

飼料作物의 窒酸態窒素 蓄積에 關한 研究

許三男

Studies on the Nitrate Accumulation in Forages

Sam Nam Hur

Summary

Aspects of nitrate accumulation of forages growing on grasslands in Chonbuk Province, and the effects of different rates of N fertilizer on the total nitrogen and nitrate contents of sudangrass-hybrid and corn were studied through the 1991 growing season. The results obtained are summarized as follows:

1. The nitrate content of the forages was increased by N application and decreased as the plants matured.
2. Nitrate concentration was high throughout the growing season in samples collected at Namweon-gun 1, which was considered as potentially unsafe.
3. Total nitrogen and nitrate content of plants generally increased with the increasing rates of N fertilizer, but not statistically significant among treatments except the plot of 25 kg N/10a.
4. The annual crops had a greater tendency to accumulate nitrate than the perennial forage species.
5. It is suggested that high level of N fertilizer and manure may result in toxic levels of nitrate, and special attention must be given in feeding them.

I. 緒 論

우리나라에서는 제한된 면적의 飼料作物園에서 목초나 사료작물의 최대 생산을 위하여 해마다 많은 양의 질소질비료를 사용하고 있는데, 이것은 단위면적당 가축생산성을 높인다는 면에서는 매우 중요하다. 그러나 이의 다량사용은 토양내 nitrate의 유출로 강물이 오염되어 물고기는 물론 사람의 건강에까지 위협을 주며 nitrate가 다량蓄積된 飼草를 가축이 다량 섭취하여 질산태질소 중독을 일으킨다면 이것은 농가의 커다란 경제적 손실이 아닐 수 없다.

질산태질소는 飼草의 정상적인 대사작용과 생장에 절대적으로 필요한 양분중의 하나이지만 질소질비료의 다량 사용으로 식물체가 질소성분을 너무 많이 흡수할 경우 nitrate reductase 효소의 활력 감소와 광합성 능력의 저하로 식물체 내에 높은 수준의

질산이 축적되며, 습한 조건 하에서는 질산 축적이 많지 않지만(Hanway 및 Englehorn, 1958; Wright 및 Divison, 1964) 일시적인 건조는 식물체의 대사를 저하로 질산축적이 증가된다고 한다(Case, 1957). 또한 토양중 유효태 미량원소의 부족(Whitehead, 1956), 그늘(Crawford 등, 1961)도 식물체내 nitrate 축적량을 높이는 要因들이다.

가축의 질산태질소 중독에 대한 보고와 연구는 외국에서는 비교적 많이 되어 있으나 우리나라에서는 몇 번의 발생사례(김, 1983; 손, 1985; 이, 1978)와 함께 앞으로도 발생가능성이 매우 높지만 이에 대한 실태조사나 체계적인 연구(윤 등, 1990)가 아직 이루어지지 않은 실정이다. 따라서 본 연구는 전라북도내 牧場地帶의 주요 사료작물 생육과정 중 질산태질소의 축적에 대한 실태조사와 질소질비료 사용수준이 식물체내 질산태질소 축적에 미치는 영향을

全北大學校 農科大學(College of Agriculture, Chonbuk National University, Chonju 560-756, Korea).

"이 論文은 1990年度 教育部 支援 韓國學術振興財團의 地方大學育成 學術研究造成費에 의하여 研究되었음."

구명하여 가축의 nitrate 중독 가능성을 조사하고자 실시하였다.

II. 材料 및 方法

1. 전라북도 내 주요 飼料作物의 窒酸態 窒素 축적 실태 조사

전라북도내 주요 목장지대(전북대 부속 사료작물포, 완주군, 김제군, 남원군 일대)의 사료작물을 대상으로 생육기중 약 15일 간격으로 試料를 채취하여 생육시기별 飼草 내 질소 및 질산태질소 축적량의 변화를 조사하였다. 채취된 시료는 처음 한 시간 동안은 80℃에서 그 이후는 60℃에서 하루동안 건조시킨 후 Wiley mill에서 40 mesh로 분쇄하여 질산태 질소는 Paul 및 Carlson(1968) 法에 의해 nitrate electrode (Philips, Pye Unicam Ltd., England)를 사용하여 측정하였고, 총 질소는 AOAC法(1980)에 의해 BUCHI 321 Kjeltac System(CH-9230 FLAWIL/SCHWEIZ)으로 분석하였다.

