J Vet Clin 19(1) : 37-42(2002)

젖소에서 유즙체온 측정을 이용한 체온 자동 측정 방법의 개발

김용준[1] · 한종현 · 이수영* · 한병성* · 김동원*

전북대학교 수의과대학
*전북대학교 공과대학

Development of Automatic Measurement of Body Temperature by Taking the Temperature of Milk while Milking in Dairy Cattle

Yong-Jun Kim[1], Jong-Hyun Han, Soo-Young Lee*, Byeong-Sung Han* and Dong-Won Kim*

College of Veterinary Medicine, Chonbuk National University, Chonju 561-756
**College of Engineering, Chonbuk National University, Chonju 561-756*

Abstract : To develop an automatic detecting system of body temperature of dairy cattle while milking, measurement of the temperature of mammary skin using three thermometers attached into the lining of teat cup was carried out for 23 dairy cattle, whereas measurement of the temperature of milk while milking was also performed for 263 animals. For the latter experiment, three thermometers were attached at 10cm(left and right) and 20 cm away from an individual milk collector on the milk transporting hose. Taking the rectal temperature was accompanied all the time for the experiments. The measurement of the temperature of mammary skin using teat cup was successful for 11 of 23 dairy cattle(47.8%) and the mean temperature was 33.5℃ with the mean difference of 5.2℃ from the mean rectal temperature. The measurement of the temperature of milk using the thermometers onto the milk transporting hose while milking was very successful ; From 37.3 to 38.4℃ of rectal temperature, the temperature of milk was almost the same and from 38.5 to 39.5℃ of rectal temperature, the temperature of milk tended to be low with the difference of 0.1℃. From 39.6 to 41℃ of rectal temperature, the temperature of milk tended to be low with the difference of 0.2-0.6℃. These results indicated that automatic detection of body temperature whether low or high can be possible if the temperature of milk is taken while milking and if it is connected to the integration system by on-line.

Key words **:** automatic detection of body temperature, dairy cattle, while milking, integration system

서 론

동물은 바이러스성 질병은 물론이고 세균성 질병에서도 대부분의 경우 급성이나 질병의 초기에 열을 발생한다[1,3]. 가축산업에서 가장 큰 문제가 되는 것은 가축의 질병이다. 농가가 조기에 가축 질병의 존재 여부를 확인할 수 있다면, 전염병에 대해서는 신속한 국가 방역 체계를 구축함으로써 질병을 국소범위에서 퇴치할 수 있고 개체가 질병을 가질 경우 이를 조기에 확인할 수 있으면 신속히 치료를 하여 농가의 손실을 크게 줄일 수 있다.

이와 같이 농가 수준에서 질병의 자동 확인, 등 사양의 자동화를 위한 연구[2,4,5,8-11]가 국내 · 외적으로 활발히 수행되고 있다. 젖소에서 1일 2회 착유시 체온을 개체별로 자동확인할 수 있다면[6] 특히, 급성 발열 질병에 이환된 개체를 파악할 수 있어 그 소의 질병을 신속히 퇴치할 수 있을 것이다. 따라서 이 연구에서는 젖소의 착유시 체온을 자동으로 측정하는 방법을 개발하여 직장체온과 비교하여 체온 자동 측정이 가능한지를 알아보고자 하였다. 이를위해 개체 인식 장치의 개발[11]과 함께 온도센서가 통합 시스템인 PLC(programmable logic controller)에 on-line으로 연결되어 체온 측정이 가능할 것에 대비하여 시중 체온계를 이용하여 자동체온측정 여부를 조사하였다.

[1]Corresponding author.
E-mail : yjk@moak.chonbuk.ac.kr

본 연구는 2000년 농림기술관리센터 기획연구과제(MAF 102178031) 연구비에 의해 수행되었음.

