

การศึกษากราฟการให้ผลผลิตไข่ในไก่ไข่โดยใช้ฟังก์ชันที่แตกต่างกัน ภายใต้การเลี้ยงแบบระบบเปิด

A study of egg production curves in laying hens using difference functions under open housing system

วรangkan กิจพิพิธ^{1*}, มนัสนันท์ นพรัตน์ไมตรี¹, อนัญญา ปานทอง² และ อรุมา ทองหล่อ¹

Warangkana Kitpipit^{1*}, Manatsanun Nopparatmaitree¹, Ananya Panthong²
and On-uma Thonglor¹

บทคัดย่อ: การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการศึกษากราฟการให้ผลผลิตไข่ในไก่ไข่โดยใช้ฟังก์ชันที่แตกต่างกันของไก่ที่เลี้ยงภายใต้การจัดการฟาร์มระบบเปิด ภายใต้การเลี้ยงของคณะสัตวศาสตร์ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี ข้อมูลเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่รายวัน(Hen-house production) ของไก่ไข่สายพันธุ์ไฮเซ็กบราวน์ จำนวนไก่เริ่มต้น 650 ตัว ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม 2555 ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ในการอธิบายกราฟแสดงการให้ผลผลิตไข่ มี 5 ฟังก์ชัน ได้แก่ Legendre polynomial, Adams-Bell, Wilmink, Compartmental และ Lokhorst ตามลำดับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการให้ผลผลิตไข่ในไก่ไข่ ได้แก่ เดือนที่ให้ผลผลิต และค่าดัชนีความเครียดจากความร้อนในวันที่เก็บไข่มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่รายวันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) จากผลการศึกษาพบว่าฟังก์ชันของ Compartmental function มีค่า R^2 สูงสุด (0.97) และ MSE ต่ำสุด (59.53) ส่วน Lokhorst function ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้อธิบายกราฟแสดงการให้ผลผลิตไข่ในประชากรที่ทำการศึกษามากที่สุด เนื่องจากมีค่า R^2 ต่ำสุด (0.32) และ MSE สูง (99.54) ดังนั้นฟังก์ชัน Compartmental มีความเหมาะสมที่จะใช้อธิบายกราฟแสดงการให้ผลผลิตไข่ในประชากรที่ทำการศึกษาดังนั้นผลที่ได้สามารถนำกราฟการให้ผลผลิตไข่มาช่วยเกษตรกรในการตัดสินใจและพิจารณาในด้านต่างๆ เช่น ด้านการจัดการฟาร์ม เพื่อเป็นการเพิ่มศักยภาพการให้ผลผลิตไข่มีคุณภาพและประสิทธิภาพดีขึ้น

คำสำคัญ: กราฟการให้ไข่ไก่, เปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่ไก่รายวันและไข่ไก่

ABSTRACT: The objective of this study was to estimate egg production curve using different models under open housing system raised in the Department of Animal Science, College of Agricultural and Technology Phetchaburi, Phetchaburi province. Hen house production of 650 Hisexbrown® that recorded during January and December 2012 were analyzed. Five mathematical equations were used to describe the egg production pattern in this study including Legendre polynomial function, Adams-Bell function, Wilmink function, Compartmental function and Lokhorst function. The factors of month of recording and heat stress index had effect on hen-house production ($P < 0.05$). The result was found that Compartmental function provided the highest R^2 (0.97) and lowest MSE (59.53). Meanwhile, Lokhorst function fitted the worst due to it provided the lowest R^2 (0.32) and higher MSE (99.54). In our study, the compartmental function was therefore suitable to describe the egg production curve. This information will be helpful to farmer in their evaluation such as farm management, feed and feeding program, to improve egg performance in the future.

Keywords: egg production curve, hen house production and laying hen

¹ สาขาสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี

Animal Sciences and Agricultural Technology, Silpakorn University

² คณะสัตวศาสตร์ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี

Department of Animal Science, College of Agricultural and Technology Phetchaburi, Phetchaburi province.

