

우리나라 축산용 천층지하수 수질 특성

Characteristics of ground water quality for livestock purpose in Korea

김진호* · 이경도 · 이종식 · 류종수 · 권순국

Kim, Jin-Ho · Lee, Kyung-Do · Lee, Jong-Sik · Ryu, Jong-Su · Kwun, Soon-Kuk

Abstract

This survey was carried out to investigate the chemical characteristics of ground water for livestock purpose and to estimate the influence of ground water quality by livestock farming. Water samples were collected three times in 2000, and analyzed for their chemical compositions using Korean Standard Methods for Water Quality. The EC of ground water was from 0.214 to 0.474 dS/m. $\text{NO}_3\text{-N}$ contamination range was from 3.56 to 11.81. The SO_4^{2-} was 4.31~69.37mg/L and Cl^- was 12.75~41.46mg/L. The data of ground water quality indicated suitable quality for livestock. Also, the concentration of heavy metals in the sample could not make damage to the animals. The $\text{NO}_3\text{-N}$ concentration of the water by times are as follows: October (8.19 mg/L) > July (7.65 mg/L) > April (4.04 mg/L) with no significant differences during the livestock farming period. The average quality of groundwater for livestock is good for its purpose, and it was showed there was few influence by livestock farming.

I. 서론

한국 국민들의 식생활 습관변화로 육류소비량이 최근 급증하고 있다. 이에 소규모 농가에서 집약적으로 축산을 함에 따라 우리나라 축산활동이 환경에 부하를 미치는 것을 우려하여야 할 시점이 되었다. 또한 우리나라 주요수계에 오염부하량의 대부분도 축산이라는 r 것은 부정할 수 없는 사실이다. 이에 우리나라 축산농가에서 사용하고 있는 축사내에 관정이 위치한 천층지하수의 수질을 조사하여, 수질현황과 축산 활동에 미칠 수 있는 영향을 파악하여 친환경농업의 기초자료로 활용하고, OECD 등에서 요구하는 취약지대에서의 농업용수 수질지표 설정의 근거자료를 확보하기 위해 이 연구를 시작하였다.

II. 재료 및 방법

1. 조사대상

2000년 기준 한국의 가축사육현황은 Table 1과 같다. 조사대상지점은 한국의 각 도별로 축산단지를 무작위로 추출하여, 현재 사용하고 있는 천층지하수를 대상으로 수질모니터링을 실시하였다. 조사대상 지점수는 전국에 걸쳐 총 100지점을 선정하였는데, 도별로는 경기도 13지점, 강원도 12지점, 충청북도 12지점, 충청남도 13지점, 전라북도 11지점, 전라남도 12지점, 경상북도 13지점, 경상남도 14지점으로 전국에 걸쳐 고르게 조사지점이 분포하도록 대상지점을 선정하였다. 조사는 2000년에 실시하였으며, 조사시기는 4, 7, 10월에 걸

쳐 3회 조사를 실시하였다. 축산 연수는 몇 차례 반복 실시한 설문을 통해서 파악하였다.

Table 1. Status of the livestock farming in 2000

	breeding house	the number of animals
Korean native cattle	289,714	1,590,020
dairy cattle	13,348	543,708
swine	23,841	8,214,369
poultry	217,963	102,546,783
duck	12,986	5,133,511

2. 분석방법

시료는 폴리에틸렌용기(2L)에 채수하여 Ice Box에 넣어 실험실로 운반 즉시 수질오염공정시험법과 Standard Methods에 준하여 Electric Conductivity는 EC meter법(Y.S.I. model-30), COD는 $K_2Cr_2O_7$ 산화법, Cl은 Mohr법으로 분석하였다. NH_4-N 은 Indophenol-Blue법, NO_3-N 은 Ultraviolet Spectrophotometric Screening법, SO_4^{2-} 는 비탁법(Beckman, DU-650)으로 분석하였으며, 양이온과 미량성분은 ICP를 이용하여 분석하였다.

