วารสารแก่นเกษตร THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj



การประเมินสมรรถภาพการผลิตไข่ และการเจริญเติบโตของไก่กระดูกดำ(ฟ้าหลวง)

Evaluation of egg production and growth performance of Thai native black-bone chickens (Fah Luang)

กรรณิกา ฮามประคร[1]*, ประภากร ธาราฉาย[1], เถลิงศักดิ์ อังกุรเศรณี[2], กฤดา ชูเกียรติศิริ[1], จุฬากร ปานะถึก[1], ภาคภูมิ เสาวภาคย์[1], ครรชิต ชมภูพันธ์[1] และ สุภารักษ์ คำพุฒ[1]

Kannikar Hamprakorn[1]*, Prapakorn Tarachai[1], Talerngsak Angkuraseranee[1], Kridda Chukiatsiri[1], Julakorn Panatuk[1], Phakphume Saowaphak[1], Kanchit Chompupun[1] and Suparak Khumput[1]

[1] *คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่, 50290*
[1] *Faculty of Animal Science and Technology, Maejo University, Chiang Mai, 50290*
[2] *คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, 10330*
[2] *Faculty of Veterinary Science, Chulalongkorn University, Bangkok, 10330*

บทคัดย่อ: การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินสมรรถภาพการผลิตไข่ การฟักไข่ และการเจริญเติบโตของลูกไก่กระดูกดำ(ฟ้าหลวง) โดยใช้พ่อแม่พันธุ์ไก่กระดูกดำสายพันธุ์ฟ้าหลวง 1 (MA) และสายพันธุ์ฟ้าหลวง 2 (MJ) ที่มีอายุ 28 สัปดาห์ จัดคู่ผสมเป็น 4 กลุ่ม (เพศผู้ 1 ตัวต่อเพศเมีย 7ตัว) ได้แก่ MA×MA, MA×MJ, MJ×MA และ MJ×MJ จากนั้นบันทึกข้อมูลผลผลิตไข่ และอัตราการฟักไข่ โดยเก็บประสิทธิภาพการผลิตไข่ของแต่ละคู่ผสมเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ เปรียบเทียบแต่ละกลุ่มคู่ผสมโดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) พบว่ากลุ่ม MA×MA มีอัตราการให้ผลผลิตไข่เฉลี่ยสูงสุด (59.76%) และมวลไข่เฉลี่ยต่อวันสูงที่สุด (18.79 กรัม/วัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ขณะที่กลุ่ม MJ×MA มีอัตราการฟักของไข่ที่มีเชื้อสูงที่สุด (80.98%) และอัตราการตายของตัวอ่อนต่ำที่สุด (18.89%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) จากนั้นศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของลูกไก่กระดูกดำที่เกิดจากแต่ละกลุ่มคู่ผสม พบว่าน้ำหนักลูกไก่แรกเกิดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกกลุ่มคู่ผสม ($P>0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนักลูกไก่แรกเกิดอยู่ที่ 30.08–34.00 กรัม อย่างไรก็ตามด้านประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของลูกไก่จากแต่ละคู่ผสมพบว่าในช่วงอายุ 4–8 สัปดาห์ กลุ่ม MA×MA และ MA×MJ มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวันสูงกว่ากลุ่มอื่น ($P<0.05$) จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า กลุ่มคู่ผสม MA×MA มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในระบบการผลิตไข่เชิงพาณิชย์ เนื่องจากแสดงศักยภาพด้านการให้ผลผลิตไข่สูง ในขณะที่กลุ่มคู่ผสม MJ×MA แสดงศักยภาพที่โดดเด่นด้านอัตราการฟักที่สูงและอัตราการตายของตัวอ่อนที่ต่ำ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ไก่กระดูกดำ(ฟ้าหลวง)ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และส่งเสริมการพัฒนาสายพันธุ์ไก่พื้นเมืองอย่างยั่งยืน
คำสำคัญ: ไก่กระดูกดำ; ไก่ฟ้าหลวง; สมรรถภาพการผลิตไข่; สมรรถภาพการเจริญเติบโต

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the egg production performance, hatchability, and growth performance of black-bone chickens (Fah Luang) using two breeder strains Fah Luang 1 (MA) and Fah Luang 2 (MJ) at 28 weeks of age. Four mating combinations (1 male: 7 females) as follows: MA×MA, MA×MJ, MJ×MA, and MJ×MJ. Data on egg production and hatchability were recorded for 4 consecutive weeks. Comparisons among groups were analyzed using a completely randomized design (CRD). Results showed that the MA×MA group exhibited the highest average

* Corresponding author: kannikar_h@mju.ac.th

Received: date; June 4, 2025 Revised: date; November 28, 2025

Accepted: date; November 28, 2025 Published: date; April 9, 2026

egg production rate (59.76%) and daily egg mass (18.79 g/day; P<0.05). In contrast, the MJ×MA group demonstrated the highest hatchability of fertile eggs (80.98%) and the lowest embryonic mortality rate (18.89%; P<0.05). The growth performance of chicks from each mating combination was further evaluated. The chick weight at hatch ranged from 30.08 to 34.00 g and did not show significant differences among groups (P>0.05). However, during the 4–8 week, chicks from MA×MA and MA×MJ matings had significantly higher average daily weight gain than those from other combinations (P<0.05). In conclusion, the MA×MA combination is suitable for commercial egg production due to its superior egg production performance, whereas the MJ×MA combination demonstrates outstanding hatchability and low embryonic mortality. These findings provide useful information for selection and breeding improvement of Fah Luang black-bone chickens to enhance productivity and promote sustainable development of native chicken breeds.

Keywords: black bone chicken; Fah Luang chicken; egg performance; growth performance

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีความหลากหลายทางชีวภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคการผลิตปศุสัตว์ที่มีการเลี้ยงสัตว์พื้นเมืองมาอย่างยาวนาน โดยไก่กระดูกดำ (Black-boned chicken) ถือเป็นสัตว์ปีกพื้นเมืองที่ได้รับความนิยมในหลายพื้นที่ ซึ่งมีลักษณะโดดเด่นที่แตกต่างจากไก่พื้นเมืองทั่วไปคือ สีดำของขน หนัง กระดูก และเนื้อ ซึ่งเกิดจากเม็ดสีเมลานินที่สะสมในร่างกายในปริมาณสูง ไก่ดำบางสายพันธุ์ เช่น ไก่ดำมองโกเลีย ไก่ดำม้ง ไก่ดำซิลกี้ ไก่ดำKadaknath และไก่ดำAyam Cemani (Prakash et al., 2023) อีกทั้งยังมีการเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายประเทศในเอเชีย เช่น จีน เกาหลี เวียดนาม และไทย โดยมีความเชื่อเกี่ยวกับสรรพคุณทางยา และเป็นหนึ่งในอาหารทางเลือกเพื่อสุขภาพ ด้วยสรรพคุณในการบำรุงเลือดและเสริมภูมิคุ้มกัน เนื่องจากในเนื้อของไก่กระดูกดำอุดมไปด้วย Choline (0.16 mg/g), taurine (1.07 mg/g) L-carnitine (0.16 mg/g) และกรดอะมิโน Lysine (8.15%) ในปริมาณที่มากกว่าที่พบในไก่เนื้อทางการค้า (Lengkidworraphiphat et al., 2021) ทำให้ผลิตภัณฑ์จากไก่กระดูกดำมีราคาสูงกว่าผลิตภัณฑ์จากไก่พื้นเมืองสายพันธุ์ทั่วไป (Xiong et al., 2024; Budi et al., 2023) อย่างไรก็ตามการเลี้ยงไก่กระดูกดำพันธุ์พื้นเมืองยังมีข้อจำกัดด้านประสิทธิภาพการผลิตเมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์ไก่เชิงพาณิชย์ (ชนัดดา, 2559) ซึ่งอัตราการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองยังคงอยู่ในระดับต่ำ โดยต้องใช้ระยะเวลาประมาณ 90 วันจึงจะมีน้ำหนักตัวเฉลี่ยถึง 1 กิโลกรัม (Henuk et al., 2015) โดยเฉพาะในด้านการให้ผลผลิตไข่เนื่องจากไก่พื้นเมืองมีอัตราการให้ผลผลิตไข่ที่ค่อนข้างต่ำกว่าไก่เชิงพาณิชย์ อีกทั้งอัตราการให้ผลผลิตไข่เฉลี่ยของไก่กระดูกดำสายพันธุ์ฟ้าหลวงอยู่ที่ประมาณ 120-141 ฟอง/ปี (Lengkidworraphiphat et al., 2020) ในขณะที่ไก่พันธุ์เล็กฮอร์นหรือไก่โรดไอแลนด์เรดที่จัดเป็นไก่เชิงพาณิชย์สามารถให้ผลผลิตไข่ได้มากกว่า 250 ฟอง/ปี (กรมปศุสัตว์, 2559) อีกทั้งน้ำหนักไข่ของไก่พื้นเมืองเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 39–48 กรัม และความสามารถในการฟักออก (hatchability) อยู่ระหว่าง 74%–84% ต่อรอบการผลิต (Henuk et al., 2015) เนื่องด้วยความแตกต่างดังกล่าวส่งผลต่อความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจของเกษตรกร โดยเฉพาะผู้ที่ต้องการเลี้ยงไก่ดำเพื่อจำหน่ายไข่เป็นรายได้เสริม หรือเพื่อเป็นส่วนหนึ่งของระบบเกษตรผสมผสาน การพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ไก่กระดูกดำจึงเป็นหนึ่งในแนวทางสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการของตลาด และเป็นประเด็นที่ได้รับความสนใจอย่างต่อเนื่องในภาคการศึกษาวิจัยและพัฒนาด้านประสิทธิภาพการผลิตไก่กระดูกดำอย่างยั่งยืน

การคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ไก่กระดูกดำที่มีสมรรถภาพการผลิตไข่ในปริมาณสูง และสามารถส่งผ่านลักษณะเด่นเหล่านี้สู่ไก่กระดูกดำรุ่นลูกต่อได้ถือเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาไก่กระดูกดำในเชิงพาณิชย์ การปรับปรุงสมรรถภาพการให้ผลผลิตไข่ของไก่กระดูกดำโดยการวางแผนผสมพันธุ์ให้เกิดเลือดชิด (in breed) เพื่อให้ได้ลูกไก่กระดูกดำที่มีลักษณะตรงตามความต้องการของตลาดต้องอาศัยเกณฑ์การศึกษาลักษณะของไก่กระดูกดำ อาทิ ประสิทธิภาพการให้ผลผลิตไข่ ความแข็งแรงและความสมบูรณ์พันธุ์ ความต้านทานโรค อัตราการรอดชีวิต และการเจริญเติบโตของลูกไก่ (ภานุวัฒน์ และ บดินทร์, 2565) จากการศึกษาของกรรณิกา และคณะ (2567) รายงานว่าการจับคู่ผสมระหว่างไก่กระดูกดำฟ้าหลวง 1 และไก่กระดูกดำฟ้าหลวง 2 นั้นทำให้ได้น้ำหนักมีชีวิตของลูกไก่กระดูกดำที่อายุ 16 สัปดาห์เพศผู้อยู่ระหว่าง 1,672.50-1,678.33 กรัม/ตัว ในขณะที่ไก่เพศเมียมีน้ำหนัก 1,205.00-1,251.67 กรัม/ตัว ซึ่งรูปแบบของการจับคู่ผสมไก่กระดูกดำฟ้าหลวงที่แตกต่างกันนั้นไม่ส่งผลกระทบต่อลักษณะซาก และคุณภาพเนื้อของไก่กระดูกดำสายพันธุ์ฟ้าหลวง อีกทั้งยังช่วยในการคัดเลือกลักษณะของเนื้อไก่กระดูกดำที่เป็นความต้องการของตลาดได้ดียิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่งในการ

สืบพันธุ์ของไก่กระดูกดำคือความสมบูรณ์พันธุ์และความสามารถในการฟักออกของไข่ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการผลิตไก่พื้นเมืองทั้งกับเกษตรกรรายย่อยและเกษตรกรที่มีฟาร์มขนาดกลาง (Adeleke et al., 2012) ข้อจำกัดของการผลิตไก่พื้นเมืองที่สำคัญที่ส่งผลกระทบหลักต่อการผลิตไก่พื้นเมืองคือ อัตราการเจริญพันธุ์ และอัตราการฟักไข่ที่ต่ำ นั้นยังคงเป็นปัจจัยคุกคามที่สำคัญต่อการอนุรักษ์ลักษณะทางพันธุกรรมของไก่พื้นเมือง (Adedeji et al., 2015) โดยอัตราการฟักไข่นั้นเป็นลักษณะเชิงปริมาณที่มีความซับซ้อน ซึ่งได้รับอิทธิพลจากปัจจัยทางพันธุกรรม สภาวะการฟัก และโภชนาการ โดยทั่วไปการตายของตัวอ่อนในระหว่างการฟักไข่มักเกิดจากสภาวะการฟักที่ไม่เหมาะสม มากกว่าจะเป็นผลมาจากคุณภาพไข่ที่ไม่ดีหรืออาหารที่ไม่สมดุลในฝูงพ่อแม่พันธุ์ (Kumar et al., 2013) โดยน้ำหนักไข่มีผลโดยตรงต่อความสามารถในการฟัก (hatchability) อัตราการตายของตัวอ่อน น้ำหนักลูกไก่แรกเกิด และประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของลูกไก่ในระยะหลังฟัก (Duman and Şekeroğlu, 2017) ในขณะที่หลายงานวิจัยรายงานว่า ประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ของไก่มีแนวโน้มลดลงตามอายุของแม่พันธุ์ ซึ่งช่วงอายุของการเจริญพันธุ์ที่เหมาะสมในพ่อแม่พันธุ์ไก่พื้นเมืองที่จะให้ผลผลิตดีคือประมาณ 6-8 เดือน (24-32 สัปดาห์) ทั้งเพศผู้และเพศเมีย (Addisu et al., 2013) โดยพบว่าน้ำหนักไข่จะเพิ่มขึ้นเมื่ออายุของแม่พันธุ์เพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลให้ลูกไก่แรกเกิดมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นตามไปด้วย อีกทั้งอัตราส่วนของพ่อพันธุ์ต่อแม่พันธุ์ไก่พื้นเมืองในการจัดคู่ผสมระหว่าง 1:7 1:8 1:10 และ 1:12 ให้ผลลัพธ์ด้านความสมบูรณ์พันธุ์ที่ใกล้เคียงกันโดยพบระดับของอัตราการผสมติดอยู่ที่ 84.31-91.20% (Chotesangasa, 2001) อย่างไรก็ตามการเพิ่มขึ้นของอายุแม่พันธุ์ยังสัมพันธ์กับอัตราการตายของตัวอ่อนที่สูงขึ้น ตลอดจนการลดลงของอัตราการฟักไข่ ความสมบูรณ์ของตัวอ่อน และคุณภาพโดยรวมของลูกไก่ที่ฟักออก (Ebeid et al., 2017; Damaziak et al., 2021) ข้อมูลดังกล่าวชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการบริหารจัดการพ่อแม่พันธุ์ไก่กระดูกดำในระบบการผลิตไก่กระดูกดำเชิงพาณิชย์ โดยเฉพาะการเลือกคู่ผสมและช่วงอายุที่เหมาะสมในการเก็บไข่ฟัก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการฟัก ลดความสูญเสียจากการตายของตัวอ่อน และยกระดับคุณภาพของลูกไก่ที่ได้อย่างมีประสิทธิผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการผลิตไข่ของพ่อแม่พันธุ์ไก่กระดูกดำฟ้าหลวงที่มีคู่ผสมที่แตกต่างกัน โดยเปรียบเทียบอัตราการให้ผลผลิตไข่ น้ำหนักไข่ และทำการศึกษาอัตราการเจริญเติบโตของไก่กระดูกดำที่เกิดจากแต่ละคู่ผสม เพื่อค้นหาคู่ผสมที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการพัฒนาพันธุ์ไก่กระดูกดำเชิงพานิชย์ เพื่อการติดตามความผันแปรของข้อมูลผลผลิตจึงต้องมีการเก็บข้อมูลสมรรถภาพการผลิตไข่รายสัปดาห์ เพิ่มความแม่นยำในการประเมินสมรรถภาพการสืบพันธุ์ของไก่กระดูกดำฟ้าหลวงในสภาพการเลี้ยงจริงของเกษตรกร ข้อมูลจากการศึกษานี้จะมีประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ดำในการวางแผนปรับปรุงพันธุ์ ตลอดจนสนับสนุนการพัฒนานโยบายด้านการส่งเสริมไก่พื้นเมืองของหน่วยงานรัฐและเอกชน เพื่อส่งเสริมการผลิตไก่กระดูกดำให้เป็นสัตว์เศรษฐกิจทางเลือกที่มีศักยภาพในการสร้างรายได้อย่างยั่งยืนในระดับชุมชน

