

## 滇池流域西芹保护地氮流失分析\*

胡万里<sup>1</sup>,孔令明<sup>1\*\*</sup>,段宗颜<sup>1</sup>,卢昌艾<sup>2</sup>,夏体渊<sup>1</sup>

(1. 云南省农业科学院农业资源环境研究所, 云南 昆明 650205;

2. 中国农业科学院土壤肥料研究所, 北京 100081)

**摘要:** 滇池流域蔬菜花卉基地, 氮的流失量随着施肥量的增加而增加, 当纯氮用量达到 1 200 kg/hm<sup>2</sup> 时, 直接淋洗量达到了 79.5 kg/hm<sup>2</sup>, 潜在淋洗量达到了 266.55 kg/hm<sup>2</sup>, 分别是低量施肥 (450 kg/hm<sup>2</sup>) 的 2 倍和 3 倍多。HF (高量施肥) 处理的流失率是 29%, LF 处理流失率是 11%。如果采取有效的调控措施, 使施肥量合理化, 从目前 1 200 kg/hm<sup>2</sup> 减少到合理施肥 450 kg/hm<sup>2</sup>, 那么每年将减少 0.758 万 t 纯氮进入滇池。

**关键词:** 总氮; 土壤水; 施肥量; 流失; 潜在

**中图分类号:** S 636.3.062 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-390X(2006)05-0670-03

## Analysis on Runoff of Nitrogen Protective Celery Field in Dianchi Lake Drainage Areas

HU Wan-li<sup>1</sup>, KONG Ling-ming<sup>1</sup>, DUAN Zong-yuan<sup>1</sup>, LU Chang-ai<sup>2</sup>, XIA Ti-yuan<sup>1</sup>

(1. Agricultural Resource & Environment Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, China;

2. Soil and Fertilizer & Soil Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

**Abstract:** The research shows that amount of runoff nitrogen is very severity on the base of flower and vegetable in Dianchi Lake. The mount of nitrogen lost is increased with nitrogen input. When the amount of nitrogen input reaches 1 200 kg/hm<sup>2</sup>, 79.5 kg nitrogen is been runoff, 266.66 kg nitrogen is conserved in soil water. Which are two and three times in treat LF respectively. Runoff rat of nitrogen input is 29 percent in treat HF, and 11 percent in treat LF. If effective ways are taken to make nitrogen input more reasonable, the amount of nitrogen input decreases from 1 200 kg/hm<sup>2</sup> to 450 kg/hm<sup>2</sup>, Nitrogen lost will decrease 75 800 t into Dianchi Lake each year.

**Key words:** nitrogen; soil water; fertilizer; runoff; latent

滇池是我国著名的淡水湖泊, 位于云南省中部, 20 世纪 70 年代滇池水质良好, 具有丰富的生物多样性。到 20 世纪 90 年代, 滇池出现了严重的富营养化<sup>[1~2]</sup>。近年来, 随着集约化农业的发展, 耕作方式的改变及土地利用率的提高, 农民为了追求更高的经济效益, 施肥用量也大幅度增加, 从而地下水被污染的风险也随之加大, 据 2002~2004 年调查统计显示, 滇池流域蔬菜、花卉地平均每公顷

使用纯氮 1 200 kg<sup>[3~4]</sup>。近年来, 花卉产业随着经济的发展, 滇池流域成为中国最大的花卉生产基地, 化肥施用量迅猛增加到每年 (纯氮) 18 000 kg/hm<sup>2</sup>。施肥水平远远超过中国的每年平均化肥施用水平 5 625 kg/hm<sup>2</sup><sup>[3~4]</sup>。随着施肥量的增加, 无疑化肥的流失量增加, 严重威胁地下水环境。在滇池流域特殊的环境下, 化肥的流失情况到底怎么样? 针对这一问题, 本试验展开了研究。

收稿日期: 2005-10-18

\* 基金项目: 省院省校科技合作项目 (2004YX37); 国家科技部“十五”重大专项资助项目 (K99-05-35-02)。

\*\* 通讯作者

作者简介: 胡万里 (1977-), 男, 云南会泽人, 主要从事植物营养及农业面源污染研究工作。

1 试验条件及设计

1.1 试验条件

试验地点设置在呈贡县大渔乡新村,试验地于1995年由水稻田改成大棚作物,棚龄8年。土壤质地属于壤沙土,该大棚属于滇池的二级阶地,土壤肥力肥沃。地下水位为130 cm。2003年7月14日移栽西芹(文图拉 ventura)10月10日采收。土壤各种元素含量分别是:TN 0.212%, TP

