

Efecto del genotipo y programa de alimentación sobre características zoométricas y madurez sexual en gallinas reproductoras Campero INTA

Effect of genotype and feeding program on zoometric traits and sexual maturity in Campero INTA breeders

Susana Paola Sanz¹, Fernando Augusto Ramón Revidatti¹, Ricardo Juan Fernandez¹,
Zulma Edith Canet², Martín Luis María Sindik¹

¹Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Ciencias Veterinarias, Departamento de Producción Animal, Cátedra Producción de Aves. Argentina

²Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. Argentina

RESUMEN. Se evaluó el peso corporal, los indicadores zoométricos y la edad de madurez sexual en gallinas reproductoras Campero INTA, bajo dos programas de alimentación en cría y recria. Se utilizaron 200 gallinas de la población sintética materna E del pollo Campero INTA y 200 al híbrido simple ES*A. Al finalizar la semana 24 se registró el peso corporal, índice de cresta, ancho de cloaca, ancho de la cadera, longitud abdominal y edad a la madurez sexual. Se realizó ANOVA en un diseño factorial 2x2. Los caracteres sexuales secundarios e índices zoométricos relacionados con la esfera reproductiva reflejaron un mayor grado de desarrollo para el genotipo E. El programa de alimentación mostró un marcado efecto sobre el peso corporal en ambas poblaciones con un mayor desarrollo de los caracteres sexuales y un adelantamiento de la entrada a la madurez sexual. Se puede concluir que existen diferencias en la integración alométrica entre peso corporal y desarrollo reproductivo entre diferentes genotipos de gallinas Campero INTA. La mayor asignación de alimento durante la recria acelera el desarrollo reproductivo y la entrada en la madurez sexual, esto confirma que en aves de crecimiento lento el programa de alimentación es un modulador de la función reproductiva.

Palabras clave: Avicultura, reproducción, nutrientes.

ABSTRACT. Body weight, zoometric indicators and age at sexual maturity were evaluated in two genotypes of Campero INTA female breeders under two feeding programs rearing. 200 hens of the synthetic maternal population E of the Campero INTA chicken and 200 of the simple hybrid ES*A were used. At week 24 body weight comb index, cloaca width, hip width, abdominal length and age at sexual maturity were recorded. ANOVA was performed in a 2x2 factorial design. No significant differences were recorded for body weight by genotype. The secondary sexual characteristics and zoometric indices related to the reproductive sphere reflected a higher degree of development for the E genotype. The feeding program showed a marked effect on body weight in both populations with a greater development of the sexual characteristics and an advancement of the entrance to sexual maturity. We concluded there are differences in the allometric integration between body weight and reproductive development between different genotypes of Campero INTA hens. The greater allocation of food during rearing accelerates reproductive development and the entry into sexual maturity this confirms that in slow-growing birds the feeding program is a modulator of reproductive function.

Key words: Aviculture, reproduction, nutrients.

Dirección para correspondencia: Susana Paola Sanz. Universidad Nacional del Nordeste, Facultad de Ciencias Veterinarias, Departamento de Producción Animal, Cátedra Producción de Aves. Argentina

E-mail: paolasanz212@gmail.com

Recibido: 01 de noviembre de 2022 / **Aceptado:** 30 de diciembre 2022

INTRODUCCIÓN

En las gallinas domésticas la selección genética para producción de carne dio por resultado correlaciones que expresan la magnitud en la cual dos caracteres están asociados genéticamente, en tanto que el ambiente es una causa de asociación cuando dos caracteres están influidos por las mismas condiciones ambientales (1,2). La velocidad de crecimiento de los genotipos aviares depende del proceso de mejoramiento al que han sido sometidos (3). Este proceso dio por resultado la obtención de líneas pesadas para producción de carne que presentan una marcada correlación negativa entre aptitud reproductiva y peso corporal, lo que hace necesario desarrollar estrategias de manejo efectivas que permitan compatibilizar ambos objetivos en las reproductoras (4,5).

Entre las señales ambientales que interfieren en la función reproductiva, se destaca el efecto de la alimentación inadecuada, por su repercusión sobre la producción de hormonas, lo que se refleja en alteraciones del desarrollo folicular, tanto durante las etapas previas a la madurez sexual como en el ave adulta (6). La falta de ajuste en los programas de alimentación provoca disrupciones en el patrón normal de producción o secreción del factor de liberación hipotalámico (GnRH) y las condiciones en que se desarrolla la madurez sexual (7).