* Corresponding author; warangkana.k@su.ac.th

บทนำ

กราฟการให้ผลผลิตไข่ในไก่ไข่เป็นภาพแสดงการให้ผลผลิตไข่ที่แสดงถึงปริมาณผลผลิตไข่เริ่มต้นปริมาณไข่ที่ได้สูงสุด (peak) อัตราการลดลงของปริมาณไข่ (persistency) และปริมาณไข่ทั้งหมด (total egg) (Grossman et al., 2000) รูปภาพดังกล่าวจะบ่งบอกถึงแนวโน้มผลผลิตไข่ที่เป็นปกติ (typical curve) (Atta et al., 2010) นอกจากนี้กราฟที่ได้ยังช่วยให้เกษตรกรนำไปพิจารณาสมรรถภาพการผลิตในฟาร์มเบื้องต้นได้ และสามารถนำไปปรับปรุงแก้ไขในด้านอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านการจัดการฟาร์ม อาหาร สุขภาพไก่และสิ่งแวดล้อมเพื่อเพิ่มศักยภาพการให้ผลผลิตไข่ของไก่ที่เลี้ยงให้มีคุณภาพดียิ่งขึ้น ปัจจุบันการนำฟังก์ชันในรูปแบบต่างๆ มาใช้อธิบายรูปแบบการให้ผลผลิตไข่ในไก่ไข่ ปัจจุบันจึงมีการศึกษากันแพร่หลายมากขึ้น ฟังก์ชันที่นิยมใช้อธิบายมีทั้งฟังก์ชันเชิงเส้นตรง (linear) และฟังก์ชันที่ไม่ใช่เส้นตรง (non-linear) ซึ่งแต่ละฟังก์ชันมีรูปแบบที่แตกต่างกัน และเหมาะที่อธิบายรูปแบบการให้ผลผลิตไข่ที่แตกต่างกันไปในแต่ละประชากร และพันธุ์ เป็นต้น ความแตกต่างของกราฟการให้ผลผลิตไข่ในไก่ไข่เกิดขึ้นเนื่องจากปัจจัยทางพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อมที่มากกระทบ อิทธิพลเนื่องจากสิ่งแวดล้อมที่ไก่ไข่ได้รับในแต่ละวันจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของกราฟค่อนข้างมาก โดยเฉพาะในฟาร์มที่มีการเลี้ยง

แบบระบบเปิด ปัญหาของสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นมักส่งผลกระทบต่อการผลิตไข่ไก่ของฟาร์ม เนื่องจากเกิดความเครียดเนื่องจากความร้อน (Heat stress, HIS) ดังนั้นเพื่อให้การศึกษากราฟการให้ผลผลิตไข่เกิดความแม่นยำ นำไปใช้ได้ง่าย และเหมาะสมกับในแต่ละประชากรจึงได้พิจารณาปัจจัยเนื่องจากอุณหภูมิและความชื้นที่เกิดขึ้นร่วมด้วย การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาฟังก์ชันที่ใช้อธิบายกราฟแสดงการให้ไข่ของไก่ไข่ที่เลี้ยงดูในฟาร์มไก่ไข่หมวดสัตว์ปีก คณะสัตวศาสตร์ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีเพชรบุรีจังหวัดเพชรบุรี

วิธีการศึกษา

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาค้นครั้งนี้เป็นข้อมูลผลผลิตไข่ที่เก็บรายวัน (ฟอง) ของไก่ไข่พันธุ์ไฮเซ็กบราวน์จำนวนเริ่มต้นเลี้ยง 650 ตัว ที่เลี้ยงฟาร์มไก่ไข่หมวดสัตว์ปีก คณะสัตวศาสตร์ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีเพชรบุรี เก็บบันทึกตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2555 ถึงเดือนธันวาคม 2555 ไข่ประมาณ 5% ของฝูงข้อมูลผลผลิตที่เก็บได้ในแต่ละวัน จากนั้นถูกนำมาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่รายวัน (Hen House Production) ข้อมูลเบื้องต้นดังแสดงใน Table 1

Table1 General Data information

Item	
No. of laying hen(heads)	650
Average egg production (no. /day)	356
Hen house production (%)	54.6
Average heat stress index	155.5

