

# 首都圈 上水道 保護地域内에서의 耕作形態가 環境汚染에 미치는 影響

육완방 · 전병태\* · 손상목\*\* · 정호석

## The Environmental Contamination in the Potable Water by Cropping System in the Metropolitan Area

W. B. Yook, B. T. Jeon\*, S. M. Sohn\*\* and H. S. Jung

### Summary

This study was designed to investigate the content of inorganic nitrogen(NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>) and its change in the 7 different sites; the permanent meadows of alfalfa, orchardgrass, and reed canarygrass, the fields of rye, corn, rice and a mountain region. the results from this study were summarized as follows;

1. The contents of ammonium and nitrate in meadows were 15.89~16.46 and 1.32~1.86ppm, respectively, showing the lower level than in other sites and no significant differences among three meadows.
2. In the rice field, the average content of ammonium(7.19ppm) was the highest among all sites, but the content of nitrate(11.17ppm) was the lowest. In addition, almost all of nitrate were spreaded around the surface.
3. In the mountain region, the content of NH<sub>4</sub>(5.79ppm) was slightly high, but the content of nitrate (15.18ppm) was very low.
4. In the rye field, the average content of NO<sub>3</sub> was 35.46ppm and show the highest (92.63ppm) at the deep part of soil in the specific season, but it decreased with increasing temperature.
5. In the corn field, which kept bare after harvesting the corn silage, the content of NO<sub>3</sub> was high, regardless of seasons and depths, and increased up to maximum of 103ppm.
6. The ground water concentrations of NO<sub>3</sub> were not more than 50ppm in the pasture. In the vegetable house, they were less than 30 ppm during the winter and spring and were 80-100ppm during the summer and fall.
7. The concentrations of NO<sub>3</sub> in Han river water were lower during the winter and spring(20~30ppm) and higher during the summer and fall (50~90ppm).

### I. 緒 論

農業의 발전과 함께 肥料의 사용량은 지속적인 증가 추세에 있으며 그 중에서도 窒素는 CO<sub>2</sub> 및 水分(H<sub>2</sub>O)과 함께 植物 生長에 있어 가장 중요한

성분으로서 農業生産이나 그 品質에 커다란 영향을 미치고 있다. 특히 農作物에 대한 窒素 施肥는 作物의 生産性 向上은 물론 人間이나 家畜에게 단백질의 공급원이 되고 있다. 그러나 증가된 窒素의 사용은 모두 植物에 의해 이용되지 못하고 流失되어 人間の

“본 연구는 교육부 1991년 지역개발에 관한 학술연구 조성비의 지원에 의한 것임”

건국대학교 축산대학(College of Animal Husbandry, Kon-Kuk University)

\* 건국대학교 자연과학대학(College of Natural Sci., Kon-Kuk University)

\*\* 단국대학교 농과대학(College of Agri., Dan-Kuk Univ.)

生活 環境을 汚染시킨다(Thijel과 Burford, 1975; Czeratzki 등, 1976; Strebel 등, 1981; Scheffer 등, 1984; Adams와 Pattinson, 1985; 陸, 1990). 즉 施肥된 窒素는 植物體에 의해 직접 흡수되는 것이 아니라 일단  $\text{NH}_4\text{-N}$ 과  $\text{NO}_3\text{-N}$ 으로 分解되며 그중  $\text{NO}_3\text{-N}$ 은 모두 植物體에 吸收되지 못하고 많은 양이 土壤中的 水分과 함께 地下水나 강물 즉 食水源으로 흘러들어 人間에게 직접적으로 해를 미칠수 있는 물질로서 식수와 함께 吸收되어 진다.

이러한  $\text{NO}_3$ 의 吸收는 生後 4개월까지의 幼兒에게 Zyanose 현상과 함께 窒息死의 위험이 있으며(Bewig, 1976; Sunkel, 1983), 成人에 있어서도 食水 및 飮食物과 함께 많은 양의  $\text{NO}_3$ 의 吸收는 胃癌 發生의 가능성이 있는 Nitrosamin이나 다른 窒素 化合物의 結合을 유발하게 된다(Selenka, 1982; Oertli, 1985). 최근 세계 많은 나라들은 環境保護 특히 食水源의 保護 차원에서 여러가지 면으로 부터의 環境汚染에 대한 문제가 제기되고 있으며, 이와 같은 食수에 있어서의  $\text{NO}_3$ 의 높은 위험성 때문에 이미 1980년에 EC國家들 간에는 그 한계를 90mg/l  $\text{NO}_3$ 에서 50ppm 즉 11.3mg/l  $\text{NO}_3\text{-N}$ 으로 제한하고 있으며 WHO와 FDA에서도 성인(60kg)에게 適當 1540mg으로 제한하고 있다. 그러나 근래 거론되고 있는 골프장, 논, 近郊 園藝 耕作地 등에서의 많은 肥料 使用이 環境汚染에 미치는 영향 즉, N 施用量的 한계나 위에서 제기된  $\text{NO}_3$ 의 食水源 또는 地下水에 미치는 영향에는 거의 거론되지 않고 있어 先進國을 지향하고 있는 우리나라도 당연히 國民 保健 向上을 위해선 調査 研究되어야 할 것으로 사료된다.