전북대와 완주군 1 포장은 Italian ryegrass 포장으로 5월 초순과 6월 말경에 예취 이용하였으며 완주군 2와 김제군도 Italian ryegrass 포장으로 5월 초에 1회 예취를 하였고 7월 초에 마지막 예취를 하였는데 그 이후는 하고현상으로 생육이 중단되었다. 종축장 및 남원군 1, 2포장은 조성된지 2년이 경과된 orchardgrass, perennial ryegrass 및 tall fescue 혼파초지로 5월 중순경에 1회 예취를 하고 그 이후는 주로 방목을 실시하였다. 施肥는 각 포장 공히 基肥는 성분비가 21-17-17인 복합비료를 10a당 25~30kg, 퇴비를 약 2톤 施用하였고, 추비는 예취 직후에 질소 질비료만 성분비로 10a당 5~7.5kg을 각각 시비하였다. 추비시기는 전북대와 완주군 1 포장은 5월 중순경에 1차 추비를, 6월 말경에 2차 추비를 주었으며, 완주군 2와 기타 지역은 5월 말경에 추비를 주었다.

2. 窒素質肥料의 施用水準이 飼料作物 내 窒酸態窒素 축적에 미치는 영향

우리나라의 주요 사료작물인 옥수수(DK 729)와 수단그라스 잡종(NC 855)을 공시하여 1991년 5월 1일에 옥수수는 10a 당 6,000본(휴복 60×주복 25

cm)을, 수단그라스 잡종은 10a당 8kg을 60cm 간격으로 條播하였다. 試驗區 크기는 plot당 3평으로 3반복 분할구 배치법으로 배치하였으며, 파종 전에 퇴비를 10a당 2톤을 살포한 다음 경운하였다. 基肥는 成分比로 10a당 질소질비료(요소)는 0, 7.5, 10.0, 12.5kg, 인산질비료(용성인비)와 칼리질비료(염화칼리)는 전 시험구 공히 10a 당 15kg 비율로 각각 施肥하였다. 追肥는 6월 22일에 질소질비료만 성분비로 10a당 0, 7.5, 10.0, 12.5kg을 각각 施肥하였다. 그리고 파종 전에 거세미 방제용으로 파다입제를 10a당 4kg을 살포하였고, 파종 2일 후에는 잡초방제를 위하여 10a당 락소 300ml와 씨마진 150g을 물 200 l 에 희석하여 살포하였다.

III. 結果 및 考察

1. 전라북도 내 주요 飼料作物의 窒酸態 窒素 축적 실태 조사

김제군과 남원군 2포장의 사초는 생육기간 내내 높은 수준의 질산태질소를 함유하였으나 기타 지역에서는 질소질비료의 시용 직후에는 높았으나 그 이후에는 감소되었다(표 1). 그렇지만 방목을 실시한 포장에서는 가축의 배설물에 의해 상당량의 질산태 질소가 사초내에 계속 축적되어 있었는데 특히 남원군 1 포장은 전 생육기간 동안 높은 수준의 질산태 질소를 함유하고 있어 급여시 특히 주의를 요하였다. 완주군 2의 6월 21일에 조사된 사초내 질산태 질소의 함량은 1.23%로 매우 위험한 수준이었다(표 1). 일반적으로 생육초기에는 질산태질소(표 1) 및 질소(표 2) 함량이 높다고 속기가 진행될수록 그들 함량이 감소되기 때문에(Murphy 및 Smith, 1967; Wright 및 Trautman, 1962) 생육중인 사초를 가축에 급여할 경우에는 질소질비료 시용수준과 생육환경, 생육시기 등을 고려하여 위험수준으로 판단될 때에는 농후사료나 건초와 같이 급여하여 질산염 중독을 예방할 수 있도록 주의하여야 할 것이다.

