

土地休闲过程中土壤硝态氮变化的研究

张成娥

(中国科学院西北水土保持研究所·陕西杨陵·712100)
(水利部)

摘要 该文主要研究了德国黑森州中部地区不同类型试验小区土壤剖面中硝态氮含量的季节变化及其与土地利用方式和作物生长之间的关系,特别是土地休闲过程中土壤硝态氮的变化和对地下水的污染问题,并对休闲作物的覆盖效应作了探讨。

关键词 土地休闲 土壤硝态氮 季节变化

Study on the Variation of $\text{NO}_3\text{-N}$ in Fallow Lands

Zhang Cheng'e

(Northwestern Institute of Soil and water Conservation, Chinese Academy of Science
and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract In this paper, We mainly studied the seasonal change of $\text{NO}_3\text{-N}$ content in soil profile of different experiment plots and the relationship between land use and crop growth in the middle part of Hessen, Germany. Moreover, the variations of $\text{NO}_3\text{-N}$ in the soil were detected and their effects on the pollution of underground water were also discussed. Still more, Mulching effects of fallow land crops were evaluated.

Key words fallow land $\text{NO}_3\text{-N}$ of soil seasonal variations

随着农业生产的高度集约化发展和矿质肥料的大量施入,造成的农业环境、特别是土壤和地下水的污染,在西方国家已日趋严重,并且愈来愈受到环境保护部门和农业、土壤学家的特别关注。本研究主要对黑森州中部土地休闲过程中生态环境各因素变化情况中的土壤硝态氮的变化进行分析,探索土壤剖面中硝态氮的盈亏、迁移与不同作物生长、土壤利用方式之间的关系,研究作物覆盖地表对硝态氮含量变化的影响以及土壤中剩余氮含量与地下水污染等问题。为农业环境保护及环境质量评价、土壤肥力和土地生产力评价提供依据。

1 研究区自然概况

研究区设在黑森州中部地区,该区年平均气温 $8^\circ\text{C}\sim 9^\circ\text{C}$,年降雨量为 $550\sim 700\text{mm}$ 。地势为平原和低丘陵地带。海拔高度 $250\sim 450\text{m}$ 。主要土壤类型为准棕壤、薄层土和崩积土。成土物质为沉积覆盖的黄土,土壤多为酸性到中性。

2 试验地设置及研究方法

硝态氮研究共设 16 个小区,分布于不同类型的丘陵地块顶部、坡面和底部。研究小区的土壤、植被类型及利用方式见表 1。

表 1 研究小区的土壤、植被类型及利用方式

小区编号	土壤类型	植 被	利用方式
A ₁₋₁	崩积土	野生杂草	连续休闲
A ₁₋₂	侵蚀棕壤	野生杂草	连续休闲
A ₇₋₁	崩积土	小麦/大麦/芥菜	对 照
A ₇₋₂	侵蚀棕壤	小麦/大麦/芥菜	对 照
A ₃₋₁	泥质土 *	三叶草地	轮作休闲
A ₄₋₁	泥质土	三叶草地	粗放绿草
A ₂₋₁	泥质土	小麦/油菜/玉米	对 照
B ₁₋₁	崩积潜育土	野生杂草	自然保持区
B ₃₋₁	潜育土	野生杂草	自然保护区
B ₅₋₁	潜育性崩积土	燕麦/燕麦/野生草	对 照
D ₁₋₁	薄层土	野生草/稀少植物/芥菜	预造林地
D ₁₋₂	薄层土	野生草/稀少植物/芥菜	预造林地
D ₂₋₁	薄层土	土豆/黑麦/未种植	对 照
E ₁₋₁	薄层土	三叶草地	轮作休闲
E ₁₋₂	崩积土	三叶草/大麦/野生草	轮作休闲
E ₁₋₃	侵蚀棕壤	三叶草	轮作休闲