특히 窒素肥料 施肥量의 증가에 따라 分解 物質인  $\text{NO}_3$ 의 流失量은 엄청난 양에 달하고 있으며 이러한  $\text{NO}_3$ 의 流失量은 N의 施肥量은 물론, 耕作地帶, 作物의 種類, 輪作的 形態, 冬節期の 利用與否, 氣候, 季節 등에 따라 많은 차이를 나타내고 있는데, 이에 대해 이미 선진 각국에서는 上水源 保護地域에 있어서의 N 施肥量을 여러가지 형태로 규제하고 있으나 우리나라에서는 이러한 자료가 거의 없고, 이에 대한 규제조치는 물론 논외의 조차도 되지 않는 것은 環境保護는 물론 國民의 健康維持를 위해서도 先進國을 지향하는 우리로서는 부끄러운 문제로서 우리도 이의 자세한 현황을 정확히 파악하고, 우리의 環境을 保護하기 위한 基礎 調査가 遂行되어야 한다.

本 研究는 이와 같은 이유로서 首都圈 上水源 保護地域內에서의 耕作形態에 따른 季節別 N 流失量을 파악, 지속적인 環境保存 方案을 강구하여 地下水나 강물을 食水源으로 하는 國民건강유지에 기여할 수 있는 農業構造 調整에 기여하고자 수행되었다.

## II. 材料 및 方法

本 調査는 서울 근교 경기도 남양주군내의 한강 상수도 보호지역에 위치한 永年 alfalfa, orchardgrass, reed canarygrass 草地, 호밀-옥수수 輪作地, 옥수수 單作地, 논 및 소나무와 참나무가 혼생하는 야산 등 총 7個의 서로 다른 地域과 상기 경작지내의 초지, 시설채소 지역의 지하수와 한강물중의  $\text{NO}_3$ 와  $\text{NH}_4$  함량에 대하여 1991年 2월부터 1992年 5월까지 월별 또는 계절별로 調査하였다.

調査 方法은 각 調査 地域別로 土壤 Sample을 0~30cm, 30~60cm, 60~90cm 깊이로 1m boring stick을 利用 採取하였으며, 各 調査 地域마다 대각선 상에서 6反復씩 採取하여 混合하였다. 採取된 土壤은 Ice box로 운반 分析時까지  $-20^{\circ}\text{C}$ 의 냉동고에 보관하였고, 分析時 試料는 냉장고에 넣어 다시 녹인 후 2.0mm체를 사용하여 정선하였다.

물의 채취는 한강 상수도 보호지역을 상, 중, 하류로 분류하여 각 지역의 초지와 시설채소지역내의 지하수와 이 지역을 통과하는 한강물을 수거 냉동 보관후  $\text{NO}_3$ 함량을 조사하였다.  $\text{NH}_4\text{-N}$  및  $\text{NO}_3\text{-N}$ 의 分析은 Kjeldahl 蒸溜法(金, 1988)에 의하였고 얻어진  $\text{NH}_4\text{-N}$  및  $\text{NO}_3\text{-N}$  값은 다시 각각  $\text{NH}_4\text{-N} \times 1.29 = \text{NH}_4$ 와  $\text{NO}_3\text{-N} \times 4.4 = \text{NO}_3$ 로 환산하였다.

## III. 結果 및 考察

### 1. 草地土壤

Alfalfa, orchardgrass, reed canarygrass의 서로 다른 永年採草地에 대한 土壤中 平均的인  $\text{NO}_3$ 와  $\text{NH}_4$  含量은 Table 1~2와 같다.

草地 土壤中的  $\text{NH}_4$  含量은 3草種의 草地 모두 다른 耕作地에 비하여 가장 낮았고 그 含量도 月別

Table 1. Relationship of sampling site and date (ppm)

Form of Nitrogen	Sampling date	Symbol of site							Average
		Alf	OG	RCG	Hill	Rice	Rye	Corn	
NH <sub>4</sub>	28 Feb.	1.57	2.23	2.81	6.42	8.31	9.52	6.10	5.28
	31 Mar.	2.31	0.62	1.10	6.10	6.57	3.82	7.27	3.97
	5 May	1.69	1.11	1.57	4.84	6.68	1.96	2.04	2.84
	average	1.86	1.32	1.83	5.79	7.19	5.10	5.14	4.03
NO <sub>3</sub>	28 Feb.	14.48	17.39	15.93	23.34	6.41	62.48	103.34	34.77
	31 Mar.	17.52	15.14	13.02	6.41	17.65	32.46	56.67	22.70
	5 May	17.12	16.86	18.71	15.80	9.41	11.44	53.62	20.43
	average	16.37	16.46	15.89	15.18	11.17	35.46	71.21	25.97

Above values were calculated in no relationship with depth. After all each three depth's data of same site were averaged and used as a value of one site.

Alf: alfalfa, OG: orchardgrass, RCG: reed canarygrass.

Table 2. Relationship of sampling site and depth (ppm)

Form of Nitrogen	Depth (cm)	Symbol of site							Average
		Alf	OG	RCG	Hill	Rice	Rye	Corn	
NH <sub>4</sub>	0-30	1.65	1.13	1.22	6.07	4.09	4.09	9.90	4.02
	30-60	1.84	1.64	2.64	4.98	6.30	4.94	2.65	3.54
	60-90	2.07	1.18	1.80	6.30	11.19	6.26	2.85	4.53
	Average	1.86	1.32	1.83	5.79	7.19	5.10	5.14	4.03
NO <sub>3</sub>	0-30	26.91	18.71	20.96	14.09	20.30	43.04	67.90	30.27
	30-60	12.23	15.54	17.78	11.57	8.13	29.82	80.99	25.15
	60-90	9.98	15.14	8.93	19.90	5.09	33.52	64.73	22.47
	Average	16.37	16.46	15.89	15.18	11.17	35.46	71.21	25.97

Above values were calculated in no relationship with the date of sampling. After all each three date's data of same site were averaged and used as a value of one site.

