

长期定位施肥对无石灰性潮土 0 ~ 100 cm 土层 NO₃⁻ - N 动态变化的影响

刘树堂¹, 刘培利¹, 迟 睿¹, 王 锋², 魏志刚³

(1. 莱阳农学院农学系, 山东 莱阳 265200;
2. 枣庄市农业学校, 山东 枣庄 277102; 3. 青岛市农业局, 山东 青岛 266071)

摘 要: 在无石灰性潮土 26 年的定位试验进行过程中, 在 12 个不同处理 CK、N₁、N₂、M₁、M₁N₁、M₁N₂、M₂、M₂N₁、M₂N₂、NP₂K、N₂P 和 N₂K 中, 于 2003 研究了长期定位施肥对非石灰性潮土 0 ~ 100 cm 土层 NO₃⁻ - N 动态变化的影响, 结果表明, 长期单施有机肥及其配施无机氮肥, 氮磷钾或氮磷以适当比例配施, 可减少土体中 NO₃⁻ - N 的积累。单施氮肥以及氮钾配施的土壤剖面中 NO₃⁻ - N 积累增加, 对土壤环境和地下水构成潜在污染。降水、灌溉、氮肥用量及作物吸收利用是影响土壤 NO₃⁻ - N 淋洗、积累的主要因素。
关键词: 长期定位施肥; 无石灰性潮土; NO₃⁻ - N 动态变化
中图分类号: S 155. 2; S 158. 5 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2005) 05-0153-02

Effects of Long-term Located Fertilization on Dynamic Changes of NO₃⁻ - N in 0 ~ 100 cm Layer of the Non-calcareous Fluro-aquic Soil

LIU Shu-tang¹, LIU Pei-li¹, CHI Rui¹, WANG Feng², WEI Zhi-gang³
(1. Dept. of Agronomy, Laiyang Agriculture College, Laiyang, Shandong 265200, China;
2. Zaozhuang Agriculture School, Zaozhuang, Shandong 277102, China;
3. Qingdao Agricultural Bureau, Qingdao, Shandong 266071, China)

Abstract: This experiment was done in the 26 years fixed position experiment of non-calcareous fluro-aquic soil during the year of 2003, 12 treatments were designed: CK, N₁, N₂, M₁, M₁N₁, M₁N₂, M₂, M₂N₁, M₂N₂, NP₂K, N₂P and N₂K. The effects of long-term located fertilization on dynamic changes of NO₃⁻ - N in 0 ~ 100 cm layer of the non-calcareous fluro-aquic soil were studied. The results indicated that: it can reduce the accumulation of NO₃⁻ - N in the soil by the application of organic fertilizer, combined inorganic nitrogen fertilizer, combined application N, P, K fertilizer and N, P fertilizer at the proper ratio. It can enhance the content of NO₃⁻ - N of soil profile in the soil of the application of nitrogen fertilizer only and combined N fertilizer and K fertilizer, so it can pollute the soil environment and groundwater. Precipitation, irrigation, dosage of nitrogen fertilizer and the utilize of crop absorption were the factors which can have effect on the accumulation and leaching of soil NO₃⁻ - N.

Key words: long-term located fertilization; non-calcareous fluro-aquic soil; dynamic changes of NO₃⁻ - N

在通气良好的旱地土壤上, 施入的有机肥料中的氮素或铵态氮、酰胺态氮肥, 均会经硝化作用转变为硝态氮, 形成的硝态氮除植物的吸收, 有一部分会随径流流失或随水下渗, 污染湖泊和地下水源。研究表明, 长期氮磷或氮磷钾以适宜用量和合适比例配合施用, 可以减少土体中 NO₃⁻ - N 的积累, 减少对环境的污染^[1, 2]。降水、灌溉水量、氮肥用量以及肥料利用率是影响土壤 NO₃⁻ - N 淋洗、积累的主要因素^[3~5]。但多为短期的研究, 本试验采用 25 年的长期定位施肥, 在不同时期研究 0 ~ 100 cm 土层 NO₃⁻ - N 的动态变化状况, 为科学合理施肥提供依据。

