

ความเป็นไปได้ของการคัดเลือกพันธุ์กรรมหลายลักษณะร่วมกัน โดยใช้โมเดลตัวสัตว์ในไก่พื้นเมืองไทย (ประดู่หางดำและชี)

Possibility of multiple-trait genetic selection using animal model in Thai indigenous chickens (Pradu Hang Dam and Chee)

วุฒิไกร บุญคุ้ม^{1,2*}, อิสระพงศ์ พบวงษา¹ และ วิบุนทิตา จันทร์กิตติสกุล¹

Wuttigrai Boonkum^{1*}, Issarapong Pobwongsa¹ and Vibuntita Chankitisakul¹

บทคัดย่อ: วัตถุประสงค์การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของการคัดเลือกพันธุ์กรรมหลายลักษณะร่วมกันในไก่พื้นเมืองไทย 2 พันธุ์ ได้แก่พันธุ์ประดู่หางดำและชีซึ่งรุ่นที่ 3 สำหรับข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยอายุแม่ไก่เมื่อให้ไข่ฟองแรก น้ำหนักไข่ฟองแรก น้ำหนักตัวแม่ไก่เมื่อให้ไข่ฟองแรก และผลผลิตไข่รวม 1 ปี จำนวน 183 และ 161 บันทึกในไก่ประดู่หางดำและชีตามลำดับ ข้อมูลทั้งหมดเก็บบันทึกได้จากฟาร์มทดลองของศูนย์วิจัยและพัฒนาด้านการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ (ไก่พื้นเมือง) มหาวิทยาลัยขอนแก่นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 - พ.ศ. 2554 การวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบความแปรปรวนทางพันธุกรรมใช้วิธี Expectation Maximization Restricted Maximum Likelihood (EM-REML) ภายใต้โมเดลตัวสัตว์โดยวิเคราะห์รวมหลายลักษณะ ผลการศึกษาพบว่าค่าอัตราพันธุกรรมของอายุแม่ไก่เมื่อให้ไข่ฟองแรก น้ำหนักไข่ฟองแรก น้ำหนักตัวแม่ไก่เมื่อให้ไข่ฟองแรก และผลผลิตไข่รวม 1 ปี ในไก่ประดู่หางดำและชีมีค่าปานกลางถึงสูง (0.20 ถึง 0.52) ยกเว้นค่าอัตราพันธุกรรมของอายุแม่ไก่เมื่อให้ไข่ฟองแรกในไก่ประดู่หางดำมีค่าต่ำ (0.10) ค่าสหสัมพันธ์ปรากฏ และสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของทั้ง 4 ลักษณะในไก่ประดู่หางดำและชีมีค่าต่ำถึงปานกลาง (-0.28 ถึง 0.55) ผลวิเคราะห์ดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าการปรับปรุงพันธุ์กรรมหลายลักษณะร่วมกันมีความเป็นไปได้สำหรับค่าพารามิเตอร์ในบางลักษณะที่มีค่าต่ำควรมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยการพิจารณาใช้วิธีการประเมินพันธุกรรมร่วมกับการใช้เทคโนโลยีด้านพันธุศาสตร์โมเลกุล

คำสำคัญ: อายุแม่ไก่เมื่อให้ไข่ฟองแรก, น้ำหนักไข่ฟองแรก, น้ำหนักตัวแม่ไก่เมื่อให้ไข่ฟองแรก, ผลผลิตไข่, ไก่พื้นเมือง

ABSTRACT: The purpose of this study was to analyze the possibility of multiple-trait genetic selection in the third generation in 2 breeds of Thai indigenous chickens (Pradu Hang Dam and Chee). Data included 183 and 161 records of Age at First Egg (AFE), First Egg Weight (FEW), Chicken Weight at First Egg (CWFE), and Total Egg at 365 days (TE) in Pradu Hang Dam and Chee chickens, respectively. All records were obtained from the Research and development network center for animal breeding (Native chicken), Faculty of Agriculture, Khon Kaen University during 2010 to 2011. Expectation Maximization Restricted Maximum Likelihood (EM-REML) was used to estimate variance components under animal model with multiple-trait. Heritability estimates for AFE, FEW, CWFE, and TE both Pradu Hang Dam and Chee chickens ranged from 0.20 to 0.52, except AFE in Pradu Hang Dam chicken was 0.10. While genetic correlation and phenotypic correlation ranged from -0.28 to 0.55 for all traits in Pradu Hang Dam and Chee chickens. These results indicate that multiple-trait genetic selection using animal model is possible. For further study, some traits that have low value of genetic parameters could be evaluated by combining genetic evaluation with molecular technique.

