

Yüksek Yaz Sıcaklıklarında Kafes Yerleşim Sıklığının Yumurta Tavuklarının Performansı Üzerine Etkileri*

Ali ALTAN, Özge ALTAN, Sezen ÖZKAN, Kahraman ÖZKAN, Yavuz AKBAŞ, Veysel AYHAN
Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, 35100 Bornova, İzmir - TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 26.01.1999

Özet: Bu çalışma, yüksek yaz sıcaklarında farklı yerleşim sıklığının beyaz ve kahverengi yumurtacı hibritlerin yumurta verim performansı üzerine etkilerini saptamak amacıyla yürütülmüştür.

Bu amaçla 68 hafta yaşında beyaz yumurtacılar kafes gözüne 3, 4 ve 5'li yerleşim sıklığında (sırasıyla 640 cm²/tavuk, 480 cm²/tavuk ve 384 cm²/tavuk), kahverengi yumurtacılar 3 ve 4'lü olarak (sırasıyla 640 cm²/tavuk, 480 cm²/tavuk) yerleştirilmiştir.

Sonuç olarak kahverengi yumurtacıları kafes gözüne 3 veya 4'lü gruplar şeklinde yerleştirmenin yumurta verimi ve yumurta kalitesi üzerinde önemli bir etkisi olmadığı görülmüştür.

Beyaz yumurtacılar da yerleşim sıklığının 5'e artırılması ile yumurta verimi ve Haugh Birimi'nin azalmış, kabuk kalitesi ve yumurta ağırlığında önemli bir fark saptanmamıştır.

Anahtar Sözcükler: Yumurta tavukları, yüksek sıcaklık, yerleşim sıklığı, yumurta verimi, yumurta kalitesi, rektal sıcaklık

Effects of Cage Density on the Performance of Laying Hens During High Summer Temperatures

Abstract: This study was conducted to determine the effects of different cage densities on laying performance of white and brown hybrid layers during high summer temperatures.

White layers, 68 weeks of age, were housed at a density of 3, 4 or 5 hens/cage (respectively 640, 480 and 384 cm²/hen); brown layers were housed at 3 or 4 hens/cage (respectively 640 and 480 cm²/hen).

The results indicated that housing at 3 or 4 hens/cage did not affect egg production or egg quality significantly.

Increasing the cage density to 5 hens/cage in white layers decreased egg production and Haugh Units. However, it was observed that shell quality and egg weight were not affected significantly by higher cage density.

Key Words: Laying hens, high temperature, cage density, egg production, egg quality, rectal temperature

Giriş

Ticari yumurta üreticileri, tavuk başına yatırım ve işçilik giderlerini düşürmek için kafeste yerleşim sıklığını (1) ve kafes grup büyüklüğünü (2) artırmak eğilimindedir.

Kafeste yerleşim sıklığının yumurta performansı üzerine etkileri konusunda çok sayıda çalışma yapılmıştır (2-16).

Craig ve Milliken (17) kafes yerleşim sıklığını yüksek (384 cm²/tavuk), orta (464 cm²/tavuk) ve düşük (580 cm²/tavuk) şeklinde tanımlamıştır.

Yerleşim sıklığına bağlı olarak genotiplerin farklı yanıt verdikleri bilinmektedir (8,11).

Yerleşim sıklığı arttıkça yumurta üretimi düşmektedir (1,18-23).

Yumurta ağırlığının yerleşim sıklığından etkilenmediği bildirilmesine (13,24) karşın, Robinson (25) ve Anderson ve ark. (23) yerleşim sıklığı arttıkça yumurta ağırlığının azaldığını saptamışlardır.

Genelde yerleşim sıklığının, yumurta kalitesini etkilemediği bildirilmektedir (13,16,24). Ancak Adams ve Jackson (13) yalnız Haugh Birimi'nin büyük ölçüde etkilendiğini saptamıştır.

* Bu çalışma TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir (VHAG 1158).

Yerleşim sıklığı arttıkça yem tüketimi azalmakta (23,25), yemden yararlanma düşmektedir (20,25,26).