土样的采取用土钻法,取样深度分别为 0~30cm,30~60cm,60~90cm,每个取样深度一次取 10 个点,土样混匀后装入塑料袋,放冰盒中冷冻,回室后立即过 2mm 筛,然后放入冰箱置 -20℃ 下冷冻,以保持其新鲜,氮的提取用新鲜土样,提取液为 0.02M 的 CaCl₂ 溶液,液土比 4 : 1。氮的测定用全自动氮分析仪(TRAACS-800)。硝态氮研究小区的土壤基本参数见表 2。

表 2 硝态氮研究小区的土壤基本参数

小区编号	土壤 pH-值	总碳含量(%)	总氮含量 kg/hm ²
A ₁₋₁	5.1	0.9	4 884
A ₁₋₂	5.3	1.2	5 011
A ₇₋₁	5.9	1.0	4 775
A ₇₋₂	5.1	1.2	4 602
A ₃₋₁	4.9	1.1	4 917
A ₄₋₁	6.1	1.2	4 822
A ₂₋₁	5.1	0.9	5 311
B ₁₋₁	5.8	1.9	8 284
B ₃₋₁	6.0	1.5	6 456
B ₅₋₁	4.8	1.2	5 936
D ₁₋₁	4.5	2.1	7 753
D ₁₋₂	4.7	2.1	7 281
D ₂₋₁	4.6	2.7	10 574
E ₁₋₁	6.1	1.3	5 704
E ₁₋₂	6.3	0.9	3 645
E ₁₋₃	6.2	1.1	4 917

3 结果与讨论

3.1 研究结果

该研究从1988年秋开始持续至1993年。本实验结果是从1990年4月至10月时间范围内5次采样所测定的结果。试验区各土壤剖面中硝态氮含量见表3。

表3 研究小区土壤硝态氮含量 单位:(kg/hm²)

小区编号	深度(cm)	采样时间(1990年.月.日)				
		05·14	07·18	08·17	09·17	10·17
A ₁₋₁	0~30	1.8	9.7	3.0	2.1	2.5
	30~60	5.4	2.2	0.5	1.3	0.5
	60~90	9.5	2.0	0.4	0.4	0.3
A ₁₋₂	0~30	1.3	5.5	5.6	2.1	3.0
	30~60	1.8	0.9	1.5	1.3	0.9
	60~90	5.7	0.4	1.7	0.7	0.5
A ₇₋₁	0~30	9.3	8.5	31.4	50.9	1.0
	30~60	20.9	0.8	1.6	5.0	5.8
	60~90	28.0	0.8	0.8	1.6	1.3
A ₇₋₂	0~30	23.7	5.9	24.3	42.5	2.8
	30~60	22.2	1.1	2.1	4.6	1.6
	60~90	71.7	1.0	2.4	1.7	0.9
A ₃₋₁	0~30	—	36.0	23.6	16.7	10.8
	30~60	—	5.9	3.7	6.0	9.6
	60~90	—	4.7	2.2	3.6	10.3
A ₄₋₁	0~30	1.3	6.2	16.5	7.1	12.6
	30~60	0.9	1.1	1.0	1.6	1.0
	60~90	1.2	0.5	1.6	1.2	0.9
A ₂₋₁	0~30	111.9	60.9	62.7	51.2	54.0
	30~60	63.2	32.0	12.5	11.9	18.4
	60~90	71.6	40.0	12.1	12.6	19.3
B ₁₋₁	0~30	6.2	14.0	17.8	10.5	11.5
	30~60	0.9	1.4	1.5	2.3	2.9
	60~90	0.8	1.4	1.3	1.1	0.3
B ₃₋₁	0~30	5.9	16.2	4.3	14.1	15.5
	30~60	3.0	8.3	1.4	4.6	6.2
B ₅₋₁	0~30	1.6	2.1	22.1	27.9	7.2
	30~60	5.5	0.7	0.3	1.8	1.3
	60~90	12.7	0.0	0.3	0.3	1.3
D ₁₋₁	0~30	22.7	0.6	—	1.1	1.8
D ₁₋₂	0~30	14.9	1.2	—	1.4	1.8
D ₂₋₁	0~30	1.8	4.5	—	53.3	41.9
E ₁₋₁	0~30	0.0	2.0	6.4	7.7	6.7
E ₁₋₂	0~30	6.6	4.4	13.4	55.8	56.1
	30~60	9.6	2.4	0.8	7.1	5.1
	60~90	11.6	1.4	1.1	4.1	4.1
E ₁₋₃	0~30	1.0	6.3	6.0	6.0	4.1
	30~60	0.6	0.4	0.2	1.8	0.7
	60~90	1.2	0.0	0.9	1.1	0.5