La madurez sexual en las gallinas es un proceso biológico complejo, lo que implica que se desarrolla en determinado momento de la vida y bajo ciertas circunstancias específicas (8). Se ha señalado que la madurez sexual es el resultado combinado de varios factores que incluyen la edad cronológica, el peso y la composición corporal del ave (9,10).

El conocimiento de la composición corporal y de los cambios que ocurren durante el ciclo de vida de las reproductoras pesadas es importante para ajustar el programa de alimentación, esto garantiza el suministro de los nutrientes necesarios para la etapa de crecimiento, maduración sexual y producción de huevos (11). La primera oviposición es considerada convencionalmente como el inicio de la madurez sexual, sin embargo, en los programas de investigación sobre fisiología reproductiva se requiere establecer en forma más precisa el momento en que este fenómeno se produce (12). Durante la maduración sexual los cambios neuroendocrinos y metabólicos producen transformaciones en el aparato reproductor y estimulan el desarrollo de caracteres sexuales

secundarios (13) de ahí que, para evaluar el grado de desarrollo genital alcanzado por las reproductoras al momento de la madurez sexual y la evolución del mismo a lo largo de la etapa de postura, existan un amplio grupo de técnicas que pueden ser utilizadas. Hacia el final de la recría, la cresta aumenta de volumen, se torna turgente y el ave puede perder algunas plumas primarias (muda prenupcial) y los huesos púbicos se ensanchan para dar paso al huevo (5,12). Los programas de manejo aplicados durante la cría y la recría pueden modificar en forma marcada las condiciones en las que se produce la madurez sexual, lo que hace necesario evaluar este proceso en sus aspectos anatómicos, fisiológicos y reproductivos (5,14). El inicio de la madurez sexual también se puede determinar mediante el examen de la cloaca en sus aspectos cualitativos y cuantitativos (5,15).

El objetivo del presente estudio fue evaluar el peso corporal, los indicadores zoométricos de madurez sexual y la edad a la madurez sexual en dos genotipos de gallinas reproductoras Campero INTA, bajo distintos programas de alimentación en cría y recría.

MATERIALES Y METODOS

Las distintas etapas del ciclo de los reproductores se llevaron a cabo en el Centro de Multiplicación de Aves de la Estación Experimental Agropecuaria Corrientes del INTA, en la Ruta Nacional N° 12, km 1008, El Sombrero (Corrientes, Argentina).

En el ensayo se trabajó con 200 gallinas reproductoras pertenecientes a la población sintética materna E del pollo Campero INTA (composición genética teórica 50 % Cornish Colorada; 50 % Rhode Island Colorada) y 200 al híbrido simple producto del cruzamiento entre las poblaciones sintéticas maternas ES*A (composición genética teórica 81,25% Cornish Colorada; 18,75 % Rhode Island Colorada).

El programa de alimentación fue formulado en función de los requerimientos nutricionales de las reproductoras para cada etapa. Las dietas se ofrecieron en forma secuencial, suministrando alimento iniciador desde el nacimiento hasta las 7 semanas y alimento de recría desde la semana 8 a la 20. En las semanas 21 y 22 se suministró un alimento de pre-reproducción elaborado mezclando partes iguales del alimento de recría y reproducción. Finalmente, la dieta de reproducción desde las 23 semanas hasta el final del ciclo (Tabla 1).

Tabla 1: Tipo y composición de las raciones según periodo del ciclo.

Composición	Tipo de alimento			
	Iniciador	Recría	Pre-reproducción	Reproducción
Energía Metabolizable (kcal/kg)	2.860	2.750	2.809	2.868
Ca (%)	1,05	1,05	2	3
P (%)	0,46	0,45	0,45	0,45
Proteína (%)	19	15,5	16	16,42
Grasa (%)	3,83	3,98	4,3	4,63
Fibra (%)	3,4	4,27	3,51	2,75
Ácido linoleico (%)	1,3	1,3	1,5	1,7
Lisina (%)	1,02	0,64	0,72	0,8
Metionina (%)	0,43	0,24	0,53	0,83
Metionina + Cistina (%)	0,69	0,46	0,52	0,58
Treonina (%)	0,64	0,47	0,5	0,53

