

施肥对滇池流域农田土壤氮流失的影响

段永蕙, 张乃明, 张玉娟

(1. 山西财经大学环境经济系, 太原 030006; 2. 云南农业大学资源与环境学院, 昆明 650201)

摘要: 采用模拟实验的方法, 研究了滇池流域农田 N 素的去向及施肥方法、不同肥料配方对农田 N 流失的影响。结果表明, 不同 N 肥品种对农田 N 的去向与利用率的影响不同, 作物(水稻)对尿素的吸收利用率高于碳铵, 施用碳铵的径流与渗漏损失大于尿素; 合理的基肥比例及追肥次数, 适当的种植密度及适量的 N、P、K 肥配合既可提高白菜产量, 又可降低径流中 N 的流失量; 不同改性肥料配方可以调控农田径流 N 的污染负荷。

关键词: 施肥; 氮流失; 非点源污染; 滇池流域

中图分类号: S 147. 2; X 53

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2004) 03-0243-02

Effect of Fertilizer Application on Nitrogen Loss from Farmland Runoff in Dianchi Watershed

DUAN Yong-hui¹, ZHANG Nai-ming², ZHANG Yu-juan²

(1. Department of Environmental Economics, Shanxi University of Finance Economics, Taiyuan 030006, China;

2. College of Resources & Environmental Science, Yunnan Agriculture University, Kunming 650201, China)

Abstract: By means of simulation test, the movement state of nitrogen and effect of fertilizer application on nitrogen loss from farmland runoff were studied in Dianchi watershed. The result showed that the movement state and utilization ratio of nitrogen derived from chemical fertilizers varied with different fertilizer varieties, the assimilate nitrogen and utilization ratio of crops from urea were higher than from ammonium bicarbonate, among the fertilizer nitrogen loss from farmland runoff and leaching loss, ammonium bicarbonate application were higher than urea. The rational ratio between base fertilizer and top application, proper plant growing density, moderate fertilizer application quantities could reduce nitrogen loss and heighten cabbage yield; the different compound fertilizers and improvement fertilizers could control nitrogen pollution loading from farmland runoff.

Key words: fertilizer application; nitrogen loss; non-point source pollution; Dianchi watershed

随着近年来点源污染控制工程的逐步实施, 非点源污染问题越来越受到人们重视。N 素是农田生产力的主要限制因子之一, 在大多数情况下施用 N 肥都可以获得明显的增产效果, 但农田 N 素流失引起的地表水体富营养化等一系列环境问题日益严重^[1-3], 由于 N 污染物随地表径流流失机理的复杂性以及作物生长发育与土壤条件的区域性, 虽然对农田径流 N 流失影响因素研究已有报道, 但田间施肥对农田径流 N 污染负荷的控制研究还处于探索阶段^[4-9]。尤其是从流域尺度研究不同施肥方法、不同肥料配方的定量研究鲜见报道。本文以滇池流域为研究区, 对农田 N 去向与利用率进行了研究, 设计和实施不同施肥方法、不同肥料配方的田间施肥模拟实验, 以对有效防治农业非点源污染提供依据。

1 试验材料与方法

1.1 供试土壤

试验于 2001~2003 年在昆明市郊区云南农大实验农场进行, 小区面积为 2 m × 0.85 m, 坡度为 8°; 供试土壤为红壤, 质地为黏壤, pH 6.55, 有机质含量 29.3 g/kg, TN 2.7 g/kg, TP 0.40 g/kg, TK 15 g/kg, 碱解 N 136 mg/kg, 速效 P 26.3 mg/kg, 速效 K 123 mg/kg。以白菜为供试作物, 设计了不同肥料品种、不同措施的田间小区试验。田间管理同一般大田。

1.2 试验设计

不同施肥方法最佳控制技术组合优选试验采用 4 因素

① 收稿日期: 2004-06-23

基金项目: 云南省应用基础研究基金项目(No. 1999C0011G)

作者简介: 段永蕙(1964-), 女, 汉族, 硕士, 副教授, 主要从事环境地学与环境评价方面的教学与科研工作。

3 水平 L₉(3⁴) 正交试验设计(见表 1), 2 次重复。

表 1 不同施肥方法对 N 流失影响正交试验因素水平表

水平	基肥比例及 追肥次数	密度/ (株·hm ⁻²)	施纯 N/ (kg·hm ⁻²)	施纯 P/ (kg·hm ⁻²)
	A	B	C	D
1	1/5+3 次	71460	150	150
2	2/5+2 次	92625	225	225
3	3/5+1 次	125055	300	300

