**	ns	**
	18	**	ns	**
ระดับความดําของผิวหนังบริเวณโคนปีก	10	**	ns	**
	14	**	*	**
	18	**	**	**
ระดับความดําของผิวหนังบริเวณปีก	10	**	ns	**
	14	**	ns	**
	18	**	ns	**

หมายเหตุ ^{ns} = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

ค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักตัว และระดับความดำของผิวหนัง ที่บริเวณอก โคนปีก และปีก

ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักตัว และระดับความดำของผิวหนัง

ค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัวที่อายุ 10 และ 18 สัปดาห์ พบว่า มีค่าปานกลางคือ 0.30 ± 0.12 และ 0.34 ± 0.13 ตามลำดับ ส่วนที่อายุ 14 สัปดาห์ พบว่ามีค่าอัตราพันธุกรรมสูงคือ 0.40 ± 0.09 ซึ่งใกล้เคียงกับ Lou et al. (1991; อ้างโดย Jiang and Groen (2000) รายงานว่า ลักษณะการเจริญเติบโตในไก่กระดูกดำเนื้อขาว (Black Bone and white meat) ที่อายุ 60 วัน เพศผู้มีค่าอัตราพันธุกรรมอยู่ในช่วง 0.25 ถึง 0.44 และเพศเมียมีค่าอัตราพันธุกรรมอยู่ในช่วง 0.30 ถึง 0.62 และอุดมศรี และคณะ (2548) รายงานว่าค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัวไก่กระดูกดำสายพันธุ์ฟ้าหลวงในช่วงอายุ 8-20 สัปดาห์มีค่าอยู่ในช่วง 0.21-0.65 และใกล้เคียงกับ สุพรรณษา (2548) รายงานว่าค่าอัตราพันธุกรรมในไก่พื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำมีค่าอัตราพันธุกรรมที่ช่วงอายุ 8-20 สัปดาห์อยู่ในช่วง 0.24-0.39 เช่นเดียวกับรายงานของ นัฐพงษ์ และคณะ (2556) รายงานว่าค่าอัตราพันธุกรรมในไก่เบตงสายเคยูที่ช่วงอายุแรกเกิดถึง 16 สัปดาห์ มีค่าอยู่ในช่วง 0.34-0.63 แสดงให้เห็นว่าลักษณะน้ำหนักตัวมีที่อายุ 14 สัปดาห์ มีค่าอัตราพันธุกรรมที่สูงกว่าช่วงอายุอื่น ๆ จึงมีผลตอบสนองต่อการคัดเลือกที่สูง หากทำการพัฒนาลักษณะน้ำหนักตัวที่อายุ 14 สัปดาห์ จะมีความก้าวหน้าทางพันธุกรรมเป็นอย่างดี

อย่างไรก็ตามค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะระดับความดำของผิวหนังในทุกบริเวณ และทุกช่วงอายุมีค่าต่ำ โดยที่บริเวณอก โคนปีก และปีก ที่ช่วงอายุ 10 สัปดาห์ พบว่ามีค่าอยู่ที่ 0.18 ± 0.13 , 0.19 ± 0.10 และ 0.09 ± 0.07 ตามลำดับ ที่ช่วงอายุ 14 สัปดาห์มีค่าอยู่ที่ 0.12 ± 0.10 , 0.10 ± 0.06 และ 0.10 ± 0.11 ตามลำดับ และที่ช่วงอายุ 18 สัปดาห์มีค่าอยู่ที่ 0.10 ± 0.07 , 0.09 ± 0.09 และ 0.08 ± 0.02 ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่า Chen et al. (1998; อ้างโดย Jiang and Groen (2000) รายงานว่า ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะการเกิดเม็ดสีดำของผิวหนังไก่กระดูกดำมีค่าอยู่ที่ 0.41 บ่งชี้ว่าลักษณะระดับความดำของผิวหนังมีผลตอบสนองต่อการคัดเลือกที่ต่ำ ส่งผลให้การพัฒนาลักษณะระดับสีดำของผิวหนังมีความก้าวหน้าทางการคัดเลือกได้ช้ากว่าลักษณะน้ำหนักตัวดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 แสดงค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักรูปร่าง และระดับความดำของผิวหนัง โดยวัดค่าการสะท้อนแสง (Y-value) บริเวณอก โคนปีก และปีก ของไก่กระดุกดำที่อายุ 10, 14 และ 18 สัปดาห์

สัปดาห์	h^2			
	น้ำหนักตัว	Y-value (อก)	Y-value (โคนปีก)	Y-value (ปีก)
10	0.30±0.12	0.18±0.13	0.19±0.10	0.09±0.07
14	0.40±0.09	0.12±0.10	0.10±0.06	0.10±0.11
18	0.34±0.13	0.10±0.07	0.09±0.09	0.08±0.02

ค่าอัตราซ้ำของลักษณะน้ำหนักรูปร่าง และระดับความดำของผิวหนัง

ค่าอัตราซ้ำของลักษณะน้ำหนักรูปร่าง และลักษณะระดับความดำของผิวหนังที่บริเวณโคนปีก พบว่ามีค่าอัตราซ้ำสูงโดยมีค่าอยู่ที่ 60.60 และ 40.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าลักษณะน้ำหนักรูปร่าง และระดับสีดำนของผิวหนังบริเวณโคนปีกมีความแม่นยำสูง บันทึกแรกของลักษณะนี้จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงการแสดงลักษณะที่ดีในครั้งต่อไปได้ ในขณะที่ลักษณะระดับความดำของผิวหนังบริเวณอก และปีกมีค่าอัตราซ้ำอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลางโดยมีค่าอยู่ที่ 27.84 และ 18.24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ บ่งบอกว่าระดับสีดำนของผิวหนังบริเวณอก และปีกจำเป็นต้องทำการบันทึกผลเฉลี่ยจำนวนหลาย ๆ ครั้งเพื่อเพิ่มความแม่นยำของการแสดงลักษณะในครั้งต่อไปดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 แสดงค่าอัตราซ้ำของลักษณะน้ำหนักรูปร่าง และระดับความดำของผิวหนังบริเวณอก โคนปีก และปีกของไก่กระดุกดำ (อายุ 10, 14 และ 18 สัปดาห์)

ลักษณะ	อัตราซ้ำ(%)
น้ำหนักตัว	60.60
ระดับความดำของผิวหนังบริเวณอก	27.84
ระดับความดำของผิวหนังบริเวณโคนปีก	40.11
ระดับความดำของผิวหนังบริเวณปีก	18.24

ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏของน้ำหนักตัว
และระดับความดำของผิวหนังบริเวณอก โคนปีก และปีก

ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏของน้ำหนักตัว และระดับความดำของผิวหนังที่บริเวณอก โคนปีก และปีกในไก่กระดุกดำที่อายุ 10 สัปดาห์

ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏระหว่างน้ำหนักตัวกับระดับความดำของผิวหนังในแต่ละบริเวณที่อายุ 10 สัปดาห์ พบว่ามีความสัมพันธ์กันต่ำในทิศทางทางบวก (แสดงในตารางที่ 12) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.06-0.47 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหากไก่มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นค่าการสะท้อนแสงในแต่ละบริเวณจะสูงขึ้นด้วย โดยค่าการสะท้อนแสงที่สูงขึ้นหมายถึงระดับความดำของผิวหนังที่ลดลง เพราะฉะนั้นหากต้องการพัฒนาน้ำหนักตัว และระดับสีดำนของผิวหนังร่วมกันเพื่อให้ได้ไก่กระดุกดำที่มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตที่ดี และมีระดับสีดำนของผิวหนังมากขึ้น ต้องทำการพัฒนาดัชนีการคัดเลือก ซึ่งอุดมศรี และคณะ (2548) รายงานว่าค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักตัวในช่วงอายุ 8-12 สัปดาห์ มีค่าอยู่ในช่วง 0.19-0.20 และค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏมีค่าอยู่ในช่วง 0.34-0.69

ส่วนค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏของลักษณะระดับความดำของผิวหนังในแต่ละบริเวณ (อก, โคนปีก และปีก) พบว่ามีความสัมพันธ์กันปานกลางถึงสูงในทิศทางบวก โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.53-0.91 แสดงให้เห็นว่าหากค่าการสะท้อนแสงบริเวณใดบริเวณหนึ่งสูงขึ้นจะทำให้ค่าการสะท้อนแสงบริเวณอื่น ๆ สูงขึ้นตามไปด้วยดังแสดงในตารางที่ 12 ซึ่งให้ให้เห็นว่าจะคัดเลือกไก่ที่มีสีดำนโดยดูที่บริเวณโคนปีก อก หรือใต้ปีกบริเวณใดก็ได้ ซึ่งเกษตรกรจะใช้วิธีดูใต้ปีกเป็นหลัก

ตารางที่ 12 ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏของลักษณะน้ำหนักรูปร่าง และระดับความดำของผิวหนัง โดยวัดค่าการสะท้อนแสง (Y-value) บริเวณอก โคนปีก และปีก ของไก่กระดูกดำที่อายุ 10 สัปดาห์

ลักษณะ	10 สัปดาห์			
	น้ำหนักตัว	Y-value (อก)	Y-value (โคนปีก)	Y-value (ปีก)
น้ำหนักตัว		0.11±0.30	0.47±0.26	0.29±0.42
Y-value (อก)	0.06±0.11		0.91±0.07	0.59±0.34
Y-value (โคนปีก)	0.19±0.14	0.61±0.06		0.62±0.35
Y-value (ปีก)	0.10±0.10	0.53±0.07	0.56±0.07	

ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏของน้ำหนักรูปร่างและระดับความดำของผิวหนังที่บริเวณอก โคนปีก และปีกในไก่กระดูกดำที่อายุ 14 สัปดาห์

ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏระหว่างน้ำหนักรูปร่างกับระดับความดำของผิวหนังในบริเวณอก และโคนปีก พบว่ามีความสัมพันธ์กันต่ำในทิศทางบวกโดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.02-0.18 ยกเว้นที่บริเวณปีกที่มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักรูปร่างต่ำในทิศทางลบ (-0.25) ซึ่งค่าความสัมพันธ์ที่ติดลบแสดงให้เห็นว่าหากน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นค่าการสะท้อนแสงในแต่ละบริเวณจะลดลง (ค่าการสะท้อนแสงที่ลดลงบ่งบอกถึงความระดับความดำของผิวหนังที่มากขึ้น) ดังนั้นหากต้องการพัฒนาลักษณะน้ำหนักรูปร่าง และลักษณะระดับความดำของผิวหนังไปร่วมกันเพื่อให้ได้ไก่กระดูกดำที่มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตที่ดี และมีระดับสีดำของผิวหนังที่มากขึ้นสามารถเลือกใช้ประโยชน์จากลักษณะระดับความดำของผิวหนังบริเวณปีกที่ช่วงอายุ 14 สัปดาห์

ส่วนค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏของลักษณะสีผิวหนังในแต่ละบริเวณ (อก, โคนปีก และปีก) พบว่ามีความสัมพันธ์กันปานกลางในทิศทางบวกโดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.30-0.64 ยกเว้นความสัมพันธ์ของระดับความดำของผิวหนังบริเวณอกกับปีกที่มีความสัมพันธ์กันในทิศทางลบ (-0.31) ดังแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏของลักษณะน้ำหนักรตัว และระดับความดำของผิวหนัง โดยวัดค่าการสะท้อนแสง (Y-value) บริเวณอก โคนปีก และปีก ของไก่กระดุกดำที่อายุ 14 สัปดาห์

ลักษณะ	14 สัปดาห์			
	น้ำหนักตัว	Y-value (อก)	Y-value (โคนปีก)	Y-value (ปีก)
น้ำหนักตัว		0.02±0.43	0.18±0.32	-0.25±0.30
Y-value (อก)	0.16±0.05		0.49±0.36	-0.31±0.37
Y-value (โคนปีก)	0.14±0.08	0.61±0.03		0.30±0.43
Y-value (ปีก)	0.16±0.06	0.64±0.035	0.47±0.05	

ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏของน้ำหนักรตัว และระดับความดำของผิวหนังที่บริเวณอก โคนปีก และปีกในไก่กระดุกดำที่อายุ 18 สัปดาห์

ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏระหว่างน้ำหนักรตัวกับระดับความดำของผิวหนังในบริเวณอก และโคนปีก พบว่ามีความสัมพันธ์กันต่ำในทิศทางบวกโดยมีค่าอยู่ในช่วง $0.20-0.39 \pm 0.23$ ยกเว้นที่บริเวณปีกที่มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักรตัวต่ำในทิศทางลบ (-0.06) แสดงให้เห็นว่าหากไก่มีน้ำหนักรตัว ที่สูงขึ้นค่าการสะท้อนแสงบริเวณโคนปีก และอกจะสูงขึ้นด้วยแต่ที่บริเวณปีกจะลดลง ดังนั้นหากต้องการพัฒนาลักษณะน้ำหนักรตัว และลักษณะระดับสีดำนของผิวหนังร่วมกันเพื่อให้ได้ไก่กระดุกดำที่มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตที่ดี และมีระดับความดำของผิวหนังที่มากขึ้น ควรเลือกใช้ประโยชน์จากลักษณะระดับความดำของผิวหนังบริเวณปีกในช่วงอายุ 18 สัปดาห์

ส่วนค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏของลักษณะสีผิวหนังในแต่ละบริเวณ (อก, โคนปีก และปีก) พบว่ามีความสัมพันธ์ปานกลางในทิศทางบวกโดยมีค่าอยู่ในช่วง $0.36-0.80$ ดังแสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏของลักษณะน้ำหนักรูปร่าง และระดับความดำของผิวหนัง โดยวัดค่าการสะท้อนแสง (Y-value) บริเวณอก ไคน์ปีก และปีก ของไก่กระดุกดำที่อายุ 18 สัปดาห์