0.347%,灌溉水来源滇池水。

1.2 试验设计及材料

1.2.1 试验设计

试验设置4个处理:(1)CK:不施肥不种植作物;(2)NF:不施肥种植作物;(3)LF:低量施肥(合理投入量450 kg/hm<sup>2</sup>);(4)HF:高量施肥(农户习惯施肥量1200 kg/hm<sup>2</sup>)。5次施肥的比例为1:1:2:3:2.5。

表1 施肥表

Tab.1 Table of fertilize

施肥时期 period of fertilize	N/(kg·hm <sup>-2</sup> )			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /(kg·hm <sup>-2</sup> )			K <sub>2</sub> O/(kg·hm <sup>-2</sup> )		
	CK/NF	LF	HF	CK/NF	LF	HF	CK/NF	LF	HF
第1次 the first	0	45	120	0	135	540	120	120	120
第2次 the second	0	40.5	108	0	18	72	30	30	30
第3次 the third	0	81	216	0	36	144	60	60	60
第4次 the fourth	0	162	432	0	36	144	90	90	90
第5次 the fifth	0	108	324	0	0	0	60	60	60

自作物移栽开始,在作物的整个生育时期中,连续动态监测不同土壤层次土壤水的总氮含量、土壤含水率、土壤溶重、饱和土壤水的含水率及灌溉水量。

1.2.2 材料

肥料:氮肥为尿素:含N 46%,云南云天化生产。钾肥:为硫酸钾,含K<sub>2</sub>O 48%,德国生产。磷肥:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 17%,晋宁磷肥厂生产。试验作物为西芹(文图拉 ventura)。

1.3 计算养分流失量公式<sup>[4]</sup>

$$Q_1 = \int_1^t \{ Q - [V_1 \times (\theta - \theta_1)] \times C_1 \times \rho_1 \} d_t$$

$$Q_2 = \int_1^t \{ [Q_1/C_1 - V_2 \times (\theta - \theta_2)] \times C_2 \times \rho_2 \} d_t$$

$$Q_n = \int_1^t \{ q_{n-1}/C_1 - [V_n \times (\theta - \theta_n) \times C_n \times \rho_n] \} d_t$$

式中:Q为灌溉水量

n为土壤层

θ为饱和土壤水土壤的含水率

θ<sub>n</sub>为第n层土壤的含水率

t为时间

ρ为土壤溶重

V为层土体积

Q<sub>n</sub>为流出第n层土壤的养分量

计算养分潜在量公式:

$$Q_1 = \int_1^t \{ [V_1 \times (\theta - \theta_1)] \times C_1 \times \rho_1 \} d_t$$

$$Q_2 = \int_1^t \{ [V_2 \times (\theta - \theta_2)] \times C_2 \times \rho_2 \} d_t$$

$$Q_n = \int_1^t \{ [V_n \times (\theta - \theta_n) \times C_n \times \rho_n] \} d_t$$

n为土壤层

θ为饱和土壤水土壤的含水率

θ<sub>n</sub>为第n层土壤的含水率

t为时间

V为层土体积

ρ为土壤溶重

Q<sub>n</sub>为第n层土壤的水中储存的养分量

2 结果及分析

2.1 试验数据(表2)

2.2 不同施肥量处理氮的淋洗情况(表3)

通过对作物整个生育时期的连续动态监测,在饱和灌溉的条件下,利用箱式递推法计算出不同处理流失的养分量;在3个不同施肥水平处理中, HF, LF, NF处理淋洗到地下水中的总氮量分别是:79.78 kg/hm<sup>2</sup>, 41.69 kg/hm<sup>2</sup>, 7.66 kg/hm<sup>2</sup>。其中HF处理的淋洗量最大,淋洗量为79.78 kg/hm<sup>2</sup>,是LF处理淋洗量的2倍,是处理NF淋洗量的10倍。

导致 HF 处理淋洗量大的主要原因在于氮肥的施用过大,其施肥量远远超过作物的需求量,同时和灌溉水量及土壤物理结构都有关系,试验土壤上层为壤土,下层为沙土,氮容易被淋洗。NF 处理是不施肥处理,但是还是有少量的淋洗量,其主要原因在于灌溉水为滇池水,属于污水灌溉。其次是由于

