



고상식 오리사에서 다양한 사육밀도가 토종 실용오리의 생산성 및 균일도에 미치는 영향

홍의철^{1†} · 강보석¹ · 강환구¹ · 전진주¹ · 김현수¹ · 손지선¹ · 김찬호²

¹국립축산과학원 가금연구소 농업연구사, ²국립축산과학원 가금연구소 박사후연구원

Effect of Different Stocking Densities in Plastic Wired-Floor House on Performance and Uniformity of Korean Native Commercial Ducks

Euichul Hong^{1†}, Bo-Seok Kang¹, Hwan-Ku Kang¹, Jin-Joo Jeon¹,
 Hyun-Soo Kim¹, Jiseon Son¹, Chan-Ho Kim²

¹Researcher, Poultry Research Institute, National Institute of Animal Science, Pyeongchang 25342, Republic of Korea

²Post-doctor Researcher, Poultry Research Institute, National Institute of Animal Science, Pyeongchang 25342, Republic of Korea

ABSTRACT This study investigated the effects of various stocking densities on the growth performance of Korean native ducks. Twelve hundred day-old ducklings were reared for 50 days in a duck house (windowless, plastic wire-floor pen). Two weeks later, 852 of these ducks (350±30 g) were selected for at least 80% uniformity per stocking treatment (six treatments, four replications/treatment, depending on a stocking density of 4~9 birds m⁻²). Experimental diets were corn-soybean-based and broiler ducks were grouped based on age [0~21 days of age (CP 21%, ME 2,900 kcal/kg) and 21~50 days of age (CP 17%, ME 3,100 kcal/kg)]. Body weight (BW) did not significantly differ among different aged treatment groups ($P>0.05$); however, uniformity decreased with higher stocking densities ($P<0.05$). Feed intake and feed conversion ratio of ducks aged 42~50 days significantly decreased in the T4-6 treatments compared with the T1-3 treatments ($P<0.05$). In all experimental periods, BW gain was not significantly different among treatments, but feed intake decreased significantly as the stocking density increased ($P<0.05$), and feed conversion ratio was significantly different among six treatments with stocking density ($P<0.05$). In conclusion, we found that the stocking density of Korean native ducks in a plastic wire-floor pen was approximately 7 birds m⁻² in consideration of productivity and uniformity.

(Key words: Korean native duck, stocking density, performance, uniformity)

서 론

오리고기는 우수한 단백질 공급원으로 인식되어 전 세계적으로 그 수요가 증가되고 있는 가운데(Adzitey and Adzitey, 2011), 국내의 오리 산업도 꾸준히 성장하여 농림생산금액이 2006년 6,480억 원에서 2017년 8,747억 원으로 증가되었으며, 1인당 오리 고기 소비량도 2006년 1,230 g에서 2018년 2,272 g으로 2배 이상 증가하였다(MAFRA, 2019a).

국내 토종오리는 1997년부터 사육되어왔으나, 과거에는 일반 육용오리(Pekin 종)에 비해 관행의 출하 체중에 도달하지 못하여 출하 수수가 부족하고, 상품화가 어려웠다(Kim et al., 2012). 또한, 토종 종오리의 산란율도 낮아 병아리 생산

단가가 비싸고 체구가 작아 고기 생산량도 적은 편이었다(Kim et al., 2010). 따라서, 국립축산과학원에서는 2010년부터 2013년까지 토종오리의 연구를 통하여 육질을 보존하면서 체중이 증가된 육용종을 개발하였다.

사육밀도는 가금류 생산과 복지에 있어서 매우 중요한 요인으로 낮은 사육밀도는 출하 시 생산량이 적기 때문에 경제적 손실을 초래할 수 있지만, 동물복지형 친환경축산물 생산 측면에서 장점이 있다(Wang et al., 2015). 대조적으로, 높은 사육밀도는 단위 공간 당 더 많은 육류를 생산할 수 있으나, 가금류의 생산성, 건강, 복지(Febrer et al., 2006) 및 활동 수준(Aydin et al., 2010)을 감소시킨다. 최근 오리 산업은 방사나 개방형 오리사 사육에서 밀폐식 오리사 사육으로 전

[†]To whom correspondence should be addressed : drhong@korea.kr

환되고 있어(Lushuang et al., 2015), 사육밀도에 대한 관심이 커지고 있다.

