

文章编号:1003-8701(2004)06-0037-05

# 浅析氮肥对生态环境负效应及对策

高洪军,朱平,彭畅

(吉林省农业科学院农业环境与资源研究中心,吉林 公主岭 136100)

**摘要:**综述了国内外有关氮肥消费状况及对生态环境的污染,包括对水体富营养化的影响;氮肥对地下水的污染;对作物的生长及品质的影响;对大气臭氧层破坏,并提出了防治氮肥污染的措施。

**关键词:**氮肥;生态环境;污染;对策

**中图分类号:**S143.1

**文献标识码:**A

## 1 概述

化肥的大量施用始于19世纪,到2000年世界化肥总消费量已达到2.6亿t,氮肥是化学肥料中施用量最大的一种。我国氮肥的产量占整个化肥生产总量的60%,生产量和消费量位于世界第1位。1996年,我国氮肥生产量和消耗量分别占世界氮肥总量的21.8%和30.0%。氮肥在作物增产中的重要作用已被世人所承认。然而,随着氮肥使用年限及用量的增加,所带来的环境问题亦逐步被人们所关注。过量或不当施用氮肥,可降低肥料的利用率,造成肥料的浪费。按氮肥利用率计算,其损失量即污染环境的污染量见表1。在不合理的施肥条件下,化肥的施用量越大,其对环境的负效应愈强。氮的当年利用率一般为30%~40%,如按40%~60%的利用率估算,2000年全国氮素损失量为840万~1260万t。

表1 全国氮肥污染量发展趋势

年份	氮肥产量(万t)	利用率(%)	损失(污染)量(万t)
1983	943	40~50	600~800
1990	1752	40~60	700~1051
1994	1910	40~60	764~1146
2000	2100	40~60	840~1260

氮肥在土壤中主要通过 $\text{NH}_3$ 的挥发、硝酸盐的淋失及反硝化作用等途径而损失。损失的氮素不仅造成了地下水和地表水中 $\text{NO}_3^-$ -N的富集,而且也给土壤环境、大气环境质量带来了严重污染。早在1945年,Comly就报道了婴儿体内由于饮用水中

高含量 $\text{NO}_3^-$ -N而引起的高铁血红蛋白病例。1951年,Waltor在其综述中提出了饮用水中 $\text{NO}_3^-$ -N不超过10mg/L的卫生标准。60年代末,环境学家提出了氮肥的施用所引发的环境问题,其后有关氮污染环境问题的报道不断增加。

## 2 过量或不合理施用氮肥对生态环境的污染

### 2.1 水体的富营养化

收稿日期:2004-06-30

作者简介:高洪军(1975-),男,吉林省公主岭人,吉林省农科院环资中心助研,在读硕士,主要从事土壤肥力和环境监测研究。

水体富营养化通常是指湖泊、水库或海湾等封闭性或半封闭性水体中的氮、磷和碳等营养元素的富集,导致某些特征性藻类(主要为蓝藻和绿藻等)异常增殖,致使水体透明度下降、溶解氧降低,水生生物随之大批死亡,水体丧失应有功能等现象。引起水体富营养化起关键作用的元素是氮和磷。研究表明,对于封闭性水域,当水体无机态总氮含量大于 0.2 mg/L 时,就有可能引起藻华现象的发生。据对我国 25 个湖泊的调查,水体全氮无一例外超过了富营养化指标(表 2)。

表 2 我国 25 个湖泊中的全 N 浓度及所占比例

湖泊数及比例	全 N(mg/L)			
	<0.2	>1.0	>2.0	>5.0
湖泊数	0	21	13	5
%	0	84	52	20

水体富营养物质氮的来源主要有城镇生活污水、含氮的工业废水和农田氮肥。其中,农田氮的流失是引起水体富营养化的重要原因。

我国五大淡水湖之一的巢湖总氮含量严重超标。1997 年巢湖西半湖水体总氮为 4.14 mg/L,超过Ⅲ类水标准 3.14 倍。造成巢湖严重污染的原因,除了沿湖城市排放的大量工业废水和生活污水,与农业非点源污染量关系越来越大。近年来农民施用化肥量比 10 年前增加 8 倍,因肥料结构和施肥方法不当造成化肥大量流失,成为巢湖水质总氮超标的重要原因。

