

รูปแบบการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองไทย: กรณีศึกษาของไก่ดำ นิลเกษตร (ศาสตร์) และไก่เบตง (สายพันธุ์เคยู) ที่อายุ 1–16 สัปดาห์

Growth pattern of Thai native chicken: Case study of Nin Kaset (Sart) black chicken and Betong (KU Line) chicken at 1–16 weeks of age

ภูตะวัน มั่นคง¹

Putawan Munkong¹

ธนาทิพย์ สุวรรณโสภี^{1,*}

Thanathip Suwanasopee^{1,*}

दनัย จัตวา¹

Danai Jattawa¹

ศกร คุณวุฒิฤทธิธรณ¹

Skorn Koonawootrittriron¹

¹ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

¹Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

*Corresponding author: agrtts@ku.ac.th

ประวัติบทความ

รับเรื่อง: 26 กรกฎาคม 2567

รับแก้ไข: 10 กันยายน 2567

รับตีพิมพ์: 14 กันยายน 2567

คำสำคัญ

ไก่พื้นเมือง

รูปแบบการเจริญเติบโต

การเปรียบเทียบสายพันธุ์

การประมาณน้ำหนัก

การจัดการสัตว์ปีก

Article History

Received: 26 July 2024

Revised: 10 September 2024

Accepted: 14 September 2024

Keywords

Native chicken

Growth patterns

Breed comparison

บทคัดย่อ

ความเป็นมาและวัตถุประสงค์: ความเข้าใจในรูปแบบการเจริญเติบโตของไก่ช่วยสนับสนุนการวางแผนและจัดการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพิจารณาแบบจำลองที่อธิบายรูปแบบการเจริญเติบโตของไก่ดำนิลเกษตร (ศาสตร์; NK) และไก่เบตง (สายพันธุ์เคยู; BT) ที่อายุ 1–16 สัปดาห์ ได้ดีที่สุด

วิธีดำเนินการวิจัย: ข้อมูลน้ำหนักตัวรายสัปดาห์ที่อายุ 1–16 สัปดาห์ ของ NK (53 ตัว) และ BT (40 ตัว) ถูกนำมาประมาณค่าโดยใช้แบบจำลอง Gompertz nonlinear, การถดถอยพหุนามระดับที่สอง และการถดถอยพหุนามระดับที่สาม ความแตกต่างระหว่างน้ำหนักจริงและที่ประมาณค่าถูกนำมาพิจารณาพร้อมกับค่า Akaike information criterion, corrected Akaike information criterion, Schwarz Bayesian information criterion และ $-2\log$ likelihood ที่น้อยที่สุดและสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่มีค่ามากที่สุดถูกใช้ในการสรุปความเหมาะสมของแบบจำลอง

ผลการวิจัย: NK เจริญเติบโตเร็วกว่า BT ในสัปดาห์แรกถึงสัปดาห์ที่ 14 ในขณะที่ BT กลับมามีน้ำหนักตัวสูงกว่าเมื่อมีอายุ 15–16 สัปดาห์ อย่างไรก็ตาม รูปแบบการเจริญเติบโตของไก่ทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของทั้งสามแบบจำลองอยู่ในช่วง -72.40 ± 4.24 ถึง 99.77 ± 89.45 กรัม ทั้งนี้ แบบจำลองการถดถอยพหุนามระดับที่สองมีความเหมาะสมที่สุดในการอธิบายรูปแบบการเจริญเติบโตของไก่ทั้งสองพันธุ์ในช่วงอายุ 1–16 สัปดาห์

สรุป: ไก่ NK และ BT มีรูปแบบการเจริญเติบโตที่อายุ 1–16 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกัน ข้อมูลเหล่านี้เป็นประโยชน์ต่อการกำหนดกลยุทธ์การให้อาหารที่เหมาะสมตามช่วงอายุ

Keywords

Weight estimation

Poultry management

การอ้างอิง

ภูตะวัน มั่นคง, ธนาทิพย์ สุวรรณโสภี, ดนัย จัตวา และ ศกร คุณวุฒิตริตรอน. 2568. รูปแบบการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองไทย: กรณีศึกษาของไก่ดำนิลเกษตร (ศาสตร) และไก่เบตง (สายพันธุ์เคยู) ที่อายุ 1–16 สัปดาห์. ว. วิทย์. นวัตกรรม. 56(1): 13–24.

How to cite

Munkong, P., T. Suwanasopee, D. Jattawa and S. Koonawootrittriron. 2025. Growth pattern of Thai native chicken: Case study of Nin Kaset (Sart) black chicken and Betong (KU Line) chicken at 1–16 weeks of age. Agric. Sci. Innov. J. 56(1): 13–24.

การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และการพัฒนาเครื่องมือในการประมาณน้ำหนักตัวที่แม่นยำ

Abstract

Background and Objective: Understanding chicken growth patterns is essential for effective production planning and management. This study aims to identify the best model explaining the growth patterns of Black Nil Kaset (Sart; NK) and Betong (KU Line; BT) chickens from 1 to 16 weeks of age.

Methodology: The weekly body weight data of NK (53 animals) and BT (40 animals) from 1 to 16 weeks of age were analyzed using the Gompertz nonlinear model, second-degree polynomial, and third-degree polynomial regression. Model selection criteria, including the smallest Akaike information criterion, corrected Akaike information criterion, Schwarz Bayesian information criterion, and $-2\log$ likelihood, were considered, and the model with the highest decision coefficient value was chosen.

Main Results: NK exhibited faster growth than BT up to week 14, after which BT surpassed in body weight at weeks 15–16, although the growth patterns did not significantly differ between the two groups ($P > 0.05$). The average residual error of the three models ranged from -72.40 ± 4.24 to 99.77 ± 89.45 g. The second-degree polynomial regression model was the most appropriate for explaining the growth pattern of both chicken breeds from 1 to 16 weeks of age.

Conclusions: There were no significant differences in growth patterns between NK and BT chickens from 1 to 16 weeks of age. This insight can inform age-specific feeding strategies, enhance production efficiency, and aid in developing accurate body weight estimation tools.

บทนำ

ไก่พื้นเมืองไทยแต่ละกลุ่มที่ครอบคลุมถึงกลุ่มพันธุ์ที่ถูกพัฒนาขึ้นจากไก่พื้นเมืองให้เป็นสายพันธุ์ทางเลือกสำหรับการผลิตเพื่อการบริโภคภายในครัวเรือนและการค้าเชิงพานิชย์นั้น มักมีคุณลักษณะเฉพาะที่ตอบสนองความต้องการของผู้เลี้ยงแตกต่างกัน (Siriwadee *et al.*, 2023; Suyatno *et al.*, 2023) อย่างไรก็ตาม ไก่พื้นเมืองไทยมีการเจริญเติบโตช้าเมื่อเปรียบเทียบกับไก่เนื้อเชิงการค้าและไก่พื้นเมืองลูกผสมส่งผลต่อต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น (Molee *et al.*, 2018; Tongsir *et al.*, 2019; Suyatno *et al.*, 2023) ตามรายงานของ Tongsir *et al.* (2019) ที่พบว่าไก่พื้นเมืองลูกผสมต้องใช้ระยะเวลาในการเลี้ยง 14–16 สัปดาห์จึงจะมีน้ำหนักตัวประมาณ 1,200–1,500 กรัม ตามที่ตลาดต้องการ