Keywords: Age at first egg, First egg weight, Chicken Weight at First Egg, Egg production, Indigenous chicken

¹ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002

² ศูนย์เครือข่ายวิจัยและพัฒนาการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ (ไก่พื้นเมือง) คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

Research and development network center for animal breeding (Native chicken), Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002

* Corresponding author: wboonkum@gmail.com

บทนำ

ไก่พื้นเมืองไทยมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยในปี พ.ศ. 2555 เพิ่มขึ้น 8.63 เปอร์เซ็นต์ (72,613,000 ตัว) เมื่อเปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2550 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) และแม้จำนวนไก่พื้นเมืองจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องแต่ยังไม่เพียงพอกับความต้องการที่มีเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกันการประมาณการในปีพ.ศ. 2554 พบว่าความต้องการบริโภคไก่พื้นเมืองมีประมาณ 293,580,946 ตัวหรือเฉลี่ย 4.58 ตัวต่อคนต่อปี (กรมการปกครอง, 2554) ซึ่งมากกว่าจำนวนไก่พื้นเมืองที่ผลิตได้ทั้งประเทศดังนั้นเพื่อให้เพียงพอกับการบริโภครัฐบาลจึงนำเข้าไก่พื้นเมืองจากต่างประเทศควบคู่ไปกับการส่งเสริมให้ผู้บริโภคพิจารณาเลือกบริโภคเนื้อสัตว์ชนิดอื่นทดแทนซึ่งถือเป็นการแก้ไขปัญหาที่ปลายเหตุ ด้วยเหตุนี้เพื่อลดการนำเข้าไก่พื้นเมืองจากต่างประเทศและเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวในระยะยาวการพัฒนาพันธุ์ไก่พื้นเมืองให้มีผลผลิตเพิ่มขึ้นจึงเป็นเป้าหมายสำคัญยิ่งอย่างใดก็ตามอุปสรรคสำคัญต่อการเพิ่มจำนวนและผลผลิตไก่พื้นเมืองไทยนั้นคือไก่พื้นเมืองมีอัตราการเจริญเติบโตช้า ขนาดไข่ฟองเล็ก และปริมาณผลผลิตไข่ต่ำ (เฉลี่ย 30-80 ฟอง/ตัว/ปี) (นิรัตน์และคณะ, 2536; สุนนและคณะ, 2536; เกรียงไกรและคณะ, 2543) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณผลผลิตไข่ของไก่ไข่ (เฉลี่ย 250 ฟอง/ตัว/ปี) (นิรัตน์, 2542) และไก่ลูกผสมพื้นเมือง (เฉลี่ย 90-150 ฟอง/ตัว/ปี) (รัตน, 2544) แนวทางที่ผ่านมาได้มีการคัดเลือกไก่ที่ให้ผลผลิตดีสำหรับขยายพันธุ์ แต่ปัญหาที่ตามมาคือผลผลิตที่ได้ไม่สม่ำเสมอทั้งนี้เนื่องจากการคัดเลือกดังกล่าวเป็นการคัดเลือกโดยพิจารณาจากลักษณะปรากฏ (phenotypic selection) ซึ่งเป็นผลจากอิทธิพลระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะการจัดการ และอาหาร ดังนั้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมย่อมส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพของลักษณะที่ต้องการคัดเลือกโดยตรง (สมชัย, 2530) หรืออีกแนวทางหนึ่งคือการสร้างไก่ลูกผสมพื้นเมืองซึ่งพบ