从小区 A₁₋₁(连续休闲的野生草地)的图示结果(图1)可以看出,硝态氮含量在整个剖面中(0~90cm)从4月份以后随着植物的迅速生长明显下降,并且在3个土层中都呈下降趋势。第一

层和第二层下降的较快,这说明植物的生长对硝态氮吸收较多,使土壤中,特别是耕作层的氮含量迅速下降。5月份以后到7月份,由于植物的生长变得缓慢,对氮的吸收减少,另一方面,植物的枝叶覆盖了整个地面,又使硝态氮的损失减少,所以上层土壤中硝态氮含量又稍微有所上升,但对其下层土壤中的硝态氮没有影响,A₁₋₂小区,其硝态氮水平比较低,它的变化幅度小,但也有与A₁₋₁小区同样的趋势(图1)。

在对照小区A₇₋₁和A₇₋₂(图1)上,由于在3月份大麦播种时进行了施肥和土壤耕作,其硝态氮含量随之上升,它在整个剖面中的增高是因为在每个土层中都有所增加,然而到了夏季,由于大麦对氮的大量吸收,在两个小区的整个剖面中硝态氮含量又迅速下降,并且其上层土壤降低幅度稍大,当大麦收割后,进行留茬耕作和芥菜播种,使硝态氮含量到9月份又回升,而到10月中旬又大幅度下降。由表3看出,其影响主要是上层土壤中的硝态氮含量。由此可明显看出,农作物生长不同时期对土壤硝态氮所产生的影响是非常明显的。

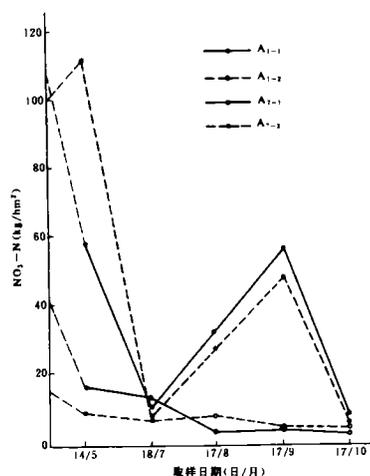


图1 A₁₋₁,A₁₋₂,A₇₋₁,A₇₋₂小区土壤剖面中硝态氮总量的变化

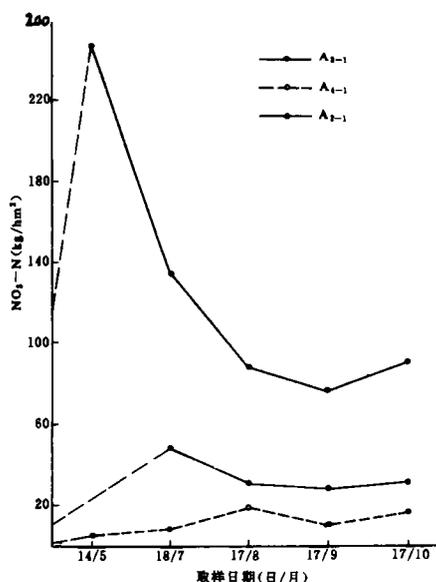


图2 A₃₋₁,A₄₋₁,A₂₋₁小区土壤剖面中硝态氮总量的变化

在轮作休闲的小区A₃₋₁(三叶草)上,硝态氮含量至4月份都一直处于低的水平,并且波动很小,到了7月份,在上层土壤中才有明显的回升。7月18日以后又持续下降,下面两层土壤中硝态氮一直到9月份都较低。9月中旬以后才稍微有所回升(图2、表3)。

