

太行山前平原夏玉米生长季硝态氮的运移研究

李晓欣^{1,2}, 胡春胜¹, 张玉铭¹, 董文旭¹

(1. 中国科学院石家庄农业现代化研究所, 河北 石家庄 050021; 2. 中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085)

摘要: 通过监测玉米生长季前后土壤中硝态氮含量及不同时期土壤含水量的变化, 对玉米季硝态氮的淋失进行了研究。结果表明, 在太行山前平原地区现有的灌溉施肥制度下, 夏玉米生长季存在硝态氮的淋失, 在每年施 200, 400, 800 kg/hm² 处理下硝态氮的淋失量分别为 2, 16, 50 kg/hm²。玉米生长季的第一、第二次灌水对土体硝态氮的分布有重要的作用, 使不同处理的硝态氮累积在 40~160 cm 土层。

关键词: NO₃⁻-N 淋失; 水量平衡; 太行山前平原

中图分类号: S513.01 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-7091(2005)06-0054-04

Leaching Loss of Nitrate During the Corn Season in Piedmont of Mountain Taihang

LI Xiao-xin^{1,2}, HU Chun-sheng¹, ZHANG Yu-ming¹, DONG Wen-xu¹

(1. Institute of Shijiazhuang Agricultural Modernization Research, CAS, Shijiazhuang 050021, China;

2. Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS, Beijing 100085, China)

Abstract: By analysis the change of nitrate-nitrogen's contents in different soil layers during corn season and the change of the water content in the soil, we studied the leaching of nitrate-nitrogen during corn season. The results showed there had nitrate-nitrogen leaching during the corn season in Piedmont of Mountain Taihang. The nitrate-nitrogen move downward into the deep layers along with the water's percolation, and the leaching of nitrate-nitrogen were 2 kg/ha in 200 kg/ha treatment, 16 kg/ha in 400 kg/ha treatment, 50 kg/ha in 800 kg/ha treatment. The first and second irrigations had the most important role in the redistribution of nitrate-nitrogen, they made the nitrate accumulated in the 40-160 cm soil layer.

Key words: Nitrate-nitrogen leaching; Water balance; Mountain Taihang piedmont

在农业增产的诸多措施中, 施肥是最有效的措施之一, 但无论是施用化肥还是农家肥, 都会给土壤带入大量的氮, 当施入的氮不能完全被作物吸收时, 多余的氮就以 NO₃⁻-N 的形式在降雨和灌溉时淋至土壤深层, 对地下水造成威胁, 由施肥所造成的土壤和水质污染已引起广泛的关注^[1-5]。人们普遍认为北方农田玉米季的氮素淋失非常严重, 但是有关土体玉米季氮素淋失量及运移程度的报道并不多^[8-11]。本文针对夏玉米生育期土壤和土壤溶液

中 NO₃⁻-N 含量的变化及土壤水的变化, 研究玉米季 NO₃⁻-N 的运移及淋失量。

1 材料和方法

试验在中科院栾城生态试验站进行, 该站位于北纬 37°50', 东经 114°40', 海拔 50.1 m, 属中国东部暖温带半湿润季风气候, 年平均气温 12.3℃, 年平均降雨量 480.7 mm, 主要集中在 6~8 月份; 年平均蒸发力为 1 092.3 mm, 属潮褐土, 实行小麦-玉米轮

收稿日期: 2005-09-26

基金项目: 中国科学院知识创新工程项目(KZCX2-413-10); 国家自然科学基金资助项目(30570335)

作者简介: 李晓欣(1978-), 女, 河北石家庄人, 博士研究生, 主要从事施肥与环境研究。

作。试验在不同氮肥水平的养分池进行, 设 4 个氮肥处理, 200, 400, 600, 800 kg/hm², 小麦季和玉米季施肥量各半。种植的玉米品种为莱玉 2, 于 2002 年 6 月 15 日播种, 2002 年 9 月 28 收获, 期间施肥 2 次: 7 月 17 日提苗肥; 8 月 20 日大喇叭口追肥, 氮肥品种为尿素。

