

不同肥料比对南方烟田土壤养分淋溶的影响

李良勇¹, 刘峰², 李帆¹, 黄松青¹, 邹喜明¹

(1.湖南省长沙市烟草公司浏阳营销部, 湖南 浏阳 410300; 2.湖南农业大学农学院, 长沙 410128)

摘要: 为探明大田烤烟基肥施用方式对土壤养分淋溶的影响, 通过田间小区试验, 对5种不同肥料配比下土壤养分淋溶规律进行了研究。结果表明, 烤烟生长期的烟田土壤氮素淋失以硝态氮为主, 呈现出先低后高, 然后降低的趋势, 单施无机肥处理的淋溶量最大, 对地下水污染存在潜在危险; 铵态氮淋溶量很少, 下层土壤淋溶水铵态氮的质量浓度呈现低-高-低的趋势, 不同处理间差异明显, 施用高比例有机肥有利于减少铵态氮淋溶; 土壤淋溶水速效钾动态变化呈现低-高-低的规律, 有机、无机肥配施可不同程度减少速效钾的淋失率, 单施无机肥对地下水的污染威胁高于其它处理。为减少土壤养分淋溶, 在我国南方烤烟基肥施用方式上, 提倡20%以上的有机肥与无机肥配施。

关键词: 烤烟; 肥料; 土壤养分; 淋溶

中图分类号: S572.062

文献标志码: A

文章编号: 1007-5119 (2009) 02-0047-06

Effects of Different Fertilizer Ratio on Nutrient Leaching in Tobacco Fields of South China

LI Liangyong¹, LIU Feng², LI Fan¹, HUANG Songqing¹, ZOU Ximing¹

(1.Liuyang Marketing Department, Changsha Tobacco Corporation, Liuyang, Hunan 410300, China; 2.Agronomy College, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract: A field experiment with five fertilizer treatments was carried out to study the effects of various fertilizer rates on nutrient leaching in soil in Liuyang, Hunan Province. Results indicated that NO_3^- -N was the main part of nitrogen leaching in growth stage of flue-cured tobacco, and the content of NO_3^- -N decreased firstly, then increased and decreased subsequently. The maximum level of NO_3^- -N leaching was observed in the treatment of zero organic fertilizer, with potential pollution to underground water. The loss of NH_4^+ -N by leaching was quite low, and the content of NH_4^+ -N decreased firstly, followed by increase and decrease in lower soil layer. Significant difference occurred between different treatments, and higher ratio of organic fertilizer could reduce the leaching level of NH_4^+ -N. Dynamic changes of potassium content appeared low to high to low subsequently, and the leaching level of soluble potassium decreased with the increasing ratio of organic fertilizer, with higher pollution rate to underground water in zero organic treatment. The organic fertilizer exceeding 20% of basal fertilizer might be favorable for less leaching of soil nutrients in South China.

Keywords: flue-cured tobacco; fertilizer; soil nutrition; leaching

农田养分淋失是养分损失的主要途径之一, 施入土壤中的肥料大约30%~50%经淋溶而进入地下水^[1-2], 氮、磷、钾等富营养物质随径流流失, 是形成农业非点源污染的主要来源。近年来, 提高农业生产系统中养分的利用率, 减少养分的损失和避免养分对环境的污染等逐渐成为研究热点, 但目前多采用室内模拟或小型测坑进行研究^[3-7], 且主要集中在

旱地土壤氮的淋失方面^[8-9], 而对烟田土壤养分淋失的研究则鲜见报道。随着社会经济的发展和人类环境意识的增强, 对烟草制品的质量和安全性要求也越来越高。发展安全性烟草生产, 可以保护和改善农业生态环境, 提高烟草制品质量, 增加经济效益, 也是促进烟草可持续发展的一条重要途径。湘东浏阳烟区作为我国著名的优质烟产区, 是我国江