가축에 대한 nitrate의 중독수준은 가축의 종류나 건강상태, 사료중 에너지 수준에 따라 다르지만 일반적으로 2,000 ppm의 nitrate를 함유한 목초는 90kg 체중의 가축을 1% 죽이고 3,080 ppm은 450kg 체중의 가축을 1% 죽인다고 보고하였으며, 치사량 이하

Table 1. Nitrate content of forages grown in Chonbuk area

Area	Harvest date							
	4/17	4/30	5/14	5/28	6/11	6/21	7/1	7/13
 %							
Chonbuk Univ.	0.53	0.22	0.26	0.70	0.22	0.19	0.30	—
Wanju-gun 1	0.38	0.12	0.35	0.46	0.50	0.25	0.30	—
Wanju-gun 2	0.29	0.32	0.35	0.18	0.26	1.23	0.16	—
Kimjae-gun	0.52	0.69	0.46	0.22	0.41	0.17	0.12	—
Stud farm	0.16	0.23	0.15	0.22	0.41	0.21	0.44	0.26
Namweon-gun 1	0.58	0.52	0.23	0.26	0.73	0.65	0.47	0.36
Namweon-gun 2	0.26	0.15	0.30	0.17	0.51	0.66	0.24	0.21

Table 2. Nitrogen content of forages grown in Chonbuk area

Area	Harvest date							
	4/17	4/30	5/14	5/28	6/11	6/21	7/1	7/13
 %							
Chonbuk Univ.	3.22	2.71	4.62	4.11	1.99	1.83	2.51	—
Wanju-gun 1	2.75	2.22	4.49	3.77	3.01	1.73	3.11	—
Wanju-gun 2	4.27	2.99	5.21	2.25	2.17	2.26	2.07	—
Kimjae-gun	2.22	2.23	3.95	2.57	2.88	1.81	2.01	—
Stud farm	3.36	2.37	2.17	2.55	3.78	2.50	2.70	2.58
Namweon-gun 1	3.64	2.85	1.64	3.16	4.56	3.34	3.40	2.74
Namweon-gun 2	2.35	2.18	1.76	2.89	4.73	2.86	2.79	2.77

에서도 유산, 증체량 감소, 비유량 감소, 비타민 A 와 요오드함량을 감소시킨다고 하였다(Wright 및 Davison, 1964). 그러나 0.15% 이하의 질산태질소 함량은 안전수준으로 간주되었다(Ryan 등, 1972; George 등, 1973). 그러나 Kingsbury(1964)는 건물기 준으로 1.5% KNO₃ 수준의 nitrate를 함유한 식물은 위험하다고 하였다. Wright 등(1960)은 최고생산을 위한 육종과 집약적인 재배관리를 위해 다량(225 kg/ha)의 질소비료를 사용함으로써 중독수준의 목초 를 생산하는 결과를 가져오게 된다고 하였다. 본 시험에서도 일반 농가에서 재배된 사초가 질소질비 료 사용 직후에는 가축에 대한 질산염 중독 위험성 이 높기 때문에 일정 기간이 경과한 후에 급여하는 것이 안전하다고 하겠다.

2. 窒素質肥料의 施用水準이 飼料作物 내 窒酸態窒 素 축적에 미치는 영향

질소질비료 사용수준에 따른 수단그라스잡종과 옥수수의 생육상태는 생육초기와 중기에는 시비수준 간에 현저하게 차이가 나타났으나 생육후기에는 초장에는 별로 차이가 없었고(표 3) 수량에는 유의적 인 차이가 있었다(표 6). 무비구와 시비구간에 생장 과 수량에 그렇게 큰 차이가 없었던 것은 파종 전에 전 포장 공히 10a당 2톤의 퇴비를 사용하였기 때문 으로 사료된다.