Yerleşim sıklığı ile ölüm oranı arasında çok yakın ilişki olduğu, yerleşim sıklığı yükseldikçe ölüm oranının arttığı bildirilmektedir (4,17,27).

Tavukların vücut sıcaklıkları ile kümes havasının sıcaklığı arasındaki farka bağlı olarak duyulur ısı yayılımı tavukların etrafındaki hava sıcaklığını etkiler. Yerleşim sıklığı yükseldikçe radyasyon ısı yayılımı artar. Bu nedenle, ortam sıcaklığına bağlı olarak yerleşim sıklığının düzenlenmesi gerekir. Ancak, Cheng ve ark. (28) 3'lü barındırılan tavukların vücut sıcaklıklarının 4'lü barındırılanlardan daha yüksek bulunmuştur. Bu sonucu da düşük yerleşim sıcaklığındaki yem tüketiminin daha fazla olmasıyla açıklamıştır.

Yukarıda açıklanan özellikler dışında eşeyssel olgunluk yaşı, yüzde elli yumurtaya ulaşma yaşı, verim dönemi sonu canlı ağırlığı, tavuk yaşı gibi özellikler ile yerleşim sıklığı arasında önemli ilişkilerin olduğu bildirilmektedir (13,17,23).

Bu çalışma ile yaz sıcaklıklarında farklı yerleşim sıklıkları uygulamalarının kahverengi ve beyaz yumurtacı genotiplerde yumurta verimi, yumurta kalitesi ve yem tüketimi üzerine etkilerinin saptanması amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Çalışmada 68 hafta yaşında beyaz ve kahverengi iki ticari yumurtacı hibrit kullanılmıştır.

Deneme perdeli tip kümeste, batarya tipi üç katlı kafeslerde yürütülmüştür.

Deneme tavukları, derinlik, genişlik ve ön yüksekliği sırasıyla 40.0 cm x 48.0 cm x 39.5 cm olan kafes gözlerine, beyaz genotipler 3'lü, 4'lü ve 5'li, kahverengi genotipler ise 3'lü ve 4'lü gruplar şeklinde yerleştirilmiştir. Beyaz genotiplerde kafes yerleşim sıklıkları sırasıyla 640 cm²/tavuk, 480 cm²/tavuk ve 384 cm²/tavuk, kahverengi genotiplerde ise aynı sıra ile 640 cm²/tavuk ve 480 cm²/tavuk olmuştur.

Denemede beyaz yumurtacıardan 180 adet, kahverengi yumurtacıardan 105 adet olmak üzere toplam 285 adet tavuk kullanılmıştır.

Araştırma, Temmuz ve Ağustos aylarında yürütülmüş ve 4 hafta devam etmiştir. Deneme süresince tavuklar ad-libitum yem ve su tüketmişler ve 17 saat/gün aydınlatma

uygulanmıştır. Yem tüketimleri grup düzeyinde saptanmış, her grup için yemden yararlanma (kg yumurta/kg yem) oranları hesaplanmıştır.

Araştırma süresince yumurta verimi her kafes gözünde adet/gün olarak belirlenmiştir. Ayrıca her gruptan haftada 1 gün örneklenen 10'ar adet yumurtada, yumurta ağırlığı, kabuk ağırlığı ile ak yüksekliği ölçülmüş, Haugh Birimi ile birim yüzey kabuk ağırlığı (29) hesaplanmıştır.

Vücut sıcaklığındaki değişimler haftada bir gün sabah 8⁰⁰ - 10⁰⁰ (RT_s) ve öğleden sonra 14⁰⁰ - 16⁰⁰ (RT_a) arasında yapılan rektal sıcaklık ölçümleriyle belirlenmiştir. Hannan Ebsero marka termocouple ucu kloaka 3 cm derinliğinde sokularak rektal sıcaklıklar saptanmıştır. Ölçümler her muamele grubunda numaralanmış olan 5 adet tavuktan alınmıştır. Rektal sıcaklık ölçümleri 1 hafta deneme öncesi, 1 hafta deneme sonrası olmak üzere 6 kez tekrarlanmıştır.