แต่ด้วยคุณลักษณะเฉพาะที่มีความชุ่มฉ่ำของเนื้อ ซึ่งเป็นผลมาจากการสะสมปริมาณคอลลาเจนที่ละลายได้สูงในเนื้อระหว่าง การเจริญเติบโตอย่างช้า ๆ (Wattanachant *et al.*, 2004) นั้นส่งผลให้เนื้อไก่พื้นเมืองเป็นที่นิยมในการบริโภคมากขึ้น (Kong *et al.*, 2006) และมีบทบาทสำคัญในการช่วยส่งเสริมและกระตุ้นเศรษฐกิจ (Padhi, 2016)

ไก่ดำนิลเกษตร (ศาสตร) และไก่เบตง (สายพันธุ์เคยู) เป็นไก่พื้นเมืองไทยที่ถูกพัฒนาโดยภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยใช้ประโยชน์จากพันธุ์กรรมไก่พื้นเมืองไทยที่มีศักยภาพและเป็นเอกลักษณ์ ผ่านการคัดเลือกและจับคู่ผสมพันธุ์ให้มีความสามารถในการเจริญเติบโต และรักษาคุณสมบัติเนื้อที่โดดเด่น โดยที่ไก่ดำนิลเกษตร (ศาสตร) ถูกพัฒนา

พันธุ์กรรมด้วยการคัดเลือกมาจากไก่ดำ 2 กลุ่มพันธุ์ คือ ไก่ดำมอโกเลีย และไก่ดำเพชรบูรณ์ โดยมีเป้าหมายในการผลิตไก่ดำเพื่อการบริโภคเนื้อและไข่ และสามารถใช้น้ำไก่ดำปรุงเมนูอาหารทั่วไปนอกเหนือจากการคั้นทั้งตัว เพิ่มโอกาสในการบริโภคอาหารเป็นยา (Suwanasopee *et al.*, 2019) เนื่องจากคุณสมบัติของเนื้อไก่ดำที่มีโปรตีนสูง (Sehrawat *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2022) และมีสารที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ ได้แก่ คาร์โนซีน (Carnosine) แอนเซอร์นิน (Anserine) และครีเอทีน (Creatine) ที่ทำหน้าที่ป้องกันเซลล์จากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Sharma *et al.*, 2022) และสารที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) คือ สารสีเมลานิน (Melanin pigment) ประเภทเม็ดสีสีดำและน้ำตาล (Eumelanin) ในขณะที่ ไก่เบตง (สายพันธุ์เคยู) ได้รับการพัฒนาพันธุ์กรรมด้านประสิทธิภาพการเจริญเติบโตภายในประชากรปิด (Closed flock) ควบคู่กับการรักษาลักษณะภายนอกให้มีขนสีทองและมีขนที่เจริญเข้าเช่นเดียวกับไก่เบตง (Sopannarath and Bunchasak, 2015)

อย่างไรก็ตาม การรายงานข้อมูลการเจริญเติบโตในแต่ละช่วงอายุของไก่ทั้งสองกลุ่มพันธุ์ยังมีอย่างจำกัด โดยไก่ดำนิลเกษตร (ศาสตร์) มีน้ำหนักตัวประมาณ 1,244.00–3,653.00 กรัม ที่อายุ 25 สัปดาห์ (Sangjong *et al.*, 2022) ในขณะที่ ไก่เบตง (สายพันธุ์เคยู) มีน้ำหนักตัวประมาณ 1,625.86–2,283.63 กรัม เมื่อมีอายุ 16 สัปดาห์ (Bungsrisawat *et al.*, 2018) ซึ่งการผลิตเชิงพาณิชย์ของไก่ดำและไก่เบตงมีเป้าหมายน้ำหนักและอายุที่ส่งตลาดแตกต่างกัน เนื่องด้วยการบริโภคไก่ดำส่วนใหญ่นิยมคั้นทั้งตัว มีน้ำหนักซากประมาณ 900–1,200 กรัม ซึ่งเป็นไก่ดำที่มีอายุ 12–16 สัปดาห์ (ไก่ดำนครไทย: Boonmee *et al.*, 2020; ไก่ดำเขาหลัก: Chankong and Chuaychu-noo, 2021) ในขณะที่ ไก่เบตงสำหรับตลาดข้าวมันไก่มีน้ำหนักส่งตลาดเฉลี่ย 2.79 ± 0.26 กิโลกรัม ที่อายุประมาณ 17 สัปดาห์ (Buakeeree *et al.*, 2018) และไก่เบตง (สายพันธุ์เคยู) มีน้ำหนักส่งตลาดประมาณ 1.93 กิโลกรัม ที่อายุ 16 สัปดาห์ (Putsakul *et al.*, 2010; Wangtaweessukkamol *et al.*, 2013) ด้วยเหตุนี้ การศึกษารูปแบบการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมืองสามารถช่วยให้ผู้ผลิตและนักวิจัยมีข้อมูลสำหรับการตัดสินใจ (Data-driven decision-making) บนพื้นฐานการใช้ประโยชน์จากข้อมูล เพื่อกำหนดกลยุทธ์ในการปรับปรุงพันธุ์และการจัดการผลิตเชิงพาณิชย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Attah *et al.*, 2004; Sowande and Sobola, 2008; Abbas *et al.*, 2014)

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทั้งแบบเชิงเส้น (Linear) และไม่เชิงเส้น (Non-linear) ถูกนำมาใช้ศึกษาเชิงเปรียบเทียบเพื่ออธิบายรูปแบบการเจริญเติบโตของไก่ได้อย่างเหมาะสม (Norris

et al., 2007; Olawoyin, 2007; Magothe *et al.*, 2010; Tompic *et al.*, 2011; Rizzi *et al.*, 2013; Osei-Amponsah *et al.*, 2014) การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินรูปแบบการเติบโตและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการอธิบายรูปแบบการเจริญเติบโตของไก่ดำนิลเกษตร (ศาสตร์) และไก่เบตง (สายพันธุ์เคยู) ได้แก่ แบบจำลองการถดถอยพหุนามระดับที่สอง (Second-degree polynomial) และแบบจำลองการถดถอยพหุนามระดับที่สาม (Third-degree polynomial) เนื่องจากเป็นสมการที่ไม่ซับซ้อน อีกทั้งมีรูปแบบคล้ายกับการเจริญเติบโตของไก่พื้นเมือง (Mancinelli *et al.*, 2023) ซึ่งอาจนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพในเชิงปฏิบัติ รวมทั้งใช้แบบจำลองของ Gompertz (Gompertz growth model; Laird, 1965) ที่นิยมใช้อธิบายการเจริญเติบโตของสัตว์หลายประเภท (Teleken *et al.*, 2017) ซึ่งผลการศึกษานี้อาจให้ข้อมูลเชิงลึกที่มีคุณค่าสำหรับการผลิตไก่ดำนิลเกษตร (ศาสตร์) และไก่เบตง (สายพันธุ์เคยู) เชิงพาณิชย์ที่ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