南丘陵山地烤烟的典型代表。笔者通过田间试验,研究了不同肥料配比对烟田土壤养分淋溶的影响,以期为我国南方的烤烟施肥及减少烟草种植业面源污染提供科学依据和理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验条件

试验于 2007 年在湖南浏阳市淳口镇南冲村进行。该地属亚热带湿润季风气候区,2007 年烤烟生长期(3~7 月)总降雨量 492.5 mm,月平均降雨量 98.5 mm,与历年同期相比有所减少;生长期月平均气温 20.92 °C,与历年同期相比变动幅度不大。供试土壤为红棕壤,耕作层(0~25 cm)土壤基本理化性状:pH 为 5.32,全氮 1.82 g/kg,碱解氮 125.3 mg/kg,全磷 0.4 g/kg,速效磷 47.4 mg/kg,全钾 18.08 g/kg,速效钾 98.2 mg/kg,缓效钾 146.7 mg/kg,有机质 25.13 g/kg,Fe 71.8 mg/kg,Mn 14.7 mg/kg,Cu 3.3 mg/kg,Zn 3.5 mg/kg。前茬作物为水稻。

1.2 试验设计

采用单因素随机区组设计,5 个处理,3 次重复,共 15 个小区,小区面积 50 m²,各处理见表 1。所用有机肥为沼渣和油菜籽饼肥,其中沼渣的养分含量为:含水量 28.0%,全氮、全磷、全钾分别为 13.0, 14.3, 4.2 g/kg,有机质 658 g/kg,钙、镁、氯依次为 5.3, 3.4, 1.8 g/kg,腐殖质碳 23.14 mg/kg;油菜籽饼肥:含水量 23%,全氮、全磷、全钾分别

为 32.5, 7.9, 8.5 g/kg,钙、镁、氯依次为 8.1, 4.8, 1.1 g/kg,施用前经过完全腐熟。硝态氮复合肥由湖南金叶肥料有限公司生产,氮磷钾比例为 5:3:2。

各处理施肥总量一致,施氮水平为 127.5 kg/hm², $m(N):m(P_2O_5):m(K_2O)=1:1:2.5$,氮钾肥的基、追肥比例为 3:2。3 月 10 日施基肥,采用双层施肥法,追肥于 3 月 28 日、4 月 4 日、4 月 23 日分 3 次施入。烤烟品种为 G80,采用漂浮育苗,3 月 21 日移栽,行株距 1.2 m×0.5 m。移栽时用农用链霉素兑水浇灌,防治病害。其它栽培管理措施均按照本地优质烟生产技术方案要求进行。

1.3 测定项目及方法

3 月 10 日基肥施用前和移栽后第 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 周取土样,取样时不用不锈钢土钻在(垄内两烟株间中线处)每个小区中取 3 个直径为 3 cm、长度 120 cm 的土柱,每个土柱按 0~30, 30~60, 60~90, 90~120 cm 分为 4 层制成 4 个土壤混合样品。各小区淋溶水采用多孔杯法收集:打孔取土样后,在 120 cm 放置一容积为 100 mL 的收集瓶,然后将顶层孔口遮蔽覆土,在取样时打开孔口取水样。用 1 mol/L 的 NaCl 按 $V(\text{土}):V(\text{液})$ 为 1:5 振荡浸提,分别用紫外分光光度一校正系数法和靛酚兰比色法测定土壤硝态氮和铵态氮,火焰光度计法测定土壤速效钾。