1 试验设计与方法

1.1 试验设计

试验设在莱阳农学院实验站, 山东莱阳地区位于东经 120. 7°; 北纬 36. 9°; 属暖温带半湿润季风气候, 1 月平均气温

- 4. 2℃, 8 月平均气温为 24. 9℃, 年平均气温 11. 2℃, 无霜期 209 ~ 243 d, 年降雨量为 779. 1 mm, 大多集中于 6, 7, 8, 9 月份。供试土壤为无石灰性潮土, 发育于冲积母质, 表土质地轻壤, pH 值为 6. 8, 0 ~ 20 cm 土层有机质含量为 4. 10 g/kg, 全氮量 0. 50 g/kg, 全磷(P) 量 0. 46 g/kg, 土壤有效磷(P) 15 mg/kg, 土壤速效钾(K) 38 mg/kg, 土壤阳离子代换量为 11. 80 cmol/kg。试验共设 12 个处理(表 1), 其中 1 ~ 9 处理从 1978 年秋开始试验, 10 ~ 12 处理从 1984 年开始增设, 每处理设 3 次重复。试验地实行冬小麦—夏玉米轮作制, 每年 2 作, 冬小麦品种 1978 ~ 1992 年是辐 63, 1993 ~ 2002 为 9214, 2003 至今为烟优 361, 夏玉米品种 1978 ~ 1996 年为鲁玉 4 号, 1997 ~ 至今为鲁玉 16 号。无机肥用尿素, 高量氮肥每年每 hm² 施用 276 kg 氮素, 低量氮肥每年每 hm² 施用 138 kg。无机磷钾肥用过磷酸钙和氯化钾, 施用量分别为每年每

① 收稿日期: 2004-11-12
基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40171049)
作者简介: 刘树堂(1962-)男, 山东安丘市人, 博士, 副教授, 主要从事植物营养与施肥技术研究。

hm² 施 P₂O₅ 90 kg, K₂O 135 kg。有机肥用猪圈粪, 含全氮量为 2~3 g/kg, 含全磷量为 0.5~2 g/kg, 有机质含量为 20~50 g/kg, 施用高低量均以与无机氮肥等含氮量计算。

小区面积 33.3 m², 顺序排列, 有机肥和无机磷、钾肥全部作基肥, 无机氮肥作小麦种肥和起身、拔节期追肥及夏玉米拔节、穗期追肥。

表 1 试验处理

处理	有机肥	无机氮肥	处理	有机肥	无机氮肥	处理	有机肥	无机氮肥	处理	无机肥		
										N	P ₂ O ₅	K ₂ O
CK (1)	0	0	M ₁ (4)	30000	0	M ₂ (7)	60000	0	N ₂ PK (10)	276	90	135
N ₁ (2)	0	138	M ₁ N ₁ (5)	30000	138	M ₂ N ₁ (8)	60000	138	N ₂ P (11)	276	90	0
N ₂ (3)	0	276	M ₁ N ₂ (6)	30000	138	M ₂ N ₂ (9)	60000	276	N ₂ K (12)	276	0	135

1.2 测定方法

2003 年 3 月冬小麦起身期(春季)和 10 月夏玉米收获后(秋季), 分别采集定位试验不同施肥处理 0~20、20~40、40~60、60~80、80~100 cm 新鲜土样测定 NO₃⁻-N 含量。测定方法, 用 0.01 mol CaCl₂ 溶液浸提, WIC- 型离子色谱仪测定。具体方法为: 称取 12.00 g 过 5 mm 筛的新鲜土样, 加 100 ml 0.01 mol CaCl₂ 溶液, 振荡 1 h, 过滤。吸取滤液 10 ml, 通过 YXA05 的吸附树脂及 Y₂X8 的离子交换树脂, 定容至 50 ml, 用注射器将待测液注射到 WIC- 型离子色谱仪中进行测定分析。