การจัดการฟาร์ม และการจัดการอาหาร

ไก่ไฮสไตน์พันธุ์ไฮเซ็กบราวน์ (Hisex brown®) อายุ 30 สัปดาห์ การให้อาหารไก่ไข่วันละ 2 ครั้ง (เช้า - เย็น) วันละ 110 กรัม โดยให้อาหารไก่ไข่ระยะให้ไข่ที่มีค่าโปรตีน 18% ค่าพลังงาน 2,850 kcal/kg และให้ไก่ได้รับน้ำสะอาดอย่างเต็มที่ โดยทำการเลี้ยงไก่ไข่บนกรงตับขังเดี่ยว ในโรงเรือนระบบเปิด

ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลและทดสอบปัจจัยคงที่โดยใช้โปรแกรม SAS (1996)(fixed effects) ได้แก่ เดือนที่ให้ผลผลิต และ ค่าดัชนีความร้อนในวันเก็บผลผลิตที่มีอิทธิพลต่อข้อมูลผลผลิตไข่ไก่รายวัน ค่าดัชนีความร้อน คำนวณดังนี้ Heat Stress Index (HIS)=อุณหภูมิ (oF)+ความชื้นสัมพัทธ์ (%) (ศิษณ์ท์, 2554) แบบหุนทางสถิติที่ใช้ในการศึกษามีดังนี้

$$y_{ij} = \mu + m_{oi} + b(\overline{HIS} - HIS) + e_{ij} \text{-----}(1)$$

เมื่อ y_{ij} = เปอร์เซนต์การไข่ต่อจำนวนไก่เริ่มต้น

μ = ค่าเฉลี่ยของลักษณะที่ศึกษา (overall mean)

m_{oi} = อิทธิพลของเดือนที่ให้ผลผลิต (i= มค, กพ, ...ธค)

b = ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงเส้นตรงที่สัมพันธ์กับค่าดัชนีความร้อน(HIS)

e_{ij} = อิทธิพลเนื่องจากความคลาดเคลื่อน โดยมีการแจกแจงแบบ NID (0, σ^2)

ทดสอบหาฟังก์ชันที่เหมาะสมสำหรับสร้างกราฟแสดงการให้ไข่ โดยมีฟังก์ชันที่นำมาใช้อธิบายกราฟการแสดงการให้ไข่มี 5 ฟังก์ชัน ดังนี้

ฟังก์ชัน 1: Legendre Polynomial function (Gengleret al, 1999)

$$f(t) = Z_0(t) + Z_1(t) + Z_2(t)$$

เมื่อ y = ผลผลิตไข่เฉลี่ย ณ วันที่ t

t = วันที่เก็บไข่

$$Z_1(t) = \sqrt{3}(t)$$

$$Z_2(t) = \sqrt{5/4(3t^2-1)}$$

ฟังก์ชัน 2: Wilmlink function(Wilmlink , 1987)

$$y = a + b(\exp^{0.05t}) + ct$$

ฟังก์ชัน 3: Compartmental function (Narushin and Takma,2003)

$$y = a \exp(-bt) \times (1 - \exp(-c(t-d)))$$

ฟังก์ชัน 4: Adams-Bell function(Narushin and Takma,2003)

$$y = 100 \left(\frac{1}{1 + ab^t} - ct + d \right)$$

ฟังก์ชัน 5:Lokhorst function (Narushin and Takma,2003)

$$y = \frac{100}{1 + ab^2} (c + dt + et^2)$$

เมื่อ y = ผลผลิตไข่เฉลี่ย ณ วันที่ t

t = วันที่เก็บไข่

a, b, c, d และ e = ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรชัน (regression coefficient)

exp = exponential

ฟังก์ชัน 1 เป็นฟังก์ชันรูปแบบ polynomial ฟังก์ชัน 2-3 เป็นฟังก์ชันรูปแบบ exponential และ ฟังก์ชัน 4-5 เป็นฟังก์ชันรูปแบบ linearity เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการศึกษามีปัจจัยคงที่มีอิทธิพลต่อข้อมูลผลผลิตไข่ไก่รายวัน ดังนั้นแบบหุนที่ใช้ในการศึกษาจึงประกอบด้วยปัจจัยคงที่ทำการทดสอบ และเพิ่มรูปแบบฟังก์ชันของกราฟการให้ผลผลิตไข่ แล้วทำการเปรียบเทียบที่ละฟังก์ชัน โดยมีแบบหุนดังนี้