생육기중 사초내 질소함량은 표 4에 나타난 것과 같이 수단그라스잡종과 옥수수 모두 생육초기에는 질소함량이 높았다가 생육 중반기 이후에는 급격히 저하되었으며 옥수수와 수단그라스잡종이 공히 거의

Table 3. Changes in plant height of sudangrass-hybrid and corn fertilized with different levels of nitrogen

Species	Levels of nitrogen kg/10a	Harvest date				
		6/11	6/21	7/1	7/13	7/27
	 cm				
Sudangrass-hybrid	0	29.3 ^a	41.3 ^a	97.4 ^a	142.3 ^a	203.3 ^a
	15	38.4 ^{ab}	65.9 ^b	119.0 ^b	179.2 ^b	263.2 ^b
	20	40.4 ^b	93.6 ^c	149.3 ^c	199.1 ^c	215.5 ^a
	25	54.1 ^c	112.9 ^c	175.8 ^d	221.7 ^d	226.5 ^{ab}
Corn	0	45.7 ^a	91.5 ^a	146.4 ^a	194.3 ^a	266.6 ^a
	15	54.3 ^{ab}	134.0 ^b	173.7 ^b	219.7 ^b	289.6 ^a
	20	65.9 ^b	139.8 ^b	189.3 ^c	242.7 ^c	300.2 ^a
	25	83.6 ^c	146.2 ^b	202.0 ^d	261.0 ^d	317.5 ^a

Means with different superscripts in the same column and species differs significantly at 5% level.

Table 4. Effect of rate of nitrogen fertilization on nitrogen content of sudangrass-hybrid and corn

Species	Levels of nitrogen kg/10a	Harvest date			
		6/11	6/21	7/1	7/13
	 %			
Sudangrass-hybrid	0	2.97 ^a	1.48 ^a	0.69 ^a	1.22 ^a
	15	3.13 ^{ab}	1.55 ^a	1.47 ^b	1.28 ^a
	20	3.12 ^{ab}	1.70 ^{ab}	1.56 ^b	1.26 ^a
	25	3.21 ^b	1.95 ^b	2.11 ^c	1.69 ^b
Corn	0	3.03 ^a	1.40 ^a	1.17 ^a	1.02 ^a
	15	3.08 ^a	1.49 ^a	1.19 ^a	1.20 ^a
	20	3.04 ^a	1.66 ^a	1.27 ^a	1.28 ^a
	25	3.33 ^b	2.26 ^b	1.69 ^b	1.68 ^b

Means with different superscripts in the same column and species differs significantly at 5% level.

같은 함량과 경향을 나타내었다. 25 kg/10a 시비구를 제외하고 무비구와 시비구간에 질소함량에 큰 차이가 없었던 것은 파종전 퇴비 2톤/10a 처리가 무비구에 상당량의 질소를 공급하였기 때문인 것으로 판단되었다.

수단그라스 잡종의 생육도중 사초내 질산태질소의 함량은 표 5에서 보는 바와 같이 15kg/10a 이상 시비구에서는 생육기간 내내 중독가능, 또는 주의를 요하는 수준이었다. 그러나 무비구에서는 생육초기에

는 다소 높았으나 파종 후 50일 이후에는 급격히 감소하여 안전치 이하로 저하되었다. 그러나 시비구에서는 질소시비수준이 증가함에 따라 사초내 질산태질소 함량도 증가하였으나 25 kg/10a의 질소시비구를 제외하고는 통계적인 유의성이 없었으며 생육 후기에도 다량의 질산태질소가 축적되었다. 옥수수는 파종후 40일 이내에는 모든 처리구 공히 매우 많은 양의 질산태질소가 축적되었고 특히 25 kg/10a 처리구는 생육기간 내내 치사량수준 이상의 높은 질산태

Table 5. Effect of rate of nitrogen fertilization on nitrogen fertilization on nitrate content of sudangrass-hybrid and corn

Species	Levels of nitrogen kg/10a	Harvest date			
		6/11	6/21	7/1	7/13
Sudangrass-hybrid	0	0.39 ^a	0.16 ^a	0.18 ^a	0.14 ^a
	15	0.42 ^a	0.31 ^{ab}	0.26 ^a	0.30 ^a
	20	0.46 ^a	0.41 ^b	0.29 ^{ab}	0.32 ^a
	25	0.52 ^a	0.46 ^b	0.45 ^b	0.51 ^b
Corn	0	0.73 ^a	0.15 ^a	0.33 ^a	0.15 ^a
	15	0.91 ^{ab}	0.17 ^a	0.39 ^a	0.30 ^{ab}
	20	0.93 ^b	0.18 ^a	0.33 ^a	0.40 ^{bc}
	25	0.95 ^b	0.52 ^b	0.46 ^a	0.58 ^c

Means with different superscripts in the same column and species differs significantly at 5% level.