Kahverengi ve beyaz genotiplere uygulanan yerleşim sıklığının farklı olması ve incelenen özellikler bakımından söz konusu genotipler arasında önemli farkların bulunması nedeniyle veriler, genotiplere göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bireysel gözlemler alınmadığı için hafta etkisi blok olarak alınmış ve yerleşim sıklığının yumurta performansı üzerine etkisi varyans analizi tekniği ile incelenmiştir. Ortalamaların karşılaştırılmasında Duncan testinden yararlanılmıştır.

Bulgular

Bulgular yumurta verimi ve kalitesi, yem tüketimi, yemden yararlanma, ölüm oranları ve rektal sıcaklıklar alt başlıklarında sunulmuştur.

Yumurta Verimi ve Kalitesi

Araştırmada yumurta verimi ve kalitesine ilişkin sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir. Haftalık yumurta veriminin beyaz ve kahverengi genotiplerde benzer düzeyde olduğu saptanmıştır. Yumurta veriminin beyaz yumurtacıarda 1. haftada, 2., 3. ve 4. haftaya göre daha düşük olduğu, kahverengi yumurtacıarda ise haftalara göre değişmediği görülmüştür.

Yerleşim sıklığı, 3'lü ve 4'lü yerleştirilen tavukların yumurta verimini etkilememiş, beyaz genotiplerde 5'li olanlarda yumurta verimi azalmıştır (Tablo 1).

Kahverengi yumurtacıların (66.2 g), beyaz yumurtacılara (63.4 g) göre daha ağır yumurta ürettiği

Tablo 1. Varyasyon kaynaklarına bağlı olarak yumurta verimi ve kalitesinin değişimi.

Hafta	Yumurta Sayısı (adet/tavuk/hafta)		Yumurta Ağırlığı (g)		Kabuk Ağırlığı (g)		BYKA (mg/cm ²)		HU	
	Beyaz	Kahverengi	Beyaz	Kahverengi	Beyaz	Kahverengi	Beyaz	Kahverengi	Beyaz	Kahverengi
1	4.52±0.15b	4.89±0.23	63.42±0.48	64.26±0.58b	5.55±0.07b	5.82±0.1b	84.2±0.25	84.3±0.30b	82.47±1.25ab	77.87±1.90a
2	5.20±0.15a	5.12±0.23	63.84±0.48	66.82±0.54a	6.08±0.07a	6.27±0.1a	84.6±0.25	85.3±0.30a	65.08±1.25c	52.78±1.85c
3	5.24±0.15a	5.00±0.23	63.19±0.47	66.74±0.56a	5.92±0.07a	5.99±0.1ab	84.3±0.25	85.5±0.30a	83.51±1.24a	76.53±1.85a
4	5.22±0.15a	4.97±0.23	62.95±0.47	66.01±0.57a	5.69±0.07b	6.06±0.1ab	84.6±0.25	85.3±0.30a	79.83±1.24b	69.91±1.85b
Yer										
3	5.42±0.13a	5.01±0.17	62.95±0.46	66.07±0.43	5.73±0.06	6.10±0.07	84.1±0.20	85.2±0.21	79.85±1.08	70.80±1.31
4	5.49±0.13a	4.99±0.17	63.30±0.38	65.85±0.37	5.84±0.06	5.97±0.07	84.4±0.20	85.0±0.21	80.52±1.08	67.75±1.33
5	4.23±0.13b	-	63.80±0.40	-	5.86±0.06	-	84.7±0.20	-	72.80±1.08b	-
x	5.00±0.013	5.00±0.17	63.35±0.46	65.96±0.43	5.81±0.06	6.04±0.07	84.4±0.20	85.1±0.21	77.72±1.08b	69.28±1.33
V.K.										
Y.sıklığı	**	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	**	Ö.D.
Hafta	**	Ö.D.	Ö.D.	*	**	*	Ö.D.	*	**	**

a,b,c: Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.05).

Ö.D. : Önemli değildir.

saptanmıştır. Beyaz yumurtacılar yumurta ağırlığının yerleşim sıklığına ve haftalara bağlı olarak değişmediği görülmüştür. Kahverengi yumurtacılar yumurta ağırlığının denemenin 1. haftasında, diğer haftalara göre daha düşük olduğu ancak yerleşim sıklığına göre değişmediği saptanmıştır.

