산란계의 열환경별 특이음에 대한 음성학적 분석

전중환*·연성찬**·하정기*·이승주***·장홍희*
경상대학교 동물자원과학부·농업생명과학연구원*, 경상대학교 수의과대학**,
충남대학교 생물산업기계공학과***

Acoustic Analysis for Thermal Environment-related Vocalizations in Laying Hens

J. H. Jeon*, S. C. Yeon**, J. K. Ha*, S. J. Lee*** and H. H. Chang*
Division of Animal Science and Technology·Institute of Agriculture & Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju, GyeongNam 660-701, Republic of Korea*
College of Vet Medicine, Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongnam 660-701, Republic of Korea**,
Department of Bioindustrial Machinery Engineering, Chungnam National University, Deajeon, Yuseong-gu 305-764, Republic of Korea***

ABSTRACT

The aim of this study was to divide vocalizations of laying hens (Hy-Line Brown) into general vocalizations (GVs), heat stress-related vocalization (HSV), and cold stress-related vocalizations (CSVs) and to determine if they are classified by the discriminant function analysis method. Thirty laying hens, 65-wk-old, were recorded using digital video recorders 2 times from 10 : 00 to 14 : 00 h in each thermal environment (thermoneutral: 22.0 ± 1.8 ℃, too hot: 32.0 ± 2.0 ℃, too cold: 8.0 ± 1.9 ℃) after a 7 day acclimation period. When the laying hens were not recorded, they were kept in thermoneutral conditions. The GVs, HSV, and CSVs were divided based on the shapes of spectrums and spectrograms. The GVs, HSV, and CSVs were identified as 5, 1, and 3 types, respectively. Pitch, intensity, duration, formant 1, formant 2, formant 3, and formant 4 among the thermal environment-related vocalizations were significantly different ($P < 0.001$). The discrimination rate determined by discriminant function analysis was 86.2 %. These results suggest that HSV and CSVs are present and may be used as an indicator of the thermal environment.
(**Key words** : Laying hens, Vocalization, Heat stress, Cold stress)

Ⅰ. 서 론

개는 자신의 영역을 지키거나 영역의 경계를 표시할 때 혹은 낯선 사람이 나타났을 때 등 상황에 따라 특정 의미를 지닌 발성음을 내며 (Houpt, 1991), 돼지는 위험에 처했을 때, 배가 고플 때, 젖을 먹일 때 등의 수많은 상황에서 특정 의미를 지닌 발성음을 낸다(Algers, 1993; Blackshaw et al., 1996; Jensen and Algers, 1984; Kasanen and Algers 2002). 또한 소나 말도 안전과 위험에 대한 정보를 교환하는 수단으로 발성음을 활용한다(Houpt, 1991). 이와 같이 개, 돼지, 소, 말 등은 발성음을 이용하여 의사소통을 하거나 감정 등을 표현하는데, 산란계도 이

Corresponding author : H. H. Chang, Division of Animal Science and Technology·Institute of Agriculture & Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongnam 660-701, Republic of Korea. Tel : 82-55-751-5510, E-mail : hhchang@nongae.gsnu.ac.kr

러한 동물들과 마찬가지로 발성음을 이용하여 의사소통을 하거나 감정 등을 표현할 것으로 판단된다. 그러나 산란계가 상황별로 어떠한 발성음을 내는지 혹은 특정 발성음이 어떤 의미를 갖고 있는지에 대한 연구는 전무한 실정이다.

만약 산란계가 의사소통을 하거나 감정 등을 나타내는데 이용되는 발성음의 의미를 정확히 이해하고 이를 사양관리에 적용할 수 있다면, 산란계에게 적절한 환경을 제공함으로써 복지수준과 생산성을 향상시킬 뿐만 아니라 건강을 유지시키는데 큰 도움이 될 것으로 기대된다. 물론 이러한 접근 방법에 대한 연구는 현재까지 시도된 바가 없으나 가까운 미래에는 이에 대한 연구가 활발히 진행될 것으로 예상된다.

산란계의 생산성은 열환경에 의해 영향을 받으며(Arima et al., 1975; Deaton et al., 1985), 적정온도 범위는 연구자에 따라 다양하게 보고되었는데 그 범위는 16～25℃ 이다(North, 1978; Wathes et al,. 1983). 그러나 이러한 적정온도 범위가 생산성 측면이 중시된 상태에서 설정된 점, 열환경의 구성요소가 여러 가지인 점, 그리고 열환경과 복지수준이 밀접하게 관련이 있는 점 등을 고려해 볼 때, 산란계의 체감온도를 근거로 하여 열환경을 제어할 수 있는 방법이 모색되어야 할 것으로 판단된다. 육추 시 보온장치 이상으로 온도가 저하되면 심하게 우는 병아리와 같이 산란계가 열환경 변화 즉 체감온도 변화에 따라 특이음을 낸다면, 이를 이용하여 산란계의 체감온도를 간접적으로 알 수 있어 발성음을 열환경제어에 응용할 수 있을 것으로 기대된다.