1.4 数据处理

采用 DPS 数据处理系统进行数据方程拟合。

表 1 试验设计
Table 1 The experiment design

| 编号 | 处理 | 沼渣 | 油菜籽饼肥 | 硝态氮复合肥 | 钙镁磷肥 | 硝酸钾 | 硫酸钾 |
|---------|---|------|-------|--------|------|-----|-----|
| T1 (CK) | 不施有机肥 | 0 | 0 | 401 | 661 | 350 | 258 |
| T2 | 有机氮占总施氮量的 20%, 有机氮由沼渣提供, 无机氮占总施氮量的 80% | 1962 | 0 | 246 | 582 | 391 | 230 |
| T3 | 有机氮占总施氮量的 20%, 由沼渣和油菜籽饼肥提供, 比例为 1:1, 无机氮肥占总施氮量的 80% | 981 | 392 | 246 | 676 | 391 | 231 |
| T4 | 有机氮占总施氮量的 40%, 由沼渣和油菜籽饼肥提供, 比例为 1:1, 无机氮肥占总施氮量的 60% | 1962 | 784 | 145 | 632 | 352 | 268 |
| T5 | 有机氮占总施氮量的 60%, 由沼渣和油菜籽饼肥提供, 比例为 1:1, 无机氮肥占总施氮量的 40% | 2942 | 1177 | 49 | 585 | 305 | 310 |

2 结 果

2.1 烟田土壤硝态氮淋溶的动态变化

图 1、2 为土层 0~30 cm 和 120 cm 处 NO₃⁻-N 含量随时间的变化趋势。从图 1 可以看出，各处理 NO₃⁻-N 含量随时间的推移而下降，其原因可能为：

(1) 烤烟生育期的吸收作用导致土壤中 NO₃⁻-N 含量急剧下降；(2) 由于降雨和灌溉，部分 NO₃⁻-N 形态的氮素直接向下层移动，并淋出土体外，(3) 试验后期，烟株根系衰老、收缩，土壤根层形成大量孔隙，从而形成“优势流”，导致有效养分未经土壤的过滤作用而直接淋溶至土体外。由图 2 可知，除 T1 外，前期均只有少量 NO₃⁻-N 淋溶出土体，随着时间的推移 NO₃⁻-N 的质量浓度有缓慢上升的趋势。这可能是由于在烤烟生育后期，淋水量及肥料中转化为硝态氮的比例增加。移栽后 8~11 周左右达最大值，而后又呈下降趋势。从 NO₃⁻-N 质量浓度变化的拟合方程来看（表 2），各处理 NO₃⁻-N 淋溶高峰期存在差异。T1 的 NO₃⁻-N 质量浓度在移栽后 2~3 周迅速上升，移栽后 5~6 周（38 d）出现淋溶高峰，质量浓度极大值为 9.2 mg/L。T2~T5 的 NO₃⁻-N 淋溶水质量浓度上升较缓慢，极大值分别出现在 10、8、11、13 周，依次为 8.30、8.20、7.50、5.20 mg/L。综合表 2 数据可知，T1 的 NO₃⁻-N 淋溶水质量浓度峰值最高，出现时间最早；T5 的 NO₃⁻-N 淋溶水质量浓度峰值最低，出现时间最迟，这可能与降水量和有机肥施用量有关。对长沙地区

最近 23 年降雨量进行模型拟合($y = 1/(0.014932 - 0.004085x + 0.000396x^2)$, $r^2=0.8896^{**}$, x 为月份, y 为降水量)发现, 该区 4—6 月降水集中, 尤以 5 月上中旬降雨量最大, 平均为 227 mm, 强降水既能满足烤烟生长发育需要, 同时也可能导致土壤速效养分的大量淋失。土壤结构和理化性状与肥料的淋失量关系密切, T4、T5 有机肥施用量最高, 分别为 2 746, 4 119 kg/hm²。以上数据表明, 增施有机肥能改善土壤理化性状, 增加表面能, 提高土壤对肥料的固持能力, 从而减少养分淋失。

综合试验结果可知, 虽然各处理土壤的 NO₃⁻-N 淋溶水质量浓度均低于 10 mg/L (WHO 饮用水标准中的最大容许质量浓度), 但在本试验条件下, 单施无机肥处理的 NO₃⁻-N 淋溶对地下水威胁最大, 而有机、无机肥配施, 则可不同程度地减少硝态氮的淋溶。