로 결코 5ppm을 상회하지는 못하였으며 草種間에도 평균 1.32~1.86ppm으로 거의 차이를 보이지는 않았다. 토층별 NH<sub>4</sub> 함량 역시 草地의 形態나 토층별 모두에서 일정한 경향을 보여주지는 못하였다. 調査時期別 土壤中の NH<sub>4</sub> 含量은 orchardgrass 草地와 reed canarygrass 草地에서는 2月 28日이 나머지 時期에 비하여 약간 높았고 alfalfa草地에서는 3月 31日에 약간 높았지만 서로간의 차이는 거의 없었다.

草種을 달리한 서로 다른 草地에서의 土壤中 NO<sub>3</sub> 含量은 Table 1에서 보는 바와 같이 草地間的 平均的인 차이는 겨우 0.57ppm으로 NH<sub>4</sub>의 경우와 같이

서로 간에 거의 차이를 보여주지 않았고 調査時期別 平均的인 含量도 일정한 경향이나 큰 차이를 보여주지 못하였다.

또한 조사시기에 따른 土壤 깊이별 NO<sub>3</sub>含量은 Fig. 1~3에서와 같이 alfalfa 草地와 reed canarygrass 草地에서는 0~30cm層에서는 많게는 36.3ppm에서 적게는 16.07ppm까지였고 60~90cm層에서는 많게는 14.88ppm에서 적게는 4.96ppm로 큰 차이를 나타내어 지하로 갈수록 많은 감소를 보였지만 orchardgrass 草地에서는 그 감소 폭도 작았고 경우에 따라서는 약간 증가하는 경향도 보였다.

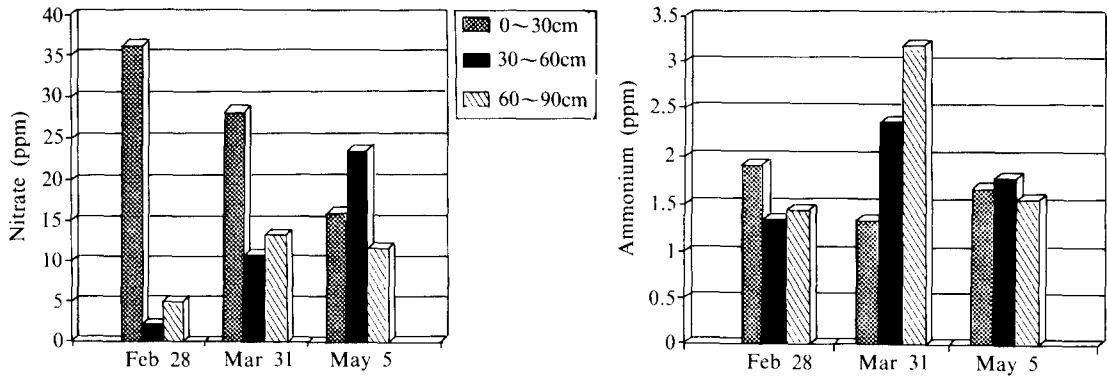


Fig. 1. Inorganic nitrogen content of samples from successive depth below the alfalfa meadow.

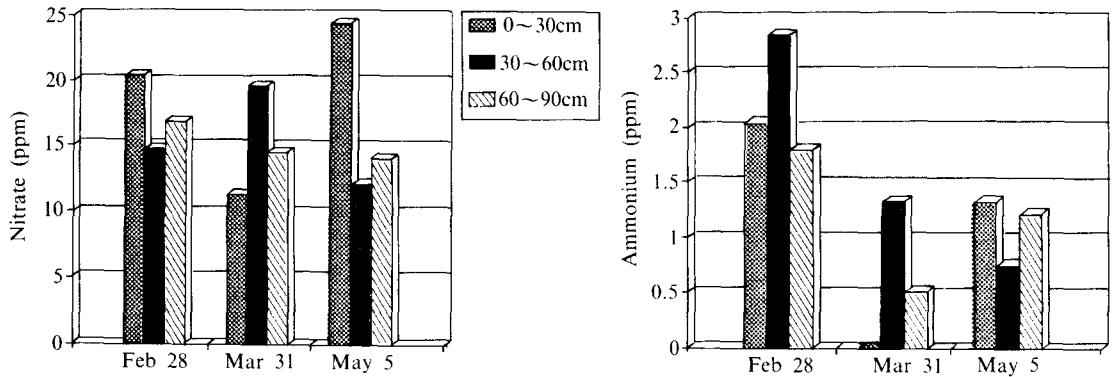


Fig. 2. Inorganic nitrogen content of samples from successive depth below the orchardgrass meadow.

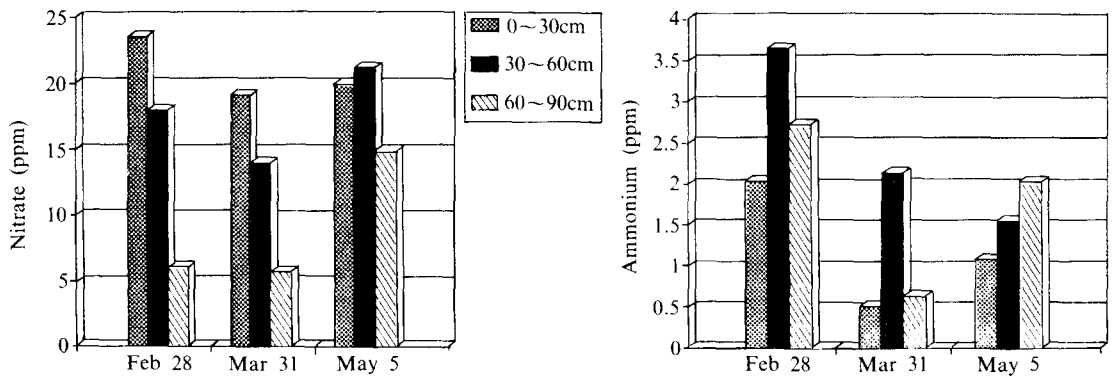


Fig. 3. Inorganic nitrogen content of samples from successive depth below the reed canarygrass meadow.