Yumurta kabuk ağırlığı beyaz yumurtacılar 5.81 g, kahverengi yumurtacılar 6.06 g olarak ölçülmüştür. Her iki genotipte yerleşim sıklığı kabuk ağırlığını etkilememiştir. Beyaz yumurtacılar denemenin 1. ve 4. haftalarında, kahverengi yumurtacılar 1. haftasında kabuk ağırlığının diğer haftalara göre daha düşük olduğu saptanmıştır.

Birim yüzey kabuk ağırlığı, kahverengi yumurtacılar 85.1mg/cm², beyaz yumurtacılar 84.4 mg/cm² dir. Yerleşim sıklığı her iki genotipte de birim yüzey kabuk ağırlığını etkilememiştir. Denemenin 1. haftasında kahverengi yumurtacılar birim yüzey kabuk ağırlığının diğer haftalara göre daha düşük olduğu saptanmıştır. Beyaz yumurtacılar ise birim yüzey kabuk ağırlığı haftalara bağlı olarak değişmemiştir.

Yumurta iç kalite özelliklerinden Haugh Birimi beyaz ve kahverengi yumurtacılar haftalara bağlı olarak değişmiştir.

Beyaz yumurtacılar 5'li barındırılan tavuklarda 3'lü ve 4'lü barındırılanlara göre Haugh Birimi önemli düzeyde

azalırken kahverengi yumurtacılar yerleşim sıklığının önemli bir etkisi olmadığı görülmüştür.

Yem Tüketimi ve Yemden Yararlanma

Yem tüketimi ve yemden yararlanma özellikleri grup düzeyinde saptandığı için istatistik analiz yapılamamıştır. Söz konusu özelliklere ait ortalama değerler Tablo 2'de verilmiştir.

Beyaz yumurtacılar günde 93.56 g, kahverengi yumurtacılar 104.03 g yem tüketmişlerdir. Yerleşim sıklığı arttıkça her iki genotipin de daha az yem tüketme eğiliminde olduğu görülmüştür.

Bir kg yumurta üretimi için beyaz yumurtacılar 2.06 kg, kahverengi yumurtacılar 2.21 kg yem tüketmişlerdir.

Ölüm Oranı

Dört haftalık deneme süresince beyaz yumurtacılar % 2.90 oranında ölüm olmuştur. Bu dönemde kahverengi yumurtacılar ölüm görülmemiştir (Tablo 2).

Kafes gözüne 5'li yerleştirilen beyaz yumurtacılar ölüm artmıştır (Tablo 2).

Rektal Sıcaklık

Rektal sıcaklık sonuçlarına ilişkin veriler Tablo 3'de özetlenmiştir.

Genotiplerin yerleşim sıklığına bağlı olarak rektal sıcaklıklar bakımından farklı yanıt verdiği görülmüştür.

Tablo 2. Genotip ve yerleşim sıklığının yem tüketimi, yemden yararlanma ve mortalite üzerine etkileri.

Yerleşim Sıklığı	Yem Tüketimi (g/tavuk/gün)		Yemden Yararlanma (kg yem/kg yumurta)		Mortalite (%)	
	Beyaz	Kahverengi	Beyaz	Kahverengi	Beyaz	Kahverengi
3	99.13	109.26	2.05	2.31	2.22	0
4	96.32	98.81	1.94	2.11	2.77	0
5	85.22	-	2.19	-	3.70	-
x	93.56	104.03	2.06	2.21	2.90	-

Kahverengi yumurtacılar da sabah ve öğleden sonraki rektal sıcaklıklar 3'lü ve 4'lü yerleşim sıklığında önemli bir fark göstermemiştir. Beyaz yumurtacılar da ise sabah ve öğleden sonraki rektal sıcaklıkların 4'lü yerleşim sıklığında 3'lü ve 5'li yerleştirilen tavuklarından daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Beyaz yumurtacılar da öğle - sabah rektal sıcaklık farklılıklarının yerleşim sıklığına bağlı olarak değişmediği görülmüştür. Ancak kahverengi yumurtacılar da öğle - sabah rektal sıcaklık farkının 4'lü grupta (0.56 °C), 3'lü gruba (0.44 °C) göre önemli düzeyde daha yüksek olduğu görülmüştür.