2.2 烟田土壤铵态氮淋溶的动态变化

随着烤烟生长期的推进, 各处理田间土壤淋溶水 NH₄⁺-N 含量都呈现低—高一—低的趋势(图 3)。在施肥前, 各处理 NH₄⁺-N 含量差异不显著, 移栽后, 铵态氮大部分被吸附固定于土壤中, 土壤对铵态氮的吸附达到饱和, 在入渗水流作用下, NH₄⁺-N 也随之淋失, 再加之因烤烟生长需要, 铵态氮硝化加剧, 各处理的 NH₄⁺-N 值迅速降低。移栽后 3~7 周, 土壤铵态氮含量大幅下降; 移栽后 11 周, 又略有回升, 可能因此时正值烤烟中下部叶采收期, 土壤

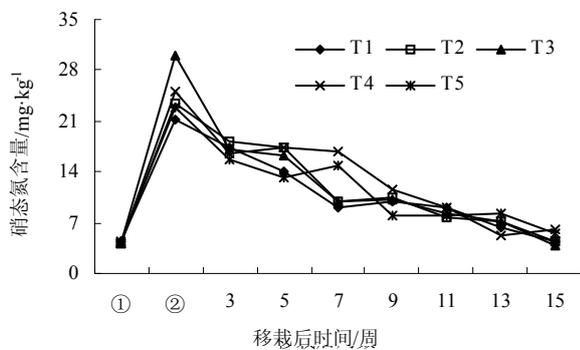


图 1 不同处理土壤 0~30 cm 硝态氮含量的变化
Fig. 1 Contents of NO₃⁻-N in 0-30 cm soil

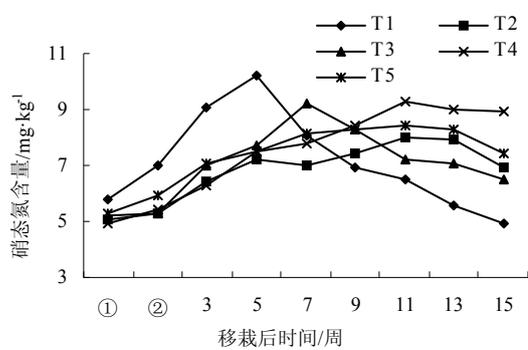


图 2 不同处理土壤 120 cm 硝态氮含量的变化
Fig. 2 Contents of NO₃⁻-N in 120 cm soil

表 2 不同处理下土壤 120 cm 处淋溶水硝态氮质量浓度的拟合方程
Table 2 Simulated equation of NO_3^- -N content variation in leachate of 120 cm soil under different treatments

| 拟合方程 $x[1, 15]$ | 决定系数(r^2) | 时间极大值(x, 周) | 质量浓度极大值(y, mg/L) |
|--|---------------|-------------|------------------|
| $\hat{y}_1=6.9228+0.582424x-0.051245x^2$ | 0.7734* | 5.6 | 9.2 |
| $\hat{y}_2=5.6601+0.531303x-0.026540x^2$ | 0.9752** | 9.8 | 8.3 |
| $\hat{y}_3=5.4422+0.684379x-0.041991x^2$ | 0.8146** | 8.3 | 8.2 |
| $\hat{y}_4=5.2735+0.437424x-0.020292x^2$ | 0.8898** | 10.8 | 7.5 |
| $\hat{y}_5=5.1480+0.522879x-0.017289x^2$ | 0.9733** | 13.1 | 5.7 |

注: *表示 5% 水平显著, **表示 1% 水平显著, 下同。

铵态氮的相对含量增加; 移栽后 15 周, 铵态氮含量降至最低。纵观整个生育期, T5 处理的铵态氮含量均维持在较高水平。

与 NO_3^- -N 相比, NH_4^+ -N 更易为土壤颗粒和胶体所吸附, 不易因降水或灌溉而迅速渗漏。但各处理中 T1 渗漏最为明显, 移栽后 3 周即出现峰值 3.4 mg/L。从图 4 可以看出, 除了单施无机肥的 T1, 其他各处理的变化趋势大致相同, 表现为几乎与 X 轴平行的直线, 其淋溶峰值为 1.8~2.3 mg/L。由此说明, 增施有机肥可提高土壤对养分的固持能力, 减少土壤铵态氮的损失。