在玉米播种前和收获后分层取土样, 每 20 cm 一层, 取样深度至 180 cm。新鲜土样用 1 mol/L 的 KCl 溶液浸提, 浸提液用 A-II 型流动注射分析仪测定其中 NO₃⁻-N 的含量。不同养分池的土壤含水量通过安装在池子中央的中子管应用中子仪进行连续观测。气温、地温等数据通过试验站的综合气象观测场获得。农田蒸散通过大型的 lysimeter 观测。应用 suction cup 在不同时段对不同土壤深度取水, 对土壤溶液 NO₃⁻-N 含量进行测定。

2 结果与分析

2.1 土体 NO₃⁻-N 含量的变化

玉米播种前土壤 NO₃⁻-N 的分布见图 1, 不同施肥处理均在 20~40 cm 层次存在 NO₃⁻-N 的累积峰, 在 40~160 cm (上季作物根系较密集层次) NO₃⁻-N 含量低于上下两层, 而 160~180 cm 层次的 NO₃⁻-N 含量则较高。种植一季玉米后, 土壤 NO₃⁻-N 的含量发生了变化: 各处理 0~20 cm 土层的 NO₃⁻-N 含量均有所增加, 玉米播种前 20~40 cm 土层的 NO₃⁻-N 累积峰下移至 40~60 cm, 缩短了播种前土壤原有两个累积峰的间距, 而各处理 80~140 cm 土层 NO₃⁻-N 含

量均高于玉米播种前。经过一个玉米生长季不同施肥处理 160~180 cm 层次 NO₃⁻-N 的含量均降低, N200, N400, N600, N800 处理在该层次的总含量分别降低了 8, 11, 14, 28 kg/hm², 由于该层次完全处于玉米根系层以下(玉米的最大根深达 120 cm^[12], 无法对 180 cm 层次的硝态氮进行吸收), 此层次土壤 NO₃⁻-N 含量的降低完全是由于淋失造成的。

比较各处理玉米季 2 次取土所测的 NO₃⁻-N 总量, 结果表明, 在玉米生长季年施氮 200, 400, 600, 800 kg/hm² 各处理 0~180 cm 土体中硝态氮含量的变化分别为 -7, 122, 100, 294 kg/hm²。

2.2 土壤水的下渗量及硝态氮淋失量

2002 年玉米生长季通过灌溉、降水输入土壤的总水量为 588.4 mm, 农田的总蒸散量为 439.9 mm, 由土壤水的输入、输出的数据可知, 在玉米生长季, 土壤水的支出小于输入, 极可能造成水分的大量下渗, 从而引起 NO₃⁻-N 的淋失。土壤水的下渗量可以通过水量平衡公式(公式 1)^[6,7] 计算求得。

$$D(z) = \Delta H(z)I + P - ET - R \quad (1)$$

$D(z)$: 土壤剖面深度 z 处土壤下渗水量 (mm); $\Delta H(z)$: 地表至深度 z 处土体含水量的变化 (mm); P : 降水量 (mm); I : 灌溉量 (mm); ET : 农田蒸散量 (mm); R : 径流量 (mm)。由于试验小区不存在水的径流损失, 由玉米生育期 0~180 cm 范围土壤含水量的变化, 和灌溉降水、农田蒸散等数据可以算得玉米生长季通过 180 cm 层次的下渗水量, 结合该层次所取土壤溶液的 NO₃⁻-N 浓度, 求得 NO₃⁻-N 的淋失量。