ลักษณะ	18 สัปดาห์			
	น้ำหนักตัว	Y-value (อก)	Y-value (ไคน์ปีก)	Y-value (ปีก)
น้ำหนักตัว		0.20±0.33	0.39±0.23	-0.06±0.33
Y-value (อก)	0.18±0.07		0.80±0.07	0.57±0.05
Y-value (ไคน์ปีก)	0.23±0.06	0.61±0.02		0.36±0.06
Y-value (ปีก)	0.26±0.04	0.63±0.04	0.52±0.06	

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

1. เมื่อไก่อายุ 18 สัปดาห์ สามารถจำแนกไก่ได้เป็น 6 กลุ่มสีขนหลัก และในแต่ละกลุ่มสีขนมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยที่อายุแรกเกิดถึง 18 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยเมื่อแยกตามสีขนคอนทัวร์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ยกเว้นที่บริเวณโคนปีกของช่วงอายุ 14 และ 18 สัปดาห์ ไก่กระดูกดำเทศผู้มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยสูงกว่าไก่เทศเมียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ที่อายุ 6 สัปดาห์ ขึ้นไป และไก่กระดูกดำเทศผู้มีผิวหนังดำน้อยกว่าเทศเมีย ดังนั้นไก่กระดูกดำเทศผู้ที่มีลักษณะสีดำเข้ม มีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการพิจารณาเพื่อคัดเลือกไว้เป็นพ่อแม่พันธุ์ที่ดีในการปรับปรุงพัฒนาไก่กระดูกดำให้ดีขึ้นในอนาคต

2. เพศ และชุดปีก มีอิทธิพลต่อน้ำหนักตัว และระดับสีดำของผิวหนังทุกบริเวณ ส่วนสีขนมีอิทธิพลต่อลักษณะระดับความดำของผิวหนังบริเวณโคนปีกที่อายุ 14 และ 18 สัปดาห์ ดังนั้น ในการปรับปรุงพัฒนาไก่กระดูกดำเพื่อให้ได้ไก่กระดูกดำที่มีการเจริญเติบโตดี และมีผิวหนังสีดำขึ้นควรคำนึงถึงอิทธิพลของเพศ และสีขนด้วย

3. ค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัว พบว่ามีค่าปานกลางถึงสูง (0.30-0.40) ค่าอัตราพันธุกรรมของระดับความดำของผิวหนัง พบว่ามีค่าต่ำ (0.08-0.19) ค่าอัตราซ้ำของลักษณะน้ำหนักตัว และลักษณะระดับความดำของผิวหนังที่บริเวณโคนปีกมีค่าสูง ส่วนลักษณะระดับความดำของผิวหนังบริเวณอก และปีกมีค่าอัตราซ้ำอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (18.24-60.60) ดังนั้นน้ำหนักตัว และลักษณะระดับความดำของผิวหนังที่บริเวณโคนปีกมีค่าอัตราซ้ำสูง บันทึกแรกของลักษณะนี้สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงการแสดงลักษณะที่ดีในครั้งต่อ ๆ ไปได้

4. ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏระหว่างน้ำหนักตัวกับระดับความดำของผิวหนังในแต่ละบริเวณของทุกช่วงอายุ พบว่ามีความสัมพันธ์กันต่ำในทิศทางบวก โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.02-0.47 ยกเว้นที่บริเวณปีกของช่วงอายุ 14 และ 18 สัปดาห์ ที่พบว่ามีค่าสหสัมพันธ์กับน้ำหนักตัวต่ำในทิศทางลบคือ -0.25 และ -0.06 ตามลำดับ ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏของลักษณะระดับความดำของผิวหนังในแต่ละบริเวณของทุกช่วงอายุ (โคนปีก อก และปีก) มีความสัมพันธ์กันปานกลางถึงสูงในทิศทางบวก โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.30-0.91 ยกเว้นบริเวณอกกับปีกที่อายุ 14 สัปดาห์ ที่มีความสัมพันธ์กันในทิศทางลบ (-0.31)

จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าลักษณะน้ำหนักตัวมีผลตอบสนองต่อการคัดเลือกที่สูง ในขณะที่ลักษณะระดับความดำของผิวหนังมีผลตอบสนองต่อการคัดเลือกที่ต่ำ หากต้องการพัฒนาลักษณะระดับความดำของผิวหนังจะมีความก้าวหน้าทางการคัดเลือกที่ช้ากว่าน้ำหนักตัว ซึ่งค่าอัตราพันธุกรรมที่ต่ำอาจเกิดขึ้นได้จากไถ่ฝูงนี้มีความหลากหลายทางพันธุกรรม และมีประชากรน้อย ดังนั้นควรเพิ่มความแปรปรวนทางพันธุกรรม ทำการสร้างสายพันธุ์แท้หรือชักนำไถ่จากฝูงอื่นที่มีระดับผิวหนังดำเข้ามาเพื่อให้เกิดความแปรปรวนที่สูงขึ้น และหากต้องการพัฒนาน้ำหนักตัว และระดับความดำของผิวหนังร่วมกัน เพื่อให้ได้ไถ่กระดุกดำที่มีประสิทธิภาพการเจริญเติบโตที่ดี และมีระดับความดำของผิวหนังมากขึ้น พบว่ามีความเป็นไปได้ตามทฤษฎีที่อายุ 14 และ 18 สัปดาห์ เนื่องจากมีความสัมพันธ์กันในทิศทางลบ นั่นคือ เมื่อไถ่มีน้ำหนักตัวมากขึ้นจะมีระดับความดำของผิวหนังมากขึ้นด้วย แต่เนื่องจากมีความสัมพันธ์กันต่ำหรือมีอิสระต่อกัน ดังนั้นจึงควรเลือกปรับปรุงทีละลักษณะ

ข้อเสนอแนะ

1. ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ฝูงประชากรขนาดเล็กจึงทำให้มีความแปรปรวนต่ำ ในการศึกษาชั่วรุ่นต่อ ๆ ไปควรเพิ่มขนาดประชากรเพื่อเพิ่มระดับความแปรปรวน
2. ในการศึกษาครั้งนี้มีการศึกษาถึงค่าอัตราซ้ำ อัตราพันธุกรรม และค่าสหสัมพันธ์ ซึ่งควรจะมีการประมาณคุณค่าการผสมพันธุ์เพิ่มขึ้นด้วย เพื่อจะช่วยให้เพิ่มความแม่นยำในการคัดเลือกมากยิ่งขึ้น

แนวทางการศึกษาต่อ

1. การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเริ่มต้นเพียงชั่วรุ่นเดียวควรทำการศึกษาลักษณะน้ำหนักตัวกับระดับความดำของผิวหนังในชั่วรุ่นต่อ ๆ ไป
2. การศึกษาครั้งนี้พบความหลากหลายของสีขน ดังนั้นหากนำลักษณะของสีขนไปใช้ในการสร้างสายพันธุ์ที่ยังคงลักษณะของผิวหนังดำในการศึกษาต่อไปได้
3. ควรศึกษาอิทธิพลของยีนในแบบต่าง ๆ ที่มีผลต่อระดับความดำของผิวหนัง