사육밀도가 가축의 생산성에 미치는 영향은 지속적으로 연구되어 왔다(Estevez, 2007; Wang et al., 2015). 육계의 경우, 높은 사육밀도는 출하 체중, 사료섭취량 및 사료 효율의 감소와 관련이 있다(Estevez, 2007). 또한, 높은 사육밀도는 생리적 및 산화적 스트레스 수준을 증가시키고, 운동성을 감소시키는 등의 부정적인 결과를 가져온다(Simitzis et al., 2012). 그러나 여전히 생산성과 운동성의 연관은 아직까지 알려지지 않고 있으며, 사육밀도에 대한 대부분의 연구들이 육계를 대상으로 하고 있다. Xie et al.(2014)은 사육밀도가 오리의 출하 체중과 증체량에 영향을 준다고 하였으나, 오리 생산에 대한 사육밀도의 정보는 여전히 부족하다.

본 연구는 다양한 사육밀도가 토종오리의 생산성 및 균일도에 미치는 영향을 조사하기 위하여 수행되었으며, 시험 결과는 국내 토종오리에 적합한 사육밀도를 결정하기 위한 기초자료로서 활용될 수 있을 것이다.

재료 및 방법

1. 공시동물 및 시험사료

본 시험은 농촌진흥청 국립축산과학원의 동물실험 계획서에 의거 동물보호법 및 국립축산과학원 동물시험윤리위원회에서 승인된 동물실험방법(승인번호: 2019-361)에 따라 수행되었다.

공시동물은 국내 토종오리 농가에서 발생된 1일령 토종 실용오리 1,200수를 암수 구분 없이 56일 동안 가금연구소의 오리사(무창, 고상식)에서 사육하였으며, 2주령 토종 실용오리(350±30 g) 852수를 처리구당 균일도가 80% 이상이 되도록 선별하여 14~50일 동안 사육밀도 시험을 실시하였다. 시험사료는 KFSP(2017)에 따른 옥수수-대두박 위주의 육용오리 사료를 0~3주령(CP 21%, ME 2,900 kcal/kg), 3~8주령(CP 17%, ME 3,100 kcal/kg)으로 나누어 이용하였다(Table 1).

2. 시험설계

본 시험에서는 4~9 수/m²의 사육밀도에 따라 총 6처리구, 처리구당 4반복으로 하였으며, 반복당 22~49수씩 완전 임의배치하였다. 반복당 사육면적은 3.4 × 2 m²로 하였으며, 급이기(직경 0.8 m) 2개를 배치하였다. 본 시험의 처리구와 사육수수는 Table 2에 나타내었다.

Table 1. Formulation of basal diet

Ingredient (%)	0~3 wk	3~8 wk
Corn	34.00	44.60
Wheat	5.00	5.00
Rice (dehulled)	15.0	15.00
Rice bran	1.00	1.00
Wheat bran	3.17	-
Soy bean meal (45%)	34.1	24.1
Rape seed meal	3.00	3.00
DDG	-	1.00
Animal fat	1.91	3.46
Limestone	0.75	0.85
MDCP	1.30	1.00
Salt	0.16	0.14
Methionine 100%	0.16	0.14
Threonine 100%	0.01	0.05
Tryptophan 10%	-	0.22
Mineral premix ¹	0.10	0.10
Vitamin premix ²	0.10	0.10
NaHCO ₃	0.24	0.24
Total	100.0	100.0
Chemical composition ³		
ME (kcal/kg)	2,900	3,100
Crude protein (%)	21.00	17.00
Crude fat (%)	4.00	5.59
Crude ash (%)	5.60	4.90
Crude fiber (%)	4.08	3.48
Ca (%)	0.66	0.62
Avail P (%)	0.40	0.33
Methionine + Cystine (%)	0.84	0.71

¹ Provided following nutrients per kg of diet: Fe, 2,000 mg; Co, 40 mg; Cu, 700 mg; Mn, 6,350 mg; Zn, 5,000 mg; I, 75 mg; Se, 17 mg.