그러나 이상의 결과로 볼 때 草地土壤은 荳科, 禾本科 草地 모두 전체적으로  $NH_4$  및  $NO_3$ 의 含量이 낮게 나타났는데, 이는 牧草의 발달된 root mat에 의하여 강한 養分 吸收가 끊임없이 계속하고 있고,

또 그의 높은 植生密度와 草地管理 등에 의한 土壤의 踏壓(압축)으로 孔隙量이 낮아짐과 동시에 증가된 많은 뿌리에 의한 呼吸作用의 결과  $O_2$ 의 缺乏과  $CO_2$ 의 증가는 결국 Nitrification을 억제하였기 때문

으로 思料된다(Ruppert 등, 1985). 그렇지만 本 研究의 結果가 Dressel과 Jung(1983), 陸(1990) 등의 研究 結果보다는 약간 높았던 것은 土壤, 草種, 水分, 氣候 등의 여러가지 복합적인 要因으로 부터 起因되었을 것으로 생각된다. 또한 Low와 Amitage(1970)는 Lysimeter 에 의한 clover와 grass의 比較 試驗 結果 clover에서의 2.27mg/year에 比하여 grass에서는 단지 6mg으로 荳科와 禾本科間에서 N流失量의 큰 차이를 보였으며, 冬節期中에 alfalfa는 日照量의 부족, 低溫 등에 의하여 光合成이 방해되기 때문에 거기에 公생 하던 근류균이 붕괴 分解(無機化)되어 NO<sub>3</sub>가 증가된다(前田和美, 1977)는 것과는 달리 本 研究에서의 서로간의 적은 차이는 調查期間이 월동후인 3~5 月로 日照時間의 增加와 氣溫의 上昇으로 인한 結果로 思料된다.

## 2. 논 土壤

논 土壤中の 平均的인 NH<sub>4</sub> 및 NO<sub>3</sub>含量 역시 Table 1과 2에 나타난 바와 같이 NH<sub>4</sub>含量은 調查 대상 地域中 가장 높았으나 결코 10ppm를 초과하지 는 않았고 NO<sub>3</sub>含量은 NH<sub>4</sub>와는 반대로 調查 地域中 가장 낮은 11.17ppm였다. 이와 같이 논 土壤에서의 높은 NH<sub>4</sub>와 낮은 NO<sub>3</sub>含量은 우리나라의 논 土壤이 낮은 pH와 水分이 많은 수침지로서 Nitrification의 억제로 土壤中の NH<sub>4</sub>가 증가됨과 동시에 嫌氣性 分解가 發生하며, 窒酸鹽이 단계별로 酸化, N<sub>2</sub>O와 N<sub>2</sub>로 變化 結局 大氣로 의 放出量이 증가되기 때문이 다(Mengel과 Kirkby, 1987).

특히 논 土壤에서의 낮은 NO<sub>3</sub>含量은 農耕地의 대부분을 차지하고 있는 우리나라로서는 큰 의미가

있는 것이다. 왜냐하면 이미 西歐 先進國들에서 N 비료에 의한 環境汚染 때문에 NO<sub>3</sub>의 流失量을 이미 1980년 부터 50ppm로 제한하고 있는데 반하여 조사 지역중의 NO<sub>3</sub>함량이 이보다 훨씬 낮은 단지 10ppm 내외에 불과하기 때문이다.

NH<sub>4</sub>의 月別 平均的인 含量은 2月 28日이 다른 時期에 比하여 약간 높았으나 큰 차이는 없었고 土壤中 NH<sub>4</sub>의 層別 含量은 地下로 내려가면서 分명한 증가를 보였으며 時期的으로도 비슷한 경향을 보여 주었다(Fig. 4).

그러나 NO<sub>3</sub>의 調查時期別 그 平均的인 變化는 NH<sub>4</sub>와는 달리 3月 31日~5月 5日~2月 28日 순으로 높았고 土壤의 層別 含量도 NH<sub>4</sub>와는 반대로 0~30cm의 20.33ppm에서 60~90cm의 5.09ppm로 지하로 내려가면서 현저히 감소하였으며 이러한 경향은 2月 28日과 5月 5日에 더욱 확실한 경향을 보여주었다.

## 3. 山地 土壤

山地土壤中の NH<sub>4</sub> 및 NO<sub>3</sub>含量은 Table 1과 2에서 보는 바와 같이 調查對象 地域中 NH<sub>4</sub>含量이 가장 높은 논에 이어 다음으로 높은 5.79ppm이었고 NO<sub>3</sub> 含量은 논에 이어 15.18ppm으로 낮았다. 이와 같이 草地에서 보다는 약간 높은 NH<sub>4</sub>와 낮은 NO<sub>3</sub>含量은 一般農耕地와는 달리 지속적인 施肥는 하지 않지만 낙엽 등 有機物의 蓄積에 의한 微生物의 作用으로 NH<sub>4</sub>는 증가되지만 거의 추가적인 N施肥도 없고 낮은 pH로 인한 제한된 Nitrification에 의하여 NO<sub>3</sub> 含量이 낮은 것으로 사료된다.