วิธีการศึกษา

การดำเนินการทดลองนี้ใช้ไก่พื้นเมืองพ่อแม่พันธุ์ไก่กระดูกดำสายพันธุ์ฟ้าหลวง 1 (MA) ที่มีลักษณะขนสร้อยคอสีเหลือง และไก่กระดูกดำสายพันธุ์ฟ้าหลวง 2 (MJ) ที่มีลักษณะขนสร้อยคอสีน้ำตาล-แดง โดยการทดลองนี้ใช้พ่อแม่พันธุ์มีอายุ 24 สัปดาห์ ทำการเก็บบันทึกข้อมูลสมรรถภาพการผลิตไข่ของไก่กระดูกดำสายพันธุ์ฟ้าหลวง ณ ฟาร์มสัตว์ปีกภายใต้คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ โดยได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการกำกับดูแลการเลี้ยงและใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ (เลขที่ MACUC 011A/2565) ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) ซึ่งมีการแบ่งกลุ่มการทดลองเป็น 4 คู่ผสม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 (MA x MA) กลุ่มที่ 2 (MA x MJ) กลุ่มที่ 3 (MJ x MA) และกลุ่มที่ 4 (MJ x MJ) ตามลำดับ (**Figure 1**) โดยในแต่ละกลุ่มคู่ผสมประกอบด้วยไก่กระดูกดำฟ้าหลวงพ่อพันธุ์จำนวน 1 ตัว และไก่กระดูกดำฟ้าหลวงแม่พันธุ์จำนวน 7 ตัวต่อซ้ำ แต่ละกลุ่มคู่ผสมจะมีจำนวน 5 ซ้ำ รวมใช้ไก่พ่อแม่พันธุ์ทั้งหมด 160 ตัว เลี้ยงภายในโรงเรือนเลี้ยงไก่พื้นเมืองระบบเปิด ขนาดห้องทดลอง 2.25*2.5*3 เมตร และใช้แกลบเป็นวัสดุรองพื้น ในแต่ละห้องทดลองมีการวางรังไข่จำนวน 8 รังไข่ในแต่ละห้องทดลอง โดยไก่กระดูกดำในแต่ละกลุ่มทดลองจะได้รับน้ำสะอาดและอาหารทางการค้าที่มีโปรตีนรวม 16% และมีพลังงานใช้ประโยชน์ได้ประมาณ 2,800 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัมในอาหาร และได้รับการเลี้ยงดูตามโปรแกรมการให้อาหาร แสงสว่าง และการจัดการ

ซึ่งเป็นไปตามคำแนะนำของคู่มือการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของกรมปศุสัตว์ (กรมปศุสัตว์, 2559) ในการศึกษานี้ดำเนินการทดสอบสมรรถภาพการผลิตเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์

การศึกษาสมรรถภาพการผลิตไข่ เริ่มดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพการผลิตไข่ในพ่อแม่พันธุ์ไก่กระดูกดำสายพันธุ์ฟ้าหลวงที่อายุ 24-28 สัปดาห์ ทำการเก็บผลผลิตไข่พร้อมชั่งน้ำหนักไข่ที่ผลิตได้ในแต่ละกลุ่มการทดลองเป็นรายวัน เพื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ (Egg production, %) มวลไข่ (Egg mass ,g/d) และนำไข่เข้าเก็บในห้องเก็บไข่ที่มีอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เมื่อเก็บไข่ครบ 1 สัปดาห์ นำไข่จำนวน 100 ฟองจากแต่ละกลุ่มการทดลองเข้าตู้ฟักไข่ เพื่อเก็บข้อมูลประสิทธิภาพของการฟักจากไข่ในแต่ละกลุ่มการทดลอง เมื่อสิ้นสุดกระบวนการฟักไข่นำข้อมูลที่เก็บมาคำนวณตามสมการของ Mauldin and Buhr (1991) ดังนี้ เปอร์เซ็นต์ไข่มีเชื้อ (Fertile egg, %) = (จำนวนไข่ที่มีเชื้อ/จำนวนไข่เข้าฟัก) x100 เปอร์เซ็นต์ไข่ที่ฟักออก (Hatchability of egg set, %) = (จำนวนไข่ที่ฟักออก/จำนวนไข่เข้าฟัก) x100 เปอร์เซ็นต์ไข่ที่ฟักออกจากไข่ที่มีเชื้อ (Hatch of fertile egg, %) = (จำนวนไข่ที่ฟักออก/จำนวนไข่ที่มีเชื้อ) x100 เปอร์เซ็นต์การตายของตัวอ่อนจากไข่มีเชื้อ (Embryonic mortality, %) = (จำนวนไข่ที่ไม่ฟักออก/จำนวนไข่มีเชื้อ) x100 และน้ำหนักของลูกไก่แรกเกิด (Body weight of newborn chick, g)

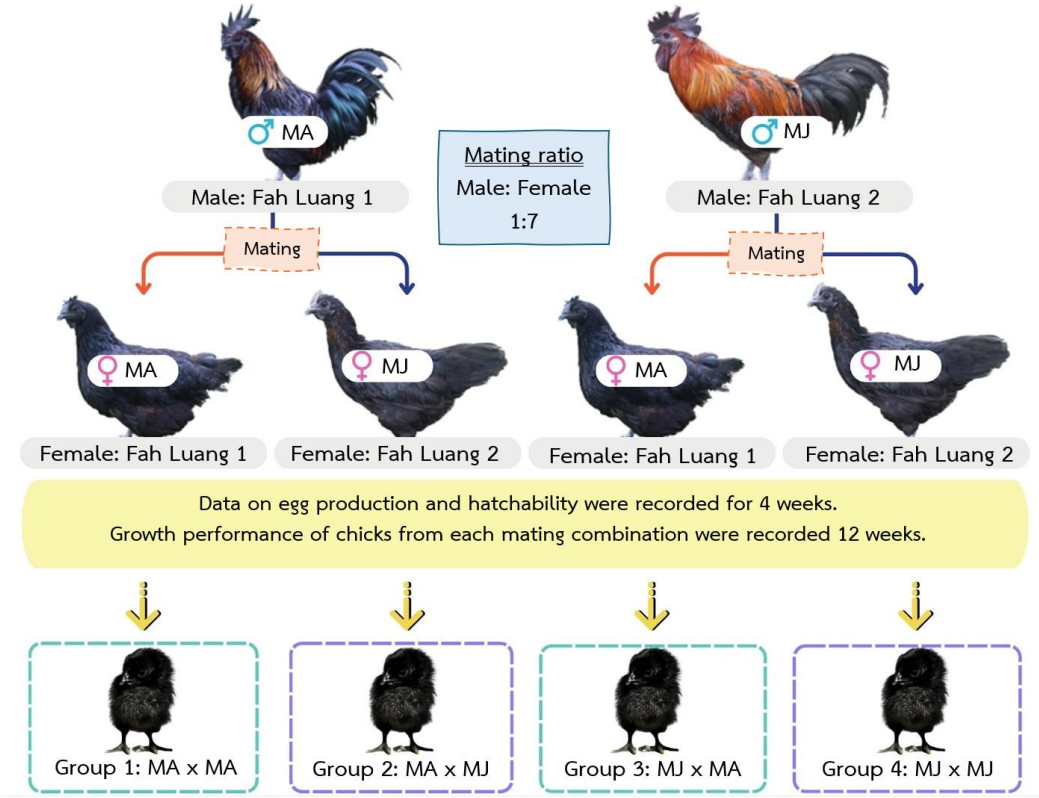


Figure 1 The mating combinations of black-bone chickens (Fah Luang) breed in each group

การศึกษาสมรรถภาพการเจริญเติบโตของลูกไก่กระดูกดำฟ้าหลวง โดยเริ่มดำเนินการทดสอบสมรรถภาพการเจริญเติบโตของลูกไก่กระดูกดำฟ้าหลวงที่ได้รับจากกลุ่มทดลอง 4 คู่ผสม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 ลูกไก่กระดูกดำจากคู่ผสม MA x MA กลุ่มที่ 2 ลูกไก่กระดูกดำจากคู่ผสม MA x MJ กลุ่มที่ 3 ลูกไก่กระดูกดำจากคู่ผสม MJ x MA และกลุ่มที่ 4 ลูกไก่กระดูกดำจากคู่ผสม MJ x MJ ตามลำดับ (**Figure 1**) โดยหลังจากลูกไก่กระดูกดำฟักออก ทำการสุ่มชั่งน้ำหนักตัวของลูกไก่กระดูกดำแรกเกิดจากแต่ละกลุ่มคู่ผสม จำนวนคู่ผสมละ 4 ซ้ำๆละ 10 ตัวรวม 160 ตัว ดำเนินการเลี้ยงไก่กระดูกดำในโรงเรือนระบบเปิดที่มีพื้นที่การเลี้ยงขนาด 1.5 * 2.5 เมตรต่อห้องต่อซ้ำ มีการปูวัสดุรองพื้นคอกด้วยแกลบหนา 2 นิ้ว ไก่กระดูกดำในแต่ละกลุ่มการทดลองจะได้รับน้ำและอาหารตามช่วงอายุ (0-6 สัปดาห์ โปรตีน 20% พลังงานใช้ประโยชน์ได้ 2,900 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม และใน 7-12 สัปดาห์โปรตีน 18% พลังงานใช้ประโยชน์ได้ 2,900 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม) อย่างเต็มที่ (*ad libitum*) พร้อมได้รับแสงสว่างตามธรรมชาติ และการจัดการด้านการป้องกันโรค การทำวัคซีน