农田氮的流失途径通常通过农田排水和地表径流的方式进入地表水体并造成污染。美国对连续 5 年的小麦田排水中氮的流失测定表明,每公顷施用氮 48.8 kg、96 kg 和 144 kg,在生长旺季排水中的氮量分别是不施肥的 4.8、9.6 和 12.7 倍,甚至在冬季休闲时,也是不施肥的 1.07~1.62 倍。天然降水和不适当的灌溉形成的地表径流,将农田氮素转移带入到地表水体中,造成土壤氮的大量损失。资料表明,美国因地表径流损失的农田氮素每年为 450 万 t,我国每年流失土壤达 50 亿 t,带走的氮、磷和钾等养分约相当于全国一年的化肥施用总量。据张夫道研究,1979 年京津地区排污流入渤海的铵态氮为 8 721 t,因化肥流失进入渤海的氮为 8 000 t,与污水氮接近。可见,氮的流失不仅造成氮资源的大量损失,而且使水资源受到很大程度的污染,加剧了水体富营养化的发生。

## 2.2 硝态氮淋失对地下水的污染

氮素的淋洗损失是指土壤中的氮随水向下移动至根系活动层以下,从而不能被作物根系吸收所造成的氮素损失。一般情况下被淋洗损失的氮素主要是硝态氮。这是由于  $\text{NO}_3^-$  带负电,不易为带负电荷的土粒吸附所保持,主要存在于土壤溶液中,可随水移动。在植物旺盛生长的季节,蒸腾作用强烈,旱地作物条件下很少有向下淋洗的自由水,不会发生淋洗损失现象。如在我国北方的东北、西北干旱地区,因为雨量少,地下水埋藏深,大面积的农田施氮量也并不很大,因此,在此条件下硝态氮对地下水的污染还构不成威胁。但是,在过量或不合理施用氮肥条件下,并有足量水分时,它可被淋洗至 2 m 或更深,脱离根系吸收而污染地下水源。

$\text{NO}_3^-$  和  $\text{NO}_2^-$  在人体内外皆可与二级胺类化合物反应,生成致癌物,对人类的健康造成潜在的威胁。世界卫生组织建议饮用水中  $\text{NO}_3^-$  不应超过 50 mg/L,而且认为每个成人(60 kg)每天摄入的  $\text{NO}_3^-$  不能超过 220 mg(WHO、1985)。

$\text{NO}_3^-$  从土壤——植物系统中淋失本身是一个物理过程,但是它却和硝化作用的生物学过程相关。淋失的总量取决于输入到土壤——植物系统中的氮化合物的数量、种类、输入的方式和频率、气候条件、土壤——植物系统的组合特征以及植物的生长发育阶段。

据报道,化学氮肥的过量施用是国内外许多地区地下水遭受硝态氮污染的一个重要原因。北京市郊菜田地区施用化学氮肥过多,地下水硝态氮含量为 61.6~124.0 mg/L。美国伊利诺斯州的 7.6 m 或更浅的水井,有 1/4 其  $\text{NO}_3^-$ -N 的含量超过 10 mg/L,施用氮肥的农田地下水中  $\text{NO}_3^-$ -N 的含量,在春季经常超过 14 mg/L。据孙宏德等研究(表 3),硝态氮淋失总量随施氮量的增加而增大。当施氮肥 247.5~330 kg/hm<sup>2</sup>,120 cm 土体淋失出的硝态氮含量为 11~15 mg/L,超过饮用水卫生标准 10 mg/L,易造成地下水污染。而氮肥与磷、钾肥配施,淋失量明显减少。故应适当控制氮肥的施用量,提倡氮磷钾肥配合施用。