따라서, 산란계가 열환경 변화에 따라 어떤 발성음을 내는지를 규명하고 이에 대한 음성학적 분석을 통하여 발성음을 이용한 열환경 판별의 가능성을 확인하고자 본 연구를 실시한 바 다음과 같은 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

Ⅱ. 재료 및 방법

1. 실험장소, 공시동물, 열환경 및 발성음 녹음방법

경상대학교 부속동물사육장 실험계사에서 3주간 실시하였으며, 실험동물은 65주령 하이라인 브라운(Hy-Line Brown) 산란계 30수가 공시되었으며, 이들은 2수용 3단 철재케이지에 1수씩 수용되었다. 사료와 물은 연속 급여시켰으며, 점등은 05 : 00부터 21 : 00까지 총 16시간씩 실시하였다. 실험동물은 온도를 자동으로 제어할 수 있는 방으로 옮겨진 후 평균온도 22℃에서 1주일의 환경순화 기간을 거쳤다. 열환경별 발성음은 1주일간의 실험 방에 대한 환경순화가 완료된 후 32.0±2.0℃의 더운 환경, 22.0±1.8℃의 적정 환경 및 8.0±1.9℃의 추운 환경으로 열환경을 조성시켜 6일 동안 10 : 00부터 14 : 00까지 열환경별로 디지털캠코더(SONY DCR-TRV900®, Japan)를 이용하여 2회 반복 녹음하였다.

2. 발성음의 분류

열환경별 산란계의 발성음들은 일반 발성음(GVs: general vocalizations), 더위stress 특이음(HSV: heat stress-related vocalization) 및 추위stress 특이음(CSVs: cold stress-related vocalizations)으로 분류되었다. 일반 발성음은 적정환경(22.0±1.8℃)에서 뿐만 아니라 덥거나 추운 환경에서도 공통적으로 나타나는 발성음, 더위stress 특이음은 32.0±2.0℃의 더운 환경에서만 나타나는 발성음, 그리고 추위stress 특이음은 8.0±1.9℃의 추운 환경에서만 나타나는 발성음으로 구분 조사하였다. 일반 발성음, 더위stress 특이음 및 추위stress 특이음들은 Cool Edit 2000(Syntrillium, USA)에서의 스펙트럼을 비교하여 세부적으로 분류되었다.

3. 측정 parameter

전 등(2003)의 연구결과에 근거하여 parameter로 결정된 기본주파수(Pitch), 음의 강도(Intensity), 음의 길이(Duration), 제 1 포먼트(Formant), 제 2 포먼트, 제 3 포먼트 및 제 4 포먼트들은 Praat (Paul Bersma and David Weenink, Netherlands)를 이용하여 측정하였다. 이때 FFT크기(Fast fourier transform-size)는 512포인트(32 ms)로 하였으며,

창함수로는 Hamming Window 함수를 이용하였다(Schon 등, 1999).

4. 통계분석

일반 발성음, 더위stress 특이음 및 추위stress 특이음의 각 parameter들에 대한 분산분석은 SPSS(SPSS Inc., Version 9.0) 통계프로그램의 GLM(General linear model)을 이용하여 실시하였으며, 유의차 검정은 Duncan의 다중검정법을 이용하여 실시하였다. 또한 stepwise 기법을 적용하여 Discriminant 분석을 실시하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