在粗放绿草小区A₄₋₁上,土壤经过了长时间的撂荒之后,从季节变化趋势看,上层土壤中的硝态氮含量出现了微弱的连续上升趋势。而下面两层土壤中,其硝态氮含量一直很低,且几乎无波动(图2)。

在所做的对照小区A₂₋₁上,显示的则是完全不同的硝态氮变化趋势。在3月份施入了人粪尿、矿质氮肥和进行了土壤耕作以后,5月中旬其整个剖面中硝态氮含量就急剧上升,除了上层土壤外,下层土壤的硝态氮含量也明显升高,从7月到10月份,上层土壤中的硝态氮含量呈稳定

下降趋势,整个剖面中矿质氮总量在作物大量吸收氮的时期就明显下降(图2)。

在两个淹水土壤(潜育土)小区上,硝态氮的总含量都较低。小区 B_{1-1} 和 B_{3-1} 上从5月份以后,野生草自然覆盖了地面,硝态氮含量就有所上升。说明覆盖有一定的效应(图3)。与此同时所做的对照小区 B_{5-1} ,其硝态氮含量与两个试验小区有相反的变化趋势。

在 D_{1-1} 和 D_{1-2} 小区薄层土上,4月底少量播种了一些野生草种和芥菜,因此在这两个小区到5月份取样时,硝态氮含量就有轻微上升(图4),但到7月份又被所生长的植物所吸收,所以其硝态氮含量又下降。而对照小区 D_{2-1} ,在黑麦收获后进行了留茬耕作,到9月份时硝态氮含量一直在上升。(图4)。

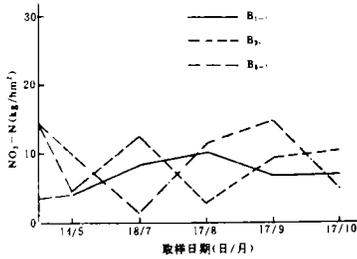


图3 B_{1-1} , B_{3-1} , B_{5-1} 小区土壤剖面中硝态氮总量的变化

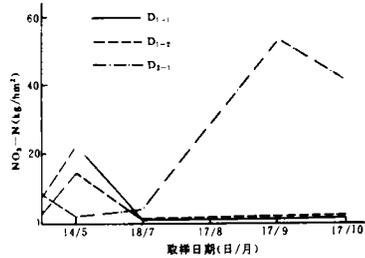


图4 D_{1-1} , D_{1-2} , D_{2-1} 小区土壤剖面中硝态氮总量的变化

小区 E_{1-1} 从3月份开始就连续撂荒,一直延续到5月份,从5月份开始,硝态氮含量就缓慢上升(图5)。同样的 E_{1-3} 小区,从4月份到10月份其整个剖面的土壤硝态氮含量就一直在 $10\text{kg(N)}/\text{hm}^2$ 以下,且绝大部分来自于上层土壤,而在进行三叶草——大麦——野生草种的 E_{1-2} 小区,由于进行了土壤耕作和给大麦施肥,使土壤硝态氮含量上升,到4月份已达最高点。直到7月份,由于大麦吸收了大量的氮,整个剖面中的硝态氮含量就迅速下降,此后,随着植物对氮素吸收的减少,硝态氮含量就又开始回升,从8月份起由于进行了留茬耕作,使其上升幅度加强。