表 3 120 cm 土体中  $\text{NO}_3^-$ -N 淋失与施氮量的关系

处 理	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>1</sub> P	N <sub>1</sub> PK	N <sub>2</sub> 分施	N <sub>2</sub> 不种	ck
渗漏水量(L)	85.8	81.6	80.3	81.5	81.3	80.1	88.5	135.0
$\text{NO}_3^-$ -N(mg/L)	7.1	11.2	15.4	7.0	6.8	11.5	13.0	3.3
淋失量(mg)	609.2	913.9	1 236.0	556.5	552.8	925.8	1 150.5	445.5

其中, N<sub>1</sub>=165.0 kg/hm<sup>2</sup> N<sub>2</sub>=247.5 kg/hm<sup>2</sup> N<sub>3</sub>=330.0 kg/hm<sup>2</sup> P=82.5 kg/hm<sup>2</sup> K=82.5 kg/hm<sup>2</sup>

张维理等在对北方地下水硝态氮污染情况的调查中发现,我国北方某些地方蔬菜年施氮为 1 000~1 900 kg/hm<sup>2</sup>,而全年作物吸收的只占施入量的 21%~36%,大部分是以氨挥发和硝态氮的反硝化损失(气态),或以硝态氮的形式进入地下水。在采自蔬菜地的 11 个地下水(井水)样本中,就有 8 个样本的硝酸盐严重超标(75~180 mg/L),超标率达 73%。只要过量施用氮肥,不管是无机氮还是有机肥的氮同样都会在旱地积累。特别是种浅根系和小根系蔬菜作物的土壤,有机肥和无机肥的用量特别大,加上土壤质地较轻,就有可能淋洗到地下水而使  $\text{NO}_3^-$ -N 含量超标。

### 2.3 氮肥对农作物生长及品质的影响

施用氮肥可提高作物的生长量,但增长与氮肥用量并非呈直线关系,氮肥用量过高时,氮素过剩,作物生长受到抑制,生长量有降低趋势,硝态氮含量却随氮肥用量增加而升高,两者呈显著正相关。

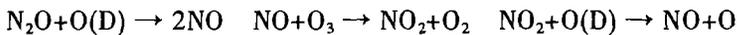
资料表明,施用氮肥使蔬菜体内的硝态氮总量成倍增加,增加倍数随氮肥用量增加而升高,而且在氮肥用量不同时,硝态氮总量的增加倍数均大于生长量的增加倍数。小白菜在施氮量为 0.20、0.40、0.60、和 0.80 g/kg 时,硝态氮总量分别比不施氮肥时增加 32.8、204.7、366.8 和 326.8 倍,而生长量分别增加 4.2、4.4、4.9 和 3.1 倍。油菜、菠菜与小白菜的情况类似。可见,增加氮肥用量,累积硝态氮的增加程度远大于生长量的增加程度。这种因生长滞后而引起的养分富集效应是蔬菜硝态氮含量和施氮量呈显著正相关的主要原因。并且还可以看出,小白菜在施氮量为 0.60 g/kg 时,油菜和菠菜在 0.40 g/kg 时,生长量最高,之后氮肥用量增加,3 种蔬菜的生长量反而下降。小白菜、菠菜在施氮量 0.80 g/kg 时,生长量比施 0.20 g/kg 时还低。可见,缺氮会抑制蔬菜生长,氮肥用量过高反而会降低增产效应,甚至引起减产。

氮素对其他农作物品质的影响和施氮量也密切相关。酿造啤酒的大麦要求碳水化合物含量高,蛋白质含量低。过多施用氮肥就会降低其酿造品质。西瓜以及其他水果过多施用氮肥,也会使个体过大。而光合形成的碳水化合物又会与氮素形成的氨基酸结合形成蛋白质,减少糖分向果实中的运输,造成糖分含量少,品质降低。氮素一旦供应不足,不但营养体生长受到限制,而且果实小,发育不良,也难以使果实富含糖分。因此,适