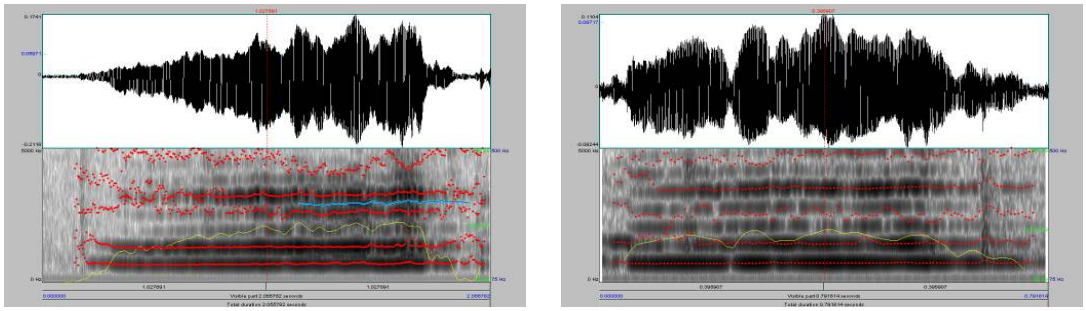
적정 환경에서뿐만 아니라 더운 환경과 추위 환경에서도 산란계가 공통적으로 나타내는 일반 발성음을 형태별로 분류한 결과, Fig. 1과 같이 총 5가지 형태로 나타났다. 더운 환경에서 산란계가 내는 독특한 발성음인 더위stress 특이음은 Fig. 2와 같이 1가지 형태로 나타났으며, 추운 환경에서 산란계가 내는 독특한 발성음인 추위stress 특이음은 Fig. 3과 같이 3가지 형태로 나타났다. 각 형태별 발성음들은 스펙트럼과 스펙트로그램에서 확실하게 차이를 보였으며, 청각으로도 쉽게 구분이 되었다.

각 parameter (pitch: 기본주파수, intensity: 음의 강도, duration: 음의 길이, F1 : 제 1포먼트, F2 : 제 2포먼트, F3 : 제 3포먼트, F4 : 제 4포먼트) 에 대하여 일반 발성음, 더위stress 특이음 및 추위stress 특이음간 유의차를 분석한 결과 모든 parameter에서 유의차가 인정되었다($P < 0.001$; Table 1). 일반 발성음의 모든 parameter 값이 가장 낮게 나타났으며, 더위stress 특이음의 기본주파수와 제 4포먼트가 가장 높게 나타났고, 추위stress 특이음의 기본주파수를 제외한 모든 parameter가 가장 높게 나타났다. 더위stress 특이음의 기본주파수와 제 4포먼트는 일반 발성음의 기본주파수와 제 4포먼트보다 높게 나타났으나($P < 0.001$) 나머지 parameter들은 유사하게 나타났다. 기본주파수가 성대의 열림 정도를 나타내고 포먼트가 조음기관의 변화를 나타내는 점(양, 2003; 김 등, 2000)을 고려해 볼 때, 산란계는 더위stress를 받게 되면 적정 환경에 있을 때에 비하여 상대적으로 성대를 많이 열고, 입을 덜 벌린 상태로 발성하는 것으로 판단된다. 이러한 더위stress 특이음은 일반적으로 저음의 발성음에 해당되며, 실제 청각적으로도 일반 발성음에 비하여 다소 저음임을 알 수 있었다. 추위stress 특이음의 기본주파수는 일반 발성음의 기본주파수와 유사하게 나타났으나, 다른 모든 parameter에 있어서는 추위stress 특이음이 일반 발성음과 더위stress 특이음에 비하여 높게 나타났다($P < 0.001$). 이는 산란계가 추위stress를 받아 적정 환경 또는 더운 환경에 있을 때에 비하여 성대를 비슷한 수준으로 개방한 상태에서 강하고 길게 발성한 것을 의미한다. 또한 제 1포먼트부터 제 4포먼

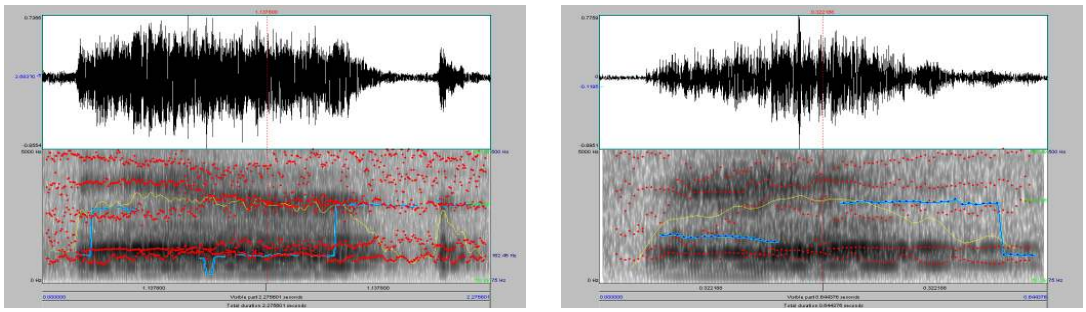
Table 1. Acoustic parameters of vocalizations