不同肥料品种试验按 3 因素 3 水平正交试验设计(见表 2), 3 次重复, 全部肥料为一次性基肥施于白菜播种前的田中。

表 2 肥料品种及水平对 N 流失影响正交试验因素、水平表

水平	因素		
	N	P	K
1	尿素 120 g	普钙 168 g	0 g
2	碳铵 320 g	普钙 168 g+ 调理剂 16.8 g	硫酸钾 10 g
3	改性碳铵 360 g	磷酸二氢钾 22 g	硫酸钾 30 g

不同改性肥料调控试验设 5 个处理 3 次重复, CK 为对照处理, 是未经任何改性处理的复合肥, G₁、G₂、G₃、G₄ 是在原复合肥基础上采用不同的改性包膜材料进行处理, 供试作物为白菜。模拟试验采用人工降雨装置进行。

1.3 样品制备与分析方法

从模拟人工降雨产生径流开始, 用广口瓶收集计量每个处理的径流液的数量, 径流中 TN 采用过硫酸钾氧化—紫外分光光度法测定。每组试验都重复三次, 取平均值。

2 结果与讨论

2.1 农田 N 去向与利用率

N 肥是农业生产中使用量最大的肥料品种, 同时也是最容易迁移进入地表水或地下水的污染物。本研究选择滇池流域常用的两种 N 肥即尿素和碳酸氢铵, 进行 N 去向的模拟实验, 模拟实验采用微区实验, 其中作物水稻吸收量为水稻根、秸秆、和籽实中 N 含量乘以相应的生物量, 土壤中残留量为水稻收获后土壤 N 含量减去施肥前土壤 N 含量, 径流或下渗损失通过分别测定农田排水和下渗水中 N 的含量和水的数量算得, 挥发损失利用差减法计算得到。由表 3 的结果可见, 作物对尿素的吸收利用率高于碳铵, 从 N 对环境威胁的角度看, 由于碳铵的径流与渗漏损失大于尿素, 对水体的直接的威胁是碳铵大于尿素, 但由于尿素在土壤中残留多于碳铵, 因此, 对水体的潜在风险为尿素大于碳铵。

表 3 滇池流域农田 N 去向和利用率 %

氮肥品种	土壤残留	作物吸收	挥发损失	渗漏与径流
尿素	25.7	39	25.1	10.2
碳铵	22.9	31.2	33.5	12.4

滇池流域沿湖乡镇的化肥投入量普遍较高, N 肥平均施用强度为(换算成 N) 1 289.2 kg/(hm²·a), 农田径流 TN 年均流失量为 5.07~113.16 kg/hm², N 肥施用强度与农田径流中 TN 负荷具有一定的相关性, r=0.87(n=16)。因此, 通过施肥方法的改进和施肥量的确定及研制 N 肥新品种可有

效的减少 N 的流失。

2.2 不同施肥方法对土壤 TN 流失的影响

施肥方法是影响作物营养元素吸收利用的一个主要因素, 同时对土壤径流养分含量也起着重要作用。本研究小区面积 24 m², 通过设置不同基肥比例及追肥次数、栽培密度、施纯 N 量及施纯 P 量 4 因素 3 水平的正交试验, 进行极差分析, 结果表明, 各因素对 TN 流失影响的主次顺序为: 纯 N 用量—密度—基肥比例及追肥次数—纯 P 用量。纯 N 用量和种植密度对 TN 流失的影响极大。表 4 的研究结果表明, 使 TN 流失量最少的处理组合是 A₃+B₂+C₂+D₂, 即基肥比例占 60%、追肥 1 次、密度为 92 625 株/hm²、施纯 N 225 kg/hm²、施纯 P 225 kg/hm², 这与白菜产量最高的处理组合相同。由此组合方案分析, 表施且施肥次数多会增加 N 素径流流失的风险, 因此基肥比例占 60%、追肥 1 次, 比常规施用法追肥 2~3 次施入, 要大大降低 N 素径流污染负荷。种植密度大, 一方面可增加地表覆盖率, 减少径流损失, 增加入渗, 同时也可有效吸收土壤中的营养成分, 但密度太大, 会影响作物生长发育, 反而降低其对土壤营养成分的有效利用, 因此密度为 92 625 株/hm² 既可增加白菜产量, 同时其地表径流 N 污染负荷又比较低。白菜为需 N 量大的植物, 在施 N 225 kg/hm² 的条件下, 可最大限度的满足其对 N 的吸收需要, 提高对 N 的有效利用率, 相应的降低径流中 N 的浓度。本实验中, P 肥的不同处理对 N 的流失影响不大, 对白菜产量的影响也较小, 主要是由于供试 P 肥施用水平的下限已能满足白菜生长对 P 的供给。