Las aves de cada genotipo se subdividieron en dos grupos a los que se les suministró el programa antes descrito sin cambios cualitativos de estas dietas. Entre las semanas 5 y 22 se aplicó en cada grupo uno de los siguientes tratamientos, que consistieron en modificaciones cuantitativas de las dietas iniciador, recría y pre-reproducción: Grupo Estándar (programa de alimentación restringida, habitualmente aplicado en el establecimiento) y Grupo Estándar+10 (programa de alimentación con una modificación cuantitativa de la dieta consistente en un aumento del 10 % en la cantidad de alimento respecto del grupo control) (Tabla 2).

Tabla 2. Programa de alimentación control y alternativo para genotipos maternos del pollo Campero INTA.

	Programa estándar	Programa estándar + 10
	g/ave/día	g/ave/día
Semana 1	13	13
Semana 2	19	19
Semana 3	32	32
Semana 4	37	37
Semana 5	40	44
Semana 6	42	46
Semana 7	44	48
Semana 8	47	52
Semana 9	49	54
Semana 10	51	56
Semana 11	53	58
Semana 12	56	62
Semana 13	59	65
Semana 14	65	72
Semana 15	69	76
Semana 16	74	81
Semana 17	79	87
Semana 18	85	94
Semana 19	92	101
Semana 20	102	112
Semana 21	110	121
Semana 22	117	129

En el grupo Estándar, el alimento se suministró de acuerdo a un protocolo elaborado sobre la base de trabajos previos en reproductoras Campero INTA en clima subtropical (16), con una

oferta de 9.345 g de alimento/ave entre la semana 1 y 22, lo que supone un suministro total de 25.967 kcal de EM y 1.512 g de proteína bruta acumulada al final de la semana 22. El grupo Estándar+10 recibió un programa de alimentación alternativo que consistió en un incremento del 10 % en la asignación diaria de alimento respecto al grupo Control desde la semana 5 a la 22 (Tabla 3), alcanzando una oferta de 10.213 g de alimento/aves, con 28.373 kcal de EM y 1.650 g de proteína bruta acumulada entre la semana 1 y 22.

Al final de la semana 24 se registró en cada ave: peso corporal (PC), índice de cresta (ICr, producto del alto de cresta desde su base hasta la punta de la cuarta espiga por su longitud desde el extremo anterior hasta el posterior, ambos registrados con calibre y expresado en mm²), ancho de cloaca (ACI, distancia transversal en mm existente entre ambos extremos laterales de la cloaca con el ave en decúbito dorsal), ancho de la cadera (ACa, distancia transversal en mm existente entre ambos isquiones con el ave en decúbito dorsal), longitud abdominal (LAb, distancia longitudinal en mm existente entre la apófisis esternal caudal y una línea imaginaria que une ambos extremos de los huesos coxales con el ave en decúbito dorsal) y Edad a la madurez sexual (MS en días).

El análisis comparativo se efectuó mediante un diseño experimental factorial 2x2 (dos genotipos y dos planos nutricionales) considerando límite un nivel de significancia de 5 % e incluyendo en el modelo la interacción simple entre los factores incluidos en el estudio (17).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las tablas 3 y 4 se consignan los resultados obtenidos y el nivel de significancia para las variables incluidas en el estudio.

La ausencia de interacciones entre los factores para la mayoría de las variables (Tabla 4) habilita a realizar un análisis por separado de los resultados obtenidos. El peso corporal no registró diferencias significativas entre ambos genotipos estudiados. Estos resultados se encuentran en concordancia con los de Pampín Balado et al. (2011)(18) quienes comparan dos genotipos de gallinas semirústicas del genofondo cubano destinados a sistemas extensivos para la producción familiar, utilizando como variables el peso corporal, el consumo de alimento en las etapas de cría y recría

y otras de importancia productiva, sin encontrar diferencias significativas en las distintas edades evaluadas. Por su parte Bruggeman et al. (2005), reportan resultados similares al comparar los pesos corporales de dos genotipos de aves para carne con distintas velocidades de crecimiento, mediante la utilización de programas de restricción alimenticia de acuerdo a lo propuesto por la compañía genética versus alimentación ad libitum, durante la etapa de recría. Estos autores no encuentran diferencias de peso corporal entre los genotipos cuando el programa de alimentación es restringido, mientras que, cuando las aves son alimentadas ad libitum se pueden observar diferencias significativas para ambos genotipos (14)

Tabla 3: Peso corporal, indicadores zoométricos y edad a la madurez sexual en dos genotipos de reproductoras Campero INTA bajo dos regímenes de asignación de nutrientes.