Parameter	Vocalizations[1)]			P
	GVs	HSV	CSVs	
Pitch (Hz)	307.02 ± 73.87[b]	415.27 ± 61.90[a]	305.45 ± 80.07[b]	< 0.001
Intensity (dB)	72.50 ± 6.39[b]	72.15 ± 5.73[b]	79.29 ± 1.49[a]	< 0.001
Duration (s)	1.07 ± 0.60[b]	0.68 ± 0.27[b]	4.86 ± 3.45[a]	< 0.001
F1 (Hz)	886.32 ± 130.53[b]	821.67 ± 174.55[b]	1,045.52 ± 41.39[a]	< 0.001
F2 (Hz)	1,406.66 ± 223.51[b]	1,456.45 ± 87.24[b]	1,642.73 ± 76.81[a]	< 0.001
F3 (Hz)	2,698.44 ± 142.71[b]	2,556.07 ± 132.05[c]	2,844.18 ± 103.47[a]	< 0.001
F4 (Hz)	3,695.34 ± 156.68[b]	3,876.83 ± 109.39[a]	3,868.42 ± 44.25[a]	< 0.001

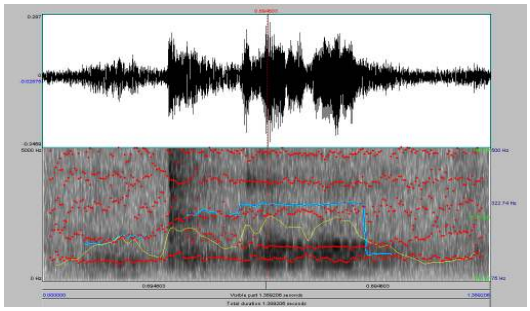
[1)] GVs, general vocalizations; HSV, heat stress-related vocalization; CSVs, cold stress-related vocalizations.
[a,b,c] Means in rows with different superscripts are significantly different.



(a) GV 1 (b) GV 2



(c) GV 3 (d) GV 4



(e) GV 5

Fig. 1. Spectrums and spectrograms of general vocalizations (GVs).

트까지 높게 나타난 점을 고려해 볼 때 조음기관의 떨림이 강한 상태에서 발성한 것을 의미한다. 실제 청각적으로 추위stress 특이음은 매우 고음이었으며 일반 발성음 및 더위stress 특이음과 확연히 구분되었다.

측정된 parameter 간의 유의차를 검정한 결과(Table 1)에 의하면 모든 parameter들이 일반 발성음, 더위stress 특이음 및 추위stress 특이음을 구분하는데 필요한 매우 중요한 정보를 담고 있으나, 보다 유용한 parameter들을 확인하기 위하여 stepwise 기법을 적용하여 Discriminant 분석을 실시하였다. 그 결과 음의 길이, 제 1포먼트, 제 3포먼트 및 제 4포먼트가 다른 parameter들 보다 유용한 parameter로 나타났으며, 이 parameter들만을 이용하였을 때 발성음 구분율은 86.2 %로 나타났다.

이상의 결과들을 종합해 볼 때, 산란계는 열환경 변화에 따라 특이음을 내며, 이들 특이음은 기본주파수, 음의 강도, 음의 길이 및 포먼트 등과 같은 parameter들에 의하여 음성학적으

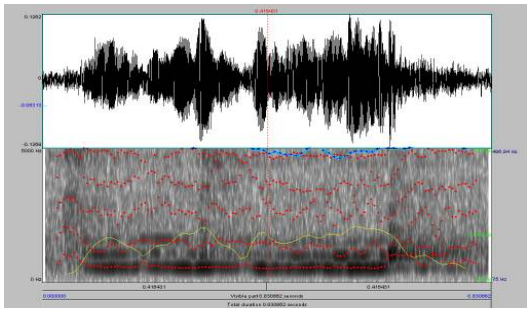
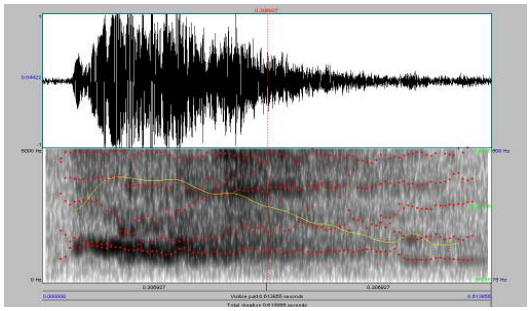
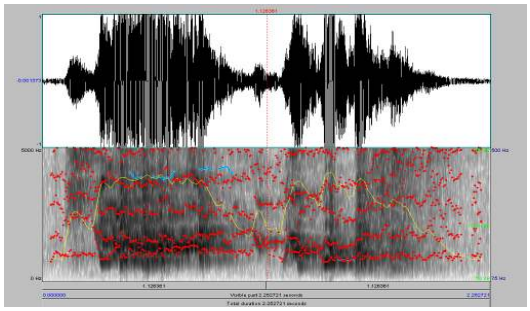


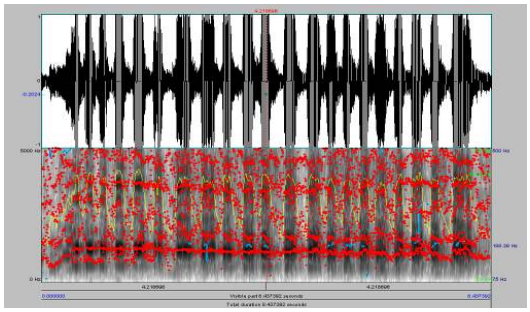
Fig. 2. Spectrums and spectrograms of heat stress-related vocalization (HSV).