表 4 不同处理对 TN 流失的影响比较 kg/hm²

基肥比例 及追肥次数	TN 流失量 (株·hm ⁻²)	密度/ TN 流失量	施纯 N 量 TN 流失量	施纯 P 量 TN 流失量			
	A ₁	146.80	B ₁	145.20	C ₁	147.21	D ₁
A ₂	143.01	B ₂	135.61	C ₂	131.60	D ₂	142.60
A ₃	139.60	B ₃	148.61	C ₃	150.60	D ₃	144.01

2.3 不同肥料配方对土壤 N 流失的影响

2.3.1 不同肥料品种配合对土壤 TN 流失的影响

N、P、K 肥配合可有效提高白菜产量, 同时也会对土壤径流养分含量产生影响。本研究在不同 N 肥品种对土壤径流 N 污染负荷试验基础上, 将尿素、碳酸铵与改性碳酸铵作为不同处理, 分别与不同 P 肥、K 肥进行 3 因素 3 水平的正交试验。极差分析与方差分析结果表明, 各因素对 TN 流失影响的顺序为: N 肥—P 肥—K 肥, 其中 N 肥达显著水平, F_{0.05}=7.93。表 6 研究结果表明, 使 TN 流失量最少的处理组合是 N₁—P₂—K₁。施用尿素比施用碳铵 TN 的流失要少, 主要是由于土壤胶体吸附尿素的机理是以氢键结合为主 (Mitsui, 1967), 导致尿素与土壤的结合力比土壤与 NH₄⁺ 的结合力要强; 另外尿素的含 N 量远大于碳铵的含 N 量, 故作物对其吸收率也会高于碳铵, 从而间接减少 N 素的流失。由于正交试验是部分试验的试验设计, 所以分析选出的最优处理组合常常不一定与实际试验结果最好的处理组合相符, 通

化肥的配合施用, 以满足蔬菜生长对氮、磷、钾的需求。

3 结 论

(1) 蔬菜的轮作倒茬(栽培模式)不但要考虑是否有共同的病虫害, 还要考虑蔬菜根系分泌物对下茬蔬菜的抑制作用。蔬菜栽培模式番茄—黄瓜、番茄—菜豆、番茄—生菜、番茄—番茄和番茄—白菜不宜采用, 特别是番茄—黄瓜这种栽培模式, 若想采用其它模式, 必须进行育苗移栽。

参考文献

- [1] 孔垂华, 胡非. 植物化感作用及其应用[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.
- [2] 许前欣, 赵振达, 李秀文, 等. 钾肥对蔬菜产量品质效应的研究[J]. 土壤肥料, 1999, (2): 23- 25.
- [3] 谢建昌. 钾与中国农业[M]. 南京: 河海大学出版社, 2000.
- [4] 何天秀, 何成辉, 吴得意. 蔬菜中硝态氮含量及其与钾含量的关系[J]. 农业环境保护, 1992, 11(5): 209- 211.
- [5] 范德纯, 杨鉴肪, 符新昌, 等. 土施钾对蔬菜产量和品质影响的研究[J]. 陕西农业科学, 1990, (2): 20- 21.
- [6] 周兆德, 李天贵, 黄启为. 磷钾配比对叶类蔬菜产量和品质的影响[J]. 湖南农学院学报, 1991, 17(增刊): 395- 399.
- [7] 杨暹, 关佩聪, 陈玉娣. 氮钾营养与花椰菜氮素代谢和产量的初步研究[J]. 华南农业大学学报, 1994, 15(1): 85- 90.
- [8] 马茂桐, 陈际型, 谢建昌. 菜园土壤肥力与蔬菜合理施肥[M]. 南京: 河海大学出版社, 1997. 25- 33.