² Provided following nutrients per kg of diet: vitamin A, 13,000,000 IU; vitamin D₃, 5,000,000 IU; vitamin E, 50,000 mg; vitamin K₃, 3,000 mg; vitamin B₁, 1,800 mg; vitamin B₂, 6,000 mg; vitamin B₆, 3,500 mg; vitamin B₁₂, 15 mg; pantothenic acid, 20,000 mg; niacin, 55,000 mg; biotin, 100 mg; folic acid, 1,500 mg.

³ Calculated values.

3. 사양관리

사료는 자유 채식시켰으며, 물은 니플을 통하여 자유롭게 음수토록 하였다. 실내 온도는 처음 1주 동안은 32℃를 유지하였으며, 1주 후에 3~5℃씩 온도를 내려주어 약 3주 후에는 일정 온도(약 24±2.5℃)를 유지하였다. 습도는 60~70%로 유지하였으며, 1~3일까지는 23L:1D 점등 후 3일 이후부터는 1시간씩 점등 시간을 감소시켰다.

4. 조사항목

1) 체중 및 균일도

사육밀도 시험의 체중은 생시 체중을 측정하고, 시험 개시(2주령)부터 2주 간격으로 측정하였다. 균일도는 체중의 평균을 계산한 후 ±10% 범위의 체중을 제하여 구하였다. 폐사율은 시험 기간 중 폐사수를 전체 사육 수수로 나누어 백

분율로 계산하였다.

2) 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율

증체량은 2주 간격으로 조사하였으며, 시험 종료시의 체중에서 개시시의 체중을 제한 값으로 하였다. 사료 섭취량은 매주 사료 잔량을 측정하고, 사료급여량에서 잔량을 제하여 계산하였으며, 사료요구율은 시험기간 동안의 사료섭취량에서 증체량을 나누어 계산하였다.

5. 통계처리

본 시험에서 얻어진 모든 자료는 SAS(2012)의 GLM procedure(Generation Linear Model) Program(one-way ANOVA procedure)을 이용하여 분석하였으며, 각 처리구 간의 평균값을 Duncan(Duncan, 1955)의 다중 검정을 이용하여 95% 신뢰수준에서 검정하였다.

Table 2. Treatment arrangement

Treatment	Density (birds/m ²)	Total area (m ²)	Group size (birds/pen)
T1	4	5.52 ¹	22
T2	5		27
T3	6		33
T4	7		38
T5	8		44
T6	9		49

¹ 3.4 m × 2 m = 6.8 m², 6.8 m² - 2 × (0.8 m × 0.8 m) = 6.8 m² - 1.28 m² = 5.52 m², 0.8 m: feeder diameter.

결 과

1. 체중 및 균일도

본 시험에 사용된 토종 실용오리의 체중 및 균일도는 Table 3과 4에 나타내었다. 체중은 28일령, 42일령 및 50일령에 6처리구에서 각각 평균 1,165±20 g, 2,110±20 g 그리고 2,550±20 g으로 나타났으며, 토종오리의 평균 체중을 일령별로 보았을 때 처리구 사이에서 유의차가 없었다.

균일도는 사육밀도가 높을수록 낮아져 T6 처리구에서는 28일령에 68.4%로 나타났으나 유의차는 없었으며, 42일령에는 유의적인 차이를 보이지 않았으나, T3 처리구에서 67.5%

Table 3. The effects of various stocking densities on body weight (g) according stocking density of Korean native ducks

Treatments ¹	Initial (14 d)	28 d	42 d	50 d
T1	355.6	1,190	2,124	2,546
T2	344.7	1,169	2,124	2,553
T3	346.9	1,165	2,104	2,535
T4	352.2	1,179	2,138	2,586
T5	350.2	1,140	2,087	2,532
T6	350.5	1,144	2,101	2,571
SEM ²	10.32	29.8	55.9	46.2
P-value	0.73	0.18	0.81	0.53

¹ T1, 4 birds/m²; T2, 5 birds/m²; T3, 6 birds/m²; T4, 7 birds/m²; T5, 8 birds/m²; T6, 9 birds/m².