2 结果与分析

2.1 长期定位施肥对土壤 0~100 cm 土层 NO₃⁻-N 变化的影响

从图 1 可以看出, 单施有机肥及其配施无机氮肥的处理(处理 4、5、6、7、8、9)以及氮磷钾配施和氮磷配施的处理(处

理 10、11) 与对照比较, 土壤剖面中 NO₃⁻-N 变化趋势基本一致。即随土层深度的增加 NO₃⁻-N 累积量逐次减少。各施肥处理, 0~20 cm 土层中, NO₃⁻-N 含量最高的为 N₂P 处理, 从 9.16 mg/kg 减少到 80~100 cm 土层的 5.23 mg/kg, 最低的是 M₂ 处理, 从 3.78 mg/kg 减少到 80~100 cm 土层的 2.19 mg/kg。对照处理各土层 NO₃⁻-N 含量均低, 0~20 cm 土层为 3.87 mg/kg, 80~100 cm 检测不出。N₁、N₂、N₂K 处理与 CK 比较有明显的差异, 0~20 cm 土层中分别高达 38.42 mg/kg、56.33 mg/kg 和 32.55 mg/kg。其中 N₂K 处理随土层深度的增加逐渐降低, 60~80 cm 和 80~100 cm 两土层中分别为 15.40 mg/kg 和 8.15 mg/kg。N₁、N₂ 处理 20~40 cm 及 60~80 cm 土层中, NO₃⁻-N 的积累低于 0~20 cm 土层, 而 60~80 cm、80~100 cm 土层中 NO₃⁻-N 积累量明显高于 0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm 土层, 分别达到 43.15 mg/kg、36.59 mg/kg 和 70.37 mg/kg、57.45 mg/kg。

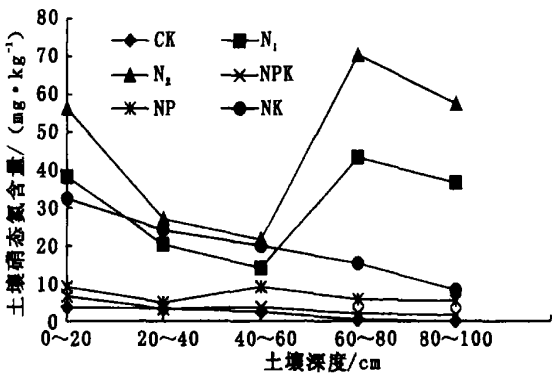
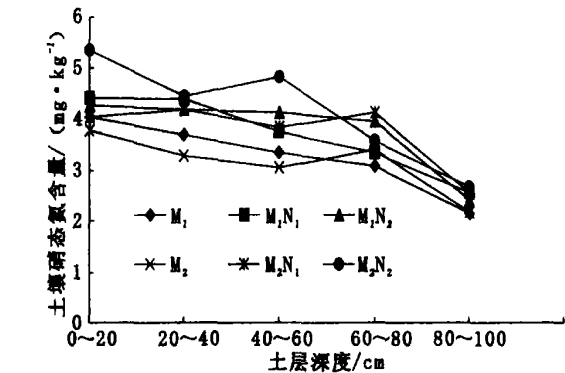