Grupo genético Nivel de alimentación	Híbridas ES x A		Sintética E	
	Estándar	Estándar 10%	Estándar	Estándar 10%
PC (g)	2.280 ± 22,17	2.430 ± 26,72	2.284 ± 20,16	2.481 ± 30,48
IC (mm ²)	628 ± 28,58	717 ± 31,65	1.110 ± 62,98	1.269 ± 60,17
ACI (cm)	24,34 ± 0,47	26,34 ± 0,46	26,39 ± 0,53	29,12 ± 0,45
ACa (cm)	4,49 ± 0,09	4,97 ± 0,10	4,57 ± 0,09	5,38 ± 0,08
LAB (cm)	5,73 ± 0,09	5,93 ± 0,10	5,77 ± 0,09	6,52 ± 0,10
MS (días)	165 ± 2,83	156 ± 2,83	164 ± 0,00	157 ± 2,83

Todos los valores corresponden a la media aritmética ± error estandar

Tabla 4: Significado de los efectos del Análisis de la variancia correspondiente a un diseño completamente aleatorizado con un experimento factorial 2 x 2.

	Grupo Genético	Nivel de alimentación	Interacción Genético y Nivel de alimentación
PC (g)	p = 0,274	p < 0,0001	p < 0,360
IC (mm ²)	p < 0,000	p = 0,0228	p = 0,487
ACI (cm)	p < 0,000	p < 0,0001	p = 0,420
ACa (cm)	p = 0,011	p < 0,0001	p = 0,079
LAB (cm)	p = 0,002	p < 0,0001	p = 0,005
MS (días)	p > 0,999	p = 0,0099	p = 0,594

Por otra parte, los caracteres sexuales secundarios (IC y ACI) y los índices zoométricos relacionados con la esfera reproductiva (ACa y LAB) reflejaron un mayor grado de desarrollo para el genotipo E, lo que pone de manifiesto un diferente grado de integración entre el desarrollo corporal y el aparato reproductor en esta población. Esto confirma la existencia de relaciones alométricas flexibles entre los caracteres sexuales secundarios y el resto del organismo, las cuales se plasman en una expresión diferente desde el punto de vista

ontogénico entre la esfera genital y el desarrollo somático.

El programa de alimentación tuvo un marcado efecto sobre el peso corporal en ambos genotipos, con un mayor desarrollo de los caracteres sexuales, longitud abdominal, ancho de cadera y un adelantamiento de la entrada a la madurez sexual, lo que confirma que la asignación de nutrientes durante periodos críticos de la recría en las reproductoras pesadas de crecimiento lento afecta en forma marcada los eventos anatómicos y fisiológicos que intervienen en la entrada a la madurez sexual. El aumento del peso corporal hacia el final del periodo de recría por encima de los valores recomendados por la guía de manejo produce un adelantamiento de la entrada a la madurez sexual que ha sido establecido en forma objetiva en varios estudios científicos. Gous y Cherry (2004) reportan un adelantamiento de la madurez sexual de 1,5 días por cada 100 gramos de peso corporal por encima de la tabla de referencia, lo que coincide con lo señalado por Sun y Coon (2005) quienes reportan un adelantamiento de 1 día por cada 100 gramos de peso corporal extra. En tanto que Renema et al. (2001) señalan un avance de 3 días por cada 100 gramos extra de peso corporal, resultados que coinciden con los obtenidos en el presente estudio, que arrojó valores de 3,5 días cada 100 gramos de diferencia para el genotipo E y 6 días por cada 100 gramos para el genotipo ES*A. Este hecho puede atribuirse a diferentes patrones de crecimiento y por lo tanto de composición corporal en las dos poblaciones estudiadas. Renema et al. (2007) señalan que un aumento en la asignación de alimento hacia el final de la recría estimula una maduración sexual más uniforme en el lote debido a que existe una declinación de los requerimientos para crecimiento junto a un incremento de las demandas para el desarrollo del aparato reproductor e inicio de la producción de huevos. Sin embargo, otros autores reportan que el mayor peso corporal junto a elevados valores de proteína cruda dietaria entre las 2 y 22 semanas de edad no producen efectos sobre la composición corporal, ni un adelantamiento en la edad a la madurez sexual (19-23).