และการดูแลสัตว์ตามคำแนะนำจากคู่มือการเลี้ยงไก่พื้นเมืองของกรมปศุสัตว์ (กรมปศุสัตว์, 2559) การทดลองนี้มีการดำเนินการเลี้ยงไก่กระดูกดำเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ และมีการเก็บข้อมูลสมรรถภาพการเจริญเติบโตรายสัปดาห์ (Laenoi and Buranawit, 2022) และคำนวณตามสมการดังนี้ ปริมาณน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (Average daily weight gain; ADG) = (น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นรายตัว/จำนวนวันที่เลี้ยง) ปริมาณอาหารที่กิน (Average daily feed intake; ADFI) = (ปริมาณอาหารที่กินรายตัว/จำนวนวันที่เลี้ยง) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (Feed conversion ratio; FCR) = (ปริมาณอาหารที่กินรายตัว/น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นรายตัว) ทำการเก็บบันทึกข้อมูลเป็นรายสัปดาห์ และในส่วนของอัตราการตายหรือความผิดปกติทำการบันทึกทุกครั้งที่มีการพบ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลผลผลิตไข่ สมรรถภาพการฟักไข่ของพ่อแม่พันธุ์ไก่กระดูกดำสายพันธุ์ฟ้าหลวง พร้อมทั้งสมรรถภาพการเจริญเติบโตของลูกไก่กระดูกดำสายพันธุ์ฟ้าหลวงที่ได้จากการทดลองในแต่ละกลุ่มการทดลองนำมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variances: ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติสำเร็จรูป SAS (SAS® On Demand for Academics, 2023)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการศึกษาสมรรถภาพการผลิตไข่ของพ่อแม่พันธุ์ไก่กระดูกดำสายพันธุ์ฟ้าหลวง ดังแสดงใน **Table 1** พบว่าพ่อแม่พันธุ์จากกลุ่มคู่ผสม MA × MA มีสมรรถภาพการผลิตไข่ที่โดดเด่นกว่าพ่อแม่พันธุ์จากกลุ่มคู่ผสมอื่น โดยตลอดการทดลอง (25-28 สัปดาห์) กลุ่มคู่ผสม MA × MA มีอัตราการผลิตไข่ (egg production) เฉลี่ยสูงสุดถึง 59.76% ซึ่งสูงกว่าที่พบในกลุ่มคู่ผสม MA × MJ (43.78%) กลุ่มคู่ผสม MJ × MA (39.34%) และกลุ่มคู่ผสม MJ × MJ (42.47%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) อีกทั้งยังพบว่าในช่วงอายุ 25 และ 27 สัปดาห์กลุ่มคู่ผสม MA × MA มีอัตราการผลิตไข่ถึง 61.43% ซึ่งสูงกว่าที่พบในกลุ่มคู่ผสมอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$) นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำหนักผลผลิตไข่รายวัน (egg weight) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ในทุกกลุ่มทดลอง (31.29-31.64 กรัม/วัน) โดยจากการรายงานของภานุวัฒน์ และบดินทร์ (2565) และ Sawasdee et al. (2015) ระบุว่าค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลผลิตไข่ไก่พื้นเมืองนั้นอยู่ประมาณ 33.76-48.53 กรัม/ฟอง แต่อย่างไรก็ตามความแตกต่างด้านมวลไข่ (egg mass) ที่สังเกตได้จากใน **Table 1** นั้นไม่ได้รับผลกระทบมาจากน้ำหนักผลผลิตไข่ แต่เกิดจากความแตกต่างกันของกลุ่มทดลองในด้านอัตราการให้ผลผลิตไข่เป็นหลัก ซึ่งตลอดการทดลองพบว่าค่ามวลไข่ของกลุ่มคู่ผสม MA × MA มีค่าสูงที่สุด (18.79 กรัม/วัน) ขณะที่กลุ่มคู่ผสม MJ × MA มีค่ามวลไข่ที่ต่ำสุด (10.43 กรัม/วัน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.001$)

Table 1 Egg production performance (means ± sd) of Thai native black bone chickens (Fah Luang)

Parameters	Crossbred group				P-value
	MA x MA	MA x MJ	MJ x MA	MJ x MJ	
Egg production (%)					
25 weeks of age	61.43±6.04[a]	42.38±7.38[b]	36.00±9.87[b]	41.42±7.16[b]	<0.001
26 weeks of age	59.52±8.70[a]	41.14±5.65[b]	37.14±7.32[b]	41.05±7.92[b]	<0.001
27 weeks of age	61.43±4.66[a]	44.71±2.87[b]	39.10±5.40[b]	42.09±2.30[b]	<0.001
28 weeks of age	56.67±7.45[a]	46.90±8.25[b]	45.10±6.82[b]	45.33±8.62[b]	0.031
Overall	59.76±2.25[a]	43.78±2.55[b]	39.34±4.05[b]	42.47±1.96[b]	<0.001
Egg weight (g/b/d)					
25 weeks of age	32.43±2.18	32.02±5.00	32.67±2.41	32.76±2.17	0.183
26 weeks of age	31.10±3.21	30.46±1.95	30.27±4.51	30.68±3.24	0.981
27 weeks of age	31.50±1.22	31.06±2.71	31.08±3.49	31.19±3.31	0.094
28 weeks of age	31.54±3.25	31.61±2.93	31.32±1.75	31.52±2.04	0.798
Overall	31.64±0.56	31.29±0.68	31.34±1.00	31.54±0.89	0.510
Egg mass (g/d)					
25 weeks of age	19.23±2.25[a]	14.37±4.49[b]	10.94±3.50[b]	12.88±2.49[b]	0.007
26 weeks of age	18.49±3.03[a]	13.49±2.44[b]	10.02±2.97[b]	12.03±2.47[b]	<0.001
27 weeks of age	18.70±2.13[a]	13.65±2.50[b]	10.46±3.89[b]	12.18±2.16[b]	<0.001
28 weeks of age	18.75±2.80[a]	13.95±2.93[b]	10.31±2.44[c]	12.30±1.79[bc]	<0.001
Overall	18.79±0.31[a]	13.85±0.41[b]	10.43±0.39[d]	12.35±0.37[c]	<0.001

[a-d] Means with different superscript letter within a row are significant different (n=160, P<0.05).

MA x MA= Fah Luang 1 x Fah Luang 1; MA x MJ = Fah Luang 1 x Fah Luang 2; MJ x MA= Fah Luang 2 x Fah Luang 1; MJ x MJ= Fah Luang 2 x Fah Luang 2.

นอกจากนี้การศึกษาสมรรถภาพการสืบพันธุ์ในพ่อแม่พันธุ์ไก่กระดูกดำฟ้าหลวง จากเปอร์เซ็นต์ไข่มีเชื้อ (Egg fertility) และอัตราการฟักของไข่ที่นำเข้าฟักทั้งหมด (Hatchability of egg set) ของไข่ที่เก็บจากพ่อแม่พันธุ์ไก่กระดูกดำสายพันธุ์ฟ้าหลวงยังเป็นองค์ประกอบสำคัญในการประเมินศักยภาพด้านการผลิตของพ่อแม่พันธุ์ในแต่ละคู่ผสม ดังแสดงใน **Table 2** พบว่าในสัปดาห์ที่ 26 และตลอดการทดลองของกลุ่มคู่ผสม MA × MA มีค่าเปอร์เซ็นต์ไข่มีเชื้อ เฉลี่ยสูงสุดที่ 95.16% และ 91.43% ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าที่พบในกลุ่มคู่ผสม MJ × MJ (77.55% และ 80.35% ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในขณะที่อัตราการฟักของไข่ที่นำเข้าฟักทั้งหมดพบว่ากลุ่มคู่ผสม MA × MA นั้นมีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 69.88% ซึ่งสูงกว่าที่พบในกลุ่มคู่ผสมอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ผลจากการศึกษานี้ใกล้เคียงกันกับ Sawasdee et al. (2015) ที่ทำการศึกษาประสิทธิภาพการผลิตในไก่ประดู่หางดำเชียงใหม่เพื่อทดสอบสมรรถภาพการสืบพันธุ์ โดยมีการรายงานว่าไก่พื้นเมืองสายพันธุ์ประดู่หางดำมีค่าเฉลี่ยอัตราการฟักออกอยู่ที่ 68.89-69.84% ซึ่งเป็นผลส่วนหนึ่งมาจากการเลี้ยงและการจัดการ สายพันธุ์ของไก่ และสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการทดสอบ อีกทั้งจากการรายงานของ

Tunsisa et al. (2023) ที่ทำการศึกษาไก่พื้นเมืองของ Ethiopian ด้วยการเลี้ยงในภูมิภาคที่มีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน คือ พื้นที่สูง (highland) พื้นที่ราบสูงกลาง (midland) และพื้นที่ราบต่ำ (lowland) พบว่าพื้นที่การเลี้ยงที่แตกต่างกันไม่ส่งผลต่อไข่มีเชื้อ อัตราการฟักจากจำนวนไข่ทั้งหมด และอัตราการฟักจากไข่มีเชื้อ