月別 土壤中の 平均的인 變化는 NH<sub>4</sub>의 함량이

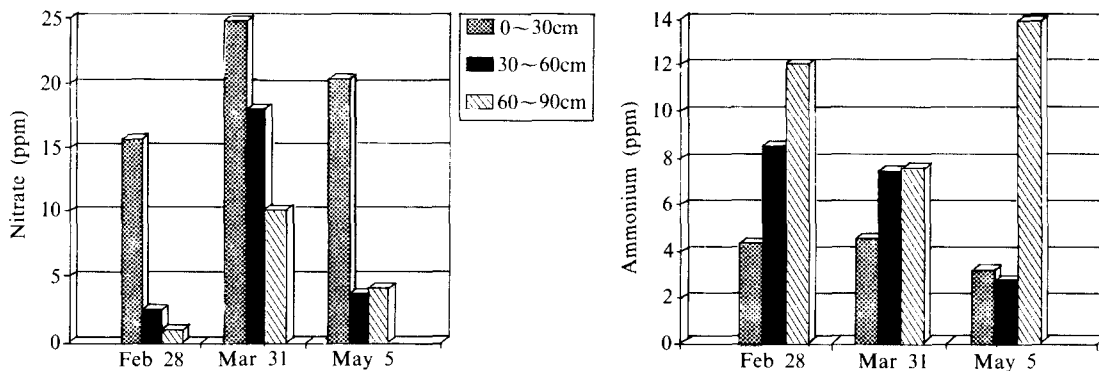


Fig. 4. Inorganic nitrogen content of samples from successive depth below the rice field.

調査時期가 봄철로 진행 기온이 상승하면서 감소되는 경향이었으나  $\text{NO}_3$ 含量은 논 土壤에서와는 달리 3月 31日에 가장 낮았고 일정한 경향도 없었다.

또한 土壤의 層別 변화는  $\text{NH}_4$  및  $\text{NO}_3$  모두 平均的으로는 60~90cm層이 0~30cm 및 30~60cm보다

높았지만 이를 調査時期別로 볼 때는  $\text{NH}_4$ 와  $\text{NO}_3$  모두 2月 28日에는 地下로 내려가면서 확실히 증가되는 경향을 보였지만 兩成分 모두 3月 31日과 5月 5日에는 감소 내지는 土層間에 큰 차이를 보여 주지 않았다(Fig. 5).

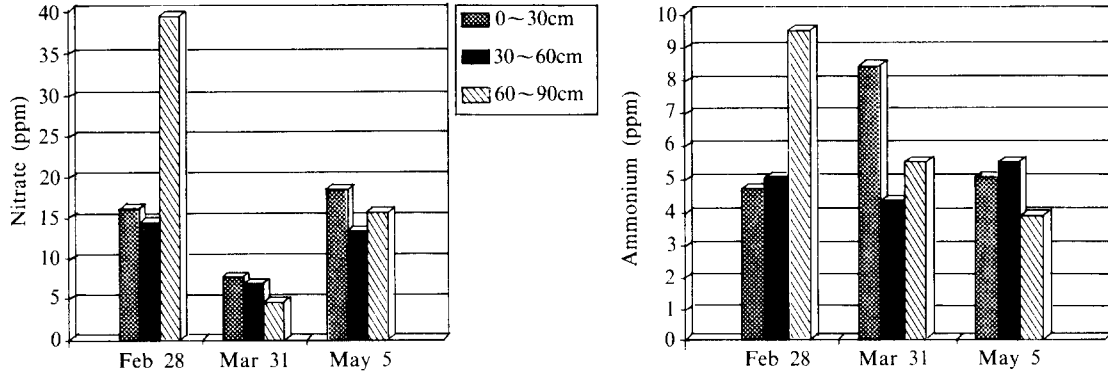


Fig. 5. Inorganic nitrogen content of samples from successive depth below the hill.

#### 4. 호밀 耕作地 土壤

호밀과 옥수수를 輪作으로 하는 호밀 耕作地 土壤에 대한 土壤中の 平均的인  $\text{NH}_4$ 含量은 5.10ppm로 草地土壤에 비해서는 약간 높았지만 논 土壤이나 山地 土壤에 비해서는 오히려 약간 낮은 경향이였다 (Table 1, 2).

그러나  $\text{NO}_3$ 含量은 35.46ppm으로 草地나 논 및 山地 土壤에 비하여 2배 이상으로 상당히 높은 水準을 나타내었다. 이와 같이 호밀 耕作地에서의 높은  $\text{NO}_3$ 含量은 年中 지속적인 N비료시용과 함께 계속된 地表處理에 의한 土壤構造의 變化 및 이에 의한 好氣性 微生物의 增加에 의한 Nitrification의 촉진으로 부터 기인된 것으로 思料된다. 특히 Adams와 Pattinson(1985)은 밀(wheat)은 뿌리 biomass의 85~90%가 地表부터 0~20cm 部位에 分布되어 있기 때문에 그의 吸收에 의한 영향은 20cm 부위라고 하였지만 土壤中の N 모두가 호밀에 의하여 吸收될 수 없고 특히 初期 生長期인 2月 28日 부터 3月 31日까지에는 호밀에 의하여 吸收 利用되지 못하는 많은  $\text{NO}_3$ 는 溶脫된다고 생각할 수 있다. Jürgens-Gschwind 와 Owen(1986)도 作物에게 必要量을 넘는 窒素만의 施肥는  $\text{NO}_3$ 溶脫의 위험성을 증가시킨다고

하였다.

季節別 分布는  $\text{NH}_4$ 와  $\text{NO}_3$ 含量 모두 季節이 늦은 봄으로 진행(기온의 상승)됨에 따라 대단히 빠른 속도로 감소되었다.