El análisis de LAB demostró diferencias significativas entre ambos genotipos y programas de alimentación, con una interacción significativa entre los distintos niveles de los factores estudiados. Dicha interacción se explica porque con la alimentación estándar no existieron diferencias entre genotipos mientras que con la alimentación Estándar+10% las

aves pertenecientes al genotipo E presentaron mayor LAb que las aves del genotipo ES*A. Si bien en ambos genotipos se observó un aumento en el valor promedio de la variable con el aumento en la asignación de nutrientes, la respuesta es de mayor magnitud en el caso del genotipo E. Entre las variables indicadoras de la madurez sexual (IC, ACa, LAb) existieron diferencias significativas relacionadas con la base genética y el programa de alimentación. Estos resultados coinciden con los reportados por Wright et al. (2012) quienes señalan que las aves sexualmente maduras alcanzan aproximadamente 25 mm de ancho de cloaca, sugiriendo su medición como método práctico para la evaluación de la madurez sexual. La variable ACa arrojó diferencias entre los distintos grupos genéticos ($p=0,01$), en coincidencia con los estudios de McGary et al. (2003) cuyos resultados asignan un fuerte componente genético a las variables relacionadas a la estructura ósea de la pelvis, con fuerte repercusiones en la fertilidad (15,24).

CONCLUSION

Se puede concluir que existen diferencias en la integración alométrica entre peso corporal y desarrollo reproductivo entre diferentes genotipos de gallinas Campero INTA. La mayor asignación de alimento durante la recría acelera el desarrollo reproductivo y la entrada en la madurez sexual, esto confirma que en aves de crecimiento lento el programa de alimentación es un modulador de la función reproductiva.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen Centro de Multiplicación de Aves de la Estación Experimental Agropecuaria Corrientes del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, El Sombrero (Corrientes, Argentina) por el apoyo brindado para la ejecución del presente estudio.

Descargos de responsabilidad

La presente publicación es producto de una investigación cuyos resultados parciales ya fueron publicados previamente, aunque los análisis estadísticos realizados y el enfoque de la investigación son diferentes y ameritan una nueva publicación. Todos los autores realizaron aportes significativos al documento y quienes están de acuerdo con su publicación y manifiestan que no existen conflictos de interés en este estudio.

BIBLIOGRAFIA

1. Dymkov, A., Rehletskaia, E., Maltsev, A., & Chaunina, E. 2020. Small egg diameter as a selection criterion of broilers. In International Scientific Conference The Fifth Technological Order: Prospects for the Development and Modernization of the Russian Agro-Industrial Sector (TFTS 2019) (pp. 395-398). Atlantis Press.
2. Tavárez, M. A., & Solis de los Santos, F. 2016. Impact of genetics and breeding on broiler production performance: a look into the past, present, and future of the industry. *Animal Frontiers*, 6(4), 37-41.
3. Melnychuk, V.L., Cooper, M. W., Kirby, J. D., Rorie, R. W., & Anthony, N. B. 2002. Use of ultrasonography to characterize ovarian status in chicken. *Poultry science*, 81(6), 892-895.
4. Safari-Aliqiarloo, A., Zare, M., Faghieh-Mohammadi, F., Seidavi, A., Laudadio, V., Selvaggi, M., & Tufarelli, V. 2018. Phenotypic study of egg production curve in commercial broiler breeders using Compartmental function. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 47.
5. Sanz P, Sindik M, Fernández R, Revidatti F, Canet Z. Análisis multivariado de indicadores zoométricos de madurez sexual de gallinas reproductoras Campero INTA. *Revista veterinaria* 2021; 32(1), 43-47.
6. Gous, R. M., and Nonis, M. K. 2010. Modelling egg production and nutrient responses in broiler breeder hens. *The Journal of Agricultural Science*, 148(3), 287-301.
7. Decuyper, E., Bruggeman, V., Onagbesan, O., & Safi, M. 2002. Endocrine physiology of reproduction in the female chicken: old wine in new bottles. *Avian and Poultry Biology Reviews*, 13(3), 145-153.
8. Van der Klein, S. A. S., Bédécarrats, G. Y., & Zuidhof, M. J. 2018. The effect of rearing photoperiod on broiler breeder reproductive performance depended on body weight. *Poultry science*, 97(9), 3286-3294.
9. Reddish, J. M. 2004. Evaluation of the effects of selection for increased body weight and increased yield on growth and* development of poultry. *The Ohio State University*. pp. 111
10. Shi, L., Li, Y., Yuan, J., Ma, H., Wang, P., Ni, A., ... & Chen, J. (2021). Effects of age at photostimulation on sexual maturity and reproductive performance in rooster breeders. *Poultry Science*, 100(5), 101011.