量的氮素是提高其品质的重要条件。

## 2.4 氮肥对大气环境质量的影响

温室效应引起全球气候变暖,已引起了全世界的关注。温室气体通常指  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{N}_2\text{O}$ 、 $\text{NO}_x$ 、 $\text{CO}$  和氯氟烃气体。其中  $\text{NO}$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{N}_2\text{O}$  3种气体均有可能由化学氮肥在农田生态系统中通过生物化学作用而产生。 $\text{NO}_x$  能够形成酸雨,对水生生态系统和陆地生态系统造成危害。 $\text{N}_2\text{O}$  主要来自工业“三废”的污染,但在农业生态系统中,若化学氮肥施用量过多,其中部分氮素在还原条件下通过反硝化作用或在氧化条件下硝化作用均能产生  $\text{N}_2\text{O}$ 。在每年产生 1 200~1 500 万 t  $\text{N}_2\text{O}$  中约 10% 是使用化肥所致。 $\text{N}_2\text{O}$  对全球变暖的贡献率为 4%,它具有较稳定的化学性质,是作物不能利用的氮素形态。从地面到 16 km 高空的同温层, $\text{N}_2\text{O}$  形成一个由低到高的浓度梯度,进入臭氧层的  $\text{N}_2\text{O}$  与 O 发生如下反应,是其在地面形成臭氧的逆反应:



上述反应不断地消耗臭氧,使臭氧层受到破坏,直到出现新的平衡。因此, $\text{N}_2\text{O}$  浓度的增加对臭氧层的保护是不利的。臭氧层是使地球上的生物免遭紫外线辐射的保护者,对人和生物的安全有至关重要的作用。

施用化学氮肥使土壤对  $\text{CH}_4$  的吸收减少,可能是大气中  $\text{CH}_4$  浓度升高的一个重要原因。有资料表明,氮肥对  $\text{CH}_4$  产生的影响依据土壤性质呈现出不同的效应,其中,当土壤有机碳和全氮含量中等时,氮肥促进  $\text{CH}_4$  产生;或当土壤有机碳含量较低而质地较粗或土壤 C/N 高、有效态氮含量较少时,由于  $\text{SO}_4^{2-}$  和  $\text{NO}_3^-$  可以被快速还原而从土壤中消失,对产甲烷的影响很弱,因此,氮肥能促进  $\text{CH}_4$  产生。

化肥施用方法和时间也对  $\text{CH}_4$  排放量有一定的影响。一些试验表明,尿素表层撒施与深层混施相比, $\text{CH}_4$  排放量提高 1 倍。

因此,氮肥的合理施用,不仅有利于提高氮肥的利用率,减少氮素损失,更具有降低温室效应,防止臭氧层破坏,保护人畜健康的重要作用。

## 3 氮肥污染防治措施

为解决过量或不合理施用氮肥对生态环境带来的一系列污染问题,需要各方面的共同努力,达到综合治理,保护农业生态环境的目的。在农业施肥方面,建立经济效益与环境效应相协调统一的推荐施肥体系,积极研究有效和简便易行的减少氮肥损失、提高氮肥利用率的新技术。

第 1,因土、因作物和品种施肥。根据土壤的供肥特性、作物及各品种的吸肥规律进行适时适量的施肥,以提高氮肥利用率。

第 2,平衡施肥。实行氮肥与其他肥料配合施用,特别与有机肥料配合施用。

第 3,改进施肥方法,提高肥料利用率。按作物生育期需要分次施用,深施缓效氮肥。深施有利于减少氨挥发和径流损失,是当前氮利用效果最大且较稳定的一种方法。

第 4,加强水肥管理,实施控水灌溉。采用节水灌溉技术,减少田面水的排出是降低农田氮流失的关键。

第 5,硝化抑制剂、脲酶抑制剂的配用。可降低土壤中  $\text{NO}_3^-$ -N 的含量,并有较好的效果。

### 参考文献:

[1] 郭志凯. 氮素肥料的环境问题[J]. 农业环境保护, 1987, 6(4): 25-27.