บรรณานุกรม

- กรมปศุสัตว์. 2545. พันธุ์สัตว์ปีก. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://breeding.dld.go.th/poultry/index.php?option=com_content&view=categor&layout=blog&id=68&Itemid=73 (1 เมษายน 2558).
- เกล็ดแก้ว ด่านวิวัฒน์. 2546. วิทยาเอ็มบริโอ. กรุงเทพฯ: บุ๊คเนท.
- ชาญชัย รอดอนันต์. 2532. การผสมพันธุ์สัตว์. ม.ป.ท.: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตบางพระ.
- ชายแดน สุนนท์ชัย. 2557. ภูเขาฟาร์มขู่ไก่ดำสุขภาพเพื่อทำเงิน. สัตว์เศรษฐกิจ, 30(700), 39-48.
- ทวี อบอุ่น, ไสว นามคุณ และอานวย เลี้ยวธารากุล. 2549. การสร้างฝูงไก่ประดู่หางดำ : 5 ค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมและลักษณะน้ำหนักร่างกายไก่อายุต่าง ๆ . น. 373-381. ใน รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44 สาขาสัตวแพทยศาสตร์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ธีระชัย ช่อไม้, เฉลิมพล บุญเจือ และอุดมศรี อินทรโชติ. 2550. การสร้างฝูงไก่พื้นเมืองเหลืองหางขาว : 2. สมรรถภาพการผลิตและค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักร่างกายของไก่. น. 82- 89. ใน รายงานการประชุมวิชาการสัตวศาสตร์ ครั้งที่ 3. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- นัฐพงษ์ หวังทิวสุขกมล, วิริยา ลุ่งใหญ่, บุญอ้อม โฉมทิ และ พรรณวดี โสพรรณรัตน์. 2556. พารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักร่างกายไก่เบตง (สายเคยู). วิทยาศาสตร์เกษตร, 44:1(พิเศษ), 167-170.
- นาวา สุเทพากุล. 2558. เมลาโทนิฮอโมนแห่งรัตติกาล (Melatonin : the darkness hormone). วารสารเพื่อการวิจัยและพัฒนา องค์การเกษตรกรรม, 22(1), 13.
- บุญชอบ เฟื่องจันทร์. 2535. การปรับปรุงบำรุงพันธุ์สัตว์. ม.ป.ท.: คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรกรรมชลบุรี.
- บุญเริ่ม บุญนิธิ. 2549. การปรับปรุงพันธุ์สัตว์. ม.ป.ท.: คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครราชสีมา.
- พจน์ ศรีบุญลือ. 2535. ชีวะเคมีเนื้อเยื่อ. ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- พรจิต สอนสีดา, ยุพิน ผาสุข และเทวินทร์ วงษ์พระลับ. 2552ก. ผลของจำนวนสุจิและปริมาตรน้ำเชื้อในการผสมเทียมด้วยน้ำเชื้อแบบแช่แข็งต่ออัตราการผสมติด และฟักออกในไข่

- พื้นเมือง. ใน การประชุมวิชาการสัตวศาสตร์ ครั้งที่ 5. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- เพิ่มศักดิ์ ศิริวรรณ. 2547. การศึกษาเบื้องต้นในการพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ไก่กระดูกดำ. สัตวบาล, 14, 44-53.
- ยอดชาย ทองไทยนันท์. 2552. การปรับปรุงพันธุ์สัตว์เชิงปฏิบัติ. ม.ป.ท.: กลุ่มพัฒนาวิชาการ ปศุสัตว์ และกองบำรุงพันธุ์ กรมปศุสัตว์.
- วิศุทธิ์ เอื้อกิงเพชร. 2550. ไก่ดำภูพานสัตว์เศรษฐกิจโดนใจเกษตรกรรายย่อยภาคอีสาน. สัตว์เศรษฐกิจ, 25(561), 27-31.
- วุฒิไกร บุญคุ้ม, มนต์ชัย ดวงจินดา, บัญญัติ เหล่าไพบูลย์ และเทวินทร์ วงษ์พระลับ. 2555. การประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมและแนวโน้มทางพันธุกรรมของสมรรถนะการเจริญเติบโต และผลผลิตไข่ในไก่พื้นเมืองไทย (ประดู่หางดำ). แก่นเกษตร, 44:2(พิเศษ), 400-404.
- วุฒิชัย เคนไชยวงศ์, มนต์ชัย ดวงจินดา, บัญญัติ เหล่าไพบูลย์ และ เทวินทร์ วงษ์พระลับ. 2550. การประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะการเจริญเติบโตในไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์ซี.วารสารเกษตร, 23(3), 253-261.
- ศรันยา กตัญญูวงศ์. 2554. สูตรแทนไก่ดำบำรุงหลังคลอด. ชีวจิต, 13(310), 70-71.
- ศิริพันธ์ โมราถบ, สุนีย์ ตรีมณี, บุญศักดิ์ เกลียวกมลทัต, สวัสดิ์ ธรรมบุตร และอัมพร ธรรมบุตร. 2549. คู่มือการเลี้ยงไก่พื้นเมือง. ม.ป.ท.: กรมปศุสัตว์.
- ศิริลักษณ์ พรสุขศิริ. 2530. การศึกษาลักษณะบางประการของไก่เนื้อดำและลูกผสมเกี่ยวกับการเจริญเติบโต คุณค่าทางอาหาร และลักษณะของเมตลีเมลานิน. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศุภย์วิชัย และถ่ายทอดเทคโนโลยีเชียงราย. 2552. โครงการอนุรักษ์ และพัฒนาสายพันธุ์ไก่ดำดอยแม่สลอง. ข่าวปศุสัตว์, 32(272), 19-21.
- ศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพานอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. 2555. คู่มือที่ 3 การเลี้ยงไก่ดำภูพาน. ม.ป.ท.: สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ.
- สีğun นุชชา. 2554. การปรับปรุงพันธุ์สัตว์. ม.ป.ท.: คณะวิชาสัตวศาสตร์ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีตรัง.