또한 土壤의 層別 分布는 平均的으로는 地下로 내려가면서 낮아지는 경향을 보였지만(Table 2) 이를 調査時期別로 보면  $\text{NH}_4$ 는 이른 봄엔 60~90cm 層이 가장 높고 0~30cm層이 가장 낮았으나 季節의 진행에 따라 전체적으로 점점 감소됨과 동시에 下層으로 갈수록 더욱 감소되어 5月 5日에는 60~90cm 層에서의 含量은 0.64ppm까지 감소되었다(Fig. 6). 그러나  $\text{NO}_3$ 含量은 2月 29日에 0~30cm 層에서 가장 높아 92.63ppm까지 나타났으나 이 표토층의 감소는 계절의 진행과 함께 타 층에 비해 더욱 현저한 감소를 보여주었다.

#### 5. 옥수수 耕作地 土壤

옥수수 耕作地 土壤은 호밀-옥수수 輪作地帶와는 달리 연중 하절기에 단지 1회의 Silage用 옥수수만을 재배하고 동절기에는 裸地로 방치되어 있는 곳인데도 불구하고 土壤中の mineral-N의 含量은 가장 높은 경향을 보였다.

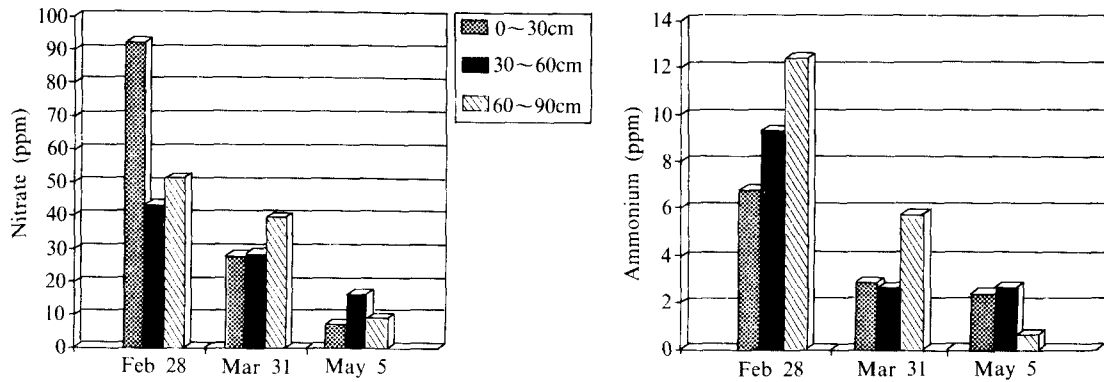


Fig. 6. Inorganic nitrogen content of samples from successive depth below the rye field.

옥수수 耕作地 土壤中の 平均的인  $\text{NH}_4$ 含量은 5.14ppm로서 草地土壤에 비하여 높았지만 山地, 논, 호미 輪作地 土壤에 비해서는 약간 낮거나 거의 비슷한 수준이었다. 調査時期別  $\text{NH}_4$ 含量的 변화는 氣溫의 상승과 함께 현저히 감소되었으며(Table 1). 土壤의 層別 分布도 비록 調査時期에 따라 다소의 차이는 있으나 지하로 내려가면서 감소하는 경향을 보였다(Fig. 7). 調査時期別  $\text{NO}_3$ 의 含量은  $\text{NH}_4$ 含量과 같이 기온의 상승과 함께 2月 28日의 103.34ppm로부터 1~2개월 후에는 거의 1/2수준인 53.62ppm까지 감소되었으나 土壤의 層別 分布는 平均的으로 일정한 경향이 없이 30~60cm層에서 80.99ppm로 가장 높았지만 時期的으로는 2月 28日만이 30~60cm層이 더 높았으나 氣溫의 상승과 함께 오히려 더 감소되는 경향을 보여주었다(Fig. 7).

그러나  $\text{NO}_3$ 의 전체적인 平均 含量이 調査對象地域中 가장 높은 71.21ppm로 가장 낮은 논 土壤에 비해

약 6.4배, 草地 土壤에 비해서는 약 4.4배의 높은 含量을 나타내었는데 이와 같이 높은 결과는 동절기에 갈아엎지 않은 미경작 밭 土壤에서 土壤中の  $\text{NO}_3$  含量이 매우 높거나 그 流失量이 많았다는 Czeratzki(1973), Berendenk(1987) 등의 研究 結果와 비슷한 경향을 보였는데, 이렇게 높은 토양중의  $\text{NO}_3$  함량은 결국 우리의 食水源인 地下水로 흘러들어 우리 인간에게 Methemoglobin血症이나 胃癌을 유발시킬 수 있는 위험이 있기 때문에(Bewig, 1976; Sunkel, 1978; Selenka, 1982; Oertli, 1985) 이미 EC 국가들간에는 1980년 그 한계를 90mg/l에서 50mg/l  $\text{NO}_3$ (11.3mg/l  $\text{NO}_3\text{-N}$ )으로 제한하고 있다. 그러므로 우리도 汚染되지 않은 食生活와 국민의 건강유지를 위하여 이에 대한 대처방안으로 경작형태에 따른 엄격한 규제와 함께 철저한 肥培管理가 요구된다.