재료 및 방법

실험동물

실험에 사용된 젖소는 전북 일원에 위치한 젖소 농가 7곳의 젖소로서 정상 체온 범위 조사 52두, 질병 이환 체온측정 126두, 유선 부위 체온측정 23두, 유즙체온측정 263두외 총 464두가 이용되었다. 한우는 유두부위 체온측정 및 유즙체온측정을 제외한 조사에 총 109두가 이용되었다.

젖소 및 한우 정상 체온 및 질병 이환시 체온 범위 측정

수은체온계와 디지털 체온계의 오차 범위 조사: 사용이 간편한 디지털 체온계(Marex; Geon Co, Taiwan)의 신뢰도를 확인하기 위하여 수은체온계[유일계량기(주)]를 동시에 이용하여 젖소 17두와 한우 15두는 직장내 두 체온계를 동시에

삽입하였고 사람 12인에 대하여는 구강내에 두 체온계를 넣어 오차를 구하였다.

젖소 및 한우의 정상체온 범위: 임상적으로 건강한 젖소 35두와 한우 22두에 대하여 디지털 체온계를 이용하여 체온을 측정하여 두 품종간의 차이를 구하였다.

질병에 이환된 젖소 및 한우의 체온측정: 질병에 이환된 한우 72두, 젖소 126두에 대하여 디지털 체온계를 이용하여 체온을 측정하였다. 체온측정은 전북대학교 동물병원에서 농가 왕진시와 부안과 고창의 대동물 개업 수의사 2인의 협조를 얻어 체온을 측정하였다. 질병의 진단은 주요 임상 증상에 따라 이루어졌다.

젖소에서 체온자동 측정을 위한 부위 선정 및 체온 측정

유두컵에 체온계 부착후 체온측정: 착유시 유두컵이 유선 또는 유두 피부에 밀착되는 점을 감안하여 유선 피부의 체온을 측정하기 위해 Fig 1과 같이 체온계의 온도 센서가 유두컵내로 돌출되도록 3개의 디지털 체온계를 유두컵에 부착하여 착유시 유선 부위의 피부 체온을 측정하였다. 이와 동시에 직장 체온을 측정하여 피부체온과의 차이를 조사하였다. 이 실험을 위해 23두의 젖소가 이용되었다.

유즙 이동 호스에서 착유시 이동중인 유즙 온도 측정: 착유시 유즙의 온도를 측정하여 직장체온과의 차이를 알아보기 위하여 개체별 유즙회수장치(milk collector)와 연결된 유즙 이동 호스에 회수장치로부터 10 cm 떨어진 곳에 좌우 각각 하나씩, 그리고 20 cm 떨어진 곳에 한 개, 총 3개의 체온계를 센서가 호스내로 돌출되도록 부착한 후(Fig 2) 착유시 각 체온계의 온도를 조사하였고 동시에 직장 체온을 측정하여 직장체온과의 차이를 알아 보았다.

이렇게 측정된 체온은 정상 체온 범위, 체온 상승 범위, 체온 저하 범위 별로 구분하여 직장체온과의 차이를 조사하였다. 이 실험을 위하여 263두의 젖소가 이용되었다.

계절별 직장체온의 비교: 유즙체온 측정 263두 중 같은 직장 체온이 10두 이상 측정된 범위에 해당되는 38.0-38.6℃의 소 185두에 대하여 계절별 평균 직장체온을 조사하였다.

결 과

수은 체온계와 디지털 체온계를 동시에 사용하여 사람, 한우 및 젖소에서 두 체온계간의 오차범위를 조사한 결과는 Table 1과 같다.

Table 1에서와 같이 수은 체온계와 디지털 체온계의 오차범위는 사람 및 소에서 모두 0.1℃ 미만의 범위이었다.

디지털 체온계를 이용하여 임상적으로 건강한 한우 및 젖소에서 직장체온을 특정하여 두 품종간 차이를 조사한 결과는 Table 2와 같다.

한우 및 젖소에서 체온의 차이는 0.06℃로서 품종간의 차이는 크게 인정되지 않았다.