- สุพรรณิ มุขพรหม, วุฒิไกร บุญคุ้ม และ มนต์ชัย ดวงจินดา. 2556. แนวโน้มทางพันธุกรรมของลักษณะการเจริญเติบโตในไก่ลูกผสมพื้นเมืองไทยสายพันธุ์สังเคราะห์. วิทยาศาสตร์เกษตร, 44:1(พิเศษ), 159-162.
- สุพรรณษา เพ็ญมาศ. 2548. การประมาณกราฟการเจริญเติบโต และค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะการเจริญเติบโตในไก่พื้นเมืองไทย (พันธุ์ประตูหางดำ). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมเกียรติ สายธณ. 2537. หลักการปรับปรุงพันธุ์สัตว์. ม.ป.ท.: ภาควิชาสัตวศาสตร์คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สมชัย จันทร์สว่าง. 2530. การปรับปรุงพันธุ์สัตว์. ภาควิชาสัตวบาลคณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- _____. 2549. พันธุศาสตร์สถิติในการปรับปรุงพันธุ์สัตว์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สมศักดิ์ วนิชาชีวะ. 2544. การเจริญของตัวอ่อน. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- หนึ่งฤทัย พรหมวาที, บัญญัติ เหล่าไพบูลย์, เทวินทร์ วงษ์พระลับ, วุฒิไกร บุญคุ้ม และ มนต์ชัย ดวงจินดา. 2555. การประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะการเจริญเติบโตในไก่พื้นเมืองลูกผสมพื้นเมืองไทยสายพันธุ์สังเคราะห์. เกษตร, 44:2(พิเศษ), 395-399.
- อุดมศรี อินทรโชติ, ไสว นามคุณ, นิพนธ์ วิทยากร และอำนาจ เลี้ยวธรากุล. 2548. การคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ไก่พื้นเมืองของท้องถิ่น (ไก่ฟ้าหลวง) สำหรับเลี้ยงในเขตพื้นที่สูงภาคเหนือของประเทศไทย. น. 1-22. ใน รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ตามโครงการวิจัยที่ 3045-3275. เชียงใหม่: โครงการหลวง.
- อรรรรณ ชินราศี. 2547. เทคโนโลยีการผลิตสัตว์ปีก. มหาสารคาม: อภิชาตการพิมพ์.
- Arora G., S.K. Mishra, B. Nautiyal, S.O. Pratap, A. Gupta, C.K. Beura and D.P.Singh. 2011. Genetics of hyperpigmentation associated with the Fibromelanosis gene (Fm) and analysis of growth and meat quality traits in crosses of native Indian Kadaknath chickens and non-indigenous breeds. British Poultry Science, 52(6), 675—685.
- Chen, S.-R., B. Jiang, J.X. Zheng, G.Y. Xu, J.Y. Li, N. Yang. 2008. Isolation and characterization of natural melanin derived from silky fowl (*Gallus gallus domesticus* Brisson). Food Chemistry, 111, 745–749.

- Dorshorst, B., R. Okimoto and C. Ashwell. 2010. Genomic regions associated with dermal hyperpigmentation, polydactyly and other morphological traits in the silkie chicken. *Journal of Heredity*, 101(3), 339–350.
- Duangjinda, M., I. Misztal and S. Tsuruta. 2005. BLUPF90-ChickenPAK 2.5 [computer programs]. Khonkaen University, Thailand. <http://agserver.kku.ac.th/monchai>.
- Foote, R. H. 2002. The history of artificial insemination: selected notes and notables. *American Society of Animal Science*, 14853-4801.
- Geng T., X. Zhang and K. Chen. 2000. Pigmentation of melanin in Taihe Silky fowl after birth. *China poultry* [Online] Available. http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-ZGJQ200007005.htm (10 September 2013).
- Hirano, S. (1990). Observations on pigment granules in the bones of silky fowls. *Archives of Histology and Cytology*, 53(1), 89-93.
- Jaturasitha, S., T. Srikanthai, M. Kreuzer and M. Wicke. 2008. Differences in Carcass and Meat Characteristics between Chicken Indigenous to Northern Thailand (Black-Boned and Thai Native) and Imported Extensive Breeds (Bresse and Rhode Island Red). *Poultry Science*, 87, 160–169.
- Jiang, X and A.F. Groen. 2000. Chicken breeding with local breeds in china – a review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 13(10), 1482–1498.
- Li R., Y. Shang and J. Guan. 2010. Research on Melanin from Black-bone Silky Fowl. *Meat Research* [Online] Available. http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-RLYJ201010016.htm (10 September 2013).
- Li X., T. Ying-gang, X. Ming-yong, S. Ya-zhen, T. Yong-gang, L. Jian-hua and W. Yong. 2009. Extraction, Isolation and Antioxidant Activity of Melanin from Black-bone Silky Fowl Meat. *Food Science* [Online] Available. http://en.cnki.Com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-SPKX200918030.htm (10 September 2013).
- Lukanov H. and A. Genchev. 2013. Fibromelanosis in domestic chickens. *Agricultural science and technology*, 5(3), 239–246.

- Machado - Ortolani, C.F., P.F. Freitas, C.D. Faraco. 2009. Melanogenesis in dermal melanocytes of Japanese Silky chicken embryos. *Tissue and Cell*, 41, 239–248.
- Muroya, S., R.I. Tanabe, I. Nakajima, K. Chikuni. 2000. Molecular characteristics and site specific distribution of the pigment of the Silky fowl. *Journal of Veterinary Medical Science*, 62, 391–395.
- Nishimura, S., I. Oshima, Y. Ono, S. Tabata, A. Ishibashi and H. Iwamoto. 2006. Age-related changes in the intramuscular distribution of melanocytes in the Silky fowl. *British Poultry Science*, 47, 426-432.
- Pan K., and G. Li. 2009. Effects of different Chinese herbal additives on melanin content in Taihe silky fowls. *China Feed* [Online] Available. http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-SLGZ200907009.htm (10 September 2013).
- SAS. 1996. SAS/STAT Software Release 6.12. SAS Institute Inc., Cary. NC., USA.
- Shi, J., F., Shahidi and C.-T., Ho. 2005. *Asian Functional Foods*. New York: Nutraceutical Science and Technology, Taylor and Francis Group.
- Shinomiya, A., Y. Kayashima, K. Kinoshita, M. Mizutani, T. Namikawa, Y. Matsuda and T. Akiyama. 2012. Gene duplication of endothelin 3 is closely correlated with the hyperpigmentation of the internal organs (fibromelanosis) in silky chickens. *Genetics Society of America*, 190, 627–638.
- Smyth Jr., J.R. 1990. Genetics of plumage, skin and eye pigmentation in chickens, pp. 109-167. In R. D. Crawford ed. *Poultry Breeding and Genetic*. New York: Elsevier Science Publishing Company.
- Tian Y., S. Zhu, M. Wang, H. Wu and D. Gong. 2011. Composition of fatty acid in the muscle of black-bone silky chicken (*Gallus gallus domesticus brisson*) and its bioactivity in mice. *Food Chemistry*, 126, 479-483.
- Tu YG., YZ. Sun, YG. Tian, MY. Xie and J. Chen. 2009. Physicochemical characterization and antioxidant activity of melanin from the muscles of Taihe black-bone Silky fowl. (*Gallus gallus domesticus brisson*). *Food Chemistry*, 114, 1345-1350.

- Wiss, L. 1983. Histology Cell and tissue biology. 5th ed. New York: Elsevier Biomedical.
- Ying gang T., X. Mingyong, W. Weiya, W. Hongjing, F. Zhihong Fu and L. Lin. 2007. Determination of carnosine in Black-Bone Silky Fowl (*Gallus gallus domesticus* Brisson) and common chicken by HPLC. European Food Research and Technology, 226, 311-314.
- Yong-gang T., S. Ya-zhen, T. Ying-gang and X. Ming-yong. 2009. Physicochemical characterization and antioxidant activity of melanin from the muscles of Taihe Black-bone silky fowl (*Gallus gallus domesticus* Brisson). Food Chemistry, 114, 1345–1350.