² Standard error of mean.

Table 4. The effects of various stocking densities on uniformity (%) of body weight in Korean native ducks

Treatments ¹	Initial (14 d)	28 d	42 d	50 d
T1	86.4	81.8	77.6	78.8 ^a
T2	90.1	80.6	77.5	73.2 ^{ab}
T3	91.9	74.7	67.5	60.2 ^c
T4	86.8	75.0	77.6	72.4 ^{ab}
T5	84.8	69.2	78.5	65.9 ^{bc}
T6	82.3	68.4	70.9	64.1 ^c
SEM ²	9.11	7.17	7.77	4.31
<i>P</i> -value	0.81	0.08	0.27	<0.05

¹ T1, 4 birds/m²; T2, 5 birds/m²; T3, 6 birds/m²; T4, 7 birds/m²; T5, 8 birds/m²; T6, 9 birds/m².

² Standard error of mean.

^{a-c} Means with different superscripts in the same column differ significantly ($P<0.05$).

로 균일도가 낮아지는 경향을 나타내었다. 50일령의 균일도는 T3와 T5, T6 처리구에서 각각 60.2%, 65.9% 그리고 64.1%로 유의적으로 낮게 나타났다($P<0.05$).

2. 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율

본 시험에 사용된 토종 실용오리의 일령에 따른 증체량, 사료섭취량 및 사료요구율은 Table 5와 6 그리고 Table 7에 나타내었다. 14~28일령 그리고 28~42일령 동안 사육밀도에 따른 토종 실용 오리의 수당 평균 증체량, 평균 사료섭취량 및 사료요구율은 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았다. 42~50일령의 사료섭취량은 T1~3 처리구에 비해 T4~6 처리구에서 감소하였으며, 사료요구율도 동일한 처리구에서

감소하였다($P<0.05$).

전체 시험 기간을 보았을 때, 증체량은 사육밀도에 따른 6처리구 사이에서 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 사료섭취량은 사육밀도가 높아질수록 유의적으로 감소하고 있으며 ($P<0.05$), 사료요구율은 6처리구에서 각각 2,36, 2,31, 2,31, 2,21, 2,21 그리고 2,20으로 T1, T2 및 T3 처리구에 비해 T4, T5 및 T6 처리구에서 유의적으로 낮게 나타났다($P<0.05$).

고 찰

국내 사육되는 육용오리의 대부분 품종은 Pekin종이고, 출하시기는 6주령이며, 출하 체중은 3.3~3.4 kg이다(Heo et

Table 5. The effects of various stocking densities on average daily BW gain (g/bird/d) of Korean native ducks

Treatments ¹	14~28 d	28~42 d	42~50 d	14~50 d
T1	59.6	66.7	52.7	60.8
T2	58.9	68.3	60.3	61.3
T3	58.4	67.1	53.9	60.8
T4	59.1	68.4	56.1	62.1
T5	56.4	67.7	55.6	60.6
T6	56.7	68.4	58.8	61.7
SEM ²	2.10	2.62	4.15	1.18
<i>P</i> -value	0.22	0.90	0.38	0.48

¹ T1, 4 birds/m²; T2, 5 birds/m²; T3, 6 birds/m²; T4, 7 birds/m²; T5, 8 birds/m²; T6, 9 birds/m².

² Standard error of mean.