ว่าสามารถแก้ไขทั้งการเจริญเติบโตช้า และผลผลิตไข่ต่ำได้ดี แต่ผลกระทบที่ยังรอการพิสูจน์นั้นคือรสชาติเนื้อไก่ลูกผสมพื้นเมืองอาจเปลี่ยนแปลงไปจากรสชาติเนื้อไก่พื้นเมืองพันธุ์แท้ซึ่งอาจส่งผลกระทบด้านการยอมรับของผู้บริโภคได้เช่นกัน จากเหตุผลที่กล่าวมาทางเลือกหนึ่งที่สามารถแก้ไขปัญหานี้ไก่พื้นเมืองพันธุ์แท้ของประเทศไทยมีผลผลิตต่ำนั้นคือการปรับปรุงพันธุกรรมในลักษณะที่สนใจโดยตรง (genotypic selection) ซึ่งแนวทางดังกล่าวได้พิสูจน์แล้วว่าให้ผลยั่งยืนและแม่นยำมากกว่าการปรับปรุงโดยพิจารณาจากลักษณะที่ปรากฏ (Falconer and Mackay, 1996) การศึกษาแนวทางการปรับปรุงพันธุกรรมในไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์ประดู่หางดำและซีที่ผ่านมาล้วนศึกษาโดยเน้นเพียงลักษณะใดลักษณะหนึ่งเท่านั้น เช่น ลักษณะปริมาณไข่ หรือลักษณะการเจริญเติบโต (วุฒิชัย และคณะ, 2550; วุฒิไกร และคณะ, 2555) ซึ่งอาจไม่ตอบสนองต่อความต้องการของเกษตรกรผู้เลี้ยงในปัจจุบันที่ต้องการปรับปรุงหลายลักษณะพร้อมๆ กัน ดังนั้นเพื่อต่อยอดการพัฒนาพันธุกรรมไก่พื้นเมืองทั้งสองพันธุ์ให้โดดเด่นมากขึ้นและสนองต่อความต้องการของเกษตรกรผู้เลี้ยงได้มากขึ้นจึงควรพิจารณาปรับปรุงพันธุกรรมหลายลักษณะพร้อมกันโดยเน้นพัฒนาพันธุกรรมในลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการให้ผลผลิตไข่ ได้แก่ อายุแม่ไก่เมื่อให้ไข่ฟองแรก (Age at First Egg; AFE) น้ำหนักไข่ฟองแรก (First Egg Weight; FEW) น้ำหนักตัวแม่ไก่เมื่อให้ไข่ฟองแรก (Chicken Weight at First Egg; CWFE) และผลผลิตไข่รวม 1 ปี (Total Egg at 365 days; TE) ซึ่งถือเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพและต้นทุนในการผลิตที่สำคัญเพื่อใช้ในการวางแผนการพัฒนาและสร้างฝูงไก่พื้นเมืองประดู่หางดำและซีต่อไป

วิธีการศึกษา

อุปกรณ์และวิธีการ

ข้อมูลอายุแม่ไก่เมื่อให้ไข่ฟองแรก น้ำหนักไข่ฟองแรก น้ำหนักตัวแม่ไก่เมื่อให้ไข่ฟองแรก และผลผลิตไข่

รวม 1 ปี ของไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์ประดู่หางดำและชีกาย หลังการคัดเลือกมาแล้ว 2 ชั่วรุ่นจำนวน 183 ตัว และ 161 ตัว ตามลำดับซึ่งเลี้ยงในฟาร์มทดลองของ ศูนย์วิจัยและพัฒนาด้านการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ (ไก่พื้นเมือง) มหาวิทยาลัยขอนแก่นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553-พ.ศ. 2554 ถูกใช้ในการศึกษาครั้งนี้การให้อาหารใช้ระบบจำกัดการกินวันละ 100 กรัมต่อตัวส่วนน้ำดื่มให้กินตลอดเวลาภายในโรงเรือนแบบเปิดที่มีการจัดการเลี้ยงแบบเดียวกันทุกตัว การประมาณค่าองค์ประกอบความแปรปรวนทางพันธุกรรมใช้วิธี Expectation Maximization Restricted Maximum Likelihood (EM-REML) ภายใต้โมเดลตัวสัตว์ (animal model) โดยวิเคราะห์ร่วมหลายลักษณะ (multiple-trait) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป BLUPF90-Chicken PAK v.2.5 (Duangjinda et al., 2005) โมเดลสำหรับการวิเคราะห์ มีรูปแบบการดังนี้ $y = X\beta + Za + \varepsilon$ เมื่อ y คือ เวกเตอร์ของค่าสังเกตของลักษณะอายุแม่ไก่เมื่อให้ไข่ ฟองแรก น้ำหนักไข่ฟองแรก น้ำหนักตัวแม่ไก่เมื่อให้ไข่ ฟองแรก และผลผลิตไข่รวม 1 ปี, β คือ เวกเตอร์ของอิทธิพลคงที่เนื่องจากชุดฟัก (hatch) และชั่วรุ่น (generation), a คือ เวกเตอร์ของอิทธิพลสุ่มเนื่องจากตัว สัตว์, ε คือ เวกเตอร์ของอิทธิพลสุ่มเนื่องจาก ความคลาดเคลื่อน, X และ Z คือ เมตริกซ์ที่มีความ สัมพันธ์กับการปรากฏของอิทธิพลคงที่และอิทธิพลสุ่ม เนื่องจากตัวสัตว์ตามลำดับ ประมาณค่าองค์ประกอบ ความแปรปรวนเพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าอัตรา พันธุกรรม ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และค่าสห สัมพันธ์ของลักษณะปรากฏ