- [2] 汪建飞,等. 农田土壤施用化肥的负效应及其对策[J]. 农业环境保护, 1988, 17(1): 40-43.
- [3] 谢建昌,等. 世界肥料使用现状与前景[J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(4): 321-330.
- [4] 吕忠贵,等. 浅析氮磷化肥的使用、利用及对农业生态环境的污染[J]. 农业环境与发展, 1997, 14(3): 30-34.
- [5] Comly, H.H. 1945 J. Am. Med. Assoc, 129: 112-115.
- [6] 金相灿,等. 中国湖泊的富营养化[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1992.
- [7] 司友斌,等. 农田氮、磷的流失与水体富营养化[J]. 土壤, 2000, (4): 188-193.
- [8] 党 啸. 巢湖流域水环境问题的观察与思考[J]. 环境保护, 1998, (9): 38-40.
- [9] 杨佑兴. 倾听巢湖诉说[N]. 中国环境报, 1996-09-10.
- [10] 中国农业科学院土壤肥料研究所. 中国肥料[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1994, 104-108.
- [11] 世界资源研究所,等. 世界资源报告(1992-1993)[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1993.
- [12] 张世贤. 三张图表说喜忧-中国面临的严峻挑战与机遇[J]. 中国农村, 1996, (5): 6-9.
- [13] 张夫道. 化肥污染的趋势与对策[J]. 环境科学, 1985, 6(6): 54-58.
- [14] 中国科学院西北水土保持和生物土壤研究所. 肥水[M]. 北京: 科学出版社, 1973.
- [15] Bijaysingh and Sekhon, G S. Agriculture and Environment, 1979, 4: 103-108.
- [16] 孙宏德,等. 黑土硝态氮的淋失及提高氮肥利用率的研究[J]. 农业与技术, 1996, (6): 1-5.
- [17] 张维理,等. 我国北方农用氮肥造成地下水硝酸盐污染的调查[J]. 植物营养与肥料学报, 1995, 1(2): 80-87.
- [18] 何奕工,译. The greenhouse gases[J]. 世界环境, 1988, (1): 16-19.
- [19] 中国土壤学会. 土壤科学与农业持续发展[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1994.
- [20] 蒋祖聪. 土壤痕量气体研究展望[J]. 土壤学报, 1993, (2): 117-124.
- [21] 丁维新. 氮肥对土壤甲烷产生的影响[J]. 农业环境科学学报, 2003, 22(3): 380-383.
- [22] 邓仕槐,等. 施肥对环境质量的影响[J]. 西南农业学报, 1998, 11(3): 106-111.

—————  
(上接第 30 页)

### 3 特种特性

#### 3.1 植物学特征

幼苗绿色,胚芽拱土力强,株高 160~170 cm, 19 片叶,穗茎直立,穗型中紧,纺锤形,穗长 31~33 cm,子粒椭圆形,黑壳红粒。

#### 3.2 生物学特征

出苗至成熟 126~128 d,需活动积温 2 650~2 700℃·d,属于中晚熟品种。经辽宁省国家高粱改良中心接种鉴定,对丝黑穗 3 号生理小种表现为抗病,据 2000~2003 年田间调查结果,四杂 40 抗叶部病害,恢复率达 100%。

#### 3.3 经济性状

千粒重 35~36 g、单穗粒重 91~100 g、穗粒数为 2 500~2 900 粒、蛋白质含量 9.78%、淀粉含量 75.4%、着壳率 12.6%和单宁含量 0.27%,适于酿造。

### 4 适宜地区与栽培要点

四杂 40 丰产性好,喜肥水,在肥地上种植增产显著。一般年份 5 月 1~5 日播种,覆土 2~3 cm,播种时施复合肥 200 kg/hm<sup>2</sup>,拔节时追氮肥尿素 350 kg 左右,也可在打垄时一次性施底肥尿素 200 kg/hm<sup>2</sup>+复合肥 200 kg/hm<sup>2</sup>,生育期间不追肥,种植密度为公顷保苗 10 万株。

适宜在吉林省四平地区的公主岭、梨树、双辽和伊通的部分区域,以及内蒙古的赤峰和哲盟的科左后旗、中旗的部分区域种植。

制种时父母本同期播种,母本保苗 13 万~15 万株/hm<sup>2</sup>,父本保苗 10 万株/hm<sup>2</sup>,父母本比例 1:6。