III. 실험결과 및 고찰

Table 2. Ground water quality at livestock areas by Provinces

(unit : mg/L)

Province	EC (ds/m)	COD	NH_3-N	NO_3-N	PO_4-P	SO_4^{2-}	Cl ⁻
Gyeonggi	0.299	10.60	0.135	5.94	0.040	12.65	41.46
Gangwon	0.214	4.91	0.124	4.61	0.024	24.27	12.75
Chungbuk	0.271	4.06	0.066	4.82	0.046	19.33	19.60
Chungnam	0.297	5.39	0.283	11.81	0.047	7.42	23.74
Jeonbuk	0.258	6.53	0.214	9.28	0.128	4.31	23.69
Jeonnam	0.235	6.90	0.298	3.56	0.032	10.30	22.00
Gyeongbuk	0.383	7.03	0.259	6.29	0.025	38.78	31.04
Gyeongnam	0.474	7.01	0.304	6.20	0.116	69.37	40.78
Province	Fe	Zn	Cd	Cr	Pb	Al	Cu
Kyeonggi	0.35	0.106	0.001	0.001	N.D.	0.361	0.001
Gangwon	0.06	0.072	0.001	0.003	N.D.	0.369	0.001
Chungbuk	0.26	0.034	0.001	0.003	N.D.	0.369	0.001
Chungnam	0.09	0.035	0.001	0.003	N.D.	0.354	0.001
Jeonbuk	0.06	0.020	0.001	0.002	N.D.	0.390	0.002
Jeonnam	0.23	0.028	0.002	0.004	N.D.	0.370	0.001
Gyeongbuk	0.20	0.063	0.001	0.002	N.D.	0.353	0.001
Gyeongnam	0.74	0.041	0.001	0.003	N.D.	0.334	0.002

Fig. 2는 지하수 수질의 조사 결과이다. EC의 평균농도가 0.214~0.474mg/L의 범위로 조사되었다. 경남 지역이 0.474mg/L로 다른 지역에 비해 상대적으로 높았는데 이는 Cl와 SO₄²⁻ 농도가 각각 40.78mg/L, 69.37mg/L로 다른 지역보다 상대적으로 높아, EC상승의 주원인이 된 것으로 판단된다. 이렇듯 경남지역에서 Cl과 SO₄²⁻의 농도가 다른 지역에 비하여 높은 것은 경상남도의 일부 지점에서 해수의 지하수 침입에 의한 것으로 판단된다.

NO₃-N의 경우 농도가 3.56~11.81mg/L로 충청남도는 농도가 11.81mg/L로 다른 지역과 비교하여 높은 수준을 보여주고 있으나 우리나라 지하수 수질 기준(20mg/L)을 초과하지 않는 것으로 나타났다. NO₃-N은 그것 자체로는 심각한 독성물질은 아니나 되새김질하는 동물의 위장 안에서 박테리아에 의해 NO₂로 바뀌어, 적색의 헤모글로빈을 산소를 공급하지 못하는 메타헤모글로빈으로 치환시킴으로 가축에게 해로울 수 있다. NRC(National Research Council)에서는 NO₃-N의 농도가 10~20mg/L라도 가축 먹이에 포함된 함량이 낮고, 다른 영양분들과 적절히 배합된다면 안전하다고 한다. NO₃-N의 농도 20~40mg/L에서는 장기간에 걸쳐 사용될 경우 해로울 수도 있다고 하며, 40~100mg/L에서는 가축에게 치명적일 수 있고, 100mg/L이상에서는 그 가능성 정도가 더욱 높아서 사용하지 말 것을 권장하고 있다.²⁾ NRC에서 제시하는 기준에 비추어 볼 때 축산 단지의 지하수에서 NO₃-N에 의한 가축 피해는 미미할 것이라 예상된다. PO₄-P의 농도의 범위가 0.024~0.128mg/L로, 전라북도(0.128mg/L), 경상남도(0.116mg/L)에서 상대적으로 높은 수준을 보여주고 있다.

SO₄²⁻의 농도는 제주도가 69.87mg/L로 다른 지역에 비해 상대적으로 높았고, 이어 경북(38.78mg/L), 강원(24.27mg/L)순이었다. NRCD(Natural Resources Conservation Department)에서 제시한 SO₄²⁻의 적정 범위는 250mg/L이하이며⁴⁾,NRC에서 제시하는 SO₄²⁻의 농도는 바람직한 상한 선을 50mg/L으로, 최대한의 상한선으로 300mg/L을 제시하고 있다.²⁾ 위의 기준에 비추어 볼 때 SO₄²⁻의 농도는 양호한 것으로 판단된다. Cl의 농도는 경기가 41.46mg/L로 가장 높았고, 이어 경남 40.78mg/L, 경북 31.04mg/L, 충남23.74mg/L 등등의 순이었다. 과도한 Cl의 섭취는 미성숙한 닭의 성장을 감소시킬 수도 있는 것으로 알려져 있는데,²⁾ NRC에서 제시한 적정한 상한선 농도 100mg/L에 못미치는 것으로 나타났다.