$$y_{ij} = \mu + m_{oi} + b(\overline{HIS} - HIS) + Q + e_{ij} \text{-----}(2)$$

เมื่อ y_{ij} = เปอร์เซนต์ผลผลิตไข่รายวัน

μ = ค่าเฉลี่ยของลักษณะที่ศึกษา (overall mean)

m_{oi} = อิทธิพลของเดือนที่ให้ผลผลิต (i= มค, กพ, ...ธค)

b = ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงเส้นตรงที่สัมพันธ์กับค่าดัชนีความร้อน(HIS)

Q = ฟังก์ชันการให้ผลผลิตไข่ทั้ง 5 ฟังก์ชัน ได้แก่ Legendre polynomial ,Adams-Bell ,Wilmlink, Compartmental และ Lokhorst functionตามลำดับ

e_{ij} = อิทธิพลเนื่องจากความคลาดเคลื่อนโดยมี
การแจกแจงแบบ NID (0, s^2)

จากนั้นทำการพิจารณาคัดเลือกฟังก์ชันที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (mean square error, MSE) และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (adjusted coefficient of determination, R^2_{adj}) ซึ่งค่า R^2_{adj} จะต้องมีความมาก และ MSE มีค่าน้อยเพื่อหาฟังก์ชันที่เหมาะสมที่จะนำมาอธิบายกราฟการให้ไข่ในประชากรชุดที่ทำการศึกษ จากนั้นเมื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ได้จากแต่ละฟังก์ชันแล้ว นำมาสร้างกราฟต่อไป

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่รายวัน

จากการทดสอบปัจจัยคงที่ที่มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่รายวัน ตามแบบหุนทางสถิติ (1) พบว่า ความผันแปรของเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่รายวันได้รับอิทธิพลจากเดือนที่ให้ผลผลิตไข่ และค่าดัชนีความเครียดเนื่องจากความร้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เดือนที่ให้ผลผลิตไข่สูงสุดคือ เดือนเมษายนมีค่าเท่ากับ 81.32% ส่วนเดือนที่ให้ผลผลิตไข่ไก่ที่ต่ำที่สุดคือ เดือนมกราคมมีค่าเท่ากับ 35.66% ซึ่งช่วงเดือนมกราคมเป็นช่วงเดือนแรกที่ไก่เริ่มออก จึงส่งผลให้ปริมาณไข่ที่ได้ไม่สูงมาก และค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ จนถึงจุดสูงสุด (Peak) ในสัปดาห์ที่ 26 โดยให้ผลผลิตไข่สูงถึง 90% และค่อยๆ ลดลงเรื่อยๆ เป็นเส้นตรง (A Hendrix Genetics Company, 2011) ซึ่งเป็นไปตามสรีรวิทยาการให้ไข่ของไก่ไข่

นอกจากนี้ HIS ที่เกิดขึ้นภายในโรงเรือนระบบเปิดส่งผลต่อการให้ผลผลิตเช่นกัน นั่นคือ ช่วงเดือนที่มีค่าสูงสุดคือเดือนพฤศจิกายน (163.68) และช่วงเดือนที่มีค่าต่ำที่สุดคือ เดือนกุมภาพันธ์ (146.12) จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ในเดือนพฤศจิกายน มีค่า HIS สูงสุดสาเหตุเนื่องจากเป็นฤดูฝนเป็นช่วงที่มีความชื้นสัมพัทธ์