Beyaz ve kahverengi yumurtacılar da rektal sıcaklıkların 4. ve deneme sonrası (5.) haftalarda diğer haftalara göre daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Tartışma

Deneme sonucunda yaz aylarında kafes yerleşim sıklığına genotiplerin farklı yanıt verdiği saptanmıştır.

Kahverengi yumurtacıların, kafes gözüne 3'lü ve 4'lü yerleştirilmesinin yumurta verimini önemli düzeyde etkilemediği görülmüştür. Oysa, beyaz yumurtacılar da yerleşim sıklığının 5 tavuk/kafes'e artırılması yumurta verimini azaltmıştır. Bu sonuç yoğun yerleşimin yumurta verimini olumsuz etkilediğini bildiren literatür bildirişleri ile uyumludur (16,18,20).

Yerleşim sıklığının Haugh Birimi dışında incelenen yumurta özelliklerini etkilemediği görülmüştür. Bu sonuç, yerleşim sıklığının yumurta ağırlığı ve kabuk kalitesi üzerinde önemli bir etkisi olmadığını bildiren Adams ve Jackson (13), Cunningham (19) ile Brake ve Peebles (16) bulgularıyla uyumludur. Ancak Robinson (25) ve Anderson ve ark. (23) yoğun yerleşimin yumurta ağırlığını olumsuz yönde etkilediğini bildirmişlerdir.

Beyaz yumurtacılar da kafes yerleşim sıklığının 5'e artması Haugh Birimi üzerinde olumsuz etki yaratmıştır. Haugh Birim başlıca, tavuk yaşı, çevre sıcaklığı ve yumurtanın bekletilme süresi gibi çevresel etmenlerden etkilenen bir iç kalite özelliğidir. Kafes gözüne 5'li yerleştirilen gruplarda daha çok yumurta birikmesi, yumurtaların daha güç soğuması yaz sıcaklıklarında bu sorunun daha belirgin hale gelmesi Haugh Birim'de azalmanın nedenleri olabilir.

Yüksek sıcaklıklarda, yumurta tavuklarında yem tüketiminin azaldığı bilinmektedir. Buna ek olarak çalışmamızda kafes gözüne yerleştirilen tavuk sayısı arttıkça yem tüketiminin azaldığı görülmüştür. Ancak yem tüketimindeki bu azalma yumurta ağırlığı ve kabuk kalitesi üzerinde olumsuz bir etki yaratmamıştır.

Smith ve Oliver (30), vücut sıcaklığı normalin 0.1-0.4 °C üzerine çıktığında hızlı soluma aşamasının başladığını bildirmişlerdir. Genelde günün sıcak saatlerinde tavukların vücut sıcaklığında yaklaşık 0.5 °C'lik bir artış olduğu görülmektedir (Tablo 3).

Bu sonuç deneme tavuklarının en azından günün belirli saatlerinde yüksek çevre sıcaklığının etkisi altında olduğunu göstermektedir.

Kahverengi yumurtacılar da rektal sıcaklık artışının 4'lü grupta, 3'lü gruba göre daha yüksek olması, 4'lü yerleştirilen kahverengi yumurtacıların yüksek sıcaklıktan daha fazla etkilendiği şeklinde yorumlanmıştır. Ancak bu sıcak etkisi yumurta verimi ve kalitesini olumsuz etkileyecek büyüklükte olmamıştır.

Her iki genotipte de denemenin 2. haftasında rektal sıcaklıkların diğer haftalara göre daha az yükseldiği görülmüştür. Bu sonuç 2. haftanın diğer haftalara göre daha serin olmasıyla açıklanabilir.

Tablo 3. Varyasyon kaynaklarına bağlı olarak rektal sıcaklıkların (°C) değişimi.