## 6. 지하수와 한강수

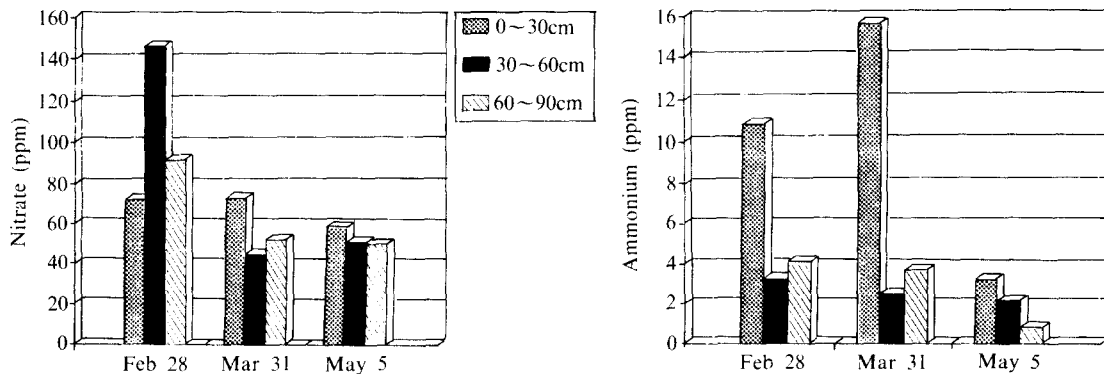


Fig. 7. Inorganic nitrogen content of samples from successive depth below the corn field.

수도권 상수도 보호지역내에서의 경작형태별 토양 중의 mineral-N의 조사는 물론 이로부터 용탈되어진 N을 측정하고 이에 의한 환경의 오염정도를 파악하기 위하여 窒素의 용탈이 가장 적은 영년초지 (Amberger, 1983)와 N의 시용량이 가장 많은 시설채소 지역 그리고 동시에 이 지역의 급수원인 한강수 중의 NO<sub>3</sub>의 함량을 조사한 결과는 Table 3과 같다.

초지와 시설채소 지역간의 지하수중의 NO<sub>3</sub> 함량의 차이는 초지에서의 NO<sub>3</sub>함량이 최고 50ppm에서 최저 8ppm으로 시설채소지역의 최고 100ppm에 비하여 매우 낮았는데 이러한 결과는 NO<sub>3</sub>-N의 용탈이 영농 방법에 의해 많은 영향을 받는다는 Czeratzki(1973), Strebel(1978), Neuhaus(1983) 등의 연구 결과나 일반 경작지와 초지와 비교에서 초지에서는 일반 경작지에 비하여 NO<sub>3</sub>의 유실량이 현저히 낮다는 Czeratzki(1973), Dressel 등(1983), Scheffer 등(1984), Ruppert 등(1985), Rieder(1986)의 연구결과와 비슷한 경향이었으나 계절적으로는 Amberger 등

(1973), 陸(1990)의 결과와는 달리 춘·하계절이 추·동계보다는 높았고 초지에서의 최고 50ppm은 계절에 관계없이 EC국가들에서의 규제량인 50ppm을 결코 초과하지 않았다.

그러나 시설채소지역내에서의 지하수중의 NO<sub>3</sub>함량은 계절적으로 큰 차이를 나타내고 있으며 춘·하계에는 이미 50ppm을 초과 이 지역의 지하수를 식수원으로 사용하는 주민의 건강을 위해서도 적당한 경작체계와 施肥방법의 개선이 필요하다고 사료된다.

또한 서울시민의 급수원인 한강의 NO<sub>3</sub>함량 역시 일정한 차이를 나타내지는 않았으나 계절적인 영향을 많이 받아 동계와 춘계에는 단지 20ppm~30ppm에 불과했으나 하계와 추계에는 지역에 따라 이미 50ppm을 초과 90ppm까지 달하고 있어 앞으로 한강의 수자원 보호를 위해서는 한강 유역은 물론 그 이북지방의 영농형태에 따른 施肥관리에 대한 개선책이 요구되고 있다.

Table 3. Nitrate content in groundwater

(ppm)

Season	Summer	Autumn	Winter	Spring
Division				
Upper stream				
grassland	—	50	20	8
vegetable house	—	80	30	10
Midstream				
vegetable house	100	90	10	10
Dowmstream				
grassland	20	20	10	8
vegetable house	100	80	20	30
Water of Han river				
Upper stream	—	50	20	20
Midstream	70	80	20	20
Dowmstream	90	50	20	30

#### IV. 摘 要

Alfalfa, orchardgrass, reed canarygrass 永年草地와 호밀, 옥수수의 飼料作物地帶, 논 및 山地의 총

7個所의 서로 다른 土壤에서 無機態 窒素(NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>)의 含量 및 그 변화에 관하여 調査한 결과는 다음과 같다.

1. 草地土壤에서의 NH<sub>4</sub> 및 NO<sub>3</sub> 含量은 각각



15.89~16.46 및 1.32~1.86ppm 범위로 다른 土壤과 비교하여 대단히 낮았고 草種間에도 거의 차이가 없었다.

2. 논 土壤에서의 平均的인  $\text{NH}_4$ 含量은 7.19ppm로 전 調査구중 가장 높게 나타났으나  $\text{NO}_3$ 는 11.17ppm로 가장 낮았고 그 分布도 거의 表土附近에만 약간 존재하였다.

3. 山地土壤에서의  $\text{NH}_4$ 含量은 5.79ppm로 약간 높았지만  $\text{NO}_3$ 는 15.18로 매우 낮았다.

4. 호밀 土壤에서의 平均的인  $\text{NO}_3$ 含量은 35.46ppm였고 季節的으로 土壤의 깊이에 따라서는 92.63ppm로 상당히 높았지만 氣溫의 상승과 함께 감소되었다.

5. Silage용 옥수수 수확후 방치되었던 옥수수 土壤에서의  $\text{NO}_3$ 含量은 깊이나 季節에 관계없이 모두 더 높았으며 최고 103ppm까지 상승하였다.

6. 지하수중의  $\text{NO}_3$ 유실량은 초지에 있어서는 결코 50ppm을 초과하지 않았고 시설채소지역내에서의 겨울 및 봄에는 30ppm 이하였으나 여름과 가을철에는 100~80ppm이었다.