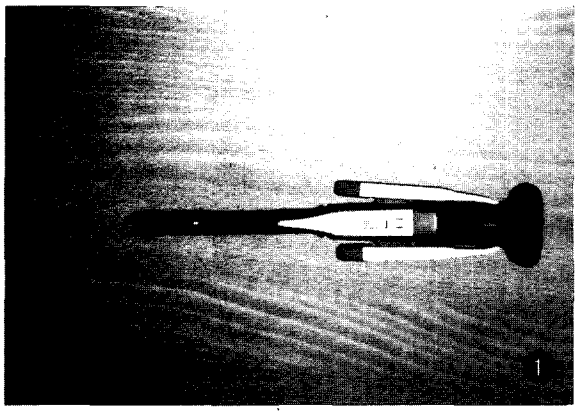

Fig 1. Three thermometers attached to a teat cup. The sensors of the thermometers are protruded into the lining of the teat cup.

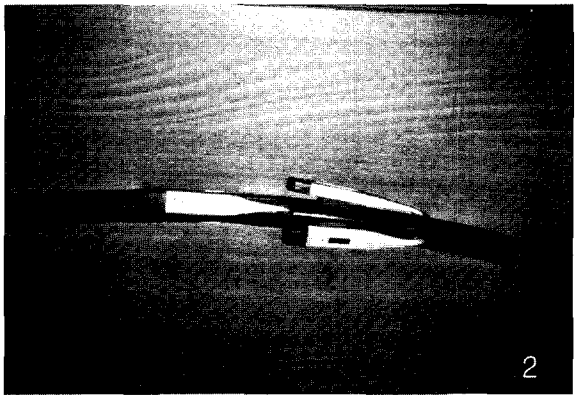

Fig 2. A milk transporting hose attached with three thermometers. The sensors of the thermometers are protruded into the lining of the hose. The sensors of the thermometers are situated at 10 cm(left and right) and 20 cm away from an individual milk collector.

Table 1. Temperature difference between mercury and digital thermometers in human beings and cattle

Animal	No. of animals	Thermometer (℃)		Difference (℃)
		Mercury	Digital	
Human	12	36.47	36.42	0.05
Korean native cattle	15	38.46	38.39	0.07
Holstein	17	38.51	38.47	0.04

Table 2. Normal body temperature in Korean native cattle(KNC) and Holstein cows

Cattle	No. of animals	BT in rectum (°C)	Thermometer
KNC	22	38.52	Digital thermometer
Holstein	35	38.46	
Difference		0.06	

BT : Body temperature

Table 3. Body temperature of Korean Native Cattle and Holsteins associated with diseases

Animal	Diseases							
	Alimentary disease		Puerperal infection		Respiratory disease		Skeletal disease	
	No. of cattle	BT(°C) (Range)	No. of cattle	BT(°C) (Range)	No. of cattle	BT(°C) (Range)	No. of cattle	BT(°C) (Range)
KNC	24	38.4 (35.-439.6)	15	39.4 (38.5-41.3)	26	39.6 (39.1-40.0)	7	39.0 (36.1-40.2)
Holstein	46	38.6 (36.0-39.8)	21	39.6 (38.6-41.0)	47	39.5 (38.8-41.2)	12	39.5 (38.6-41.1)
Total	70	38.5 (35.4-39.8)	36	39.5 (38.5-41.3)	73	39.6 (38.8-41.2)	19	39.2 (36.1-41.1)

BT : Body temperature

Table 4. Body temperature at mammary gland of dairy cattle

No. of dairy cattle	Mean temperature of rectum	Temperature taken		Temperature taken
		No. of cattle	Mean temperature of skin of mammary gland	No. of cattle
23		11		12

질병에 이환된 한우 및 젖소에서 디지털 체온계를 이용하여 측정된 체온 범위는 Table 3과 같다.

소에서 주요 질병인 소화기 질병, 산욕기 감염, 호흡기 질병, 사지 질환에 대한 체온을 측정한 결과 산욕기 감염, 호흡기 질병 평균 체온은 정상 체온 보다 1°C 이상, 사지 질환의 평균 체온은 0.7°C 상승되었다. 소화기 질환의 평균 체온은 정상 범위 이었다.