จากการศึกษาครั้งนี้ยังพบอีกว่าตลอดช่วงของการทดลองอัตราการฟักของไข่ที่ผสมติดแล้ว (Hatch of fertile egg) ของกลุ่มคู่ผสม MJ × MA มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 80.98% ซึ่งสูงกว่าที่พบในกลุ่มคู่ผสม MA × MJ (63.56%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แสดงให้เห็นว่ากลุ่ม MJ × MA มีประสิทธิภาพในการพัฒนาและฟักตัวอ่อนดีกว่าแม้ว่าค่าเปอร์เซ็นต์ไข่มีเชื้อต่ำก็ตาม ซึ่งสอดคล้องกับค่าอัตราการตายของตัวอ่อน (Embryonic mortality) ที่พบในกลุ่มคู่ผสม MA × MJ ที่มีค่าอยู่ที่ 34.19% ซึ่งสูงกว่าที่พบในกลุ่มคู่ผสม MJ × MA (18.89%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยอัตราการตายของตัวอ่อนบ่งชี้ถึงความสูญเสียจากการพัฒนาการที่ไม่สมบูรณ์ของตัวอ่อนในกลุ่มคู่ผสม MA × MJ ขณะที่ตลอดการทดลองพบว่าในกลุ่มคู่ผสม MA × MA และ MJ × MA มีอัตราการตายของตัวอ่อนที่น้อยกว่า จากการรายงานของ Kumar et al. (2013) ระบุว่าอัตราการตายของตัวอ่อนในไก่พื้นเมืองตลอดระยะเวลาของการฟักมีค่าอยู่ระหว่าง 21.62-26.17% โดยเมื่อแบ่งเป็นช่วงของการฟักไข่นั้นอัตราการตายของตัวอ่อนของไก่พื้นเมืองพบสูงที่สุดในช่วงระยะฟักไข่ตอนต้น (44.30%) และในระยะกลางของการฟักไข่ (27.04%) มีค่าต่ำที่สุด แต่อย่างไรก็ตามอัตราการตายกลับสูงขึ้นอีกครั้ง (28.66%) ในระยะสุดท้ายของการฟักไข่ ซึ่งผลของการตายของตัวอ่อนในระยะสุดท้ายของการฟักไข่อาจเกิดจากหลายปัจจัย ได้แก่ ตำแหน่งของตัวอ่อนที่ผิดปกติ ภาวะแทรกซ้อนในระหว่างการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของตัวอ่อน การแสดงออกของยีนที่เป็นอันตราย (lethal genes) ที่เมื่อมีการแสดงออกของยีนในระหว่างกระบวนการพัฒนาของตัวอ่อนจะส่งผลให้เกิดการทำงานของอวัยวะที่ผิดปกติ (Liptói and Hidas, 2006) ส่งผลทำให้ตัวอ่อนไม่สามารถพัฒนาได้จนถึงระยะฟักออกได้สำเร็จ หากเกิดการกลายพันธุ์ของยีน Myogenic regulatory factors (MRFs) ที่ควบคุมการสร้างกล้ามเนื้อ เช่น *MyoD*, *Myf5*, *MyoG*, และ *Mrf4* ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการลดลงของมวลกล้ามเนื้อในระหว่างการพัฒนาของตัวอ่อน ทำให้กล้ามเนื้อโครงร่างถูกทำลาย ตัวอ่อนจึงไม่สามารถพัฒนา และฟักออกมาได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Yang et al., 2015) ในขณะที่การกลายพันธุ์ของยีน *Cleft primary palate* (*ccp*) ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างกะโหลกและโครงสร้างปาก อาจส่งผลให้จงอยปากส่วนบน (maxilla) เกิดการผิดรูปจากการที่กระดูกเพดานปากมีความสั้นลง (MacDonald et al., 2004) ส่งผลให้ไม่สามารถทำหน้าที่เจาะเปลือกไข่ได้ ก่อให้เกิดความล้มเหลวของลูกไก่ในการเจาะเปลือกไข่ขณะฟัก (Chen et al., 2020; Vanroose et al., 2000) ซึ่งการตายของตัวอ่อนถือเป็นสาเหตุสำคัญที่สุดประการหนึ่งที่นำไปสู่ความสูญเสียทางการผลิตในไก่พื้นเมือง

Table 2 Hatchability performance (means ± sd) of Thai native black bone chickens (Fah Luang)

Parameters	Crossbred group				P-value
	MA x MA	MA x MJ	MJ x MA	MJ x MJ	
Egg fertility (%)					
25 weeks of age	83.25±2.94	84.88±4.47	73.89±2.71	79.48±2.03	0.685
26 weeks of age	95.16±3.43^{a}	78.11±1.09^{b}	92.62±1.64^{a}	77.55±3.14^{b}	0.012
27 weeks of age	96.33±2.87	87.93±5.52	91.99±7.69	80.77±1.97	0.275
28 weeks of age	90.96±1.79	83.10±4.62	77.63±4.01	83.58±3.46	0.525
Overall	91.43±5.92^{a}	83.51±4.12^{ab}	84.03±9.68^{ab}	80.35±2.69^{b}	0.028
Hatchability of egg set (%)					
25 weeks of age	62.47±2.41	54.24±1.67	55.78±2.51	47.91±5.25	0.683
26 weeks of age	76.59±5.79^{a}	49.06±6.67^{b}	77.74±3.85^{a}	55.24±4.45^{b}	0.010
27 weeks of age	63.41±4.82	51.76±2.61	74.95±6.40	61.03±8.20	0.301
28 weeks of age	77.04±6.87	56.59±2.32	64.77±5.29	64.14±2.66	0.316
Overall	69.88±8.02^{a}	52.91±3.24^{c}	68.31±5.04^{ab}	57.08±7.14^{bc}	0.019
Hatch of fertile egg (%)					
25 weeks of age	75.43±1.93	64.67±5.56	74.69±2.06	60.44±2.79	0.521
26 weeks of age	80.49±5.23	63.62±5.58	84.29±2.22	69.00±2.35	0.166
27 weeks of age	65.49±4.32	58.22±6.60	81.30±6.37	77.26±1.22	0.203
28 weeks of age	84.74±3.12	67.72±2.54	83.64±6.56	75.09±6.79	0.088
Overall	76.54±8.23^{ab}	63.56±3.96^{c}	80.98±4.41^{a}	70.45±7.53^{cb}	0.012
Embryonic mortality (%)					
25 weeks of age	24.57±1.93	35.33±5.56	25.31±2.06	39.56±2.72	0.521
26 weeks of age	19.50±5.23	36.38±1.58	15.71±1.22	31.00±3.50	0.166
27 weeks of age	34.50±4.32	41.78±6.60	18.17±6.37	22.74±1.12	0.203
28 weeks of age	15.26±3.12	23.28±2.54	16.36±6.56	24.91±6.79	0.088
Overall	23.55±8.29^{ab}	34.19±3.96^{a}	18.89±4.41^{b}	29.55±7.53^{ab}	0.049

$^{a-c}$ Means with different superscript letter within a row are significant different (n=160, P<0.05).

MA x MA= Fah Luang 1 x Fah Luang 1; MA x MJ = Fah Luang 1 x Fah Luang 2; MJ x MA= Fah Luang 2 x Fah Luang 1; MJ x MJ= Fah Luang 2 x Fah Luang 2.