Table 6. Effect of rate of nitrogen fertilization on the yield of sudangrass-hybrid and corn

Species	Levels of nitrogen kg/10a	Fresh wt.	Dry matter	Year yield
		g/plant		
Sudangrass-hybrid	0	50 ^a	9.5 ^a	—
	15	61 ^a	12.6 ^a	—
	20	85 ^b	20.1 ^b	—
	25	87 ^b	21.0 ^b	—
Corn	0	526 ^a	66.5 ^a	103.3 ^a
	15	530 ^a	101.5 ^b	170.0 ^b
	20	711 ^b	118.3 ^{bc}	194.0 ^{bc}
	25	713 ^b	136.0 ^c	203.7 ^c

Means with different superscripts in the same column and species differs significantly at 5% level.

질소 수준을 유지하였다. 생육이 진행됨에 따라 질산태질소 함량이 감소되었다가 질소질비료를 追肥함으로서(6월 22일) 다시 증가되었다. 전 시험구 공히 사초내 질산태 질소 함량이 많은 것은 시험전 퇴비의 시용에 크게 영향된 것으로 생각된다. 일년생 사료작물인 수단그라스잡종과 옥수수내 질산태질소 함량(표 5)을 다년생 사료작물인 orchardgrass, perennial ryegrass 및 tall fescue내 질산태질소 함량(표 1)과 비교하면 일반적으로 다년생에 비해 일년생 사료작물이 더 높은 질산태질소 함량을 나타내었다는

데 이것은 다른 많은 연구자들의 보고와 일치하였다 (Crawford 등, 1961; Kretschmer, 1958; Murphy 및 Smith, 1967; Ryan 등, 1972). 또한 Ryan 등(1972)은 sudangrass와 orchardgrass, tall fescue는 다른 다년생 목초에 비해 유의하게 nitrate 함량이 높으며 안전치 이상이므로 가축급여에 주의를 요한다고 하였으며, Murphy와 Smith(1967)도 sudangrass와 orchardgrass는 예외적으로 많은 양의 nitrate-N을 축적시키는 초종으로 분류하였다. 더구나 이러한 목초들은 질소비료의 시비 증가에 따라 사초내 nitrate 함량이

더욱 증가되기 때문에(Houston 등, 1973; Goh 및 Vityakon, 1986; Lawrence 등, 1968; Krejsa, 1984, 1987; 윤 등, 1990) 이들 목초를 가축에 급여할 경우 질산염중독에 유의하여야 되며 특히 초지에 퇴비나 우분을 시용할 경우(강 및 허, 1991) 보다 많은 주의를 요하였다.

IV. 摘 要

전라북도 내 주요 목장지대의 사료작물을 대상으로 1991년도 생육기간중 질산태질소의 축적실태와, 질소비료 사용수준에 따른 수단그라스잡종 및 옥수수 질산태질소 함량 등의 변화를 측정하여 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 질소비료 시용 직후에는 사초내 질산염 축적이 높았다가 생육이 진행됨에 따라 감소되었다.

2. 남원군 1 포장은 생육기간 내내 높은 수준의 질산염을 함유하여 가축 급여시 주의를 요하였다.

3. 질소 시비량이 증가할수록 사초내 질산태질소 함량도 증가되었으나 25 kg/10a의 질소비료 시용구를 제외하고는 통계적인 유의성이 없었으며, 사초내 질소함량도 비슷한 경향을 나타내었다.

4. 다년생 목초에 비해 일년생 사료작물의 질산염 축적량이 더 높았다.

5. 다량의 질소비료와 퇴비를 시용할 경우 사초내 가축 중독수준 이상의 높은 질산염 축적이 우려되기 때문에 가축 급여시 특별한 주의를 요하였다.