(上接第244页)

常可以用分析选出的最优处理组合与实际结果较低的处理组合再重复试验一次, 以提高试验结果的正确性。本研究重复试验后, 认为 $N_1-P_2-K_1$ 是使TN流失量最少的处理组合。

表5 各处理各水平对TN流失影响比较 kg/hm^2

N 肥	TN 流失量	P 肥	TN 流失量	K 肥	TN 流失量
1	72.02A	1	106.17B	1	95.89A
2	92.74B	2	88.46A	2	98.60AB
3	128.04C	3	100.89AB	3	101.03B

注: 同一组的数字有相同字母者, 其间的差异没有达到 $p=0.01$ 水平的显著度。下同。

2.3.2 不同改性肥料调控土壤N流失的效果

表6 不同改性肥料对N流失的影响

改性肥料	N 径流损失/%	比对照减少率/%
CK	45.71	
G ₁	30.21	33.90
G ₂	27.52	39.81
G ₃	19.29	57.82
G ₄	23.84	47.91

为降低土壤径流中N的污染负荷, 在提高作物产量的同时, 本研究在前述工作的基础上, 通过对N、P复合肥进行一系列的改性处理(见表7), 研制出G₁、G₂、G₃、G₄四种改性肥料配方, 它们对N的径流流失影响各不相同, 其中G₁虽

参考文献:

- [1] 谢红梅, 朱波. 农田非点源氮污染研究进展[J]. 生态环境, 2003, 12(3): 349- 352.
- [2] Onema O, Roest C W J. Nitrogen and phosphorus losses from agriculture into surface waters: the effects of policies and measurements in the Netherlands[J]. Water Science and Technology, 1998, 37: 19- 30.
- [3] Smith K A, Jackson D R, Pepper T J. Nutrient losses by surface runoff following the application of organic manures to arable land: nitrogen[J]. Environmental Pollution, 2001, 112: 41- 51.
- [4] 潘根兴, 褚清河, 张英, 等. 太湖地区高产水稻土经济极点施肥: 一种农田N、P养分负荷的田间控制技术[J]. 环境科学, 2003, 24(3): 96- 100.
- [5] 黄满湘, 章申, 张国梁, 等. 北京地区农田氮素养分随地表径流流失机理[J]. 地理学报, 2003, 58(1): 147- 153.
- [6] 张兴昌, 邵明安. 坡地土壤氮素与降雨—径流的相互作用机理及模型[J]. 地理科学进展, 2000, 19(2): 128- 134.

(2) 不同的蔬菜种类需要的氮、磷、钾的比例不同, 同一种蔬菜在不同的产量水平下氮、磷、钾的施肥量不同。因此, 在生产蔬菜时应根据蔬菜的种类和目标产量确定其施肥量及氮、磷、钾的配比。

(3) 不同的肥料种类施用的时期不同。磷肥和钾肥应作为底肥在整地时施入土壤, 或者在蔬菜生长前期施用, 氮肥可作为追肥, 在蔬菜的生长期分次追施。施肥时采用穴施或条施, 以减少肥料的浪费。

然比CK的径流流失大大降低, 但要比G₂、G₃与G₄损失高。G₂、G₃、G₄可分别适用于不同要求条件下的田间施肥技术, 可根据接纳水体水质的要求标准及允许容量来选择G₂、G₃、G₄的施用, 是既可增加作物产量, 又可降低N、P流失量的比较理想的改性肥料配方。但其长期效应仍需进行观测实验。

3 结 论

不同N肥品种对农田N的去向与利用率的影响不同, 作物(水稻)对尿素的吸收利用率高于碳铵, 施用碳铵的径流与渗漏损失大于尿素。

采用不同施肥方法可调控地表径流N的流失量, 合理的基肥比例及追肥次数、适当的种植密度及施用一定量的N肥、P肥, 既可提高作物(白菜)产量, 同时又降低径流中N的污染负荷。

不同的肥料品种配合对地表径流中N的流失量影响不同。合理的N、P、K肥配施可减少N的污染输出, 同时获得较高的白菜产量。

通过对不同改性肥料调控土壤N流失的实验研究, 研制出既可增加作物产量, 又可降低N流失量的比较理想的改性肥料配方。