การประเมินสมรรถภาพการฟักไข่และการเจริญเติบโตเบื้องต้นของลูกไก่แรกเกิด หนึ่งในตัวชี้วัดที่สำคัญคือ น้ำหนักตัวของลูกไก่แรกเกิด เนื่องจากเป็นดัชนีสะท้อนถึงคุณภาพของไข่ฟัก ความสมบูรณ์ของตัวอ่อน รวมถึงศักยภาพทางพันธุกรรมของพ่อแม่พันธุ์

จาก **Table 3** พบว่าในตลอดการทดลองน้ำหนักตัวแรกเกิดของลูกไก่กระดูกดำฟ้าหลวงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระหว่างทุกกลุ่มคู่ผสม (P>0.05) โดยค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวแรกเกิดของลูกไก่กระดูกดำฟ้าหลวงอยู่ในช่วง 30.08 – 34.00 กรัม/ตัว ซึ่งกลุ่มคู่ผสม MA × MJ, MJ × MA, MA × MA และ MJ × MJ มีน้ำหนักแรกเกิดของลูกไก่อยู่ที่ 34.00, 32.40, 31.60 และ 31.10 กรัม/ตัว โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) จากการรายงานของ Fathi et al. (2020) ระบุว่าน้ำหนักลูกไก่แรกเกิดมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับน้ำหนักไข่ที่นำเข้าฟัก โดยเมื่อศึกษาในไก่พื้นเมืองที่ต่างสายพันธุ์กันและมีน้ำหนักไข่เข้าฟักเฉลี่ย 39.6 – 45.9 กรัม/ฟอง ส่งผลให้มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักของลูกไก่แรกเกิดอยู่ที่ 25.0 - 31.6 กรัม/ตัว ซึ่งน้ำหนักตัวแรกเกิดของลูกไก่กระดูกดำฟ้าหลวงจากการศึกษาครั้งนี้มีค่าใกล้เคียงกันกับการรายงานของ Laenoi and Buranawit (2022) ที่ทำการศึกษาสมรรถภาพการผลิตของไก่กระดูกดำ 4 สายพันธุ์ พบว่าน้ำหนักตัวแรกเกิดของไก่กระดูกดำชี้ฟ้าอยู่ที่ 26.78 กรัม/ตัว ไก่กระดูกดำฟ้าหลวง 28.13 กรัม/ตัว ไก่กระดูกดำลูกผสมระหว่างชี้ฟ้าและฟ้าหลวง 27.09 กรัม/ตัว และลูกผสมไก่กระดูกดำระหว่างฟ้าหลวงและชี้ฟ้า 29.58 กรัม/ตัว อย่างไรก็ตามน้ำหนักไข่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับน้ำหนักลูกไก่แรกเกิด รวมถึงการสูญเสียน้ำหนักไข่ระหว่างกระบวนการฟัก (Alsobayel et al., 2012; Abudabos et al., 2017) ขณะที่ Narushin et al. (2002) รายงานว่าน้ำหนักไข่เพียงอย่างเดียวเป็นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์สูงที่สุดกับน้ำหนักลูกไก่เมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะทางกายภาพด้านอื่นของไข่ไก่พื้นเมือง ปัจจัยที่ส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของการฟักไข่และคุณภาพของลูกไก่ นอกเหนือจากปัจจัยด้านโภชนาการและสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังมีปัจจัยที่สำคัญคือพันธุกรรมทางสายพันธุ์ของพ่อแม่พันธุ์ไก่พื้นเมือง โดยเฉพาะลักษณะทางพันธุกรรมที่ได้รับอิทธิพลจากแม่พันธุ์จากยีน Growth differentiation factor 9 *(GDF9)* และ Bone morphogenetic protein 15 (*BMP15*) ที่มีบทบาทสำคัญต่อการเจริญของฟองไข่ และความสมบูรณ์ของไข่แดง (Elis et al., 2007) หากยีนดังกล่าวเกิดการทำงานที่ผิดปกติอาจส่งผลให้เกิดความผิดปกติการสูญเสียน้ำที่มากขึ้น อัตราการฟักที่ต่ำ และการพัฒนาของตัวอ่อนในระยะสุดท้ายของการฟักที่ไม่สมบูรณ์ (Liptói and Hidas, 2006) อีกทั้งยังเพิ่มความเสี่ยงต่อการตายของตัวอ่อนในระหว่างกระบวนการฟัก (Exwal et al., 2020) ความผิดปกติทางพันธุกรรมที่เกิดขึ้นส่งผลต่ออัตราการตายของตัวอ่อนในระยะแรก ซึ่งเกิดจากการมียีนที่เป็นอัตรายแฝงอยู่โครโมโซมเพศหรือออโตโซมที่ถ่ายทอดมาจากพ่อแม่พันธุ์ รวมถึงความผิดปกติของโครโมโซมที่มีจุดกำเนิดจากความผิดปกติในกระบวนการไมโอซิส การปฏิสนธิ หรือการแบ่งเซลล์ในระยะแรก (Savage et al., 1992; Liptói and Hidas, 2006) อีกทั้งจากการรายงานของ Beaumont et al. (1997) พบว่าอัตราการตายของตัวอ่อนในระยะแรกมีค่าความสามารถทางพันธุกรรม สูงกว่าอัตราการตายในระยะท้าย ซึ่งสะท้อนถึงบทบาทสำคัญของพันธุกรรมในระยะการสร้างอวัยวะแรกเริ่มของตัวอ่อน นอกจากนี้การจัดการไข่ก่อนนำเข้าสู่กระบวนการฟัก เช่น การเก็บรักษา อุณหภูมิ และระยะเวลาการเก็บไข่ ยังถือเป็นปัจจัยจำกัดที่มีบทบาทสำคัญต่อความสำเร็จของสมรรถภาพในการฟักไข่ของไก่กระดูกดำ (Abudabos et al., 2017; Alsobayel et al., 2013)

Table 3 Growth performance (means ± sd) of newborn Thai native black bone chickens (Fah Luang)

Parameters	Crossbred group				P-value
	MA x MA	MA x MJ	MJ x MA	MJ x MJ	
Body weight of newborn chick (g)					
25 weeks of age	31.00±4.73	34.00±1.22	32.40±6.69	30.80±5.89	0.737
26 weeks of age	32.07±4.17	30.00±5.83	33.20±5.76	32.18±1.79	0.719
27 weeks of age	30.73±3.65	31.60±5.73	31.80±4.49	30.08±6.42	0.982
28 weeks of age	32.60±5.32	32.60±3.71	32.20±2.68	32.00±5.57	0.095
Overall	31.60±0.88	32.05±1.68	32.40±0.59	31.10±0.60	0.360

[a-b] Means with different superscript letter within a row are significant different (n=160, P<0.05).

MA x MA= Fah Luang 1 x Fah Luang 1; MA x MJ = Fah Luang 1 x Fah Luang 2; MJ x MA= Fah Luang 2 x Fah Luang 1; MJ x MJ= Fah Luang 2 x Fah Luang 2.

นอกเหนือจากการประเมินด้านสมรรถภาพการผลิตไข่ การฟักไข่ และขนาดของลูกไก่แรกเกิดแล้วนั้น ยังมีอีกหนึ่งปัจจัยที่มีความสำคัญสำหรับการผลิตไก่พื้นเมืองคือการประเมินประสิทธิภาพการเจริญเติบโตในลูกไก่กระดูกดำ เพื่อการคัดเลือกคู่ผสมไก่กระดูกดำที่มีศักยภาพด้านการผลิตที่ดี ดังแสดงใน **Table 4** โดยประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของไก่กระดูกดำฟ้าหลวงพบว่ากลุ่มทดลองคู่ผสม MA × MA นั้นมีค่าน้ำหนักเริ่มต้นก่อนการทดลองที่ 35.31 กรัม/ตัว รองลงมาคือคู่ผสม MJ × MA (33.57 กรัม/ตัว) ซึ่งสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองคู่ผสม MA × MJ (30.96 กรัม/ตัว) และ MJ × MJ (29.72 กรัม/ตัว; $P<0.05$) ในขณะที่น้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลองที่ 12 สัปดาห์กลับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกคู่ผสม ($P>0.05$) ไก่กระดูกดำฟ้าหลวงที่อายุ 12 สัปดาห์มีน้ำหนักตัวอยู่ระหว่าง 1,036.96-1,174.83 กรัม/ตัว ซึ่งเป็นน้ำหนักตัวที่ใกล้เคียงกับน้ำหนักตัวของไก่พื้นเมืองที่อายุ 12 สัปดาห์คือ ไก่ชี 1,180.21 กรัม/ตัว และไก่ชี KKU12 1,279.48 กรัม/ตัว (Promket and Ruangwittayanusorn, 2021) แต่อย่างไรก็ตามน้ำหนักตัวของไก่กระดูกดำฟ้าหลวงในการทดลองนี้กลับมีค่าสูงกว่าที่พบในการศึกษาของ Laenoi and Buranawit (2022) ซึ่งระบุว่าน้ำหนักตัวของไก่พื้นเมืองที่อายุ 12 สัปดาห์ มีดังนี้ ไก่กระดูกดำชี้ฟ้า 736.49 กรัม/ตัว ไก่กระดูกดำฟ้าหลวง 802.36 กรัม/ตัว ไก่กระดูกดำลูกผสมระหว่างชี้ฟ้าและฟ้าหลวง 781.25 กรัม/ตัว และลูกผสมไก่กระดูกดำระหว่างฟ้าหลวงและชี้ฟ้า 896.92 กรัม/ตัว

Table 4 Growth parameter (means ± sd) of Thai native black bone chickens (Fah Luang)