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของลักษณะอายุแม่ไก่เมื่อให้ไข่ฟองแรก น้ำหนักไข่ฟองแรก น้ำหนัก ตัวแม่ไก่เมื่อให้ไข่ฟองแรก และผลผลิตไข่รวม 1 ปีของ ไก่พื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำมีค่าเท่ากับ 208±32 วัน, 39±5 กรัม, 2,191±272 กรัม และ 131±36 ฟอง ตาม ลำดับ ในขณะที่ไก่พื้นเมืองพันธุ์ชีมีค่าเท่ากับ 182±27

วัน, 34±4 กรัม, 1,647±189 กรัม และ 183±45 ฟอง ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าไก่ประดู่หางดำมีอายุแม่ไก่เมื่อ ให้ไข่ฟองแรก และน้ำหนักตัวแม่ไก่เมื่อให้ไข่ฟองแรก มากกว่าไก่ชีแต่มีจำนวนไข่รวม 1 ปี น้อยกว่าไก่ชี ซึ่งมี สาเหตุมาจากไก่ประดู่หางดำเป็นไก่ที่พัฒนาขึ้นโดย เน้นศักยภาพด้านการเจริญเติบโตเป็นหลัก (meat-type poultry) โดยลักษณะการเจริญเติบโตสัมพันธ์กับ ลักษณะผลผลิตไข่ในทิศทางตรงข้าม (Barbato, 1999; Nestor et al., 2000) ในขณะที่ไก่ชีถูกพัฒนาขึ้นโดย เน้นศักยภาพด้านการให้ผลผลิตไข่เป็นหลัก (egg-type poultry; อดุมศรี และคณะ, 2553) สอดคล้องกับงาน วิจัยของ บัญญัติ และคณะ (2553) ซึ่งศึกษาการใช้พ่อ พันธุ์ไก่พื้นเมือง 4 พันธุ์ได้แก่ ประดู่หางดำ เหลืองหาง ขาว แดง และชีผสมพันธุ์ร่วมกับไก่แม่พันธุ์ทางการค้า พบว่าไก่ลูกผสมพื้นเมืองซึ่งใช้พ่อพันธุ์ไก่ประดู่หางดำ มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด ($P<0.05$) ใน Table 1 แสดงค่าอัตราพันธุกรรมของอายุแม่ไก่เมื่อให้ไข่ฟอง แรก น้ำหนักไข่ฟองแรก น้ำหนักตัวแม่ไก่เมื่อให้ไข่ฟองแรก และผลผลิตไข่รวม 1 ปี ของไก่พื้นเมืองพันธุ์ประดู่หางดำ มีค่าเท่ากับ 0.10, 0.30, 0.52, 0.27 ตามลำดับ ในขณะที่ Table 2 แสดงค่าอัตราพันธุกรรมของอายุแม่ไก่เมื่อ ให้ไข่ฟองแรก น้ำหนักไข่ฟองแรก น้ำหนักตัวแม่ไก่เมื่อให้ ไข่ฟองแรก และผลผลิตไข่รวม 1 ปี ของไก่พื้นเมืองพันธุ์ ชี มีค่าเท่ากับ 0.20, 0.45, 0.45, 0.22 ตามลำดับซึ่ง เกือบทุกลักษณะมีค่าอัตราพันธุกรรมอยู่ในช่วงปาน กลางถึงสูง ยกเว้นลักษณะอายุแม่ไก่เมื่อให้ไข่ฟองแรก ในไก่ประดู่ที่มีค่าอัตราพันธุกรรมต่ำ ผลดังกล่าวชี้ให้ เห็นว่าการปรับปรุงพันธุกรรมของลักษณะดังกล่าว สามารถทำได้ 2 แนวทางคือ การประเมินพันธุกรรม หลายลักษณะพร้อมกันแล้วสร้างเป็นดัชนีการคัดเลือก เพื่อนำไปคัดเลือกต่อไป หรือประเมินพันธุกรรมในชั้น ดันแล้วใช้เทคโนโลยีพันธุศาสตร์โมเลกุลโดยการค้นหา ยีนเครื่องหมายที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะเพื่อช่วย เพิ่มความแม่นยำในการคัดเลือก (มนต์ชัย, 2548) อย่างไรก็ตามผลจากงานวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการ คัดเลือกโดยพิจารณาจากค่าพันธุกรรมเพียงอย่างเดียว เพียงพอสำหรับนำไปใช้ในการคัดเลือก สำหรับค่าสห