สัตว์ทดลองและการเลี้ยงดู

ไก่พื้นเมือง คณะแพศ อายุ 1 วัน สองกลุ่มพันธุ์ ได้แก่ ไก่ดำนิลเกษตร (ศาสตร์) จำนวน 53 ตัว และไก่เบตง (สายพันธุ์เคยู) จำนวน 40 ตัว ถูกเลี้ยงในโรงเรือนทดลองระบบปิด ใช้คอกตะแกรงเหล็กละเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีขนาด $100 \times 100 \times 100$ เซนติเมตร ซึ่งมีพื้นที่ต่อไก่ 1 ตัวที่ 833 ตารางเซนติเมตร และใช้แกลบเป็นวัสดุรองหนา 5 เซนติเมตร มีระบบระบายอากาศและปรับอากาศภายใน ณ วันแรกของการทดลองควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมที่ 33 องศาเซลเซียส ใช้ไฟกกเป็นเวลา 1 สัปดาห์ และปรับลดอุณหภูมิลงสัปดาห์ละ 2 องศาเซลเซียส จนถึง 25 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ไก่ทุกตัวได้รับน้ำและอาหารอย่างไม่จำกัด (*ad libitum*) โดยใช้สูตรอาหารเหมือนกัน 2 สูตร (Table 1) คือ อาหารไก่เล็ก (Starter feed) ใช้เลี้ยงไก่ตั้งแต่เริ่มทดลองถึงอายุ 4 สัปดาห์ และอาหารไก่รุ่น (Grower feed) ใช้เลี้ยงไก่ที่อายุตั้งแต่ 4 สัปดาห์ถึงสิ้นสุดการทดลอง ไก่ทุกตัวได้รับวัคซีนตามโปรแกรมที่แนะนำโดยกรมปศุสัตว์ โดยกระบวนการศึกษาผ่านความเห็นชอบจากคณะกรรมการกำกับดูแลการเลี้ยงและใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Ethics statements approve number: KU65-VET-014)

การจัดเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

ไก่ทั้งสองกลุ่มพันธุ์ถูกชั่งน้ำหนัก (กรัม) ด้วยเครื่องชั่ง

แบบดิจิทัล เป็นรายตัวอย่างต่อเนื่องทุกสัปดาห์ ตั้งแต่อายุ 1 ถึง 16 สัปดาห์ วิเคราะห์ข้อมูลน้ำหนักตัวด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด เพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวรายสัปดาห์ของไก่แต่ละกลุ่มพันธุ์ จากนั้น ทดสอบความแตกต่างของน้ำหนักตัวรายสัปดาห์ระหว่างกลุ่มพันธุ์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และประเมินค่าน้ำหนักตัวโดยใช้แบบจำลองที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ คือ Gompertz nonlinear model (สมการที่ [1]) การถดถอยพหุนามระดับที่สอง (Second-degree polynomial regression, สมการที่ [2]) และการถดถอยพหุนามระดับที่สาม (Third-degree polynomial regression, สมการที่ [3]) เพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวตลอดช่วงเวลาการศึกษา (16 สัปดาห์) โดยมีรายละเอียดดังนี้

แบบจำลอง Gompertz nonlinear model (Gompertz, 1833)

$$Y = A_0 \cdot \exp \left(\frac{\exp(b_0) \cdot (\exp(b_1 x) - 1)}{b_1} \right) \quad \text{--- [1]}$$

โดย Y = น้ำหนักตัว
 A_0 = น้ำหนักตัวเฉลี่ยเริ่มต้น
 b_0 = อัตราการเจริญเติบโตต่อสัปดาห์
 b_1 = ล็อกฐานธรรมชาติของอัตราการเจริญเติบโตต่อสัปดาห์ต่อน้ำหนักตัวเฉลี่ยเริ่มต้น
 x = อายุ (สัปดาห์)

แบบจำลองการถดถอยพหุนามระดับที่สอง

$$Y = b_0 + b_1 x + b_2 x^2 \quad \text{--- [2]}$$

โดย Y = น้ำหนักตัว
 b_0 = ค่าจุดตัดแกนตั้ง
 b_1 = สัมประสิทธิ์การถดถอยของอายุ
 b_2 = สัมประสิทธิ์การถดถอยของอายุยกกำลังสอง
 x = อายุ (สัปดาห์)
 x^2 = อายุ (สัปดาห์) ยกกำลังสอง

แบบจำลองการถดถอยพหุนามระดับที่สาม

$$Y = b_0 + b_1 x + b_2 x^2 + b_3 x^3 \quad \text{--- [3]}$$

โดย Y = น้ำหนักตัว
 b_0 = ค่าจุดตัดแกนตั้ง
 b_1 = สัมประสิทธิ์การถดถอยของอายุ
 b_2 = สัมประสิทธิ์การถดถอยของอายุยกกำลังสอง
 b_3 = สัมประสิทธิ์การถดถอยของอายุยกกำลังสาม
 x = อายุ (สัปดาห์)
 x^2 = อายุ (สัปดาห์) ยกกำลังสอง
 x^3 = อายุ (สัปดาห์) ยกกำลังสาม

สร้างแบบจำลองโดยพิจารณาปัจจัยอายุและน้ำหนักตัว จากนั้นพิจารณาแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุด (The best fit model) และมีความคลาดเคลื่อนในการทำนายค่า (Residual error) น้อยที่สุดจากพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ (Fit statistic) 5 พารามิเตอร์ ประกอบด้วย

- (1) Akaike information criterion (AIC) = $-2\log L + 2k$ (Akaike, 1974) เมื่อ $\log L$ คือ ล็อกฐานธรรมชาติ และ k คือจำนวนตัวแปรเสริม
- (2) Corrected Akaike information criterion (AICC) = $-2\log L + 2kn / (n - k - 1)$ (Burnham and Anderson, 2002) เมื่อ n คือ จำนวนค่าสังเกต และ k คือ จำนวนตัวแปรเสริม
- (3) Schwarz Bayesian information criterion (BIC) = $-2\log L + k\log(n)$ (Schwarz, 1978)
- (4) $-2\log$ Likelihood ($-2\log L$) เป็นพารามิเตอร์ที่ใช้ประเมินแบบจำลองที่เหมาะสมจากการประมาณข้อมูลที่สูญหายที่น้อยที่สุด
- (5) สัมประสิทธิ์การทำนาย (Coefficient of determination, R^2) = $1 - (SSE/SST)$ เมื่อ SSE คือ ผลรวมของผลต่างระหว่างค่าจริงและค่าประมาณแนวแกนตั้งทั้งหมด ยกกำลังสอง และ SST คือ ผลรวมของผลต่างระหว่างค่าจริงและค่าประมาณแนวแกนตั้งเฉลี่ยทั้งหมด ยกกำลังสอง

Table 1 Formulation and calculated chemical composition (as fed basis) of the feed

Composition	Starter feed (Day of hatch to 4 weeks)	Grower feed (5 to 16 weeks)
Ingredient (%)		
Corn	62.05	57.73
Soybean meal	30.70	26.06
Palm oil	3.92	5.15
Cellulose	0.00	7.96
limestone	1.33	1.45
Dicalcium phosphate	0.71	0.38
Premix	0.25	0.25
L-lysine	0.25	0.23
Salt	0.24	0.24
DL-methionine	0.21	0.21
Sodium carbonate	0.20	0.20
L-threonine	0.07	0.07
Choline chloride	0.07	0.07
Chemical composition (%)		
Metabolizable energy (kcal/kg)	3,112.00	2,970.00
Protein	19.50	17.00
Fat	6.51	7.51
Fiber	3.18	10.40
Calcium	0.90	0.81
Phosphorus	0.45	0.32
Lysine	1.20	1.04
Methionine	0.51	0.47
Methionine + Cysteine	0.84	0.76
Threonine	0.80	0.70
Arginine	1.29	1.11
Tyrosine	0.61	0.53
Tryptophan	0.24	0.21