주요 질환에 따른 체온에서 한우와 젖소의 평균 체온은 큰 차이가 인정되지 않았다.

착유시 유선피부의 체온을 자동으로 측정하기 위해 유두컵에 체온계 센서를 부착한 후 착유중인 소의 유선피부의 체온과 직장체온과를 비교한 결과는 Table 4와 같다.

Talbe 4에서와 같이 총 23두중 11두에서 체온이 측정되었고 체온이 측정되지 않은 소는 12두이었다. 체온이 측정된 11두에서 평균 체온은 33.5°C로서 직장 체온보다 평균 5.2°C가 낮았다.

유즙 이동 호스에 개체별 유즙 회수 장치(milk collector)로부터 10 cm에 좌우 각각 하나, 그리고 20 cm에 하나의 디지털 체온계를 부착한후 개체별 유즙 온도 및 직장체온을 조사하였으며 직장체온이 37.3°C에서 41°C까지 직장체온에 따른 유즙의 온도를 측정한 결과는 Table 5와 같다.

Table 5에서와 같이 직장 체온 37.3°C에서 38.4°C까지는 직장체온과 유즙체온이 거의 동일한 온도를 나타내었고, 38.5°C부터는 유즙체온이 0.1°C씩 낮은 경향을 보이다가 39.6°C부터는 직장체온에 비해 0.2-0.6°C의 차이를 보였다. 또한, 무작위로 체온측정을 하였음에도 263두 중 직장 체온이 38.2-38.6°C에 가장 많은 동물 수가 조사되었다.

소에서 정상 체온 범위인 38.3-38.6°C의 직장 체온을 나타낸 젖소에 대한 유즙 온도 측정 결과는 Talble 6과 같다.

직장체온이 정상 체온 범위인 38.3-38.6°C의 젖소 129두를 대상으로한 유즙 평균 체온은 38.35-38.36°C이었다. 따라서 직장체온에 대한 유즙온도의 평균 차이는 0.06-0.07°C로서 0.1°C 미만이었다.

질병이환 발열 젖소(직장체온 39.6-41.0°C)에서 착유시 유즙온도를 측정한 결과는 Table 7과 같다.

Table 7에서와 같이 발열동물에서 유즙 온도는 정상 체온보다 높게 올라가 있음을 알 수 있었다. 직장체온이 상승할 때 유즙체온도 상승된 것을 확인할 수 있었다. 유즙의 평균 체온과 직장 평균 체온과의 차이는 0.2°C를 나타내었다.

직장 체온이 저하된 젖소(37.3-37.9°C)에서 착유시 유즙 온도를 측정한 결과는 Table 8와 같다.

Table 8에서와 같이 직장 체온이 낮은 동물(37.3-37.9)에서 평균 직장 체온은 37.7°C이었으며 유즙체온은 37.6°C로서 0.1°C의 차이를 보였으며 유즙온도도 직장체온과 동시에 낮

Table 5. Temperature of milk according to rectal temperature in dairy cattle

Rectal temperature (°C)	Mean temperature of milk			No. of animals
	Location of thermometer from individual milk collector			
	10 cm(Left)	10 cm(Right)	20 cm	
37.3	37.3	37.3	37.3	4
37.4	37.4	37.4	37.4	3
37.5	37.5	37.5	37.5	4
37.6	37.6	37.6	37.6	3
37.7	37.7	37.7	37.7	6
37.8	37.7	37.8	37.7	3
37.9	37.9	37.8	37.9	10
38.0	38.1	38.0	38.0	10
38.1	38.1	38.2	38.1	14
38.2	38.2	38.2	38.2	32
38.3	38.3	38.2	38.2	42
38.4	38.3	38.3	38.4	35
38.5	38.4	38.4	38.4	31
38.6	38.5	38.5	38.4	21
38.7	38.6	38.6	38.6	5
38.8	38.7	38.7	38.7	5
38.9	38.8	38.7	38.7	4
39.0	38.9	38.9	38.9	3
39.1	39.0	39.0	39.0	2
39.2	39.1	39.0	39.0	2
39.3	39.2	39.2	39.1	3
39.4	39.3	39.4	39.3	3
39.5	39.5	39.4	39.4	2
39.6	39.4	39.4	39.4	4
39.7	39.6	39.5	39.5	3
39.8	39.7	39.6	39.6	4
39.9	39.7	39.8	39.7	3
40.1	39.9	40.0	39.9	2
40.2	40.2	40.1	40.1	2
40.3	39.9	40.1	40.1	3
40.8	40.5	40.5	40.5	1
41.0	40.5	40.6	40.5	1
Total				263