สูงที่สุด เนื่องจากเป็นระยะที่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศไทย มรสุมนี้เป็นลมที่พัดจากทะเลพัดพาไอน้ำและความชื้นขึ้นมาสู่จังหวัดเพชรบุรี ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์สูงตลอดฤดูฝน ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปี 77 % จึงส่งผลต่อปริมาณผลผลิตไข่ไก่ที่เลี้ยงไก่ไข่ในโรงเรือนระบบเปิดสภาวะอากาศที่เหมาะสมควรมีค่าดัชนีความเครียดจากความร้อนไม่เกิน 160 หากมีค่าดัชนีความเครียดจากความร้อนสูงกว่านี้ จะทำให้ไก่เครียด จนในที่สุดส่งผลกระทบต่อผลผลิตไข่ไก่ให้มีปริมาณลดลง (ศิษันท์, 2554) นอกจากนี้ Ayo et al. (2011) รายงานว่าอุณหภูมิโดยรอบอาจมีอิทธิพลต่อความสามารถในการสืบพันธุ์โดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณอาหารที่กินของไก่ ซึ่งลดลงไป 20 %

ผลการศึกษาฟังก์ชันที่เหมาะสมสำหรับอธิบายกราฟแสดงการให้ไข่

จากการศึกษาฟังก์ชันที่เหมาะสมสำหรับสร้างกราฟแสดงการให้ผลผลิตไข่ไก่พันธุ์ไฮบริดขาวโดยฟังก์ชันที่ใช้ประกอบด้วย Legendre Polynomial, Adams-Bell, Wilink, Compartmental และ Lokhorst Function พบว่าฟังก์ชันของ Compartmental Function มีความเหมาะสมที่จะใช้อธิบายรูปแบบกราฟแสดงการให้ผลผลิตไข่ไก่ในประชากรที่ทำการศึกษามากที่สุด เนื่องจากมีค่า R^2_{adj} สูงสุด (0.98) และมีค่า MSE ต่ำสุด (59.53) (Table 2) ผลการศึกษาที่ได้ขัดแย้งกับรายงานของ Narushin and Takma (2003) รายงานว่า Logistic-curvilinear เหมาะสมที่จะใช้อธิบายรูปแบบกราฟแสดงการให้ผลผลิตไข่ไก่ในประชากรไก่พันธุ์ Shaver White ในประเทศตุรกี ($R^2 = 0.98$) ในขณะที่ Compartmental Function ($R^2 = 0.01$) ไม่เหมาะที่จะใช้อธิบายรูปแบบกราฟแสดงการให้ผลผลิตไข่ไก่ในประชากรดังกล่าวทั้งนี้เนื่องจากเป็นไก่พันธุ์ที่เลี้ยงในเขตอบอุ่นและอาจมีการจัดการที่แตกต่างไปจากประชากรที่ทำการศึกษา

Table2 Estimation of egg production curve parameters, adjusted coefficient of determination (R^2_{adj}) and mean square error (MSE) for Hisexbrown[®] laying hen under open housing system

Functions	Estimated parameters					R^2_{adj}	MSE
	a	b	c	d	e		
Legendre polynomial	45.6600	14.7700	-4.9800	-	-	0.30	99.21
Adams-Bell	44.5588	-0.0025	0.0519	-33.4972	-	0.87	127.80
Wilmink	73.6381	-0.0874	-58.9374	-	-	0.53	67.81
Compartmental	87.7097	0.0021	0.0247	-11.6073	-	0.97	59.53
Lokhorst	488.2000	-0.0068	48.8118	-0.1398	0.0004	0.11	99.54

Note: a, b, c, d and e= regression coefficients

ค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณได้จากฟังก์ชันที่ศึกษาสามารถนำไปสร้างกราฟแสดงการให้ผลผลิตไข่ (Figure 1) จากฟังก์ชัน Compartmental สามารถนำมาใช้

ประโยชน์สำหรับอธิบายไข่ไก่ในประชากรที่ทำการศึกษาเส้นกราฟแสดงถึงปริมาณผลผลิตไข่ไก่ที่เก็บได้ในการศึกษาครั้งนี้