ภาคผนวก ก

ค่าน้ำหนักตัวเฉลี่ย และค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ย Least Squares Means ($\pm$ SE)
แยกตามสีขน เพศ และชุดปีกของไก่กระดูกดำฝูงมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ตารางภาคผนวกที่ 1 คำนำน้หนักตัวเฉลี่ย Least Squares Means ($\pm$ SE) ของไก่กระดุกดำแยกตามสีขนที่ช่วงอายุแรกเกิดถึง 18 สัปดาห์

น้ำหนักตัว		สีขน (LS mean $\pm$ S.E.)					
		ขนขาว	ขนเทา	ขนดำ	ขนลาย	ขนแบบซี่ฟ้า	ขนแบบฟ้าหลวง
สัปดาห์ที่	แรกเกิด	33.7 $\pm$ 0.6	31.5 $\pm$ 0.4	31.9 $\pm$ 0.3	31.1 $\pm$ 0.3	29.5 $\pm$ 1.3	30.5 $\pm$ 0.6
	1	66.2 $\pm$ 1.8	60.8 $\pm$ 1.2	61.6 $\pm$ 0.9	59.9 $\pm$ 1.0	58.3 $\pm$ 4.0	57.4 $\pm$ 1.9
	2	114.8 $\pm$ 3.6	103.3 $\pm$ 2.3	104.0 $\pm$ 1.8	101.3 $\pm$ 2.1	91.4 $\pm$ 8.0	96.0 $\pm$ 3.9
	3	175.1 $\pm$ 5.8	159.1 $\pm$ 3.8	158.0 $\pm$ 2.8	154.6 $\pm$ 3.4	135.9 $\pm$ 13.0	150.2 $\pm$ 6.3
	4	261.9 $\pm$ 8.4	244.6 $\pm$ 5.5	234.9 $\pm$ 4.1	227.3 $\pm$ 4.9	204.6 $\pm$ 18.6	231.0 $\pm$ 9.2
	6	434.3 $\pm$ 13.9	406.3 $\pm$ 9.1	392.3 $\pm$ 6.8	384.2 $\pm$ 8.1	358.9 $\pm$ 31.3	388.2 $\pm$ 15.1
	8	615.7 $\pm$ 20.2	584.2 $\pm$ 13.2	565.0 $\pm$ 9.9	558.5 $\pm$ 11.7	565.5 $\pm$ 45.3	563.4 $\pm$ 21.9
	10	834.7 $\pm$ 27.5	763.6 $\pm$ 17.9	760.3 $\pm$ 13.4	758.4 $\pm$ 15.9	808.0 $\pm$ 61.7	778.9 $\pm$ 29.9
	12	1059.1 $\pm$ 34.1	1006.8 $\pm$ 22.3	1004.5 $\pm$ 16.7	993.8 $\pm$ 19.7	1103.5 $\pm$ 76.6	1013.8 $\pm$ 37.1
	14	1261.4 $\pm$ 37.8	1206.0 $\pm$ 24.7	1206.5 $\pm$ 18.5	1183.5 $\pm$ 21.9	1285.0 $\pm$ 84.9	1240.8 $\pm$ 41.1
	16	1424.8 $\pm$ 42.2	1347.8 $\pm$ 27.5	1349.7 $\pm$ 20.6	1336.4 $\pm$ 24.4	1447.9 $\pm$ 94.7	1384.2 $\pm$ 45.8
	18	1594.2 $\pm$ 50.5	1517.7 $\pm$ 32.9	1537.4 $\pm$ 24.7	1499.0 $\pm$ 29.2	1534.8 $\pm$ 113.3	1531.8 $\pm$ 54.8

ตารางภาคผนวกที่ 2 ค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ย Least Squares Means ($\pm$ SE) ของไก่กระดูกดำแยกตามสีขนที่อายุ 10, 14 และ 18 สัปดาห์

ระดับความดำของผิวหนัง		สีขน (LS mean $\pm$ S.E.)					
		ขนขาว	ขนเทา	ขนดำ	ขนลาย	ขนแบบซี่ฟ้า	ขนแบบฟ้าหลวง
สัปดาห์ที่ 10	อก	16.8 $\pm$ 0.5	17.0 $\pm$ 0.3	17.1 $\pm$ 0.3	16.4 $\pm$ 0.3	17.8 $\pm$ 1.2	17.1 $\pm$ 0.6
	โคนปีก	14.3 $\pm$ 0.4	14.0 $\pm$ 0.3	14.3 $\pm$ 0.2	13.9 $\pm$ 0.2	14.5 $\pm$ 0.9	14.0 $\pm$ 0.4
	ปีก	12.0 $\pm$ 0.4	12.2 $\pm$ 0.3	11.9 $\pm$ 0.2	11.6 $\pm$ 0.2	12.9 $\pm$ 0.9	11.9 $\pm$ 0.5
สัปดาห์ที่ 14	อก	18.0 $\pm$ 0.6	17.5 $\pm$ 0.4	17.9 $\pm$ 0.3	17.7 $\pm$ 0.3	19.2 $\pm$ 1.3	18.6 $\pm$ 0.6
	โคนปีก	14.6 $\pm$ 0.4	14.6 $\pm$ 0.3	15.6 $\pm$ 0.2	14.8 $\pm$ 0.3	16.2 $\pm$ 1.0	15.3 $\pm$ 0.5
	ปีก	12.1 $\pm$ 0.5	12.4 $\pm$ 0.3	13.0 $\pm$ 0.2	12.3 $\pm$ 0.3	16.3 $\pm$ 1.1	12.3 $\pm$ 0.5
สัปดาห์ที่ 18	อก	20.6 $\pm$ 0.6	19.6 $\pm$ 0.4	20.4 $\pm$ 0.3	20.1 $\pm$ 0.3	22.2 $\pm$ 1.3	19.2 $\pm$ 0.6
	โคนปีก	17.1 $\pm$ 0.5	16.6 $\pm$ 0.4	17.4 $\pm$ 0.3	16.9 $\pm$ 0.3	20.0 $\pm$ 1.2	17.3 $\pm$ 0.6
	ปีก	15.3 $\pm$ 0.6	14.6 $\pm$ 0.4	15.2 $\pm$ 0.3	14.5 $\pm$ 0.4	17.1 $\pm$ 1.4	14.4 $\pm$ 0.7

ตารางภาคผนวกที่ 3 คำนำน้หนักตัวเฉลี่ย Least Squares Means ($\pm$ SE) ของไก่กระดูกดำแยกตามเพศที่ช่วงอายุแรกเกิดถึง 18 สัปดาห์