Table 6. The effects of various stocking densities on average daily feed intake (g/bird/d) of Korean native ducks

Treatments ¹	14~28 d	28~42 d	42~50 d	14~50 d
T1	106.1	160.2	179.5 ^a	143.5 ^a
T2	104.1	157.3	179.3 ^a	141.5 ^a
T3	102.9	155.1	180.4 ^a	140.4 ^{ab}
T4	103.3	159.4	155.9 ^b	136.8 ^{bc}
T5	100.7	161.5	144.5 ^c	134.1 ^c
T6	101.9	155.4	160.8 ^b	135.8 ^c
SEM ²	2.49	3.99	5.49	2.51
<i>P</i> -value	0.09	0.17	<0.05	<0.05

¹ T1, 4 birds/m²; T2, 5 birds/m²; T3, 6 birds/m²; T4, 7 birds/m²; T5, 8 birds/m²; T6, 9 birds/m².

² Standard error of mean.

^{a~c} Means with different superscripts in the same column differ significantly (*P*<0.05).

Table 7. The effects of various stocking densities on feed conversion ratio of Korean native ducks

Treatments ¹	14~28 d	28~42 d	42~50 d	14~50 d
T1	1.78	2.41	3.42 ^a	2.36 ^a
T2	1.77	2.31	3.35 ^a	2.31 ^a
T3	1.77	2.31	3.36 ^a	2.31 ^a
T4	1.75	2.33	2.78 ^b	2.21 ^b
T5	1.79	2.39	2.60 ^b	2.21 ^b
T6	1.80	2.28	2.77 ^b	2.20 ^b
SEM ²	0.043	0.087	0.211	0.041
<i>P</i> -value	0.630	0.311	<0.05	<0.05

¹ T1, 4 birds/m²; T2, 5 birds/m²; T3, 6 birds/m²; T4, 7 birds/m²; T5, 8 birds/m²; T6, 9 birds/m².

² Standard error of mean.

^{a,b} Means with different superscripts in the same column differ significantly (*P*<0.05).

al., 2015). 국내 토종오리의 7주령 체중은 2.5 kg으로서 Pekin종 오리에 비해 작은 체중을 가지고 있다(Kim et al., 2012; Heo et al., 2015). 이는 본 시험 종료시의 50일령 체중과 유사하다.

사육밀도는 가금류의 사육 환경에 영향을 받으며(Dawkins et al., 2004), Pekin종 오리의 성장에 크게 영향을 주기 때문에(Liu et al., 2015; Li et al., 2018), 사육밀도의 평가는 오리 산업에 매우 중요하다. 그러나 오리 산업이 증가하면서 고상식 오리사에서 사육하는 Pekin종 오리의 숫자가 증가하고 있음에도 불구하고, 고상식 오리사의 높은 사육밀도가 오리에게 주는 영향에 대한 정보는 부족한 실정이다(Xie et al.,

2014).

유럽에서는 42일령 출하 체중을 기준으로 최대 사육밀도를 6~8 수/m²로 제시하고 있다(Rodenburg et al., 2005; Xie et al., 2014; Li et al., 2018). 국내에서는 MAFRA(2019b)에서 제시한 평사 4 수/m²(0.246 m²/수), 고상식 7 수/m²(0.15 m²/수)의 육용오리의 사육밀도를 표준으로 한다. 따라서 본 연구에서는 고상식 사육밀도 7 수/m²를 기준으로 최소 4 수/m², 최대 9 수/m²로 처리구를 나누었다.

Xie et al.(2014)과 Li et al.(2015)은 5~9 수/m²의 처리구에서 사육밀도가 높아질수록 Pekin종 오리의 체중과 섭취량이 감소한다고 보고하였으며, 사료요구율은 처리구 사이에

서 차이가 없다고 하였다. 따라서 이들은 Pekin종 오리의 사육밀도가 7 수/m²를 초과하여서는 안된다고 결론지었다. 그러나 본 시험에서는 사육밀도가 높아질수록 섭취량은 감소하였으나, 체중은 모든 조사 일령에서 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 사료요구율도 감소하는 것으로 나타났다. 이런 결과에 따르면 9 수/m²까지 토종오리를 사육하는 것이 가능하지만, 균일도를 고려하면 7 수/m²를 넘지 않는 것이 바람직하다고 사료된다.