ผลการทดลองและวิจารณ์

การประเมินรูปแบบการเจริญเติบโต

ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวรายสัปดาห์ของไก่ดำนิลเกษตร (ศาสตร) ไก่เบตง (สายพันธุ์เคยู) และในภาพรวมสองกลุ่มพันธุ์ที่อายุ 1-16 สัปดาห์ (Table 2) ซึ่งให้เห็นว่า ไก่ดำนิลเกษตร (ศาสตร) มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยเริ่มต้น (37.71 ± 3.18 กรัม) สูงกว่า ไก่เบตง (สายพันธุ์เคยู; 36.60 ± 2.41 กรัม) เช่นเดียวกับค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวในสัปดาห์ที่ 1 จนถึงสัปดาห์ที่ 14 ทั้งนี้ ที่อายุ 15 ถึง 16 สัปดาห์ ไก่เบตง (สายพันธุ์เคยู) มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยสูงกว่าไก่ดำ

นิลเกษตร (ศาสตร) แม้ว่าความแตกต่างของน้ำหนักตัวที่อายุต่าง ๆ ระหว่างไก่ทั้งสองกลุ่มพันธุ์ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่การเจริญเติบโตที่ผกผันระหว่างไก่ทั้งสองกลุ่มพันธุ์นี้อาจมีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตแบบชดเชย (Compensatory growth) ตามที่อธิบายโดย Zubair and Leeson (1996) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับระดับของโภชนาการที่ไก่ได้รับความเครียดจากสิ่งแวดล้อม สุขภาพ และระยะเวลาที่ได้รับอาหาร ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วรูปแบบการเจริญเติบโตแบบชดเชยมักปรากฏในสัตว์ที่ถูกเลี้ยงในสิ่งแวดล้อมหนึ่งเป็นระยะเวลายาวนาน

Table 2 Means and standard deviations of body weight (g) at a particular age (week) of Nin Kaset (Sart), Betong (KU Line), and overall chickens

Age (weeks)	Nin Kaset (Sart)	Betong (KU Line)	Overall
Initial	37.71 ± 3.18	36.60 ± 2.41	37.23 ± 2.91
1	72.27 ± 9.96	70.24 ± 5.93	71.40 ± 8.48
2	115.12 ± 20.84	106.19 ± 15.71	111.28 ± 19.23
3	158.42 ± 37.24	136.10 ± 26.94	148.82 ± 34.86
4	208.14 ± 53.93	179.26 ± 41.90	195.90 ± 51.00
5	277.21 ± 69.77	235.85 ± 60.66	258.67 ± 68.66
6	330.52 ± 89.53	282.25 ± 75.00	308.63 ± 86.24
7	416.57 ± 108.75	362.46 ± 99.45	392.03 ± 107.50
8	503.58 ± 136.62	445.43 ± 111.53	477.58 ± 128.63
9	600.43 ± 159.00	542.23 ± 130.76	574.41 ± 149.07
10	713.19 ± 188.41	654.59 ± 144.43	686.99 ± 171.72
11	891.78 ± 205.93	809.58 ± 162.45	855.08 ± 190.65
12	988.62 ± 231.18	949.86 ± 173.59	971.32 ± 206.59
13	1,151.65 ± 249.40	1,082.80 ± 197.27	1,120.91 ± 228.26
14	1,257.94 ± 305.70	1,250.21 ± 212.10	1,254.49 ± 265.74
15	1,349.35 ± 315.57	1,389.96 ± 237.86	1,367.48 ± 281.82
16	1,426.75 ± 332.65	1,497.60 ± 264.79	1,458.38 ± 303.67

แม้ว่าไก่ดำนิลเกษตร (ศาสตร) และไก่เบตง (สายพันธุ์เคยู) มีรูปแบบการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 1) แต่จุดสำคัญที่ควรพิจารณาคือ จุดตัดที่เกิดขึ้นระหว่างน้ำหนักตัวไก่ทั้งสองกลุ่มพันธุ์ เมื่ออายุเข้าสู่สัปดาห์ที่ 15 ซึ่งเป็นช่วงที่ไม่มีน้ำหนักตัวอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการจำหน่ายตามความต้องการของตลาดสำหรับไก่พื้นเมืองที่นิยมบริโภคเนื้อ โดยน้ำหนักตัวเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1,200–1,500 กรัม (Tongsiri *et al.*, 2019) อีกทั้งยังสังเกตได้ว่า ไก่เบตง (สายพันธุ์เคยู) ที่เจริญเติบโตถึงช่วงระยะเวลาดังกล่าวมีน้ำหนักตัวที่สูงกว่าไก่ดำนิลเกษตร (ศาสตร) แสดงถึงคุณสมบัติเด่นตามสายพันธุ์ของไก่เบตง (สายพันธุ์เคยู) ที่มีเนื้อนุ่มคือ ไม่เหนียวและไม่กระด้าง (Makchumpon *et al.*, 2015) ซึ่งอาจอธิบายเปรียบเทียบกับรูปแบบการเจริญเติบโตแบบชดเชยที่เกิดขึ้นในช่วงท้ายของไก่เนื้ออายุ 95 วัน เกิดการสร้างเส้นใยคอลลาเจนเพอริมิเซียม (Perimysium collagen) ในเนื้อไก่สูงขึ้น (Das *et al.*, 2010) ซึ่งเหตุผลดังกล่าวอาจเป็นหนึ่งในสาเหตุที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของไก่เบตง (สายพันธุ์เคยู) ที่รวดเร็วกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับไก่ดำนิลเกษตร (ศาสตร) ในช่วงเวลาหนึ่ง

หากพิจารณาน้ำหนักตลาดของไก่ดำที่ 900–1,200 กรัม พบว่า สามารถเริ่มแปรรูปไก่ดำนิลเกษตร (ศาสตร) ส่งตลาดที่อายุประมาณ 11 สัปดาห์ (Figure 1) ซึ่งอยู่ในช่วงที่ไก่ดำนิล

เกษตร (ศาสตร) มีการเจริญเติบโตที่รวดเร็วกว่าไก่เบตง (สายพันธุ์เคยู) และจากการที่ผู้บริโภคต้องการไก่ดำนิลเกษตร (ศาสตร) ที่มีน้ำหนักขายไม่สูงจนเกินไปประกอบกับการเจริญเติบโตที่รวดเร็วในเวลาอันสั้น จึงส่งผลต่อการผลิตเชิงพาณิชย์ แตกต่างกับไก่เบตง (สายพันธุ์เคยู) ที่ตลาดต้องการไก่ที่มีน้ำหนักตัวสูงเพื่อบริโภคเนื้อที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัว ซึ่งคุณสมบัติเหล่านั้นต้องใช้ระยะเวลาในการสร้าง เช่น การเกิดคอลลาเจนเพอริมิเซียม และไขมันแทรกในเนื้อที่เพิ่มขึ้นตามอายุ ที่ส่งผลโดยตรงต่อรสชาติและรสสัมผัสของเนื้อ อีกทั้งเมื่อผนวกกับแนวโน้มการเจริญเติบโตของไก่เบตง (สายพันธุ์เคยู) ที่มีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นสูงกว่าไก่ดำนิลเกษตร (ศาสตร) หลังจากอายุ 14 สัปดาห์ขึ้นไป (Figure 1) จึงสามารถสรุปได้ว่า ไก่ทั้งสองสายพันธุ์มีรูปแบบการเจริญเติบโตที่สนับสนุนต่อการผลิตเชิงการค้า