图 1 不同处理(3 月份)硝态氮含量在土层中的变化

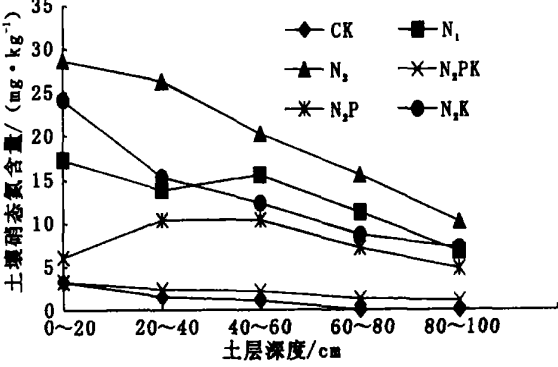
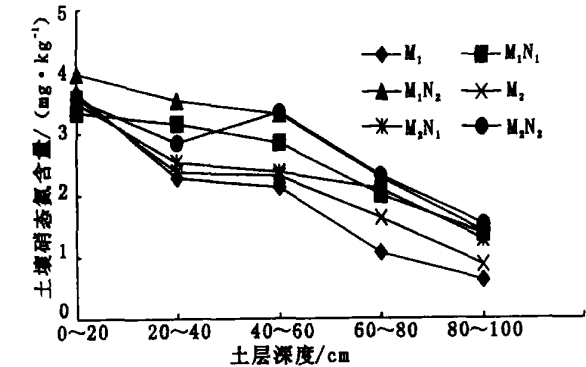


图 2 不同处理(9 月份)硝态氮含量在土层中的变化

从图 2 得出, 2003 年秋季各处理, 各土层中 NO₃⁻-N 的含量皆低于春季, 0~100 cm 土体中 NO₃⁻-N 累积, 各处理也

低于春季。究其原因, 两季作物即冬小麦夏玉米的吸收利用, 加

(下转第 243 页)

参考文献:

[1] 段永侯. 中国地质灾害[M]. 北京: 北京建筑工业出版社, 1993.

[2] 范立民, 何进军, 李存购. 秦巴山区滑坡发育规律研究[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2004, 15(1): 44- 48.

[3] 聂树人. 陕西自然地理[M]. 西安: 陕西人民出版社, 1981.

[4] 潘懋, 李铁锋. 灾害地质学[M]. 北京: 北京大学出版社, 2002.

[5] 惠振德, 李晓玲. 陕西汉江流域水土流失及其治理对策研究[J]. 陕西师范大学学报, 1997, 25(2): 77- 80.

[6] 惠振德, 孙虎, 郭彩玲. 陕西秦巴山区是土流失灾害及防治对策[J]. 陕西师范大学学报, 1994, 22(3): 74- 78.

[7] 张梁, 张业成, 罗元华, 等. 地质灾害灾情评估理论与实践[M]. 北京: 地质出版社, 1998.

[8] 张燕, 李翠先. 近年来我国崩滑流地质灾害防治工程的突破与防治[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2001, 12(3): 5- 8.

[9] 杨起超. 陕西省汉中地区地理志[M]. 西安: 陕西人民出版社, 1993.

[10] 范红科, 等. 陕西商南县的地质灾害及其成因[J]. 灾害学, 2003, 18(1): 53- 57.

[11] 国土资源部地质环境司, 国土资源部宣传教育中心. 中国地质灾害与防治[M]. 北京: 地质出版社, 2003.

[12] 高庆华, 等. 中国自然灾害与全球变化[M]. 北京: 气象出版社, 2003.

(上接第 154 页)

之 2003 年降雨量大(莱阳地区 876. 4 mm), $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 受降水强烈淋洗和反硝化作用所致. 但各处理土壤剖面中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 变化趋势是一致的, 随土层深度的增加 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 累积减少. 从图 1、图 2 看出, 0~100 cm 土体中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 累积最多的为 N_2 处理, 其次为 N_2K 处理, 再次为 N_1 处理. 在 0~20 cm 土层中, 3 个处理 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 积累量分别为 28. 82 mg/kg、24. 21 mg/kg 和 17. 33 mg/kg. 80~100 cm 土层中分别为 10. 11 mg/kg、7. 07 mg/kg 和 6. 63 mg/kg, 减少差异明显.

由此可见, 土壤剖面 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量与分布受多方因素的影响, 如养分的吸收利用, 降雨和灌溉, 化学因素的反硝化, 物理因素的土壤矿化和施肥结构的不合理等.