높은 사육밀도에서 사육된 경우 섭취 경쟁이 치열해지면 서 토종오리 사이에서 체중 격차가 점점 벌어지는 것으로 보인다. 결국, 체중이 처진 오리들은 섭취량 또한 감소되는 것으로 추측된다. 반면, 낮은 사육밀도에서 사육된 경우, 모든 토종오리가 사료를 마음껏 섭취할 수 있기 때문에 사료 섭취량과 균일도가 높게 나타나는 것이라 사료된다.

본 시험에서도 다른 연구들과 마찬가지로 폐사율을 조사하였으며, 14~28일령 동안에는 유의적인 차이를 보이기도 하였으나, 전체적으로 0.2%를 넘지 않아 사육밀도에 따른 사양 시험의 결과로서는 무의미하다고 사료된다.

결론

본 연구는 토종 실용오리의 사육밀도에 따른 생산성 및 균일도를 조사하기 위해 수행되었다. MAFRA(2019b)에서 제시한 육용오리 사육밀도를 기준으로 6가지 사육밀도를 처리구로 하였다.

본 시험에서는 토종오리의 서로 다른 사육밀도에서 체중의 차이는 없었으나, 출하 시기에 가까울수록 사료섭취량과 사료요구율 및 균일도가 감소하였다. 이상의 결과들을 종합하였을 때, 고상식 토종오리의 사육밀도는 7 수/m²가 가장 적정 수준이라고 판단된다.

적요

본 연구는 다양한 사육밀도가 국내 토종오리의 성장 생산성에 미치는 영향을 연구하기 위하여 수행되었다. 공시동물은 국내 토종오리 농가에서 발생된 1일령 토종 실용오리 1,200수를 암수 구분 없이 56일 동안 오리사(무창, 고상식)에서 사육하였으며, 2주령 토종오리(350±30 g) 852수를 처리구당 균일도가 80% 이상이 되도록 선별하여 14~50일 동안 사육밀도 시험을 실시하였다. 시험사료는 옥수수-대두박 위주의 육용오리 사료를 0~21일령 (CP 21%, ME 2,900

kcal/kg), 21~50일령(CP 17%, ME 3,100 kcal/kg)으로 나누어 이용하였다. 처리구는 4~9 수/m²의 사육밀도에 따라 총 6처리구, 처리구당 4반복으로 하였다. 체중은 처리구 사이에서 유의차가 없었으나, 균일도는 사육밀도가 높을수록 낮아졌다($P<0.05$), 42~50일령의 사료섭취량과 사료요구율은 T1~3 처리구에 비해 T4~6 처리구에서 감소하였다($P<0.05$). 전체 시험 기간을 보았을 때, 증체량은 처리구 사이에서 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 사료섭취량은 사육밀도가 높아질수록 유의적으로 감소하였으며($P<0.05$), 사료요구율은 6처리구에서 각각 처리구에 따른 유의차를 보였다($P<0.05$). 결론적으로, 고상식 토종오리의 사육밀도는 생산성과 균일도를 고려하여 7 수/m²가 적정 수준이라고 사료된다.

(색인어: 토종오리, 사육밀도, 생산성, 균일도)

사사

본 연구는 농촌진흥청 기관고유사업(과제번호: PJ01259002)에 의해 이루어진 것으로 이에 감사 드립니다.