น้ำหนักตัว		เพศ (LS mean $\pm$ S.E.)	
		ผู้	เมีย
สัปดาห์ที่	แรกเกิด	31.2 $\pm$ 0.3	31.5 $\pm$ 0.3
	1	60.7 $\pm$ 1.0	60.7 $\pm$ 1.1
	2	103.7 $\pm$ 2.0	99.9 $\pm$ 2.1
	3	160.0 $\pm$ 3.3	151.0 $\pm$ 3.5
	4	241.7 $\pm$ 4.8	226.4 $\pm$ 5.0
	6	413.8 $\pm$ 7.8	373.9 $\pm$ 8.3
	8	602.7 $\pm$ 11.4	548.1 $\pm$ 12.0
	10	830.5 $\pm$ 15.5	737.4 $\pm$ 16.4
	12	1112.4 $\pm$ 19.2	948.1 $\pm$ 20.3
	14	1350.1 $\pm$ 21.3	1111.1 $\pm$ 22.5
	16	1529.2 $\pm$ 23.7	1234.4 $\pm$ 25.1
	18	1712.1 $\pm$ 28.4	1359.6 $\pm$ 30.0

ตารางภาคผนวกที่ 4 ค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ย Least Squares Means ($\pm$ SE) ของไก่กระดูกดำแยกตามเพศที่อายุ 10, 14 และ 18 สัปดาห์

ระดับความดำของผิวหนัง		เพศ (LS mean $\pm$ S.E.)	
		ผู้	เมีย
สัปดาห์ที่ 10	อก	17.5 $\pm$ 0.3	16.6 $\pm$ 0.3
	โคนปีก	14.7 $\pm$ 0.2	13.6 $\pm$ 0.2
	ปีก	12.6 $\pm$ 0.2	11.5 $\pm$ 0.3
สัปดาห์ที่ 14	อก	18.8 $\pm$ 0.3	17.5 $\pm$ 0.3
	โคนปีก	16.0 $\pm$ 0.3	14.3 $\pm$ 0.3
	ปีก	13.8 $\pm$ 0.3	12.3 $\pm$ 0.3
สัปดาห์ที่ 18	อก	21.2 $\pm$ 0.3	19.5 $\pm$ 0.3
	โคนปีก	18.7 $\pm$ 0.3	16.4 $\pm$ 0.3
	ปีก	16.3 $\pm$ 0.4	14.0 $\pm$ 0.4

ตารางภาคผนวกที่ 5 คำนวณน้ำหนักตัวเฉลี่ย Least Squares Means ($\pm$ SE) ของไก่กระดุกดำแยกตามชุดฟักที่ช่วงอายุแรกเกิดถึง 18 สัปดาห์

สัปดาห์ที่	ชุดฟักที่ (LS mean $\pm$ S.E.)						
	1	2	3	4	5	6	7
แรกเกิด	32.3 $\pm$ 0.4	34.2 $\pm$ 0.41	32.9 $\pm$ 0.4	31.4 $\pm$ 0.5	30.8 $\pm$ 0.5	28.2 $\pm$ 0.8	29.6 $\pm$ 0.6
1	61.4 $\pm$ 1.3	47.3 $\pm$ 1.3	61.6 $\pm$ 1.3	61.9 $\pm$ 1.6	63.5 $\pm$ 1.44	71.4 $\pm$ 2.3	57.6 $\pm$ 1.9
2	115.7 $\pm$ 2.6	95.6 $\pm$ 2.6	105.4 $\pm$ 2.7	91.1 $\pm$ 3.2	103.8 $\pm$ 2.9	106.3 $\pm$ 4.7	94.7 $\pm$ 3.8
3	168.2 $\pm$ 4.2	159.4 $\pm$ 4.1	162.1 $\pm$ 4.3	135.0 $\pm$ 5.1	177.5 $\pm$ 4.7	150.8 $\pm$ 7.6	135.5 $\pm$ 6.1
4	259.0 $\pm$ 6.1	252.3 $\pm$ 6.0	242.2 $\pm$ 6.3	204.2 $\pm$ 7.5	257.0 $\pm$ 6.8	234.4 $\pm$ 11.0	189.4 $\pm$ 8.9
6	448.4 $\pm$ 10.1	456.5 $\pm$ 9.9	392.9 $\pm$ 10.4	335.7 $\pm$ 12.3	406.8 $\pm$ 11.2	370.13 $\pm$ 18.1	346.8 $\pm$ 14.7
8	669.3 $\pm$ 14.6	644.1 $\pm$ 14.4	566.9 $\pm$ 15.1	464.9 $\pm$ 17.9	595.7 $\pm$ 16.2	542.7 $\pm$ 26.2	544.1 $\pm$ 21.3
10	868.6 $\pm$ 19.9	868.2 $\pm$ 19.6	756.3 $\pm$ 20.6	690.7 $\pm$ 24.3	794.3 $\pm$ 22.1	744.1 $\pm$ 35.7	765.7 $\pm$ 29.0
12	1078.8 $\pm$ 24.7	1089.9 $\pm$ 24.3	1025.5 $\pm$ 25.5	939.7 $\pm$ 30.2	1037.3 $\pm$ 27.4	1004.5 $\pm$ 44.4	1036.0 $\pm$ 36.0
14	1300.4 $\pm$ 27.4	1327.0 $\pm$ 26.9	1259.7 $\pm$ 28.3	1154.3 $\pm$ 33.5	1200.9 $\pm$ 30.4	1120.4 $\pm$ 49.18	1251.4 $\pm$ 40.0
16	1467.8 $\pm$ 30.5	1517.5 $\pm$ 30.0	1403.8 $\pm$ 31.6	1360.5 $\pm$ 37.3	1318.1 $\pm$ 33.9	1285.9 $\pm$ 54.8	1318.8 $\pm$ 44.5
18	1572.6 $\pm$ 36.5	1703.9 $\pm$ 36.0	1469.9 $\pm$ 37.8	1457.2 $\pm$ 44.6	1576.4 $\pm$ 40.6	1468.6 $\pm$ 65.6	1502.3 $\pm$ 53.2

ตารางภาคผนวกที่ 6 ค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ย Least Squares Means ($\pm$ SE) ของไก่กระดูกดำแยกตามชุดฟักที่อายุ 10, 14 และ 18 สัปดาห์