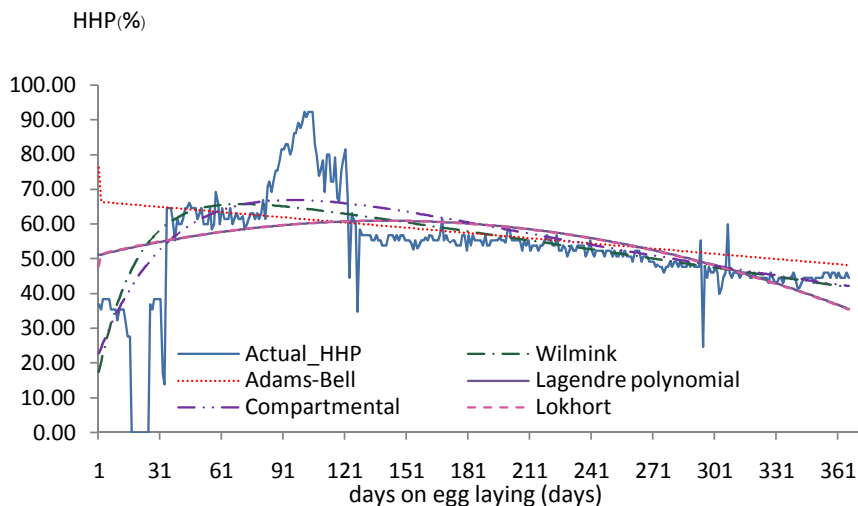


Figure1 Predicted egg production curve of Hisex brown[®] laying hen

สรุป

ผลจากการศึกษาเดือนที่ให้ผลผลิตและความเครียดจากความร้อน (HSI) มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์ผลผลิตไข่รายวันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ฟังก์ชัน Compartmental มีความเหมาะสมที่จะใช้

อธิบายรูปแบบกราฟแสดงการให้ผลผลิตไข่ไก่ในประชากรไก่พันธุ์ไฮเซ็กบราวน์มากที่สุด เนื่องจากมีค่า R^2_{adj} สูงสุด (0.97) และมีค่า MSE ต่ำสุด (59.53) รองลงมา ได้แก่ Adam-Bell, Wilmink, Legendre Polynomial และ Lokhort function ตามลำดับ

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณหมวดสัตว์ปีก คณะสัตวศาสตร์วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรีที่อนุเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ และขอขอบคุณนางสาว ชลธิชา รุ่งแจ้ง และนางสาวมัทนา รุ่งแจ้ง ที่ช่วยจัดเตรียมข้อมูลในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- ศิพันธ์ พงษ์พิพัฒน์. 2554. เทคนิคการจัดการโรงเรือนระบบ EVAP สำหรับการเลี้ยงสัตว์. สมาคมสัตวบาลแห่งประเทศไทย.
- A Hendrix Genetics Company. 2011. Hisex brown commercial stock. ISAA Hendrix Genetics Company. <http://www.isapoultry.com/en/products/hisex/hisex-brown/>, Accessed 24 Mar. 2013.
- Atta, M., B.H. Eljack and A.AEIObied. 2010. Use of mathematical modeling to evaluate production performance of some commercial layer strains under Khartoum State conditions (Sudan). Anim.Sci.J.1 :19-22.
- Ayo, J. O., Obidi, J. A. and P. I. Rekwot. 2011. Effects of heat stress on the well being, fertility, and hatchability of chickens in the Northern Guinea Savannah Zone of Nigeria. ISRN Veterinary Science.2011 :1-10.
- Gengler, N., A. Tijani, G. R. Wiggans, C. P. Van Tassell, and J. C. Misztal. 1999. Estimation of (co)variance function coefficients for test day yield with expectation-maximization restricted maximum likelihood algorithm. J. Dairy Sci. 82(August). <http://www.journalofdairyscience.org/>. Accessed Jan. 5, 2011.
- Grossman M., T. N. Gossman and W. J. Koops. 2000. Education and production A model for persistency of egg production. Poultry Science. 79 :1715-1724.
- NarushinV.G. and C. Takma. 2003. Sigmoid model for the evaluation of growth and production curves in laying hens. Biosyst Eng. 84(3):343-348.
- SAS. 1996. SAS/STAT User's Guide. Version 6.12. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Wilmink, J.B.M. 1987. Comparison of different methods of predicting 305-day milk yield using means calculated from within-herd lactation curves. Livest. Prod. Sci. 17:1-17.