2.2 长期定位施肥各处理土壤 0~100 cm 土层 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的积累量

从两季的测定结果看(图 3 所示), 土壤剖面 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量与分布趋势是一致的, 土层越深 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 积累越少. 但因春季, 作物吸收少, 降雨和灌溉少, 地温低微生物活动弱等, 土体中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量高. 秋季冬小麦夏玉米吸收利用了较多的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$, 而且, 4、5 月份冬小麦的需水灌溉和 7、8、9 月份的大量降雨, $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 在土体中受淋洗强度大, 所以通体 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 积累低.

影响土壤中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量的主要因素是氮肥的施用, 本试验中, N_1 、 N_2 、 N_2K 的处理各土层 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量明显高于其它处理, 主要是施肥不合理, 作物产量低, 养分利用率低的缘故. 大量氮素残留在土体中, 致使 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 被淋洗和积累到土壤下层或地下水中, 构成土壤环境和地下水质的潜在污染. 但是, 单施有机肥及其与无机氮肥配施的处理以及氮

参考文献:

[1] 孙克刚, 李锦辉, 姚健, 等. 不同施肥处理对作物产量及土体 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 累积的长期定位试验[J]. 土壤肥料, 1999, (6): 18- 20.

[2] 樊军, 郝明德, 党廷辉. 旱地长期定位施肥对土壤剖面硝态氮分布与累积的影响[J]. 土壤与环境, 2000, 9(1): 23- 26.

[3] 张鸿程, 宝德俊, 皇甫湘荣, 等. 潮土定位试验施肥对土壤养分变化及环境质量监测研究. 施肥对土壤剖面 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 动态变化的影响[J]. 土壤通报, 2002, 33(1): 28- 31.

[4] 杨学云, 张树兰, 刘杰兰. 有机—无机肥配施增产效应及土壤剖面 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 累积定位研究[J]. 西北农业学报, 1998, 7(2): 63- 66.

[5] 宝德俊, 张鸿程, 皇甫湘荣. 潮土施氮后硝态氮在土壤中的垂直分布及其对夏玉米利用氮素的影响[J]. 华北农学报, 1995, 10(增刊): 163- 168.

磷钾、氮磷配施的处理, 由于养分完全, 促进了作物的吸收, 提高了氮肥的利用率, 使土体中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 积累少, 缓解和减少了污染源, 提高了土壤质量.

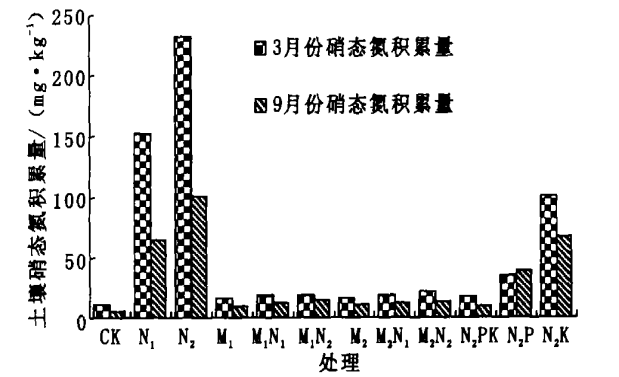


图 3 不同处理 0~100 cm 土体内硝态氮的积累量

3 结 论

作物对氮素的吸收利用、降水量与灌溉以及土壤氮素矿化和反硝化作用, 是影响土体中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 淋洗和积累的主要因素. 施肥结构不合理和氮肥用量是导致土体中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 累积的重要原因, 单施氮肥和氮钾配施导致 0~100 cm 土体内 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 积累量增加, 并且随施氮量的增加 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 积累量越大, 对土壤环境质量及地下水构成潜在污染. 为此要使土壤环境质量的改善, 要适当控制氮肥用量, 科学合理平衡施肥.