11. Salas, C., Ekmay, R. D., England, J., Cerrate, S., & Coon, C. N. (2019). Effect of body weight and energy intake on body composition analysis of broiler breeder hens. *Poultry science*, 98(2), 796-802.
12. Joseph, N. S., Robinson, F. E., Renema, R. A., & Thorsteinson, K. A. 2003. Comb growth during sexual maturation in female broiler breeders. *Journal of Applied Poultry Research*, 12(1), 7-13.
13. Johnson, A.L. Reproduction in the female. 2000. In: *Sturkie's Avian Physiology*, Fifth edition. Academic Press. Chapter 22, pp. 569.
14. Bruggeman V, Onagbesan O, Ragot O, Metayer S, Cassy S, Favreau F, Jego Y, Trevidy JJ, Tona K, Williams J, Decuyper E, Picard M. 2005. Feed allowance-genotype interactions in broiler breeder hens. *Poultry Science*, 84(2), 298-306.
15. Wright, D., Rubin, C., Schutz, K., Kerje, S., Kindmark, A., Brandström, H., ... & Jensen, P. (2012). Onset of sexual maturity in female chickens is genetically linked to loci associated with fecundity and a sexual ornament. *Reproduction in domestic animals*, 47, 31-36.
16. Terraes, J.C.; Sindik, M., Revidatti, F.; Fernández, R.J.; Rigonatto, T.; Michel, M. y Ortíz, D. 2010. Curva de crecimiento, consumo de alimento, porcentaje de uniformidad y madurez sexual en reproductoras Campero-INTA sometidas a dos programas de distribución de alimento. Trabajo presentado en las XXXI Sesión de Comunicaciones Científicas 2010 de la FCV. Pág. 7.
17. Steel, R. and Torrie, J. 1988. *Bioestadística: principios y procedimientos*. México: McGraw-Hill/Interamericana de México, S.A.
18. Pampín Balado, M.; Madrazo Fonseca, G.; Montes, I. y E. Edghill. 2011. Evaluación de los caracteres productivos del reemplazo de reproductores semirrústicos. *Revista Cubana de Ciencia Avícola*. 35 (1):37-42.
19. Gous, R. M., and P. Cherry. 2004. Effects of body weight at, and lighting regimen and growth curve to, 20 weeks on laying performance in broiler breeders. *Br. Poult. Sci.* 45:445-452.
20. Sun, J., and C. N. Coon. 2005. The effects of body weight, dietary fat, and feed withdrawal rate on the performance of broiler breeders. *J. Appl. Poult. Res.* 14:728-739.
21. Renema, R. A., F. E. Robinson, and P. R. Goerzen. 2001. Effects of altering growth curve and age at photostimulation in female broiler breeders. 1. Reproductive development. *Can. J. Anim. Sci.* 81:467-476.
22. Renema, R. A., Rustad, M. E., & Robinson, F. E. 2007. Implications of changes to commercial broiler and broiler breeder body weight targets over the past 30 years. *World's Poultry Science Journal*, 63(3), 457-472.
23. Van Emous, R. A., Kwakkel, R. P., Van Krimpen, M. M., & Hendriks, W. H. (2013). Effects of growth patterns and dietary crude protein levels during rearing on body composition and performance in broiler breeder females during the rearing and laying period. *Poultry Science*, 92(8), 2091-2100.
24. McGary, S., Estevez, I., & Bakst, M. R. 2003. Potential relationships between physical traits and male broiler breeder fertility. *Poultry Science*, 82(2), 328-337.