ORCID

Euichul Hong	https://orcid.org/0000-0003-1982-2023
Bo-Seok Kang	https://orcid.org/0000-0002-3438-8379
Hwan-Ku Kang	https://orcid.org/0000-0002-4286-3141
Jin-Joo Jeon	https://orcid.org/0000-0001-7585-4746
Hyun-Soo Kim	https://orcid.org/0000-0001-8887-1318
Jiseon Son	https://orcid.org/0000-0002-5285-8186
Chan-Ho Kim	https://orcid.org/0000-0003-2121-5249

REFERENCES

- Adzitey F, Adzitey SP 2011 Duck production: has a potential to reduce poverty among rural households in Asian communities - a mini review. *J World's Poult Res* 1(1): 7-10.
- Aydin A, Cangar O, Ozcan SE, Bahr C, Berckmans D 2010 Application of a fully automatic analysis tool assess the activity of broiler chickens with different gait scores. *Comput Electron Agric* 73(2):194-199.
- Dawkins MS, Donnelly CA, Jones TA 2004 Chicken welfare is influenced more by housing conditions than by stocking

- density. *Nature* 427(6972):342-344.
- Duncan DB 1955 Multiple range and multiple *F*-tests. *Biometrics* 11(1):1-42.
- Estevez I 2007 Density allowances for broilers: where to set the limits. *Poult Sci* 86(6):1265-1272.
- Febrer K, Jones TA, Donnelly CA, Dawkins MS 2006 Forced to crowd or choosing to cluster? Spatial distribution indicates social attraction in broiler chickens. *Anim Behav* 72(6):1291-1300.
- Heo KN, Kim JH, Kim SH, Kang BS, Kim CD, Bang HT, Cha JB, Kim HK, Choo HJ, Hong EC 2015 Establishment of crossbreed and comparison of growing performance for commercial Korean native duck. *Kor J Poult Sci* 42(2): 117-124.
- Kim HK, Hong EC, Kang BS, Park MN, Seo BY, Choo HJ, Na SH, Bang HT, Seo OS, Hwangbo J 2010 Effect of crossbreeding of Korean native duck and broiler ducks on performance and carcass yield. *Kor J Poult Sci* 37(3): 229-235.
- Kim HK, Kang BS, Hwangbo J, Kim CD, Heo KN, Choo HJ, Park DS, Suh OS, Hong EC 2012 The study on growth performance and carcass yield of meat-type Korean native ducks. *Kor J Poult Sci* 39(1):45-52.
- Korean Feeding Standard for Poultry 2017 National Institute of Animal Science, RDA, Korea.
- Li W, Yuan J, Ji Z, Wang L, Sun C, Yang X 2018 Correlation search between growth performance and flock activity in automated assessment of Pekin duck stocking density. *Comput Electron Agric* 152(September 2018): 26-31.
- Liu Y, Yuan JM, Zhang LS, Zhang YR, Cai SM, Yu JH, Xia ZF 2015 Effects of tryptophan supplementation on growth performance, antioxidative activity, and meat quality of ducks under high stocking density. *Poult Sci* 94(8):1894-1901.
- Lushuang Z, Yaru Z, Yang L, Shaomin C, Jianmin Y, Zhong W, Zhaofei X 2015 Effects of stocking density on immune function and oxidative stress level of Pekin ducks reared on plastic wire-floor. *China Poult* 37(12):31-34.
- MAFRA 2019a Major Statistics Indices. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs.
- MAFRA 2019b Livestock Permit Standards. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs.
- NLRI 1999 The Study on Characteristics of Housed Ducks. Annual Livestock Research Report, National Livestock Research Institute, RDA, Korea.
- SAS 2012 SAS/STAT Software for PC. Release 9.1, SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Simitzis P, Kalogeraki E, Goliomytis M, Deligeorgis SG 2012 Impact of stocking density on broiler growth performance, meat characteristics, behavioural components and indicators of physiological and oxidative stress. *Br Poult Sci* 53(6): 721-730.
- Wang B, Min Z, Yuan J, Zhang B, Guo Y 2015 Effects of dietary tryptophan and stocking density on the performance, meat quality, and metabolic status of broilers. *J Anim Sci Biotechnol* 5(1):90-96.
- Xie M, Jiang Y, Tang J, Wen ZG, Huang W, Hou SS 2014 Effects of stocking density on growth performance, carcass traits, and foot pad lesions of White Pekin ducks. *Poult Sci* 93(7):1644-1648.

Received Oct. 21, 2019, Revised Nov. 18, 2019, Accepted Nov. 21, 2019