ระดับความดำของผิวหนัง		ชุดฟักที่ (LS mean $\pm$ S.E.)						
		1	2	3	4	5	6	7
สัปดาห์ที่ 10	อก	16.56 $\pm$ 0.38	18.87 $\pm$ 0.38	17.75 $\pm$ 0.40	17.21 $\pm$ 0.47	17.07 $\pm$ 0.42	16.85 $\pm$ 0.69	15.00 $\pm$ 0.56
	โคนปีก	14.35 $\pm$ 0.29	14.85 $\pm$ 0.29	14.59 $\pm$ 0.30	14.50 $\pm$ 0.36	14.24 $\pm$ 0.33	14.21 $\pm$ 0.53	12.48 $\pm$ 0.43
	ปีก	13.46 $\pm$ 0.30	13.54 $\pm$ 0.30	13.32 $\pm$ 0.31	12.06 $\pm$ 0.37	11.32 $\pm$ 0.34	11.19 $\pm$ 0.54	9.66 $\pm$ 0.44
สัปดาห์ที่ 14	อก	19.88 $\pm$ 0.41	17.14 $\pm$ 0.40	18.09 $\pm$ 0.43	17.94 $\pm$ 0.50	17.47 $\pm$ 0.46	17.51 $\pm$ 0.74	18.93 $\pm$ 0.60
	โคนปีก	16.33 $\pm$ 0.32	13.67 $\pm$ 0.31	15.22 $\pm$ 0.33	15.12 $\pm$ 0.39	15.26 $\pm$ 0.35	14.96 $\pm$ 0.57	15.67 $\pm$ 0.46
	ปีก	15.01 $\pm$ 0.34	12.27 $\pm$ 0.34	11.98 $\pm$ 0.36	12.33 $\pm$ 0.42	13.06 $\pm$ 0.38	14.23 $\pm$ 0.62	12.41 $\pm$ 0.50
สัปดาห์ที่ 18	อก	20.55 $\pm$ 0.41	19.54 $\pm$ 0.40	19.00 $\pm$ 0.42	17.01 $\pm$ 0.50	21.28 $\pm$ 0.46	23.09 $\pm$ 0.74	21.30 $\pm$ 0.60
	โคนปีก	17.30 $\pm$ 0.39	17.17 $\pm$ 0.38	16.56 $\pm$ 0.40	15.30 $\pm$ 0.47	18.83 $\pm$ 0.43	18.83 $\pm$ 0.70	18.73 $\pm$ 0.56
	ปีก	13.66 $\pm$ 0.46	14.60 $\pm$ 0.45	14.40 $\pm$ 0.48	13.34 $\pm$ 0.56	17.10 $\pm$ 0.51	18.15 $\pm$ 0.83	14.93 $\pm$ 0.67



ภาคผนวก ข

ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์

ตารางภาคผนวกที่ 7 ตัวอย่าง Pedigree file ที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของ
ลักษณะน้ำหนักตัว และระดับสีดําของผิวหนัง

Pedigree file

ANIMALID	SIRID	DAMID	HATCH	YEAR
209	1s	2d	1	2556
313	1s	3d	1	2556
418	2s	4d	1	2556
416	2s	4d	1	2556
420	2s	4d	1	2556
522	2s	5d	1	2556
523	2s	5d	1	2556

หมายเหตุ : ANIMALID = หมายเลขตัวสัตว์, SIRID = พ่อพันธุ์, DAMID = แม่พันธุ์, HATCH = ชุด
ฟัก, YEAR = ปีที่สัตว์เกิด

ตารางภาคผนวกที่ 8 ตัวอย่าง Data file ที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักตัว และระดับสีตาของผิวน้ำ

Data file

ID	CONT	SEX	HATCH	10WK	14WK	18WK	BR10	WR10	WG10	BR14	WR14	WG14	BR18	WR18	WG18
209	6	2	1	800	1180	1460	13.5	10.1	8.9	17.2	14.2	12.7	15.8	11.9	10.9
313	3	2	1	1150	1550	1860	14.2	11.4	8.5	16.8	15	12.3	17.8	17.5	15
418	3	2	1	900	1180	1330	20	15.2	19.3	20.7	18	15.9	21.1	16.5	13.7
416	1	2	1	850	1150	1400	11.4	10.5	9.8	19.8	15	11	18.2	16.5	11.1
420	2	2	1	760	1130	1450	20	17.5	16.6	16.7	13.5	13	19	15.6	9.5

หมายเหตุ : ID = หมายเลขตัวสัตว์, CONT = สีขนตัวสัตว์, SEX = เพศ, HATCH = ชุดฟัก, 10WK = น้ำหนักตัวที่อายุ 10 สัปดาห์, 14WK = น้ำหนักตัวที่อายุ 14 สัปดาห์, 18WK = น้ำหนักตัวที่อายุ 18 สัปดาห์, BR10 = ค่าการสะท้อนแสงบริเวณอกที่อายุ 10 สัปดาห์, WR10 = ค่าการสะท้อนแสงบริเวณโคนปีกที่อายุ 10 สัปดาห์, WG10 = ค่าการสะท้อนแสงบริเวณปีกที่อายุ 10 สัปดาห์, BR14 = ค่าการสะท้อนแสงบริเวณอกที่อายุ 14 สัปดาห์, WR14 = ค่าการสะท้อนแสงบริเวณโคนปีกที่อายุ 14 สัปดาห์, WG14 = ค่าการสะท้อนแสงบริเวณปีกที่อายุ 14 สัปดาห์, BR18 = ค่าการสะท้อนแสงบริเวณอก ที่อายุ 18 สัปดาห์, WR18 = ค่าการสะท้อนแสงบริเวณโคนปีกที่อายุ 18 สัปดาห์, WG18 = ค่าการสะท้อนแสงบริเวณปีกที่อายุ 18 สัปดาห์

ภาคผนวก ค

ตัวอย่าง Parameter file ที่ใช้ในการวิเคราะห์

ตัวอย่าง Parameter file ที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวนของลักษณะ
น้ำหนักตัว และระดับความดำของผิวหนังไก่กระดุกดำที่อายุ 10 สัปดาห์

REMLF90/BLUPF90-PCPAK by I.Misztal,S.Tsuruta,T.Druet and M.Duangjinda

=====

Variance Estimation

=====

Genetic variance(s) for effect: 4

G

0.565E+04	32.5	0.889	5.09
32.5	1.29	0.657	0.391
0.889	0.657	0.587	0.272
5.09	0.391	0.272	0.374

Genetic correlation(s):

CorrG

1.00	0.380	0.154E-01	0.111
0.380	1.00	0.753	0.562
0.154E-01	0.753	1.00	0.581
0.111	0.562	0.581	1.00

Residual variance(s):

R

0.131E+05	27.1	17.7	22.7
27.1	5.89	2.52	2.60
17.7	2.52	3.48	2.14
22.7	2.60	2.14	4.08

Residual correlation(s):

CorrR

1.00	0.973E-01	0.827E-01	0.983E-01
0.973E-01	1.00	0.556	0.530
0.827E-01	0.556	1.00	0.568
0.983E-01	0.530	0.568	1.00

Total variance(s):

P

18791.	59.609	18.578	27.838
59.609	7.1877	3.1757	2.9880
18.578	3.1757	4.0690	2.4112
27.838	2.9880	2.4112	4.4537

Phenotypic correlation(s):

CorrP

1.0000	0.16219	0.67184E-01	0.96229E-01
0.16219	1.0000	0.58721	0.52811
0.67184E-01	0.58721	1.0000	0.56642
0.96229E-01	0.52811	0.56642	1.0000

=====

Heritability Estimation

=====

Ratio of variance for effect: 4

0.3008

0.1800

0.1443

0.0841

=====

Likelihood

=====

-2logL = 5639.52540353297 + constant

AIC = 8855.52540353297 + constant

BIC = 14925.0042887684 + constant





ภาคผนวก ง

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ - สกุล

นางสาวชนัดดา สวรรณวิชญ์

เกิดเมื่อ

27 กันยายน 2532

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2550

มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนแก่งคอย อ. แก่งคอย จ.
สระบุรี

พ.ศ. 2554

ปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต คณะสัตวศาสตร์ และ
เทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขต
สารสนเทศ เพชรบุรี จ.เพชรบุรี

อีเมล

chanadda-su@hotmail.com