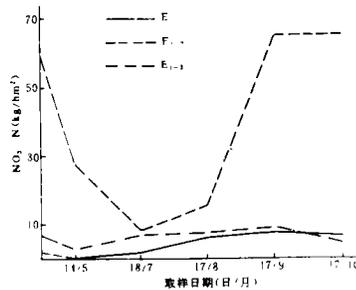


图5 E_{1-1} , E_{1-2} , E_{1-3} 小区土壤剖面中硝态氮总量的变化

3.2 讨论

3.2.1 土壤中的剩余氮含量

1990年是第三个试验年,与1988年和1989年相比,土壤中剩余氮含量平均低于前两年。从整个实验结果看,休闲小区、轮作休闲小区以及撂荒的草地及自然保护区,其硝态氮含量水平都低于相应的对照田块。休闲小区的硝态氮含量水平在休闲过程中明显减少了,且有随休闲期增长减少的趋势,如小区 A_{1-1} 和 A_{1-2} 。

在轮作休闲小区 A_{3-1} 上,剩余氮含量比较高的原因可能是该小区以三叶草为主,该植物能固定氮而提高土壤中氮的含量。

在所有布设在巴登——符腾堡的休闲小区上,土壤中硝态氮的含量都较少。所测值都在 $45\text{kg}(\text{N})/\text{hm}^2$ 以下,在所出现的淋溶过程中,其硝态氮的淋失相对较少。Forch 等人(1990年)的研究结果也证明,在休闲地块上,即使为轻壤土,硝酸盐的淋失都较少。这可以说,来自于休闲地的硝酸盐对地下水造成的污染是非常小的。

3.2.2 土壤中总氮量与硝态氮含量的关系 从图 1~5 中可以看出,在所做的 5 组对照小区上,除了 D_{2-1} 小区的总氮量明显地高于相应的试验小区 D_{1-1} 和 D_{1-2} , A_{2-1} 的总氮量稍高于 A_{3-1} 和 A_{4-1} 外,其余的都低于相应的试验小区,这正好与硝态氮的含量呈相反趋势。其原因是对照小区的农田作物的生长对氮素的需求量远远大于休闲地的杂草和三叶草,所以消耗土壤中大量的氮素,并可能促使有机质的分解而不利于积累,使土壤中总氮量减少,而硝态氮含量增高,另一方面农田作物的施肥也是造成其硝态氮含量高的一个因素。相反,休闲地和粗放草地以及自然保护区的杂草,能对土壤有机质的积累即总氮量的提高以及降低硝态氮的淋失起到积极作用。

D_{2-1} 小区的总氮量明显高于其试验区 D_{1-1} 和 D_{1-2} 的原因可能是因为在黑麦收获后进行了留茬耕作而后再未种植物所致。植物的种类不同,所需的氮量亦不同,对土壤氮素的消耗也有差异。

3.2.3 覆盖和耕作对上层土壤硝态氮的影响 在所进行的试验中,每当休闲作物覆盖时,其上层土壤的硝态氮含量就有一个回升的过程,如小区 A_{1-1} 和 A_{1-2} ,与第一个休闲年相比,在第二个休闲年中, A_{1-1} , A_{1-2} , A_{3-1} , B_{1-1} 和 B_{3-1} 小区上层土壤的硝态氮含量在覆盖后都有所增加(表 3)。

在采取土壤耕作措施之后,硝态氮含量增加可能归因于两个因素:(1)耕作对作物根系能造成损伤,使得作物对氮的吸收减少。(2)由于根系群落的破碎和腐烂,提供了相对多的可矿化的有机质。

4 小 结

(1)土壤中的硝态氮随作物生长的不同时期而变化很大,在作物生长旺盛期明显减少。

(2)休闲作物的覆盖和土壤耕作都能使上层土壤的硝态氮含量明显增加。

(3)在土地休闲过程中,土壤中的硝态氮含量明显减少,且随休闲时间的增长而趋减少。因此,来自于休闲地的硝酸盐的淋失而造成的地下水污染非常小。休闲作物比起农田作物,更有利于土壤中氮素的积累,对土壤肥力的提高有积极的作用。

(参考文献略)