นอกจากนี้ สิ่งที่ต้องพิจารณาอีกประการหนึ่ง คือ ความแตกต่าง (ความผันแปร) ของน้ำหนักตัวระหว่างไก่แต่ละตัวภายในกลุ่มพันธุ์และระหว่างกลุ่มพันธุ์ที่เพิ่มขึ้นตามอายุที่เพิ่มขึ้น (Table 2) โดยในภาพรวมของไก่ทั้งสองกลุ่มพันธุ์มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะน้ำหนักตัวในช่วง 2.91–303.67 กรัม และเมื่อพิจารณาแยกตามกลุ่มพันธุ์ พบว่า ลักษณะน้ำหนักตัวของไก่ดำนิลเกษตร (ศาสตร) มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.18–332.65 กรัม ในขณะที่ไก่เบตง (สายพันธุ์เคยู) มีค่า 2.41–264.79 กรัม ความผันแปร

ของน้ำหนักตัวในแต่ละช่วงอายุของไก่ดำนิลเกษตร (ศาสตร) สูงกว่าไก่เบตง (สายพันธุ์เคยู) ซึ่งบ่งชี้ว่า ภายใต้สภาพการจัดการและสิ่งแวดล้อมเดียวกัน ไก่ดำนิลเกษตร (ศาสตร) มีความแปรปรวนทางพันธุกรรมมากกว่าไก่เบตง (สายพันธุ์เคยู) แสดงให้เห็นถึงโอกาสในการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์ที่ต่างกัน เมื่อสัตว์ในประชากรมีความผันแปรทางพันธุกรรมสูงมักส่งผลให้การคัดเลือก

พ่อแม่พันธุ์ที่มีลักษณะสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการปรับปรุงพันธุ์ได้ดียิ่งขึ้น (van der Werf, 2022) นอกจากนี้ การคัดเลือกพันธุ์โดยติดตามความผันแปรทางพันธุกรรมของประชากรอย่างต่อเนื่องสนับสนุนให้เกิดความก้าวหน้าทางพันธุกรรมของประชากรได้อย่างยั่งยืน (Sosa-Madrid *et al.*, 2023)

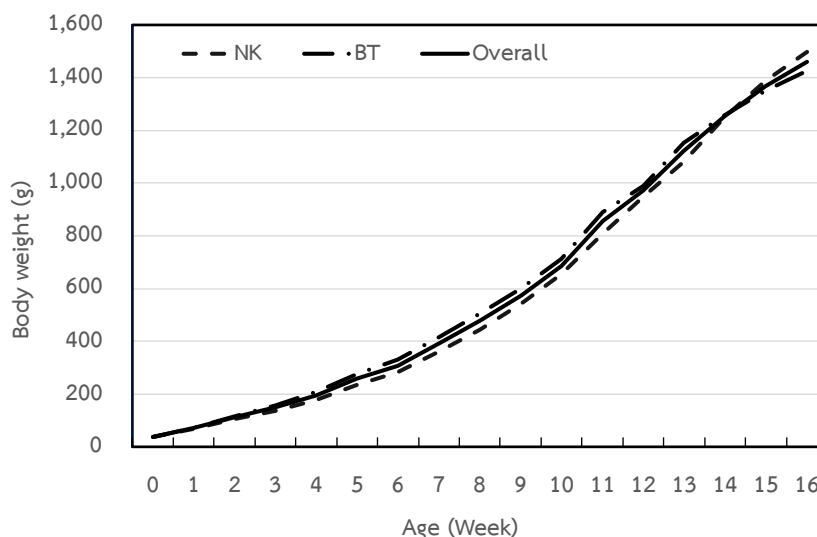


Figure 1 Growth pattern of Nin Kaset (Sart; NK), Betong (KU Line; BT), and overall chickens

การประมาณน้ำหนักตัวโดยแบบจำลอง

แบบจำลอง Gompertz nonlinear การถดถอยพหุนามระดับที่สอง และการถดถอยพหุนามระดับที่สาม ถูกสร้างขึ้นโดยใช้ข้อมูลอายุและน้ำหนักของไก่ดำนิลเกษตร (ศาสตร) และไก่เบตง (สายพันธุ์เคยู) ความแตกต่างระหว่างน้ำหนักตัวที่ประมาณค่าด้วยแบบจำลองข้างต้น และน้ำหนักจริง (ความคลาดเคลื่อนในการทำนายค่า) ผันแปรไปตามอายุระหว่างกลุ่มพันธุ์ (Table 3) ทั้งนี้แบบจำลอง Gompertz nonlinear ให้ความคลาดเคลื่อนในการทำนายค่าอยู่ในช่วง -21.87 ± 330.44 ถึง 99.77 ± 89.45 กรัม [โดยเฉลี่ย 20.36 ± 10.82 กรัม สำหรับไก่ดำนิลเกษตร (ศาสตร) และ 33.52 ± 12.12 กรัม สำหรับไก่เบตง (สายพันธุ์เคยู)] ส่วนการถดถอยพหุนามระดับที่สองให้ความคลาดเคลื่อนในการทำนายค่าอยู่ในช่วง -64.93 ± 4.00 ถึง 51.83 ± 4.00 กรัม [โดยเฉลี่ย 0.86 ± 0.84 กรัม สำหรับไก่ดำนิลเกษตร (ศาสตร) และ 0.65 ± 0.95 กรัม สำหรับไก่เบตง (สายพันธุ์เคยู)] ในขณะที่ การถดถอยพหุนามระดับที่สามให้ความคลาดเคลื่อนในการทำนายค่าอยู่ในช่วง -72.40 ± 4.24 ถึง 61.09 ± 4.24 กรัม [โดยเฉลี่ย 1.35 ± 0.89 กรัม สำหรับไก่ดำนิลเกษตร (ศาสตร) และ 1.31 ± 1.00 กรัม สำหรับไก่เบตง (สายพันธุ์เคยู)]

สำหรับการพิจารณาแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการทำนายค่าน้ำหนักตัวของไก่ดำนิลเกษตร (ศาสตร) และไก่เบตง (สายพันธุ์เคยู) ในช่วงอายุ 1–16 สัปดาห์ สามารถพิจารณาได้จากค่าพารามิเตอร์ AIC, AICC, BIC, $-2\log L$ และ R^2 (Table 4) เมื่อพิจารณาค่า AIC, AICC, BIC และ $-2\log L$ แต่ละแบบจำลอง โดยเรียงลำดับจากค่าน้อยไปค่ามาก พบว่า การถดถอยพหุนามระดับที่สอง มีค่าดังกล่าวต่ำที่สุด ในขณะที่ แบบจำลอง Gompertz nonlinear มีค่าสูงที่สุด โดยให้ค่าที่มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันระหว่างชุดข้อมูลของไก่ดำนิลเกษตร (ศาสตร) ที่มีค่า AIC = 9,564 ถึง 10,362, AICC = 9,564 ถึง 10,362, BIC = 9,587 ถึง 10,376, $-2\log L$ = 9,554 ถึง 10,356 และไก่เบตง (สายพันธุ์เคยู) ที่มีค่า AIC = 7,284 ถึง 8,179, AICC = 7,284 ถึง 8,179, BIC = 7,301 ถึง 8,192, $-2\log L$ = 7,275 ถึง 8,173 ซึ่งค่า AIC, AICC, BIC และ $-2\log L$ ที่มีค่าต่ำ แสดงถึงความเหมาะสมสำหรับการใช้แบบจำลองดังกล่าวประมาณน้ำหนักตัวไก่ทั้งสองกลุ่มพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ การพิจารณาค่า AIC, AICC และ BIC สำหรับการตัดสินใจในการเลือกใช้แบบจำลองที่เหมาะสมควรพิจารณาขนาดของตัวอย่างที่ศึกษา และความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนร่วมด้วย ซึ่งในการศึกษานี้ประมาณค่าน้ำหนักตัวของ