2.3 烟田土壤速效钾淋溶的动态变化

图 5 表明, 在施肥前各处理速效钾含量很小, 在施肥后土壤速效钾含量很高, 随着烤烟生育期的推进速效钾质量浓度也随之降低。T1、T2、T3 在移栽后 5~7 周下降幅度较大, 随后下降趋于平缓, 而 T4、T5 在移栽后 5~7 周下降幅度较小, 可能是由于烤烟旺长期延迟, 土壤表层含有较多的钾素。由图 6 可知, 各处理田间土壤淋溶水速效钾质量浓度的变化趋势相似, 先低后高, 然后又下降。除 T1 外, 各处理前 3 次淋溶水速效钾质量浓度变化平缓, 在移栽后 7~11 周, 各处理的速效钾质量浓度迅速

升高, 随之又降低。移栽后 2~6 周, T1 速效钾淋溶水质量浓度明显高于其它处理。从各处理淋溶水速效钾质量浓度拟合方程(表 3)可以看出, T1 在烤烟移栽后 6 周左右出现淋溶质量浓度极大值 8.7 mg/L; T4、T5 则出现于移栽后 8.3 周, 其值分别为 7.5, 5.2 mg/L; T2、T3 的速效钾质量浓度极大值在移栽后 8 周出现, 其值分别为 6.4, 7.5 mg/L。比较以上数据可知, 高比例的有机肥与无机肥配施, 能够显著减少土壤速效钾的淋溶量, 延缓淋溶时间。在整个烤烟生长期, T1 的土壤淋溶水速效钾质量浓度相对较高, 说明单施无机肥加剧了烤烟生长期土壤速效钾的淋溶, 且淋溶高峰正值烤烟旺长期, 易造成土壤营养不足, 影响烟株的生长发育。试验结果表明, 土壤速效钾淋溶水质量浓度实际峰值范围为 6.12~10.08 mg/L (其拟合方程的极大值范围为 5.2~8.7 mg/L), 但在每年的烤烟生长期, 具体淋溶量与降水量、灌溉次数、施肥量、栽培措施等有密切关系。虽然各处理拟合方程极大值和实际峰值均小于 CE 饮用水标准中钾的最大容许质量浓度 12 mg/L, 但本试验的钾肥用量易对地下水形成污染, 单施无机肥尤其。