아져 있는 것을 확인할 수 있었다.

직장체온 보다 유즙체온이 더 상승되어 유방염으로 의심되는 경우의 유즙체온 평균은 Table 9과 같다.

Table 9에서와 같이 직장 평균온도(38.2-38.5°C) 보다 유즙온도가 모두 높았던 6두의 경우 유즙온도는 직장 평균온도 38.4°C 보다 평균 0.3°C가 높았다.

젖소에서 정상 범위 체온의 계절별 체온 평균 온도는 Table 10과 같다.

Table 10에서와 같이 38.0-38.6°C의 직장 체온을 나타낸 젖소의 직장 평균 온도는 계절에 따라 평균 38.3-38.4°C로서 계절에 따른 차이는 크게 인정되지 않았다.

고 찰

이 연구에서 수은체온계와 디지털 체온계를 동시에 사람 및 소에 사용하여 조사한 결과 오차범위는 0.07이하로 0.1°C

Table 6. Temperature of milk compared to rectal temperature(38.3-38.6°C) while milking

No. of dairy cattle	Average temperature(°C) (Range)			Rectal temperature (°C)
	Location of thermometer from individual milk collector			
	10 cm(Left)	10 cm(Right)	20 cm	
129	38.36 (38.2-38.6)	38.35 (38.2-38.5)	38.35 (38.1-38.6)	38.42 (38.3-38.6)

Table 7. Temperature of milk from the diseased animals with fever

No. of dairy cattle	Average temperature(°C) (Range)			Rectal temperature (°C)
	Location of thermometer from individual milk collector			
	10 cm(Left)	10 cm(Right)	20 cm	
23	40.2 (39.4-40.8)	40.2 (39.3-40.8)	40.2 (39.3-40.8)	40.4 (39.6-41.0)

Table 8. Temperature of milk from the animals with low body temperature(37.337.9)

No. of dairy cattle	Average temperature(°C) (Range)			Rectal temperature (°C)
	Location of thermometer from individual milk collector			
	10 cm (Left)	10 cm (Right)	20 cm	
33	37.6 (37.2-37.9)	37.6 (37.2-37.9)	37.6 (37.3-37.8)	37.7 (37.3-37.9)

Table 9. Temperature of milk compared to rectal temperature assuming mastitis

No. of dairy cattle	Average temperature(°C) (Range)			Rectal temperature (°C)
	Location of thermometer from individual milk collector			
	10 cm (Left)	10 cm (Right)	20 cm	
6	38.7 (38.5-38.8)	38.7 (38.5-38.8)	38.7 (38.5-38.8)	38.4 (38.2-38.5)

Table 10. Mean body temperature(range : 38.0-38.6°C) of dairy cattle according to season

No. of dairy cattle	Season			
	Dec.Feb.	Mar.May	JuneAug.	Sep.Nov.
	44	63	35	43
Average rectal temperature	38.4°C (38.1-38.6°C)	38.3°C (38.0-38.6°C)	38.3°C (38.0-38.6°C)	38.4°C (38.0-38.6°C)

미만의 범위이었다. 따라서 보다 사용이 편리한 디지털 체온계 대한 높은 신뢰도를 구할 수 있었다.