ไก่อายุตัว จำนวน 16 ข้อมูลต่อตัว ถือว่าเป็นข้อมูลขนาดเล็ก การพิจารณาจากค่า AIC และ AICC มีประสิทธิภาพมากกว่าพิจารณาจากพารามิเตอร์อื่น (Riansut, 2023) ในขณะที่ การพิจารณาจากค่า BIC เหมาะสมสำหรับชุดข้อมูลขนาดใหญ่ (ตั้งแต่ 100 ข้อมูล) ที่มีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนต่ำ (Sangthong, 2019)

อย่างไรก็ตาม ค่า R^2 จากการทำนายน้ำหนักตัวของไก่ดำนิลเกษตร (ศาสตร์) ในทุกแบบจำลอง มีค่าต่ำกว่าค่า R^2 จากการทำนายน้ำหนักตัวของไก่เบตง (สายพันธุ์เคยู) แสดงให้เห็นว่า น้ำหนักตัวของไก่ดำนิลเกษตร (ศาสตร์) ที่ประมาณด้วยแบบจำลองมีค่าที่แตกต่างจากน้ำหนักจริงมากกว่าไก่เบตง (สายพันธุ์เคยู)

Table 3 Mean and standard deviation of the residuals at a particular age from fitting different models for the body weight (g) of Nin Kaset (Sart) and Betong (KU Line) chickens

Age (week)	Gompertz nonlinear model		Second-degree polynomial		Third-degree polynomial	
	Nin Kaset	Betong	Nin Kaset	Betong	Nin Kaset	Betong
Initial	-5.98 ± 27.35	-4.35 ± 20.02	11.98 ± 3.06	-8.85 ± 3.52	28.98 ± 3.24	15.89 ± 3.73
1	7.74 ± 11.48	9.99 ± 90.00	7.44 ± 3.06	4.71 ± 3.52	12.77 ± 3.24	11.23 ± 3.73
2	20.25 ± 21.17	22.23 ± 17.26	4.98 ± 3.06	12.17 ± 3.52	2.88 ± 3.24	6.92 ± 3.73
3	24.71 ± 38.49	24.68 ± 29.59	-3.21 ± 3.06	5.21 ± 3.52	-9.49 ± 3.24	-6.39 ± 3.73
4	35.44 ± 53.35	29.09 ± 39.06	-11.18 ± 3.06	1.80 ± 3.57	-19.35 ± 3.24	-12.20 ± 3.78
5	30.61 ± 71.79	45.42 ± 47.29	-9.11 ± 3.22	3.24 ± 3.57	-17.93 ± 3.41	-9.58 ± 3.78
6	12.46 ± 88.50	52.38 ± 53.60	-25.46 ± 3.25	-14.40 ± 3.57	-32.66 ± 3.44	-23.84 ± 3.78
7	2.84 ± 106.84	71.13 ± 59.57	-15.21 ± 3.25	-7.11 ± 3.57	-19.94 ± 3.44	-12.10 ± 3.78
8	0.64 ± 122.22	67.57 ± 69.24	-9.88 ± 3.25	-12.73 ± 3.61	-12.10 ± 3.44	-13.27 ± 3.83
9	11.67 ± 136.03	79.97 ± 79.00	-0.55 ± 3.25	-8.44 ± 3.61	-1.00 ± 3.44	-5.59 ± 3.83
10	2.12 ± 160.91	99.77 ± 89.45	18.82 ± 3.25	2.30 ± 3.61	18.70 ± 3.44	6.22 ± 3.83
11	51.62 ± 176.66	13.31 ± 151.39	23.80 ± 4.00	3.08 ± 4.46	30.51 ± 4.24	18.38 ± 4.72
12	28.71 ± 200.89	20.60 ± 168.64	7.67 ± 4.00	15.78 ± 4.46	16.62 ± 4.24	33.26 ± 4.72
13	69.60 ± 228.18	11.89 ± 188.76	51.83 ± 4.00	11.43 ± 4.46	61.09 ± 4.24	27.24 ± 4.72
14	54.10 ± 258.77	30.22 ± 212.16	33.38 ± 4.00	31.86 ± 4.46	40.40 ± 4.24	41.09 ± 4.72
15	21.54 ± 292.82	14.79 ± 239.14	-5.82 ± 4.00	14.91 ± 4.46	-4.17 ± 4.24	11.65 ± 4.72
16	-21.87 ± 330.44	-18.91 ± 258.86	-64.93 ± 4.00	-43.85 ± 4.46	-72.40 ± 4.24	-66.58 ± 4.72

Table 4 Comparison of growth models for the body weight estimated of Nin Kaset (Sart) and Betong (KU Line) chickens

Fit statistics	Gompertz nonlinear model		Second-degree polynomial		Third-degree polynomial	
	Nin Kaset	Betong	Nin Kaset	Betong	Nin Kaset	Betong
AIC	10,362	8,179	9,564	7,284	9,570	7,285
AICC	10,362	8,179	9,564	7,284	9,570	7,285
BIC	10,376	8,192	9,587	7,301	9,589	7,307
-2logL	10,356	8,173	9,554	7,276	9,562	7,275
R^2	0.877	0.922	0.875	0.922	0.877	0.922

AIC = Akaike information criterion, AICC = corrected Akaike information criterion, BIC = Schwarz Bayesian information criterion, -2logL = -2log Likelihood, R^2 = the coefficient of determination

เมื่อพิจารณาค่า Residuals ประกอบกับพารามิเตอร์เปรียบเทียบแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับประมาณน้ำหนักตัวของไก่ ได้แก่ AIC, AICC, BIC, $-2\log L$ และ R^2 ในแบบจำลอง 3 แบบ สามารถสรุปได้ว่า การถดถอยพหุนามระดับที่สองมีความเหมาะสมในการเป็นแบบจำลองสำหรับการประมาณน้ำหนักตัวของไก่ดำนิลเกษตร (ศาสตร) และไก่เบตง (สายพันธุ์เคยู) ที่อายุ 1–16 สัปดาห์ มากที่สุด ผลการศึกษานี้แตกต่างจาก Plaengkaew *et al.* (2021) ที่อธิบายรูปแบบการเจริญเติบโตของไก่ดำเคยู ภูพานเพศผู้และเพศเมีย จากข้อมูลน้ำหนักตัวที่อายุ 0, 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 สัปดาห์ โดยใช้สมการไม่เชิงเส้น (Non-linear) 3 สมการ ได้แก่ Gompertz, logistic และ von Bertalanffy ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า สมการไม่เชิงเส้นทั้ง 3 สมการ สามารถใช้อธิบายรูปแบบการเจริญเติบโตของไก่ดำเคยู ภูพานเพศผู้และเพศเมียได้ โดยมีค่า R^2 จากการทำนายน้ำหนักตัวของไก่ดำใกล้เคียงกันทั้ง 3 สมการ (ระหว่าง 0.93 ± 0.00 ถึง 0.94 ± 0.01) ในขณะที่ ค่า R^2 จากการทำนายน้ำหนักตัวของไก่ดำนิลเกษตร (ศาสตร) คละเทศ ด้วย Gompertz nonlinear model มีค่าเท่ากับ 0.877 ซึ่งอาจเกิดจากข้อจำกัดของจำนวนข้อมูลน้ำหนักตัวที่ใช้ในการศึกษา และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะน้ำหนักตัวที่อายุ 1–16 สัปดาห์ มีค่าระหว่าง 3.18–332.65 กรัม แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของน้ำหนักตัวที่อายุเดียวกัน ซึ่งอาจส่งผลต่อการประมาณค่าด้วย Gompertz nonlinear model