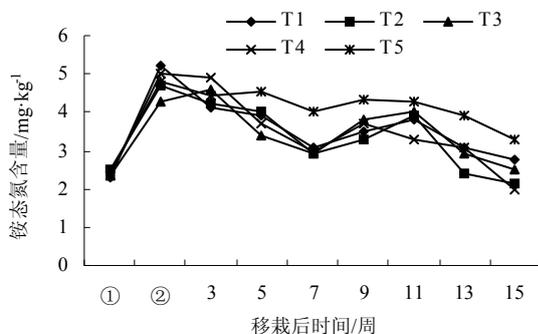


图 3 不同处理土壤 0~30 cm 铵态氮含量的变化
Fig. 3 Content of NH_4^+ -N in 0-30 cm soil

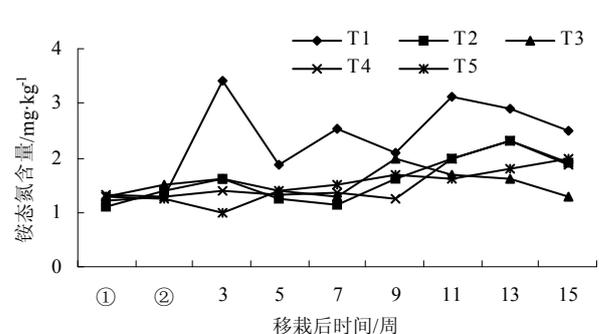


图 4 不同处理土壤 120 cm 铵态氮含量的变化
Fig. 4 Content of NH_4^+ -N in 120 cm soil

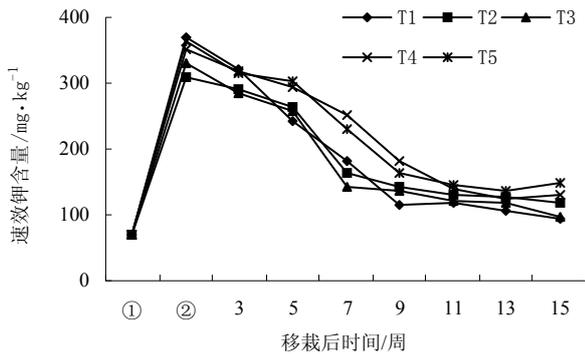


图 5 不同处理土壤 0~30 cm 速效钾含量的变化
Fig. 5 Content of soluble K in 0-30 cm soil

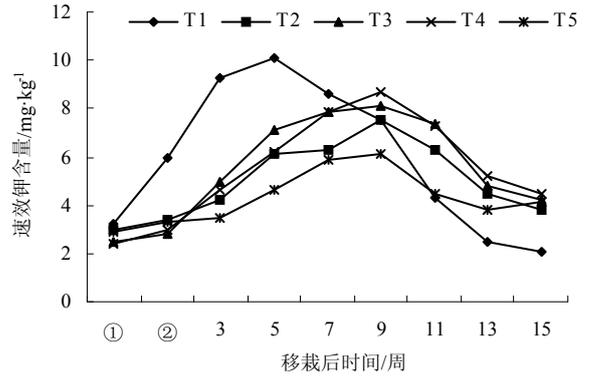


图 6 不同处理土壤 120 cm 速效钾含量的变化
Fig. 6 Content of soluble K in 120 cm soil

表 3 不同处理下土壤 120 cm 处淋溶水速效钾质量浓度的拟合方程

Table 3 Simulated equation of soluble potassium content variation in leachate under different treatments

| 拟合方程 $x[1, 15]$ | 决定系数(r^2) | 时间极大值(x , 周) | 质量浓度极大值(y , mg/L) |
|--|---------------|-----------------|----------------------|
| $\hat{y}_1=5.3099+1.1792x-0.100585x^2$ | 0.8357** | 5.7 | 8.7 |
| $\hat{y}_2=3.1199+0.846667x-0.053214x^2$ | 0.8468** | 7.9 | 6.4 |
| $\hat{y}_3=2.7878+1.1959x-0.074351x^2$ | 0.8826** | 8.0 | 7.5 |
| $\hat{y}_4=2.6512+1.1602x-0.069237x^2$ | 0.8635** | 8.3 | 7.3 |
| $\hat{y}_5=3.0131+0.530848x-0.032073x^2$ | 0.6749* | 8.3 | 5.2 |

3 讨 论

在环境和品种一定的条件下，施肥是调控烟叶产量和品质的关键因子，因此科学施肥一方面可提高烟叶产量和品质，同时还能降低生产投入，减少肥料流失对环境的污染^[10]。施肥方式对养分的积累与淋失有一定的影响^[11]，合理施肥可提高氮素的利用率，减少硝态氮在土壤中的积累^[12]。黄绍敏等^[13]通过 3 年 6 季作物的收获，测定不同施肥方式下潮土 100 cm 土层中的硝态氮，结果表明无论 0~20、80~100 cm，还是 0~100 cm 土层，其硝态氮含量顺序均为 N>NK>NPK>SNPK>MNPk (S 指马粪，M 指秸秆)，这与本试验结果基本一致，即有机、无机肥配施可减少烟田土壤养分的淋溶损失。另外，土壤养分运移除了受灌溉、耕作、施肥等人为因素的影响，还受土壤、气候等客观因素影响。目前，在这方面已做了许多工作，但由于影响因素众多，多侧重于不同的影响因素，或只研究了某个影响因素的一个方面，尚缺乏全面性。在此，笔者也仅针对不同肥料对比对烟田土壤养分淋溶损失予以初步探讨，对于多因素耦合作用下烟田土壤养分的迁移规律等有待深入研究。