임상적으로 건강한 한우 및 젖소의 직장 체온을 디지털 체온계로 측정하여 조사한 결과 체온의 차이는 0.0-0.6°C로서 큰 차이가 인정되지 않았다.

젖소에서 체온을 자동으로 측정할 수 있는 시기는 착유시간으로 판단된다[6]. 이를 위해 김등[6,7]이 고안한 바와 같이 착유시 유선 피부의 체온을 측정하여 직장체온과의 표준편차를 구하고 유선피부의 표준 온도에서 상승되거나 저하시 질병에 걸린 동물로 의심할 수 있기 때문에 유두컵에 온도계 센서를 부착한 후 유선 부위에 체온을 측정하였다.

그 결과 23두중 12두에서 체온이 측정되지 않았고, 체온이 측정된 11두의 평균 체온은 33.5°C로서 직장체온 보다 평균 5.2°C가 낮았다. 이렇게 체온이 제대로 측정이 되지 않은 이유는 기계를 이용한 착유시 음압이 작용하여 유두컵이 유선 부위에 밀착이 되나 이 실험에서는 직접 손으로 유선 부위에 밀착시켜 체온을 측정하였기 때문에 완전한 밀폐 및 보온이 되지 못했던 점 그리고 이 실험이 겨울철에 집중되었기 때문에 나타난 점도 있다고 판단된다. 그러나 측정된 체온도 매우 낮아 정상 체온과의 차이가 매우 크다는 점도 문제점으로 지적될 수 있다. 또한 체온 자동측정 시스템 개발시 체온계 센서가 부착될 유두컵의 고무제품은 4-6개월 마

다 교체되어야 하는 소모성이 짧은 제품이므로 실용성에서도 문제점이 지적되었다.

그러나 개체 유즙 collector로부터 10-20 cm 떨어진 곳에 온도계를 설치했을 때 측정된 온도는 10 cm와 20 cm 간의 온도는 서로 차이가 거의 없었으며 직장체온과 비교하였을 때 측정된 263두의 젖소에서 직장 체온 37.3℃에서 38.4℃까지는 유즙온도와 직장체온이 거의 동일한 온도를 나타내었다. 한편 직장체온이 39.6℃부터는 유즙 온도가 직장체온에 비해 0.2-0.6℃의 차이를 보였는데 이것은 체온이 높을수록 유즙이 이동해 갈 때 온도가 약간 낮아지기 때문인 것으로 추측된다.

정상 체온 범위인 직장체온 38.3-38.6℃ 126두의 직장 평균체온과 유즙 평균 체온의 차이는 0.06-0.07℃로서 0.1℃ 미만이었다. 이것은 유즙 온도가 직장체온과 거의 동일한 온도를 나타낸다는 것을 의미한다.

이것을 다시 발열동물(직장체온 39.6-41.0℃)에서 유즙온도와 직장체온을 보았을 때 23두의 유즙온도의 평균온도는 40.2℃로서 직장체온의 40.4℃와 0.2℃의 차이만이 있었다. 즉, 직장체온이 상승할 때 유즙체온도 동시에 상승된 것을 확인할 수 있었다. 따라서 유즙체온 측정만으로도 발열동물을 진단할 수 있음을 확인할 수 있었다.

한편 직장체온이 낮은(37.3-37.9℃) 소에서도 평균 직장체온이 37.7℃이었는데 유즙온도는 37.6℃로서 0.1℃의 차이를 보여 직장체온이 낮을 때 유즙온도도 동시에 낮아지는 것을 확인할 수 있었다.

이상의 결과는 착유시 유즙온도를 자동으로 확인할 수 있을 때 체온이 상승되어 있거나 저하된 개체를 확인할 수 있어 질병에 이환된 동물을 진단해 낼 수 있음을 증명한다 하겠다.