7. 한강수중의  $\text{NO}_3$  함량은 겨울 및 봄에는 20~30ppm으로 낮았으나 여름과 가을에는 50ppm이상 90ppm까지로 높았다.

## V. 引用文獻

1. Adams, J.A. and J.M. Pattinson. 1985.  $\text{NO}_3$  leaching losses under a legume-based crop rotation in Central Canterbury, New Zealand: New Zealand J. Agric. Research. 28:101-107.
2. Amberger, A. 1983. Stickstoffaustrag in Abhängigkeit von Kulturart und Nutzungsintensität im Ackerbau und Grünland. Nitrat-ein Problem für unsere Trinkwasserversorgung. Arbeiten der DLG, Band 177. DLG-Verlag: 83-94.
3. Amberger, A., und P. Schweiger. 1973. Wanderung der Pflanzennährstoffe im Boden und deren Bedeutung in einer umweltewußtem Landwirtschaft. Bodenkultur 24:221-236.
4. Berendonk, C. 1987. Methodik zur Erfassung der Nitratverlagerung im Boden in einem

Zwischenfruchtversuch. Tagungsbericht von Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau.

5. Bewig, F. 1976. Hygienische Bedeutung der  $\text{NO}_3$  unter Berücksichtigung der Belastung des Grundwassers im Bereich des Wasserwerks Mussum. Forschung u. Beratung, Reihe C. 30:90-94.
6. Czeratzki, W. 1973. Die Stickstoffauswaschung in der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion. Landbauforschung Völkenrod. 23(1):1-18.
7. Czeratzki, W., A. Bramm u. F. Schulze. 1976. Nährstoffkonzentration im Sickerwasser und Nährstoffauswaschung durch Beregnung. Landbauforschung Völkenrode. 26(3):192-200.
8. Dressel, J.u.J. Jung. 1983. Nährstoffverlagerung in einem Sandboden in Abhängigkeit von der Bepflanzung und Stickstoffdüngung (Lysimeterversuche). Landw. Forsch. 36. Kongressband. 1983.
9. Jürgens-Gschwind und Owen. 1986. Nitrat im Trinkwasser - Sündenbock Landwirtschaft (2):7-10. BASF Mitteilungen für den Landbau.
10. Low, A.J. and E.R. Armitage. 1970. The composition of the leachate through cropped and uncropped soils in lysimeters compared with that of rain: Plant and Soil. 33:393-411.
11. Mengel, K. and E.A. Kirkby. 1987. Principles of Plant Nutrition. 4th Edition. International Potash Institute.
12. Neuhaus, H. 1983.  $\text{NO}_3$ -Mobilität bei Grünlandnutzung auf gedrahten tonreichen Marschboden. Z. Kulturtechnik u. Flurbereinigung. 24(6):347-351.
13. Oertli, J. J. 1985. Magenkrebs,  $\text{NO}_3$ , Gemüsekonsument und Vitamine. Schwei Landw. Forsch. 25(1):1-11.
14. Rieder, J.B. 1986. Die N-Nachlieferung unterschiedlicher Pflanzengesellschaften des Dauergrünlandes in Abhängigkeit von der Nutzungsintensität. Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau. Vorträge 1985 in Aulendorf.
15. Ruppert, W., M. Stichlmair, J. Bauchhenß, H.M. Blendl, A. Haisch, K. Hammer, U. Hege, R.

- Juli, L. Melian, W. Nürnberger, J. Rieder, P. Rintelen, K. Rutzmoser, W. Weber, A. Wur-zinger, H. Zeisig. 1985. Daten und Imformati-onen zum Gülleinsatz in der Landwirtschaft. Sond. Bayer. Landw. Jahrbuch. 62. H. 8:899-996.
16. Scheffer, B., W. Walther, R. Kretschmar, W.D. Schmitt u. H. Neuhaus. 1984. Zum Einfluß der bodennutzung auf den Nitrataustrag. Z. f. Kulturtechnik und Flurberreinigung. 25:227-235.
17. Strebel, D. u. M. Renger. 1978. Vertikale Ver-lagerung von Nitrat-Stickstoff durch Sickerwasser aus dem wasserungestättigten Boden ins Grundwasser bei Sandböden verschiedener Bodennutz-ung. Bericht DLG(1978).
18. Strebel, D. u. M. Renger. 1981. Nitrat-Sticsto-ffauswa-schung bei Ackerboden und Beurteilung einer möglichen Grundwasserbelastung. Mitt. Dtsch. bodenkdl. Gesell. 30:75-80.
19. Selenka, F. 1982. Gesundheitliche Aspekte von Nitrat, Nitrit und Nitrosaminen. Vortrag auf der wasserfachlichen Aussprachetagung in Ham-burg am 2. 3. 1982.
20. Sunkel, R. 1979. Nitratauswaschung im land-wirtschaftlich genutzten Wasserschutzgebiet Mussum. Z. Pflanzenernähr. Düng. Bdk. 142 (2):207-218.
21. Thijeel, A.A. and J.R. Burford. 1975. Effect of the application of cow slurry to grassland on nitrate levels in soil and soil water contents: J. Sci. Fd. Agric. 26:1203-1213.
22. 前田 和美. 1977. 實用作物學概論:211-270. 農村漁村 文化協會.
23. 金元 出. 1988. 土壤化學分析法:57-72. 農業技術研 究所.
24. 陸完芳. 1990. 永年 混播草地에 있어서 刈取頻度 와 窒素施肥水準이 NO<sub>3</sub>-N 流失에 미치는 影響. 韓草誌. 10(2):84-88.