4 结 论

在烤烟大田生长期，硝态氮的淋失呈先升高，而后降低的趋势。土壤硝态氮的淋溶量，有机、无机肥配施低于单施无机肥处理。单施无机肥的淋溶水硝态氮质量浓度峰值为 9.8 mg/L，拟合方程质量浓度极大值为 9.2 mg/L，接近于 WHO 饮用水质量标准中的最大容许质量浓度，对地下水污染具有潜在危险。

大田土壤的铵态氮淋溶相对较少，土壤淋溶水铵态氮质量浓度呈现低—高一—低的趋势。单施无机肥土壤铵态氮淋失明显，而有机肥处理的铵态氮淋溶不明显；这可能是由于施用有机肥后土壤总孔隙度提高，土壤颗粒吸附铵态氮的表面积增加，从而减少了铵态氮随水分下渗的可能性。

速效钾在土壤中的移动性强，易随土壤水下移，致使烤烟生长期土壤速效钾大量淋溶。其中单施无机肥的土壤淋溶水速效钾质量浓度明显高于其它处理，对地下水的污染威胁高于其它处理。

参考文献

[1] 蔡国信. 淹水条件下氮肥的氮挥发损失[C]//中国土壤氮素工作会议论文集. 北京: 科学出版社, 1986.

- [2] 张福珠, 熊先哲, 戴同顺, 等. 应用 ^{15}N 研究土壤-植物系统中氮素淋失动态[J]. 环境科学, 1984, 5 (1): 22-24.
- [3] 王家玉, 王胜佳, 陈义, 等. 稻田土壤中氮素淋失的研究[J]. 土壤学报, 1996, 33 (1): 28-36.
- [4] 高效江, 胡雪峰, 王少平, 等. 淹水稻田中氮素损失及其对水环境影响的试验研究[J]. 农业环境保护, 2001, 20 (4): 196-198, 205.
- [5] 陈国军, 曹林奎, 陆贻通, 等. 稻田氮素流失规律测坑研究[J]. 上海交通大学学报: 农业科学版, 2003, 21 (4): 320-324.
- [5] 刘培斌, 张瑜芳. 稻田中氮素流失的田间试验与数值模拟研究[J]. 农业环境保护, 1999, 18 (6): 241-245.
- [6] 邓建才, 陈效民, 卢信, 等. 封丘地区主要土壤中硝态氮运移规律研究[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(1): 128-133.
- [7] 陈效民, 刘德辉. 农田土壤中硝态氮垂直运移参数的确定[J]. 环境科学与技术, 2004, 28 (3): 26-29.
- [8] TURTOLO E, PAJANEN A. Influence of improved subsurface drainage on phosphorus losses and nitrogen leaching from a heavy clay soil [J]. Agricultural Water Management, 1995, 28: 295-310.
- [9] 李世娟, 李建民. 氮肥损失研究进展[J]. 农业环境保护, 2001, 20 (5): 377-379.
- [10] 黄松青. 施肥方式对烤烟生长发育及产、质量的影响[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2006.
- [11] 吕殿青, 杨学云, 张航. 陕西壤土中硝态氮运移特点及影响因素[J]. 植物营养与肥料学报, 1996, 2(4): 289-296.
- [12] 赵允格, 邵明安. 不同施肥条件下农田硝态氮迁移的试验研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(4): 37-40.
- [13] 黄绍敏, 张鸿程. 施肥对土壤硝态氮含量及分布的影响及合理施肥研究[J]. 土壤与环境, 2000, 9(3): 201-203.

(责任编辑 王 颖)