또한 적은 동물수(6두)이었으나 직장체온이 유즙온도 보다 낮은 경우가 있어 유방염을 의심할 수 있는 경우들이 었었는데 직장 평균 체온 38.4℃보다 유즙온도가 평균 0.3℃ 높았으며, 이중 2두는 임상적으로 유방염을 확인할 수 있어 이와 같은 경우 유방염 진단에 큰 도움이 될 것으로 보인다. 그러나 실험동물 숫자가 너무 적어 이에 대해서는 보다 많은 실험이 수행되어야 할 것이다.

결 론

젖소를 사육하는 농가 수준에서 질병에 걸린 동물을 자동으로 확인할 수 있는 체온자동측정 시스템을 개발하기 위하여 23두에 대하여는 착유시 유선피부 측정을 위해 유두컵에 3개의 체온계를 부착하여 체온을 측정하였고, 263두에 대하여는 개체 유즙 collector와 연결된 유즙 이동호스에 10-20 cm 떨어진 곳에 3개의 체온계를 부착하여 온도를 측정한 후 직장체온과 비교하였다.

1. 유두컵에 의한 유선 피부 측정시 23두중 11두에서 체온이 측정되었고(47.8%), 체온이 측정된 11두의 유선피부의 평균체온은 33.5℃로서 직장 평균체온 보다 5.2℃가 낮았다.

2. 착유시 유즙의 온도를 측정하였을 때, 직장체온이 37.3℃에서 38.4℃까지는 직장체온과 유즙체온이 거의 동일하였다. 직장체온 38.5℃부터 39.5℃까지는 유즙체온이 직장체온에 비해 0.1℃씩 낮은 경향을 보였다. 직장체온 39.6℃부터 41℃까지는 직장체온에 비해 유즙체온은 0.2-0.6℃의 차이를 보였다.

이상의 결과 젖소에서 착유시 유즙의 온도를 측정하여 통합 시스템에 on-line으로 연결시 동물의 체온 상승 또는 저하상태를 자동으로 확인할 수 있음을 인정할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. Ethinger SJ. Textbook of veterinary internal medicine. 3th ed. California Animal Hospital. L.A. 1989;24-26.
2. Spahr SI Puckett, Dill DE. An Integrated System for Automatic Data Collection and Analysis on Dairy Farms. Proceedings of Agro-Martin 1, ASAE 1985; 339-345.
3. Timoney JF, Gillepsie JH, Scott FW, et al. Hagan and Bruner's microbiology and infections diseases of domestic animals. 8th ed. Comstock Publishing Associates. 1992: 594-604, 647-667, 740-749, 8967-870.
4. Wheeler PA, Graham KL. A Review of Remote Sensing Techniques of Dairy Cattle. Proceedings of the Agro-Martin 2, ASAE 1986; 25-32.
5. 김명순, 김용준. 유방염 자동진단 시스템 개발. 한국임상수의학회지. 1998; 15(2): 242-246.
6. 김용준, 유일정, 한병성, 정길도, 김동원, 김명순. 젖소 사양기술의 자동화를 위한 연구 I. 임신진단 여부 및 질병자동 진단 시스템개발. 한국임상수의학회지 1997; 14(2): 301-307.
7. 김형주, 정길도, 김용준, 한병성, 김명순. 젖소의 자동 체온 측정시스템개발. 한국임상수의학회지 1996; 13(2): 140-143.
8. 박원규. 국제화시대의 농업기계화 현황과 발전방향. SIEMATA(농수산 축산박람회) 심포지엄. 1994; 31-44.
9. 이승규, 민영봉, 김태규. 축산 자동화를 위한 가축의 생체정보 무선 계측장치의 개발(II). 한국농업기계학회지 1991; 16(6): 267-271.
10. 장동일. 축산 기계화 현황과 발전 방향. SIEMATA(농수산 축산박람회) 심포지엄. 1995; 103-131.
11. 한병성, 정길도, 최명호, 김용준, 김명순, 강복원. 젖소의 사양관리 자동화를 위한 전자개체 인식장치개발. 한국임상수의학회지 1996; 13(2): 171-175.