GENOTİP	SABAHA		ÖĞLEDEN SONRA		FARK	
	Beyaz	Kahverengi	Beyaz	Kahverengi	Beyaz	Kahverengi
D.Ö.	40.69±0.05bc	40.69±0.08bc	41.09±0.06bc	41.02±0.06b	0.393±0.067c	0.330±0.072b
2	40.38±0.05d	40.39±0.08d	41.17±0.06b	41.18±0.06b	0.793±0.067ab	0.790±0.072a
3	40.40±0.05d	40.48±0.08cd	40.55±0.06d	40.53±0.06c	0.153±0.067d	0.050±0.072c
4	40.62±0.05c	40.72±0.08b	40.96±0.06c	41.11±0.06b	0.340±0.067cd	0.390±0.072b
5	41.03±0.05a	41.16±0.08a	41.69±0.06a	41.82±0.06a	0.660±0.067b	0.660±0.072a
D.S.	40.81±0.05b	40.99±0.08a	41.77±0.06a	41.77±0.06a	0.960±0.067a	0.780±0.072a
\bar{x}	40.66±0.05	40.73±0.08	41.21±0.06	41.23±0.06	0.550±0.067	0.493±0.072
YER. SIK.						
3	40.50±0.04c	40.79±0.04	41.09±0.04b	41.23±0.03	0.587±0.047	0.440±0.042b
4	40.82±0.04a	40.69±0.04	41.35±0.04a	41.25±0.03	0.527±0.047	0.560±0.042a
5	40.64±0.04b	-	41.18±0.04b	-	0.537±0.047a	-
V.K.						
Y.Sıklığı	**	Ö.D.	**	Ö.D.	Ö.D.	*
Hafta	**	**	**	**	**	**

a,b,c,d : Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0.05).

Ö.D. : Önemli değildir.

D.Ö. : Deneme öncesi hafta.

D.S. : Deneme sonrası hafta.

Sonuç olarak kahverengi yumurtacıları kafes gözüne 3 veya 4'lü yerleştirmenin yumurta verimi ve kalite özellikleri üzerinde önemli bir etkisi olmadığı görülmüştür. Bu nedenle kahverengi yumurtacıları 4'lü grup olarak yerleştirmek kümeden etkin yararlanmayı sağlayacaktır. Ancak 4'lü yerleşim sıklığında vücut sıcaklığındaki artışların 3'lüye göre daha fazla olması yaz sıcaklarının daha etkin olduğu bölgelerde potansiyel risk faktörü olarak değerlendirilmelidir. Diğer taraftan istatistik önemi olmamakla beraber 4'lü yerleştirilen kahverengi yumurtacılarında yumurta verimi ve kalitesinde bir miktar azalma olduğu dikkate alınmalıdır.

Beyaz yumurtacılarında yerleşim sıklığının 5'e artırılması ile yumurta verimi ve Haugh Birimi'nin azaldığı, ölüm oranının arttığı, ancak kabuk kalitesi ve yumurta ağırlığında önemli bir farklılık olmadığı görülmüştür.

Kaynaklar

1. Cunningham, D.L., Ostrander, C.E.: An evaluation of layer performance in deep and shallow cages at different densities. Poultry Sci., 1981. 60: 2010-2016.
2. Carey, J.B., Kuo, F.L.: Effects of cage population on the productive performance of layer. Poultry Sci., 1995. 74: 633-637.