土壤种植蔬菜年限较长,长期投入大量的氮肥,导致土壤含氮量较高,在灌溉水的冲洗下,土壤与土壤水之间的动态平衡吸附-解析过程,导致土壤中氮的流失。LF 处理中,氮淋洗量比 HF 处理中的淋洗量较少,从以上结果可以看出,氮的淋洗量和施氮量呈正相关。

表 2 不同层次土壤的物理性质  
Tab. 2 Physical character of different layer soil

层次 layer of soil	0 ~ 20/cm	20 ~ 40/cm	40 ~ 60/cm	60 ~ 80/cm	80 ~ 130/cm
溶重 $\rho / (\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$ density of soil	1.02	1.05	1.06	1.1	1.06
饱和含水率 $\theta / \%$ rate of saturated water in soil	48	48	48	48.6	49

表 3 不同施肥水平下氮磷淋洗量及土壤水中保存量  
Tab. 3 Effect of different fertilize on nitrogen's amount of runoff and conserved

处理 treatments	潜在流失量/ ( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) latent mount of runoff	流失量/ ( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) mount of runoff	流失率/ rate of runoff
HF	266.55	79.48	29
LF	84.68	41.69	11
NF	-41.59	7.66	/

### 2.3 不同施肥量处理土壤中潜在养分状况

在 3 个不同施肥水平处理的在整个生育时期中, HF, LF, NF 处理残留在土壤水中的总氮量分别是: 266.55  $\text{kg}/\text{hm}^2$ , 84.68  $\text{kg}/\text{hm}^2$ , -41.95  $\text{kg}/\text{hm}^2$ 。其中 HF 处理的淋洗量最大, 残留量为 266.55  $\text{kg}/\text{hm}^2$ , 是 LF 处理残留量的 3 倍多, 导致 HF 处理残留量大的主要因素是施肥量过高。NF 处理出现负残留。主要因素在于没有投入氮, 作物生长掠夺了土壤中的氮, 同时在大棚特殊的环境下, 作物的蒸腾作用比较突出, 虽然灌溉水中带入了一定的养分, 但是为了满足农作物的生长, 土壤出现了养分的亏损。即使是在 LF 处理中, 土壤水中氮也有所盈余, 其盈余的量足够维持土壤的肥力, 相比之下, LF 处理中, 施肥量比较合理, 能满足作物的生长, 同时也能维持土壤的肥力所需要的养分, 同时也说明, 在 HF 处理中, 氮肥的施用量太大, 既造成肥料的浪费又造成地下水的污染。

### 3 结果讨论

近年来, 随着集约化农业的发展, 耕作方式的改变, 土地利用率的提高, 农民为了追求经济效益, 施肥用量也大幅度增加, 从而地下水被污染的风险也随之加大, 据 2002 ~ 2004 年调查统计显示, 滇池流域蔬菜、花卉地平均使用纯氮 1 200  $\text{kg}/\text{hm}^2$  [3-4]。滇池流域土地利用率高, 平均每年种植 3 茬以上。平均按 3 茬计算, 1  $\text{hm}^2$  土地 1 年将向滇池淋洗纯氮 238.44  $\text{kg}$ 。潜在流失量 799.65  $\text{kg}$ 。当夏季暴雨径流冲洗或浸泡, 潜在氮将一迸而出流入滇池。如此计算, 土地将有 1 038.09  $\text{kg}/\text{hm}^2$  纯氮流入滇池。滇池流域现有耕地 2 万  $\text{hm}^2$  土地, 那么, 每年从土地流入滇池的纯氮大约 2 万 t 以上。如果当地政府采取有效的措施, 使肥料用量合理化, 从现目前 1 200  $\text{kg}/\text{hm}^2$  减少到合理施肥 450  $\text{kg}/\text{hm}^2$ , 那么每年将减少 75 800 t 纯氮进入滇池。

表 4 每年流入滇池氮的量

Tab. 4 The amount of nitrogen put into Dianchi Lake  
 $\text{kg}/\text{hm}^2$

处理 treatments	潜在流失量 latent mount of runoff	流失量 mount of runoff	流失总量 total mount of runoff
HF	799.65	238.44	1 153.4
LF	254.04	125.07	421.2
差量 dispersion	545.61	113.37	732.2