중금속의 함량은 Fe의 경우 농도가 0.06~0.74mg/L로 경상남도가 0.74mg/L로 가장 높게 나타났으며, 충청남도와 전라북도가 각각 0.09, 0.06mg/L로 가장 낮은 것으로 조사되었다. Zn의 농도의 경우 경기도가 0.106mg/L으로 다른 지역에 비해 상대적으로 높았고 전북이 0.02mg/L로 가장 낮았다. Cd의 지역별 평균 농도는 0.001~0.002mg/L으로써 가축에게 무해한 기준으로 NRC에서 제시한 0.01mg/L이나, CCREM 등에서 제시한 0.02mg/L에 못미쳐 가축의 생육에는 별다른 지장이 없을 것으로 보인다.^{2),3)} Al의 경우 농도가 0.334~0.390

Table 3. Ground water quality at livestock areas by Times (unit : mg/L)

Times	EC (ds/m)	COD	NH ₃ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P	SO ₄ ²⁻	Cl
April	0.319	6.46	0.130	4.04	0.066	20.40	26.86
July	0.297	6.14	0.402	7.65	0.052	0.052	26.56
October	0.296	7.00	0.125	8.19	0.054	0.054	26.72

mg/L의 범위로 나타났는데 이는 NRC 등에서 제시하고 있는⁴⁾ 5mg/L에 크게 못 미치는 수치로써 양호한 수준임을 알 수 있다. Cu와 Cr의 경우 지역별 농도가 0.001~0.004mg/L의 범위로 검출되었다. 중금속 중 Pb의 경우는 검출되지 않았다.

조사 시기별 EC, PO₄-P, SO₄²⁻, Cl⁻의 농도는 4월이 7월과 10월에 비해 높았다. 그러나 NO₃-N의 농도는 10월이 4월과 7월에 비해 높았다. 이는 토양 수분 이동량에 직접적인 영향을 받는 NO₃-N가 8월과 9월초에 걸친 강우량과다로 표층에서 지하수로 유입된 것으로 판단된다.¹⁾

Table 4. Ground water quality at livestock areas by livestock farming periods (unit : mg/L)

Index	≤5Y	≤10Y	>10Y
EC	0.26	0.25	0.30
NO ₃ -N	6.03	5.63	7.17
SO ₄ ²⁻	17.55	16.96	32.25
Cl ⁻	28.25	23.28	16.21

축산농가의 축산 기간별 지하수 수질현황을 보면 Cl⁻의 경우를 제외한 EC, NO₃-N, SO₄²⁻의 평균 농도는 10년까지는 큰 차이가 없었으나 연작기간이 10년 이상 되면서 EC, NO₃-N, SO₄²⁻의 평균 농도가 증가하는 경향을 보였다. 이는 축산 연수가 길어질수록 가축 분뇨 및 가축 오폐수의 토양 중 집적량이 매년 일정량씩 증가하고 그 중 일부가 용탈되어 지하수중의 농도를 높인 것으로 추정된다.

IV. 요약 및 결론

전반적으로 우리나라 축산 단지의 지하수의 수질은 양호한 것으로 조사되었으며, 중금속에 의한 축산활동의 지장이나 가축이 피해를 입을 정도의 수질 오염은 조사되지 않았다. 4월과 7월에 비하여 10월에 조사한 질산성 질소의 수준이 상대적으로 높은 것으로 나타났는데, 이는 8월과 9월초에 걸친 강우량과다로 표층의 질소가 지하수로 유입된 것으로 판단된다. 축산 연수별로는 축산기간이 10년 이상 된 지하수 수질의 평균 농도가 증가하는 경향을 보였다.

References

1. 유순강, 유순호, 토양중 질산태질소의 행동과 지하수 수질, 한국환경농학회지, Vol. 12, No.3, pp.281-297(1993)
2. Canadian Council of Minister of the Environment, 1987, Canadian Water Quality Guidelines, Water Quality Branch, Inland Waters Directorate, Environment Canada, Ottawa.
3. National Research Council, 1974, Nutrients and Toxic Substances in Water for Livestock and Poultry, Washington, D. C. National Academy of Sciences.
4. National Research Council. 1998. Nutrient requirements of swine. Tenth revised edition, National Academy Press, Washington D.C., 189p.
5. Natural Resources Conservation Department, U.S. Department of Agriculture, 1992, Agricultural Waste Management Field Handbook, Part 651, National Engineering Handbook. Washington, D.C.