3. Shupe, W.D., Quisenberry, J.M.: Effect of certain rearing and laying house environments on performance of incross egg production type pullets. *Poultry Sci.*, 1961. 40: 1165-1171.
4. Lowe, R.W., Heywang, B.W.: Performance of single and multiple caged white leghorn layers. *Poultry Sci.*, 1964. 43: 801-805.
5. Logan, V.A.: Influence of cage versus floor, density and dubbing on laying house performance. *Poultry Sci.*, 1965. 44: 974-979.
6. Moore, B.W., Plumley, R., Hyre, H.M.: A cage density study of laying hens. *Poultry Sci.*, 1965. 44: 1399.
7. Bell, D., Little, T.M.: Cage density as it relates to debeaking methods. *Poultry Sci.*, 1966. 45: 1069.
8. Cook, R.E., Dembnicki, E.F.: Performance and interactions of seven egg production stocks in three cage housing regimes. *Poultry Sci.*, 1966. 45: 17-21.
9. Bramhall, E.L., Rooney, W.F., Bell, D.D.: How many hens in a cage? *University of California Agr. Ext. Bul.*, 1966. AXT-191.
10. Magruder, N.D., Nelson, J.W.: Effects of type and cage and cage density of laying performance. *Poultry Sci.*, 1966. 45: 1101.
11. Wilson, H.R., Jones, J.E., Dorminey, R.W.: Performance of layers under various cage regimes. *Poultry Sci.*, 1967. 46: 422-425.
12. Champion, L.R., Zindel, H.C.: Performance of layers in single and multiple bird cages. *Poultry Sci.*, 1968. 47: 1130.
13. Adams, A.W., Jackson, M.E.: Effect of cage size and bird density on performance of six commercial strains of layers. *Poultry Sci.*, 1970. 49: 1712-1719.
14. Mather, F.B., Gleaves, E.W.: Performance of commercial stocks of layers as influenced by cage density. *Poultry Sci.*, 1970. 49: 1412.
15. Quart, M.D., Adams, A.W.: Effects of cage design and bird density on layers. 1. Productivity, feathering, and nervousness. *Poultry Sci.*, 1982. 61: 1606-1613.
16. Brake, J.D., Peebles, E.D.: Laying hen performance as affected by diet and caging density. *Poultry Sci.*, 1992. 71: 945-950.
17. Craig, J.V., Milliken, G.A.: Further studies of density and group size effects in caged hens of stocks differing in fearful behavior, productivity and behavior. *Poultry Sci.*, 1989. 68: 9-16.
18. Marks, H.L., Tindell, L.D., Lowe, R.H.: Performance of egg production on stocks under three cage densities. *Poultry Sci.*, 1970. 49: 1094-1100.
19. Cunningham, D.L.: Cage type and density effects on performance and economic factors of caged layers. *Poultry Sci.*, 1982. 61: 1944-1949.
20. Roush, W.B., Mashaly, M.M., Graves, H.B.: Effect of increased bird population in a fixed cage area on production and economic response of single comb white Leghorn laying hens. *Poultry Sci.*, 1984. 63: 43-48.
21. Adams, A.W., Craig, J.V.: Effect of crowding and cage shape on productivity and profitability of caged layers: A survey. *Poultry Sci.*, 1985. 64: 238-242.
22. Davami, A., Wineland, M.J., Jones, W.T., Ilardi, R.L., Peterson, R.A.: Effects of population size, floor space, and feeder space upon productive performance, external appearance, and plasma corticosterone concentration of laying hens. *Poultry Sci.*, 1987. 66: 251-257.
23. Anderson, K.E., Havenstein, G.B., Brake, J.: Effects of strain and rearing dietary regimens on brown-egg pulsed growth and strain, rearing dietary regimens, density and feeder space effects on subsequent laying performance. *Poultry Sci.*, 1995. 74: 1079-1092.
24. Cunningham, D.L., Ostrander, C.E.: The effects of strain and cage shape, and density on performance and fearfulness of white Leghorn layers. *Poultry Sci.*, 1982. 61: 239-243.
25. Robinson, D.: Effects of cage shape, colony size, floor area and cannibalism preventatives on laying performance. *Br. Poultry Sci.*, 1979. 20: 345-356.
26. Lee, K., Moss, C.W.: Cage density and layer performance. *Poultry Sci.*, 1991. 70 (Suppl. 1): 71 (Abstr.).
27. Sandoval, M., Miles, R.D., Jacobs, R.D.: Cage density and house temperature gradient effects on performance of white Leghorn hens. *Poultry Sci.*, 1991. 70 (Suppl. 1):103 (Abstr.).
28. Cheng, T.K., Coon, C.N., Hamre, M.L.: Effect of environmental stress on the ascorbic acid requirement of laying hens. *Poultry Sci.*, 1990. 69: 774-780.
29. Curtis, P.A., Gardner, F.A., Mellor, D.B.: A comparison of selected quality and compositional characteristics of Brown and White Shell eggs. 2. Interior quality. *Poultry Sci.*, 1985. 64: 302.
30. Smith, J.A., Oliver, J.: Some physiological effects of high environment temperatures on laying hen. *Poultry Sci.*, 1971. 49: 912-924.