Parameters	Crossbred group				P-value
	MA x MA	MA x MJ	MJ x MA	MJ x MJ	
Initial body weight (g)	35.31±1.13[a]	30.96±3.30[b]	33.57±2.76[a]	29.72±1.83[b]	<0.001
Final body weight (g)	1,115.17±52.76	1,174.83±47.15	1,054.73±45.19	1,036.96±43.15	0.147
Average daily feed intake (ADFI, g/b/d)					
0-4 weeks of age	22.23±0.13	25.68±0.87	25.01±0.71	24.08±1.05	0.450
4-8 weeks of age	37.72±3.17	38.99±4.04	37.50±5.02	37.07±2.16	0.575
8-12 weeks of age	57.25±2.18	55.66±7.39	59.20±1.22	58.29±3.43	0.319
0-12 weeks of age	39.06±1.14	37.77±2.16	40.57±4.15	39.80±1.04	0.450
Average daily weight gain (ADG, g/b/d)					
0-4 weeks of age	6.72±0.38	6.36±2.74	6.18±0.13	6.02±1.16	0.259
4-8 weeks of age	15.18±1.94[a]	15.10±4.16[a]	13.61±2.51[ab]	12.81±0.37[b]	0.006
8-12 weeks of age	16.19±1.75	19.61±1.09	15.90±2.18	16.90±1.56	0.380
0-12 weeks of age	12.69±2.88	13.69±1.34	11.89±1.09	11.97±1.82	0.161
Feed conversion ratio (FCR, g/g)					
0-4 weeks of age	3.49±0.87	4.03±0.31	3.36±0.93	3.10±0.19	0.479
4-8 weeks of age	2.75±0.08	3.02±0.79	2.87±0.91	2.89±0.33	0.621
8-12 weeks of age	3.11±0.11	3.53±1.79	3.86±0.38	3.42±0.47	0.252
0-12 weeks of age	3.11±0.56	3.54±0.41	3.36±1.25	3.32±0.96	0.722

[a-b] Means with different superscript letter within a row are significant different (n=160, $P<0.05$).

MA x MA= Fah Luang 1 x Fah Luang 1; MA x MJ = Fah Luang 1 x Fah Luang 2; MJ x MA= Fah Luang 2 x Fah Luang 1; MJ x MJ= Fah Luang 2 x Fah Luang 2.

นอกเหนือจากการประเมินด้านน้ำหนักตัวและการเจริญเติบโตเบื้องต้นแล้ว การประเมินด้านการบริโภคอาหารและประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากอาหารก็มีความสำคัญต่อการประเมินสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่กระดูกดำในแต่ละคู่ผสม จาก **Table 4** แสดงให้เห็นว่าในส่วนของปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวัน (Average daily feed intake; ADFI) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว (Feed conversion ratio; FCR) ตลอดระยะเวลาของการทดลองกลับไม่พบความแตกต่างทางสถิติในทุกคู่ผสมที่ทำการศึกษา (P>0.05) ซึ่งตลอดการทดลองมีค่าปริมาณอาหารที่กินเฉลี่ยต่อวันอยู่ระหว่าง 37.77-40.57 กรัม/ตัว/วัน และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวอยู่ระหว่าง 3.11-3.54 ซึ่งมีค่ามากกว่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่รายงานในไก่ชีและไก่ชี KKU12 ที่ 2.91-3.02 (Promket and Ruangwittayanusorn, 2021) แต่อย่างไรก็ตามซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวที่สูงกว่าการศึกษาของ Laenoi and Buranawit (2022) ที่ทำการศึกษาในไก่กระดูกดำชี้ฟ้า ไก่กระดูกดำฟ้าหลวง ไก่กระดูกดำลูกผสมระหว่างชี้ฟ้าและฟ้าหลวง และลูกผสมไก่กระดูกดำระหว่างฟ้าหลวงและชี้ฟ้า (5.65, 5.61, 5.58, และ 5.44 ตามลำดับ) ในขณะที่ปริมาณน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อวัน (Average daily weight gain; ADG) ในช่วง 4-8 สัปดาห์กลุ่มคู่ผสม MA × MA และคู่ผสม MA × MJ นั้นมีค่าอยู่ที่ 15.18 และ 15.10 กรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าที่พบในกลุ่มทดลองคู่ผสม MJ × MJ (12.81 กรัม/ตัว/วัน; P<0.05) แต่อย่างไรก็ตามในช่วงสัปดาห์อื่น และตลอดการทดลองกลับไม่พบความแตกต่างของปริมาณน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นต่อวันในทุกกลุ่มคู่ผสม (P>0.05) จากการรายงานของ Promket and Ruangwittayanusorn (2021) ที่ทำการเปรียบเทียบสมรรถภาพการเจริญเติบโตของไก่ชีและไก่ชี KKU12 พบว่าช่วงอายุ 4-6 สัปดาห์มีการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันอยู่ที่ 16.28-17.86 กรัม/ตัว/วัน ช่วงอายุ 6-8 สัปดาห์อยู่ที่ 17.49-19.23 กรัม/ตัว/วัน และตลอด12 สัปดาห์ของการทดลองมีการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวันอยู่ที่ 13.67-14.84 กรัม/ตัว/วัน ทั้งนี้จากผลการศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าไก่กระดูกดำฟ้าหลวงในทุกกลุ่มคู่ผสมมีประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากอาหารใกล้เคียงกับที่รายงานในไก่พื้นเมืองสายพันธุ์อื่น และมีแนวโน้มให้ผลตอบแทนทางด้านการปรับปรุงการเจริญเติบโตที่ดี ซึ่งสะท้อนถึงศักยภาพของไก่กระดูกดำฟ้าหลวงในการพัฒนาเป็นสายพันธุ์ที่เหมาะสมต่อการผลิตเชิงพาณิชย์ภายใต้ระบบการเลี้ยงที่มีการจัดการอย่างเหมาะสม

สรุป

จากการประเมินสมรรถภาพการผลิตไข่ และการฟักไข่ของคู่ผสมไก่กระดูกดำฟ้าหลวง1 (MA) และสายพันธุ์ฟ้าหลวง 2 (MJ) สามารถสรุปได้ว่ากลุ่มคู่ผสม MA × MA มีความโดดเด่นในด้านสมรรถภาพการให้ผลผลิตไข่ โดยมีเปอร์เซ็นต์การให้ไข่ มวลไข่ และน้ำหนักไข่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มคู่ผสมอื่น ซึ่งสะท้อนถึงศักยภาพทางพันธุกรรมและสรีรวิทยาที่เหมาะสมต่อการผลิตไข่เชิงพานิชย์ ในขณะที่กลุ่มคู่ผสม MJ × MA มีอัตราการฟักของไข่ที่มีเชื้อสูงที่สุด (80.98%) และอัตราการตายของตัวอ่อนต่ำที่สุด (18.89%) ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความสามารถในการพัฒนาตัวอ่อนที่เสถียรและมีคุณภาพ และจากการประเมินประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของลูกไก่ที่เกิดจากคู่ผสมที่ต่างกัน พบว่าน้ำหนักตัวลูกไก่แรกเกิดของกลุ่มคู่ผสม MA × MJ มีน้ำหนักเฉลี่ยสูงที่สุด (32.05 กรัม/ตัว) แต่อย่างไรก็ตามกลับไม่ส่งผลต่อค่าสังเกตุอื่น หากพิจารณาสมรรถภาพการผลิตไข่ และการเจริญเติบโตของไก่กระดูกดำฟ้าหลวงโดยรวมกลุ่มคู่ผสม MA × MA และ MJ × MA เหมาะสมสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพด้านการผลิตไข่ และการพัฒนาในด้านคุณภาพการฟักของลูกไก่ เพื่อเป็นไก่กระดูกดำฟ้าหลวง สายพันธุ์หลักในการปรับปรุงพันธุ์ไก่กระดูกดำฟ้าหลวงอย่างเป็นระบบ

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) เลขที่สัญญา N24A660338 ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยและนวัตกรรมในการทดลองในครั้งนี้ และฟาร์มสัตว์ปีก คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนสถานที่เพื่อใช้ในการดำเนินการทดลองในครั้งนี้ และอำนวยความสะดวกในระหว่างการเลี้ยงไก่ทดลอง และนักศึกษาระดับปริญญาตรีที่ให้การช่วยเหลือในระหว่างการเลี้ยงและการเก็บสมรรถภาพการผลิตไข่ ประสิทธิภาพในการฟักไข่ และประสิทธิภาพในการเจริญเติบโตของลูกไก่กระดูกดำฟ้าหลวงในการทดลองครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. 2559. คู่มือการเลี้ยงไก่พื้นเมืองกรมปศุสัตว์. สำนักพัฒนาพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

กรรณิกา ฮามประคร, ประภากร ธาราฉาย, เถลิงศักดิ์ อังกุรเศรณี, กฤดา ชูเกียรติศิริ, จุฬากร ปานะถึก, ภาคภูมิ เสาวภาคย์, สุภารักษ์ คำพุฒ และครรชิต ชมภูพันธ์. 2567. การศึกษาลักษณะซากและคุณภาพเนื้อของไก่กระดูกดำฟ้าหลวง. วารสารแก่นเกษตร. 52: 1088–1102.