นอกจากนี้ ผลการศึกษาของ Norris *et al.* (2007) ยังพบว่า แบบจำลอง Gompertz nonlinear มีความเหมาะสมในการอธิบายการเจริญเติบโตในช่วงอายุ 0–21 สัปดาห์ ของไก่พื้นเมืองเนื้อเหลืองพันธุ์ Venda และ Naked Neck Chicken (South Africa) ได้เหมาะสมกว่าใช้สมการไม่เชิงเส้น (Non-linear) แบบ Logistic และ Richards โดยมีค่าประมาณที่ใกล้เคียงกับค่าน้ำหนักตัวของไก่ที่ชั่งโดยตรง ทั้งนี้ มีรายงานผลการศึกษาของ Tompić *et al.* (2011) ที่พบว่า แบบจำลองการถดถอยพหุนามระดับที่สามเป็นแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดในการอธิบายการ

เจริญเติบโตของไก่พันธุ์ Ross 308 ที่เป็นไก่สายพันธุ์เชิงการค้า ความแตกต่างดังกล่าวยืนยันให้เห็นถึงรูปแบบการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันของไก่แต่ละกลุ่มพันธุ์ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ในการอธิบายลักษณะการเจริญเติบโตของไก่แต่ละกลุ่มพันธุ์ในช่วงอายุที่แตกต่างกัน ข้อมูลและผลการศึกษานี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการกำหนดกลยุทธ์การให้อาหารที่เหมาะสม เพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต รวมถึงการประมาณน้ำหนักตัวที่แม่นยำ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจโดยอาศัยข้อมูลในการผลิตไก่ดำนิลเกษตร (ศาสตร) และไก่เบตง (สายพันธุ์เคยู) เชิงพาณิชย์

สรุป

ไก่ดำนิลเกษตร (ศาสตร) มีน้ำหนักตัวและรูปแบบการเจริญเติบโตที่รวดเร็วกว่าไก่เบตง (สายพันธุ์เคยู) จนถึงอายุสัปดาห์ที่ 14 จากนั้น ไก่เบตง (สายพันธุ์เคยู) มีน้ำหนักตัวมากกว่าเมื่ออายุ 15 ถึง 16 สัปดาห์ โดยที่รูปแบบการเจริญเติบโตที่พบในไก่ดำนิลเกษตร (ศาสตร) และไก่เบตง (สายพันธุ์เคยู) ในช่วงอายุ 1–16 สัปดาห์ มีลักษณะเหมือนกัน และอธิบายได้ด้วยแบบจำลองการถดถอยพหุนามระดับที่สอง ซึ่งให้ความคลาดเคลื่อนในการทำนายค่าน้อยที่สุดในแต่ละช่วงอายุ

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการ “การพัฒนาศักยภาพทางพันธุกรรมและโภชนาการของไก่ดำนิลเกษตรเพื่อการผลิตพันธุ์สุ่มเชิงพาณิชย์ [FF(KU) 7.66]” และ โครงการ “ระบบผลิตและพัฒนาพันธุ์ขั้นสูงเพื่อการแข่งขันด้านการเกษตรและอาหาร [FF(KU) 51.67]” ผู้วิจัยขอขอบคุณสมาชิกหน่วยวิจัยเฉพาะทางด้านพันธุศาสตร์สัตว์เขตร้อนชื้น (Special Research Unit in Tropical Animal Genetics) ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำหรับคำแนะนำและความช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Abbas, A.A., A.A. Yosif, A.M. Shukur and F.H. Ali. 2014. Effect of genotypes, storage periods and feed additives in broiler breeder diets on embryonic and hatching indicators and chicks blood parameters. Glob. J. Sci. Res. 2(4): 105–110.
- Akaike, H. 1974. A new look at the statistical model identification. IEEE Trans. Autom. Contr. 19(6): 716–723. <https://doi.org/10.1109/TAC.1974.1100705>.
- Attah, S., A.O. Okubanjo, A.B. Omojola and A.O.K. Adesehinwa. 2004. Body and carcass linear measurements of goats slaughtered at different weights. Livest. Res. Rural Dev. 16(8): 62.

- Boonmee, C., P. Yimget and C. Janthasorn. 2020. Growth performance, economic return and reproductive performance of Nakhonthai black chicken. BAHGI e-Journal. 2: 29–39. (in Thai)
- Buakeeree, K., M. Mongkol and T. Thepparat. 2018. The development of Betong chicken production for commerce in Klong Hoi Kong district, Songkhla province. Prawarun Agr. J. 15(1): 130–137. (in Thai)
- Bungsisawat, P., S. Tumwasorn, W. Loongyai, S. Nakthong and P. Sopannarath. 2018. Genetic parameters of some carcass and meat quality traits in Betong chicken (KU line). Agr. Nat. Resour. 52(3): 274–279. <https://doi.org/10.1016/j.anres.2018.09.010>.
- Burnham, K.P. and D.R. Anderson. 2002. Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach. Springer, New York, USA. 488 pp.
- Chankong, J. and N. Chuaychu-noo. 2021. Production potential and economic, society and environmental impacts of Khaolak black bone chicken, Trang province. Prawarun Agric. J. 18(1): 80–87. <https://doi.org/10.14456/paj.2021.10>. (in Thai)
- Das, C., B.C. Roy, I. Oshima, H. Miyachi, S. Nishimura, H. Iwamoto and S. Tabata. 2010. Collagen content and architecture of the pectoralis muscle in male chicks and broilers reared under various nutritional conditions. Anim. Sci. J. 81(2): 252–263. <https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2009.00730.x>.
- Gompertz, B. 1833. On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new mode of determining the value of life contingencies. In a letter to Francis Baily, Esq. F.R.S. & c. By Benjamin Gompertz, Esq. F.R.S. Proc. R. Soc. Lond. 2: 252–253. <http://doi.org/10.1098/rspl.1815.0271>.
- Kong, H.S., J.D. Oh, J.H. Lee, K.J. Jo, B.D. Sang, C.H. Choi, S.D. Kim, S.J. Lee, S.H. Yeon, G.J. Jeon and H.K. Lee. 2006. Genetic variation and relationships of Korean native chickens and foreign breeds using 15 microsatellite markers. Asian-Australas. J. Anim. Sci. 19(11): 1546–1550. <https://doi.org/10.5713/ajas.2006.1546>.
- Laird, A.K. 1965. Dynamics of relative growth. Growth. 29(3): 249–263.
- Magothe, T.M., W.B. Muhuyi and A.K. Kahi. 2010. Influence of major genes for crested-head, frizzle-feather and naked-neck on body weights and growth patterns of indigenous chickens reared intensively in Kenya. Trop. Anim. Health Prod. 42(2): 173–183. <https://doi.org/10.1007/s11250-009-9403-y>.
- Makchumpon, S., C. Bunchasak, T. Poeikampha, K. Poonthawee and C. Rakangthong. 2015. Comparison of meat quality between broiler and KU Betong chickens. In Proc. the 53rd Kasetsart University Annual Conference, February 3–6, 2015. p. 836–843. (in Thai)
- Mancinelli, A.C., L. Menchetti, M. Birolo, G. Bittante, D. Chiattelli and C. Castellini. 2023. Crossbreeding to improve local chicken breeds: Predicting growth performance of the crosses using the Gompertz model and estimated heterosis. Poult. Sci. 102(8): 102783. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102783>.
- Molee, A., P. Kuadsantia and P. Kaewnakian. 2018. Gene effects on body weight, carcass yield, and meat quality of Thai indigenous chicken. J. Poult. Sci. 55(2): 94–102. <https://doi.org/10.2141/jpsa.0160159>.
- Norris, D., J.W. Ngambi, K. Benyi, M.L. Makgahlele, H.A. Shimelis and E.A. Nesamvuni. 2007. Analysis of growth curves of indigenous male Venda and naked neck chickens. S. Afr. J. Anim. Sci. 37(1): 21–26. <https://doi.org/10.4314/sajas.v37i1.4021>.
- Olawayin, O.O. 2007. Evaluation of the growth parameters of four strains of cockerels. Afri. J. Anim. Biomed. Sci. 2(2): 17–25.
- Osei-Amponsah, R., B.B. Kayang, A. Naazie, I.M. Barchia and P.F. Arthur. 2014. Evaluation of models to describe temporal growth in local chickens of Ghana. Iran. J. Appl. Anim. Sci. 4(4): 855–861.