硝态氮的淋失量由公式(2)计算:

$$L = \sum (D \times C) \quad (2)$$

玉米生长季通过不同深度土壤的下渗水量及各施肥处理 NO₃⁻-N 淋失量如表 1 所示: 相同的管理措施下, 各处理在玉米生长季土壤水的下渗并不是很大, 但存在差异——这主要是由于不同处理作物长势不同所造成的。输入土体的水分除用于作物生长所需外, 有很大一部分补充了土体本身, 各处理平均补充于土体的水量达 124 mm。不同施肥处理下土壤 NO₃⁻-N 的淋失量明显不同, 且随着施入氮肥量的增加 NO₃⁻-N 淋失量增大。比较表 1 各施肥处理 160 cm 的 NO₃⁻-N 淋失量与 180 cm 的 NO₃⁻-N 淋失量, 发现通过 160 cm 层面的 NO₃⁻-N 淋失量小于 180 cm 的 NO₃⁻-N 淋失量, 说明 180 cm 以下的淋失主要来自 160~180 cm 土层。

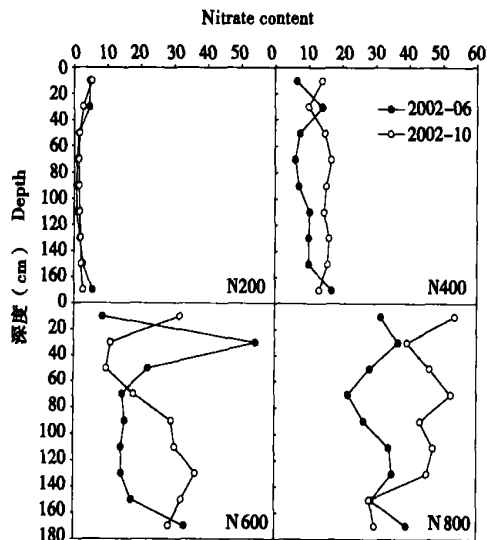


图 1 夏玉米季土壤剖面 NO₃⁻-N 的分布变化

Fig. 1 Change of NO₃⁻-N contents in different soil layers during corn season

表 1 夏玉米生长季土壤不同层次 NO_3^- -N 的淋失量 (kg/hm^2)Tab 1 Leaching losses of NO_3^- -N of different layer during the corn season

不同层次 Different soil layer	200 kg/hm^2		400 kg/hm^2		800 kg/hm^2	
	下渗水(mm) Percolated water	NO_3^- -N 淋失量(mm) Leached NO_3^- -N	下渗水(mm) Percolated water	NO_3^- -N 淋失量 Leached NO_3^- -N	下渗水(mm) Percolated water	NO_3^- -N 淋失量 Leached NO_3^- -N
120cm	62	1	75	57	106	220
140cm	46	2	54	40	88	134
160cm	22	1	25	13	69	39
180cm	21	2	24	16	40	50

2.3 硝态氮在土壤中的运移

2002 季玉米共灌水 3 次 (06-16、07-20、08-20), 分别灌溉 116, 116, 93mm。由于 NO_3^- -N 的淋失是伴随着土壤水的下渗进行的, 通过中子仪连续测定玉米生长季期间土壤含水量的变化, 分析灌溉及

降水的下渗深度, 找出造成 NO_3^- -N 深层淋失的主要时期。

玉米生长季的 3 次灌溉引起的土壤含水量的再分配: 第 1 次灌溉: 由图 2(a) 所示, 6 月 16 日灌溉明显增加了土壤的含水量, 此时玉米还未出苗, 需水量