สัมพันธ์ของลักษณะปรากฏ และสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของทั้ง 4 ลักษณะในไก่ประดู่หางดำและซีมีค่าต่ำถึงปานกลาง (-0.28 ถึง 0.55) และส่วนใหญ่ให้ผลสอดคล้องเป็นไปในทิศทางเดียวกัน อย่างไรก็ตามมีผลที่น่าสนใจดังนี้ ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างลักษณะอายุแม่ไก่เมื่อให้ไข่ฟองแรกกับลักษณะผลผลิตไข่รวมปีทั้งในไก่ประดู่หางดำและซีมีค่าเท่ากับ -0.20 และ -0.28 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหากสามารถพัฒนาพันธุ์แม่ไก่ให้มีอายุเมื่อให้ไข่ฟองแรกต่ำลงได้ย่อมส่งผลให้ผลผลิตไข่จะเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างลักษณะน้ำหนักไข่ฟองแรก กับลักษณะผลผลิตไข่รวมปีทั้งในไก่ประดู่หางดำและซีมีค่าเท่ากับ -0.02

และ 0.02 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าทั้งสองลักษณะไม่มีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม ซึ่งผลดังกล่าวขัดแย้งกับรายงานที่ผ่านมาซึ่งพบว่าทั้งสองลักษณะมีความสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมในเชิงลบ โดยหนึ่งในคำอธิบายถึงสาเหตุดังกล่าวอาจเป็นเพราะทั้งไก่ประดู่หางดำและไก่ซีมีการพัฒนาพันธุกรรมและคัดเลือกมาแล้ว 2 ช่วงโดยลักษณะที่ทำการปรับปรุงพันธุกรรมได้แก่จำนวนผลผลิตไข่ ในขณะที่ขนาดไข่ได้พิจารณาคัดเลือกจากลักษณะปรากฏ ดังนั้นจึงเป็นไปได้หลังจากคัดเลือกมาแล้ว 2 ช่วงทั้งสองลักษณะมีการพัฒนาพร้อมกันและแสดงให้เห็นถึงในอนาคตสามารถคัดเลือกทั้งสองลักษณะให้ปรับปรุงพันธุกรรมให้ดีขึ้นด้วยกันได้ในอนาคต

Table 1 Genetic correlations (lower), phenotypic correlations (upper) and heritability estimates (h^2) in Pradu Hang Dam chicken

Traits ^{1/}	AFE	FEW	CWFE	TE	h^2
AFE		0.36	-0.15	-0.14	0.10
FEW	0.24		0.41	-0.05	0.30
CWFE	-0.01	-0.07		0.05	0.52
TE	-0.20	-0.02	-0.04		0.27

^{1/} AFE = Age at First Egg, FEW = First Egg Weight, CWFE = Chicken Weight at First Egg, TE = Total Egg at 365 days

Table 2 Genetic correlations (lower), phenotypic correlations (upper) and heritability estimates (h^2) in Chee chicken

Traits ^{1/}	AFE	FEW	CWFE	TE	h^2
AFE		0.45	-0.20	0.28	0.20
FEW	0.38		0.55	0.06	0.45
CWFE	0.42	0.44		0.06	0.45
TE	-0.28	0.02	-0.11		0.22