- Padhi, M.K. 2016. Importance of indigenous breeds of chicken for rural economy and their improvements for higher production performance. *Scientifica*. 2016: 2604685. <https://doi.org/10.1155/2016/2604685>.
- Plaengkaew, S., P. Khumpeerawat and K.J. Stalder. 2021. Using non-linear models to describe growth curves for Thai black-bone chickens. *Agr. Nat. Resour.* 55(6): 1049–1056. <https://doi.org/10.34044/j.anres.2021.55.6.15>.
- Putsakul, A., C. Bunchasak, B. Chomtee, S. Kao-ian and P. Sopannarath. 2010. Effect of dietary protein and metabolizable energy levels on growth and carcass yields in Betong chicken (KU line). *In Proc. the 48th Kasetsart University Annual Conference*, February 3–5, 2010. p. 158–166. (in Thai)
- Riansut, W. 2023. A study of the effectiveness of model selection criteria for multiple regression model. *RMUTSV Research Journal*. 15(1): 198–212. (in Thai)
- Rizzi, C., B. Contiero and M. Cassandro. 2013. Growth patterns of Italian local chicken populations. *Poult. Sci.* 92(8): 2226–2235. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02825>.
- Sangjong, S., T. Suwanasopee, S. Koonawootrittriron and D. Jattawa. 2022. Variation of live weight, carcass weight and retail cut weight of Nin Kaset black meat chickens. *In Proc. the 60th Kasetsart University Annual Conference*, February 21–23, 2022. p. 42. (in Thai)
- Sangthong, M. 2019. A study of the effectiveness of model selection criteria for multilevel analysis. *BUU Sci. J.* 24(1): 156–169. (in Thai)
- Schwarz, G. 1978. Estimating the dimension of a model. *Ann. Stat.* 6(2): 461–464.
- Sehrawat, R., R. Sharma, S. Ahlawat, V. Sharma, M.S. Thakur, M. Kaur and M.S. Tania. 2021. First report on better functional property of black chicken meat from India. *Indian J. Anim. Res.* 55(6): 727–733. <https://doi.org/10.18805/IJAR.B-4014>.
- Sharma, R., R. Sehrawat, S. Ahlawat, V. Sharma, A. Parmar, M.S. Thakur, A.K. Mishra and M.S. Tania. 2022. An attempt to valorize the only black meat chicken breed of India by delineating superior functional attributes of its meat. *Sci. Rep.* 12: 3555. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-07575-9>.
- Siriwadee, P., L. Wirot, P. Thanapol and N. Wirawan. 2023. Genetic diversity among five native Thai chickens and Khiew-Phalee chickens in lower-northern Thailand using mitochondrial DNA barcodes. *Biodiversitas*. 24(4): 1962–1970. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d240404>.
- Sopannarath, P. and C. Bunchasak. 2015. Betong chicken (KU Line) or KU Betong chicken. *Kasetsart Extension Journal*. 61(1): 13–21. (in Thai)
- Sosa-Madrid, B.S., G. Maniatis, N. Ibáñez-Escriche, S. Avendaño and A. Kranis. 2023. Genetic variance estimation over time in broiler breeding programmes for growth and reproductive traits. *Animals*. 13(21): 3306. <https://doi.org/10.3390/ani13213306>.
- Sowande, O.S. and O.S. Sobola. 2008. Body measurements of West African Dwarf sheep as parameters for estimation of live weight. *Trop. Anim. Health Prod.* 40(6): 433–439. <https://doi.org/10.1007/s11250-007-9116-z>.
- Suwanasopee, T., S. Koonawootrittriron, T. Suwonsichon, A. Kayan and S. Hongsakornprasert. 2019. Development of Thai Native Chicken for Meat Consumption. Research Report submitted to Kasetsart University Research and Development Institute, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Suyatno, S., S. Sujono, A. Winaya, L. Zalizar and M. Pangestu. 2023. Characterization of qualitative and quantitative traits of four types of Indonesian native chickens as ancestor of new strains of local super laying hens. *Jordan J. Biol. Sci.* 16(2): 171–179. <https://doi.org/10.54319/jjbs/160201>.

- Teleken, J.T., A.C. Galvão and W. da Silva Robazza. 2017. Comparing non-linear mathematical models to describe growth of different animals. *Acta Sci.* 39(1): 73–81. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v39i1.31366>.
- Tompić, T., J. Dobša, S. Legen, N. Tompić and H. Medić. 2011. Modeling the growth pattern of in-season and off-season Ross 308 broiler breeder flocks. *Poult. Sci.* 90(12): 2879–2887. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-01301>.
- Tongsiri, S., G.M. Jeyaruban, S. Hermes, J.H.J. van der Werf, L. Li and T. Chormai. 2019. Genetic parameters and inbreeding effects for production traits of Thai native chickens. *Asian-Australas J. Anim. Sci.* 32(7): 930–938. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0690>.
- van der Werf, J.H.J. 2022. Sustainable animal genetic improvement. *E3S Web Conf.* 335: 00001. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202233500001>.
- Wangtaweessukkamol, N., W. Loongyai, B. Chomtee and P. Sopannarath. 2013. Genetic parameters for body weights in Betong chicken (KU Line). *Agric. Sci. J.* 44(Suppl. 1): 167–170. (in Thai)
- Wattanachant, S., S. Benjakul and D.A. Ledward. 2004. Composition, color, and texture of Thai indigenous and broiler chicken muscles. *Poult. Sci.* 83(1): 123–128. <https://doi.org/10.1093/ps/83.1.123>.
- Zhang, S., J. Zhang, C. Cao, Y. Cai, Y. Li, Y. Song, X. Bao and J. Zhang. 2022. Effects of different rearing systems on Lueyang black-bone chickens: Meat quality, amino acid composition, and breast muscle transcriptome. *Genes.* 13(10): 1898. <https://doi.org/10.3390/genes13101898>.
- Zubair, A.K. and S. Leeson. 1996. Compensatory growth in the broiler chicken: A review. *Worlds Poult. Sci. J.* 52(2): 189–201. <https://doi.org/10.1079/WPS19960015>.