V. 引用文獻

1. A.O.A.C. 1980. Official methods of analysis (13th). Association of official analytical chemists. Washington, D.C.
2. Case, A.A. 1957. Some aspects of nitrate intoxication in livestock. J. Am. Vet. Med. Assoc. 130:323-329.
3. Crawford, R.F., W.K. Kennedy and W.C. Johnson. 1961. Some factors that affect nitrate accumulation in forages. Agron. J. 53:159-162.
4. George, J.R., C.L. Rhykerd, C.H. Noller, J.E. Dillon and J.C. Burns. 1973. Effect of N fertilization on dry matter yield, total-N, N recovery, and nitrate-N concentration of three cool-season forage grass species. Agron. J. 65:211-216.
5. Goh, K.M. and P. Vityakon. 1986. Effects of fertilisers on vegetable production 2. Effects of nitrogen fertilisers on nitrogen content and nitrate accumulation of spinach and beetroot. N.Z.J. Agr. Rs. 29:485-494.
6. Hanway, J.J. and A.J. Englehorn. 1958. Nitrate accumulation in some Iowa crop plants. Agron. J. 50:331-334.
7. Houston, W.R., L.D. Sabatka and D.N. Hyder. 1973. Nitrate-nitrogen accumulation in range plants after massive N fertilization on shortgrass plains. J. Range Manage. 26:54-57.
8. Kingsbry, J.M. 1964. In Poisonous plants of the United States and Canada. Prentice-Hall, N.J.
9. Krejsa, B.B., F.M. Rouquette, Jr., E.C. Holt, B.J. Camp and L.R. Nelson. 1984. Nitrate and total alkaloid concentration of 11 pearl millet lines. Agron. J. 76:157-159.
10. Krejsa, B.B., F.M. Rouquette, Jr., E.C. Holt, B.J. Camp and L.R. Nelson. 1987. Alkaloid and nitrate concentrations in pearl millet as influenced by drought stress and fertilization with nitrogen and sulfur. Agron. J. 79:266-270.
11. Kretschmer, A.E., Jr. 1958. Nitrate accumulation in everglades forages. Agron. J. 50:314-316.
12. Lawrence, T., F.G. Warder and R. Ashford. 1968. Nitrate accumulation in intermediate wheatgrass. Can. J. Plant Sci. 48:85-88.
13. Murphy, L.S. and G.E. Smith. 1967. Nitrate accumulations in forage crops. Agron. J. 59: 171-174.
14. Paul, J.L. and R.M. Carlson. 1968. Nitrate determination in plant extracts by the nitrate electrode. J. Agr. Food Chem. 16:766-768.
15. Ryan, M., W.F. Wedin and W.B. Bryan. 1972. Nitrate-N levels of perennial grasses as affected by time and level of nitrogen application. Agron. J. 64:165-168.

16. Whitehead, E.I. 1956. Nitrate poisoning. South Dakota Farm & Home Res. 7:70-73.
17. Wright, M.J. and K.L. Davison. 1964. Nitrate accumulation in crops and nitrate poisoning in animals. Advance Agron. 16:197-247.
18. Wright, N., R.J. Trautman and L.J. Streetman. 1960. Nitrate accumulation in blue panicgrass. Agron. J. 52:671-672.
19. Wright, N. and R.J. Trautman. 1962. Influences of management on nitrate accumulation in blue panicgrass. Agron. J. 54:363-364.
20. 강태중, 허삼남. 1991. 우분과 질소질비료 추비수
 준에 따른 Italian ryegrass의 질산태질소 축적.
 축산개발연구보고(전북대). 4:1-9.
21. 김길수. 1983. 청예사료에 의한 질소 초산염 중
 독. 월간 축산진흥. 113-115.
22. 손용석. 1985. 옥수수 청예 급여로 인한 소의
 질산염 중독. 월간 축산진흥. 128-132.
23. 윤 창, 전우복, 이돈우. 1990. 질소시비 수준이
 Italian ryegrass 및 청예 옥수수의 질산염 축적에
 미치는 영향. 한축지. 32:49-54.
24. 이차수. 1978. 홀스타인 犏牛에 발생한 질산염
 중독. 한국수의학회지. 18:9-13.