- [4] 孙星钊, 宋建农, 杨海燕. 温室大棚用无轮耕耘机的研究[J]. 中国农业大学学报, 1997, 2(6): 28 - 31.
- [5] 关艳玲, 涂澄海. 1GL-60 型温室旋耕机的研究[J]. 农机化研究, 1993, (4): 27 - 30.
- [6] 靳锁芳, 郑庆山, 马佳林. 小动力耕耘机研究[J]. 农业机械学报, 1994, 25(3): 107 - 110.
- [7] 桑正中. 农业机械学(上册)[M]. 北京: 中国机械工业出版社, 1991.
- [8] 长广仁藏. 旋耕拖拉机基本设计理论[M]. 北京: 机械工业出版社, 1978.
- [9] 西涅阿夫科. H. 土壤耕作机械的理论和计算[M]. 北京: 机械工业出版社, 1978.
- [10] 陈魁. 应用概率统计[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.
- [11] 曾德超. 机械土壤动力学[M]. 北京: 北京科学技术出版社, 1990.
- [12] 周宏明, 薛伟, 桑正中. 旋耕机总体参数的优化设计模型[J]. 农业机械学报, 2001, 32(5): 37 - 39.
- [13] 陈立舟. 机械优化设计方法[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1984.
- [14] 刘孝明, 尤玉铠, 周晓艳. 旋耕机运动参数优化问题的讨论[J]. 农业机械学报, 1996, 27(2): 137 - 140.

=====

(上接第 672 页)

#### 4 结论

(1) 氮的流失量随着施肥量的增加而增加, 当纯氮用量达到  $1\ 200\ \text{kg}/\text{hm}^2$  时, 淋洗量达到了  $64.5\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 。是低量施肥( $450\ \text{kg}/\text{hm}^2$ )的 2 倍。

(2) 氮的潜在淋洗量也是随着施肥量的增加而增大, 当纯氮用量达到  $1\ 200\ \text{kg}/\text{hm}^2$  时, 淋洗量达到了  $266.55\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 。是低量施肥( $450\ \text{kg}/\text{hm}^2$ )的 3 倍多。

(3) 氮的流失率随着肥料用量的增加而增大, HF 处理的流失率是 29%, LF 处理流失率是 11%。如果当地政府采取有效的调控措施, 使施肥量合理化, 从现目前  $1\ 200\ \text{kg}/\text{hm}^2$  减少到合理施肥  $450\ \text{kg}/\text{hm}^2$ , 那么每年将减少  $75\ 800\ \text{t}$  纯氮进入滇池。

(4) 氮肥在施入土壤后, 除作物吸收外, 主要的是被土壤水所保存, 对地下水造成潜在的威胁, 同时, 有相当部分被直接淋洗到地下水。

#### [参考文献]

- [1] 雷宝坤, 刘宏斌. 滇池流域设施条件下氮磷对土壤硝酸盐累积的影响[J]. 云南农业大学学报, 2004, 19(3): 330 - 333.
- [2] 雷宝坤, 张维理, 段宗颜, 等. 滇池流域设施条件下生菜地氮磷减控研究[J]. 西南农业大学学报, 2005, 27(1): 55 - 59.
- [3] 燕惠民. 中国农业面源污染现状与防治对策[A]. 邹瑞菡, 王青丽. 全国农业面源污染与综合防治学术研讨会论文集[C]. 北京: 中国农学通报期刊社, 2004.
- [4] 李保国, 李珠韵. 土壤溶质运移[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [5] 王欧. 农业面源的综合防治与补偿机制的建立[A]. 邹瑞菡, 王青丽. 全国农业面源污染与综合防治学术研讨会论文集[C]. 北京: 中国农学通报期刊社, 2004.
- [6] 李学恒. 土壤化学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [7] 侯光炯. 土壤学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1986.
- [8] 马朝红, 方建坤. 蔬菜地土壤养分累积与环境风险[J]. 长江蔬菜, 2000, (12): 43 - 45.
- [9] 王朝辉, 宗志强, 李生秀. 蔬菜的硝态氮积累及菜地土壤的硝态氮残留[J]. 环境科学, 2002, 23(3): 79 - 84.
- [10] 胡春胜, 程一松. 华北平原施氮对农田土壤溶液中硝态氮含量的影响[J]. 资源科学, 2001, 23(6): 45 - 48.