(a) CSV 1



(b) CSV 2



(c) CSV 3

Fig. 3. Spectrums and spectrograms of cold stress-related vocalizations (CSVs).

로 판별될 수 있었다. 또한 열환경별 특이음을 구분할 때 가장 유용한 parameter는 음의 길이, 제 1포먼트, 제 3포먼트 및 제 4포먼트이었다.

Ⅳ. 적 요

본 연구는 산란계가 적정 환경, 더운 환경 그리고 추운 환경에서 특이하게 내는 특이음을 분류한 후 이들을 음성학적으로 판별할 수 있는지를 규명하고자 수행되었다. 일반 발성음은 총 5가지 형태, 더위stress 특이음은 1가지 형태, 그리고 추위stress 특이음은 총 3가지 형태로 각각 나타났다. 기본주파수, 음의 강도, 음의 길이 및 포먼트에 대하여 열환경별 발성음간 유의차를 분석한 결과 모든 parameter에서 유의차가 인정되었으나, Discriminant 분석을 실시하였을 때 음의 길이, 제 1포먼트, 제 3포먼트 및 제 4포먼트가 다른 parameter들 보다 유용한 parameter로 나타났다. 이상의 결과들을 종합해 볼 때, 산란계는 열환경 변화에 따라 특이음을 내었으며, 이들 특이음은 기본주파수, 음의 강도, 음의 길이 및 포먼트 등과 같은 parameter들에 의하여 음성학적으로 판별될 수 있었다.

Ⅴ. 인 용 문 헌

1. Algers, B. 1993. Nursing in pigs: Communicating needs and distribution resources. J. Anim Sci. 71: 2826-2831.
2. Arima, Y., Mather, F. B. and Ahmad, M. M. 1975. Response of egg production and shell quality to increases in environmental temperature in two age groups of hens. Poultry Sci. 55:818-820.
3. Blackshaw, J. K., Jones, D. N. and Thomas, F. J. 1996. Vocal individuality during suckling in the intensively housed domestic pig. Appl Amin Behav. 50:33-41.
4. Deaton, J. W., Reece, F. N. and Lott, B. D. 1985. Effect of summer cyclic temperature versus moderate temperature on laying hen performance. Poultry Sci. 65:1649-1651.
5. Houpt, K. A. 1991. Domestic animal behavior. Iowa state university press, Iowa, U.S.A. pp. 6-29.
6. Jensen, P. and Algers, B. 1984. An ethogram of

piglet vocalizations during suckling. Appl. Anim. Ethol. 11:237-248.
7. Kasanen, S. and Algers, B. 2002. A note on the effects of additional sow gruntings on suckling behaviour in piglets. Appl. Anim. Behav. Sci. 75: 93-101.
8. North, M. O. 1978. Commercial chicken production manual avi. p. 240.
9. Schon, P., Puppe, B., Gromyko, T. and Manteuffel, G. 1999. Common features and individual differences in nurse grunting of domestic pigs(sus scrofa): a multi-parametric analysis. Behav. 136:49-66.
10. SPSS Institute. 1999. SPSS Base 9.0 User's Guide. SPSS, Inc., Chicago, U.S.A.
11. Wathes, C. M., Jones, C. D. R. and Webster, A. J. F. 1983. Ventilation, air hygiene and animal health. Vet. Rec. 113:554-559.
12. 김기호, 양병곤, 고도흥, 구희산. 2000. 음성과학. 한국문화사. pp. 1-115.
13. 양병곤. 2003. 프라트(Praat)를 이용한 음성분석의 이론과 실제. 만수출판사. pp. 11-20.
14. 전중환, 장홍희, 하정기, 김현희, 구자민, 이효종, 연성찬. 2003. 수유행동시 모돈(랜드레이스×요크셔) 발성음의 개체 판별을 위한 음성 parameter. 대한수의학회지 43(1):165-169.

(접수일자 : 2005. 4. 19. / 채택일자 : 2005. 6. 7.)