ชนัดดา สุวรรณวิชนีย์. 2559. การประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของน้ำหนักตัว และระดับความดำของผิวหนังในไก่กระดูกดำฝูงมหาวิทยาลัยแม่โจ้. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่.

ภานุวัฒน์ คัมภีราวัฒน์ และบดินทร์ วงศ์พรหม. 2565. ค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะการเจริญเติบโตในไก่กระดูกดำเคยู - ภูพาน. วารสารแก่นเกษตร. 50: 1143-1152.

Abudabos, A. M., R. S. Aljumaah, A. S. Algawaan, H. Al-Sornokh, and R. M. Al-Atiyat. 2017. Effects of hen age and egg weight class on the hatchability of free-range indigenous chicken eggs. Brazilian Journal of Poultry Science. 19: 33–40.

Addisu, H., M. Hailu, and W. Zewdu. 2013. Indigenous chicken production system and breeding practice in North Wollo, Amhara Region. Ethiopia Poultry, Fisheries & Wildlife Sciences. 1: 108.

Adedeji, T. A., S. R. Amao, A. D. Popoola, and R. I. Ogundipe. 2015. Fertility, hatchability and eggs quality traits of Nigerian locally adapted chickens in the derived savanna environment of Nigeria. Journal of Biology, Agriculture and Healthcare. 5: 36–42.

Adeleke, M. A., S. O. Peters, M. O. Ozoje, C. O. Ikeobi, A. M. Bamgbose, and O.A. Adebambo. 2012. Effect of crossbreeding on fertility, hatchability and embryonic mortality of Nigerian local chickens. Tropical Animal Health and Production. 44: 505–510.

Alsobayel, A. A., M. A. Almarshade, and M. A. Albadry. 2012. Effect of breed, age and storage period on fertility and hatchability of hatching eggs of commercial broilers breeders. Arab Gulf Journal of Scientific Research. 30: 1–6.

Beaumont, C., N. Millet, E. Le Bihan-Duval, A. Kipi, and V. Dupuy. 1997. Genetic parameters of survival to the different stages of embryonic death in laying hens. Poultry Science. 76: 1193-1196.

Budi, T., W. Singchat, N. Tanglertpaibul, W. Wongloet, A. Chaiyes, N. Ariyaraphong, W. Thienpreech, W. Wannakan, A. Mungmee, T. Thong, P. Wattanadilokchatkun, T. Panthum, S. F. Ahmad, A. Lisachov, N. Muangmai, R. Chuenka, P. Prapattong, M. Nunome, W. Chamchumroon, K. Han, S. Pornpipatsiri, T. Supnithi, M. S. Peng, J. L. Han, Y. Matsuda, P. Duengkae, P. Noinafai, and K. Srikulnath. 2023. Thai local chicken breeds, Chee Fah and Fah Luang, originated from Chinese black-boned chicken with introgression of red junglefowl and domestic chicken breeds. Sustainability. 15: 6878.

Chen, Q., Z. Di, E. M. Garcia Roger, H. Li, P. Richmond, and B. M. Roehner. 2020. Magnitude and significance of the peak of early embryonic mortality. Journal of Biological Physics. 46: 233-251.

Chotesangasa, R. 2001. Effects of mating ratio, cock number in the flock and breeder age on fertility in Thai native chicken flock. Kasetsart Journal (Natural Science). 35: 122-131.

Damaziak, K., M. Koznaka-Lipka, D. Gozdowski, A. Gołębiowska, and E. Kędziorek. 2021. Effects of broiler breeder strain, age, and eggs preheating profile in single-stage systems on the hatchability of eggs and quality of chicks. Animal. 15: 100057.

Duman, M., and A. Şekeroğlu. 2017. Effect of egg weights on hatching results, broiler performance and some stress parameters. Brazilian Journal of Poultry Science. 19: 255-262.

Ebeid, T. A., F. A. Twfeek, M. H. Assar, A. M. Bealish, R. E. Abd El-Karim, and M. Ragab. 2017. Influence of pre-storage incubation on hatchability traits, thyroid hormones, antioxidative status and immunity of newly hatched chicks at two chicken breeder flock ages. Animal. 11: 1966-1974.

Elis, S., J. Dupont, I. Couty, L. U. C. A. Persani, M. Govoroun, E. Blesbois, F. Batellier, and P. Monget. 2007. Expression and biological effects of bone morphogenetic protein-15 in the hen ovary. Journal of Endocrinology. 194: 485-497.

Exwal, R., B. Utomo, S. Andaruisworo, A. Tanjungsari, and E. Yuniati. 2020. Stage fertility profile of three types of local chickens in indonesia (Pelung chicken, Kampung chicken and Cemani chicken). Journal of Global Biosciences. 9: 6953-6962.

Fathi, M., O. Abou-Emera, I. Al-Homidan, A. Galal, and G. Rayan. 2022. Effect of genotype and egg weight on hatchability properties and embryonic mortality pattern of native chicken populations. Poultry Science. 101: 102129.

Henuk, Y. L., J. F. Bale-Therik, G. A. K. Dewi, and C. A. Bailey. 2015. Native chicken and their production systems in Indonesia. Khon Kaen Agriculture Journal. 43: 20-24.

Kumar, A., K. Das, A. Bharti, R. Kumar, and A. K. Singh. 2013. Embryonic morality pattern in black rock, gramapriya and vanaraja breeds of chicken. Progressive Research. 8: 98–100.

Laenoi W., and K. Buranawit. 2022. Productive performance of purebred Thai native black-bone chickens (Chee Fah and Fah Luang) and their crossbreds. Indian Journal of Animal Research. 56: 637-641.

Lengkidworraphiphat, P., R. Wongpoomchai, S. Taya, and S. Jaturasitha. 2020. Effect of genotypes on macronutrients and antioxidant capacity of chicken breast meat. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 33: 1817.

Lengkidworraphiphat, P., R. Wongpoomchai, T. Bunmee, A. Chariyakornkul, N. Chaiwang, and S. Jaturasitha. 2021. Taste-active and nutritional components of Thai native chicken meat: A perspective of consumer satisfaction. Food Science of Animal Resources. 41: 237.

Liptói, K., and A. Hidas. 2006. Investigation of possible genetic background of early embryonic mortality in poultry. World's Poultry Science Journal. 62: 326-337.

MacDonald, M. E., U. K. Abbott, and J. M. Richman. 2004. Upper beak truncation in chicken embryos with the cleft primary palate mutation is due to an epithelial defect in the frontonasal mass. Developmental Dynamics: An Official Publication of the American Association of Anatomists. 230: 335-349.

Mauldin, J. M., and R. J. Buhr. 1991. Analyzing hatch day breakout and embryonic mortality. Misset World Poultry.

Narushin, V. G., M. N. Romanov, and V. P. Bogatyr. 2002. Ap–animal production technology: relationship between pre-incubation egg parameters and chick weight after hatching in layer breeds. Biosystems Engineering. 83: 373–381.

Prakash, A., Y. Singh, M. Chatli, A. Sharma, P. Acharya, and M. Singh. 2023. Review of the black meat chicken breeds: Kadaknath, Silkie, and Ayam Cemani. World's Poultry Science Journal. 79: 879-891.

Promket, D., and K. Ruangwittayanusorn, 2021. The comparatives of growth and carcass performance of the Thai native chicken between economic selection (Chee KKU12) and natural selection (Chee N). Veterinary Integrative Sciences. 19: 247–257.

SAS Institute Inc. 2023. “The GLIMMIX Procedure” in SAS/STAT® 15.3 User’s Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Savage, T. F., L. W. Mirosh, J. L. Jones, and E. T. Schneiderman. 1992. Blastoderm degeneration, an early embryonic failure in dwarf single comb white leghorn chickens. Journal of Heredity. 83: 249-254.

Sawasdee, P., A. Leotaragul, and J. Kammongkun. 2015. Reproductive performance of Thai native chicken Pradu – Hangdum Chiangmai) in local condition. Khon Kaen Agriculture Journal. 43: 234-237.

Tunsisa, L. Y., and K. B. Reda. 2023. Evaluation of fertility, hatchability and egg quality of indigenous chickens in different agro-ecologies of the Sidama Region, Ethiopia. Veterinary Integrative Sciences. 21: 201–219.

Vanroose, G., A. de Kruif, and A. Van Soom. 2000. Embryonic mortality and embryo–pathogen interactions. Animal Reproduction Science. 60: 131-143.

Xiong, G., W. Chen, K. Jiang, S. Liu, J. Li, and X. Liao. 2024. Integrated transcriptome and proteome analysis reveals the unique molecular features and nutritional components on the muscles in Chinese Taihe black-bone silky fowl chicken. Plos One. 19: e0299385.

Yang, Z. Q., Y. Qing, Q. Zhu, X. L. Zhao, Y. Wang, D. Y. Li, Y. P. Liu, and H. D. Yin. 2015. Genetic effects of polymorphisms in myogenic regulatory factors on chicken muscle fiber traits. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 28: 782.