^{1/} AFE = Age at First Egg, FEW = First Egg Weight, CWFE = Chicken Weight at First Egg, TE = Total Egg at 365 days

สรุป

การปรับปรุงพันธุกรรมในลักษณะด้านการให้ผลผลิตไข่ทั้งในไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์ประดู่หางดำและ

ซีโดยพิจารณาจากค่าอัตราพันธุกรรม สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม และสหสัมพันธ์ปรากฏแสดงให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ในทุกลักษณะที่นำมาศึกษาและเพียงพอสำหรับการคัดเลือกไก่เก็บไว้ขยายฝูงต่อไป ในขณะที่

เดียวกันบางลักษณะที่มีค่าอัตราพันธุกรรมต่ำกว่า 0.20 การใช้เทคโนโลยีพันธุศาสตร์โมเลกุลร่วมด้วยน่าจะช่วยเพิ่มความแม่นยำในการคัดเลือกไก่ได้ดียิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กรมการปกครอง. 2554. รายงานสถิติจำนวนประชากรและบ้านทั่วประเทศและรายจังหวัดเดือนธันวาคมพ.ศ. 2554. Available from: http://stat.bora.dopa.go.th/xstat/pop54_1.html. Accessed:18 Jan. 2013.
- เกรียงไกรโชติประการ, วัชรพงษ์วัฒนกุล, กิตติวงษ์วิเชษฐ, และ วรพงษ์สุริยจันทร์. 2543. ไก่พื้นเมืองและไก่ลูกผสมพื้นเมือง :อดีตและปัจจุบัน. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- นิรัตน์กองรัตนานนท์, รัตนาโชติสังกาศ, และสุภาพรอสิริโยดม. 2536. ผลผลิตไข่และส่วนประกอบฟองขาวของไก่พื้นเมืองเปรียบเทียบกับของไก่พันธุ์แท้บางพันธุ์. น. 161-171. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 31.
- มนต์ชัย ดวงจินดา. 2548. การประเมินพันธุกรรมสัตว์. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 440 หน้า.
- วุฒิไกรบุญคุ้ม, มนต์ชัยดวงจินดา, บัญญัติเหล่าไพบูลย์และ เทวินทร์วงศ์พระลับ. 2555. การประเมินพันธุกรรมและกราฟพันธุกรรมของการให้ผลผลิตไข่ในไก่พื้นเมืองไทย (ประดู่หางดำ) โดยใช้โมเดลวันทอดสอบรีเกรซชันส์. เกษตร. 40:69-78.
- วุฒิชัยเคนไชยวงศ์, มนต์ชัย ดวงจินดา, บัญญัติ เหล่าไพบูลย์, และเทวินทร์ วงศ์พระลับ. 2550. การประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะการเจริญเติบโตในไก่พื้นเมืองไทยพันธุ์ชิว. วารสารเกษตร มช. 23:253-261.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2555. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปี 2555. สำนักพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, นนทบุรี.
- สุนนโพธิ์จันทร์, นพวรรณชมชัย, และประเสริฐโพธิ์จันทร์. 2536. การใช้ใบมันสำปะหลังในสูตรอาหารมันเส้นสำหรับเลี้ยงไก่พื้นเมือง. วารสารสาส์นไก่. 41:50-51.
- อุดมศรี อินทรโชติ, อำนวย เลี้ยวธรากุล, ธีระชัย ช่อไม้, ทวีศิลป์ จินดาง, และชูศักดิ์ ประภาสสวัสดิ์. 2553. ไก่พื้นเมืองไทย. กองบำรุงพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- Barbato, G. F. 1999. Genetic relationships between selection for growth and reproductive effectiveness. Poult. Sci. 78:444-452.
- Duangjinda, M., I. Misztal, and S. Tsuruta. 2005. BLUPF90-ChickenPAK v 2.5: User,s Manual. The University of Georgia and Khon Kaen University.
- Falconer, D. S. and T. F. C. Mackay. 1996. Introduction to quantitative genetic. 4th ed. Longman House, Jarlow, Eng. 464 p.
- Nestor, K. E., J. W. Anderson, and R. A. Patterson. 2000. Genetics of growth and reproduction in the turkey. 14. Changes in genetic parameters over thirty generations of selection for increased body weight. Poult. Sci. 79:445-452.