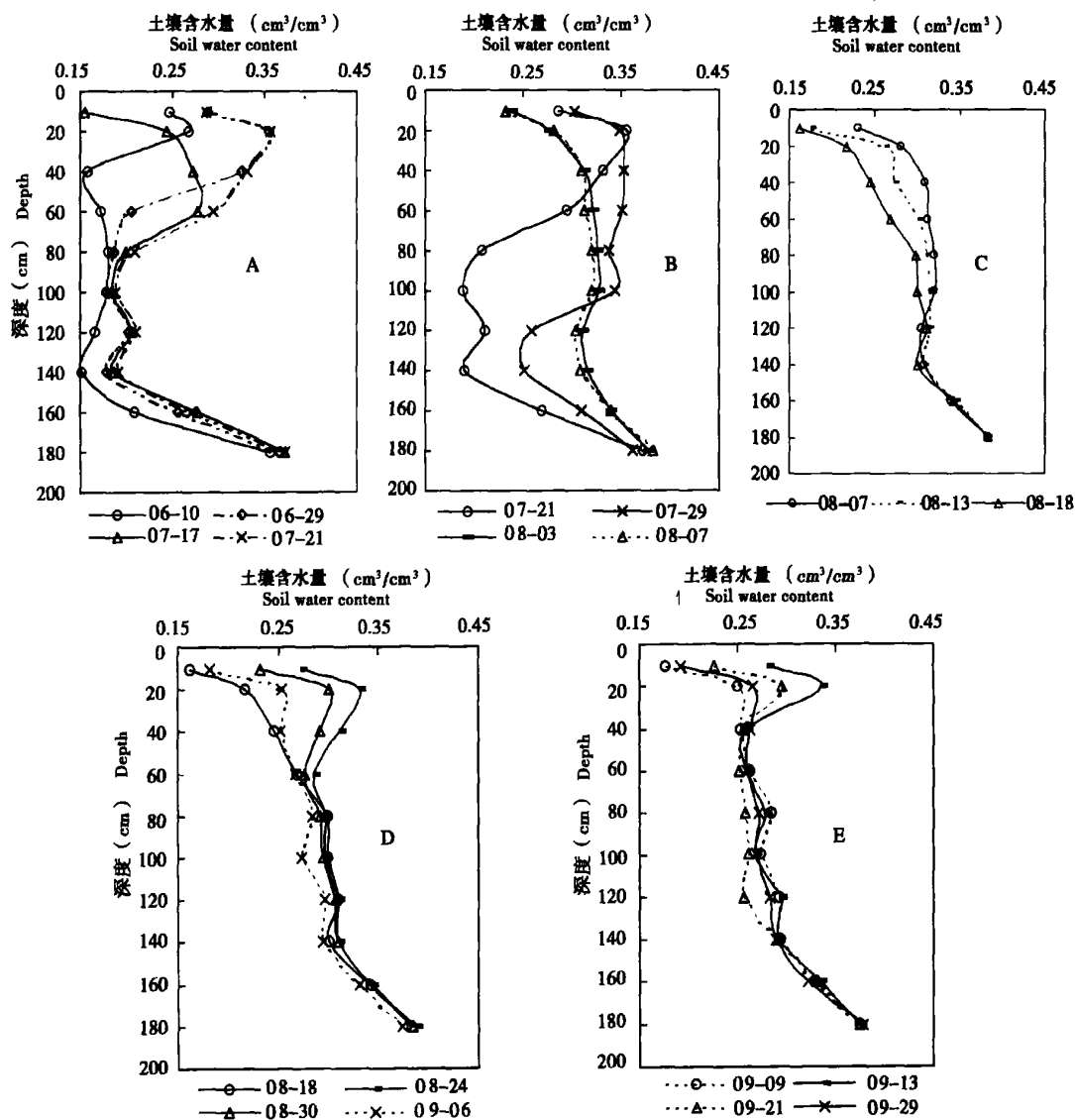


图 2 (A, B, C, D, E) 灌溉水的下渗和运移

Fig 2 (A, B, C, D, E) Movement and percolation of irrigated water

并不大,输入的水分主要进入土体,由图 2 可以看出,进入土壤的水随时间推移,呈一种向下运动的趋势。由于玉米播种前土壤含水量很低,此次灌溉输入的水主要补充了 80 cm 以上土层的含水量,下层土壤含水量的略微增加说明此次灌溉仍有少量的水进入深层土壤,造成 NO_3^- -N 的深层淋失。

第 2 次灌溉:结合图 2- A 和图 2- B,7 月 21 日~8 月 7 日期间土壤含水量的变化极其明显,7 月 20 日的灌溉明显增加了 80 cm 以上土壤含水量,随着 7 月 22 日~8 月 3 日期间 71.6 mm 降雨的输入,160 cm 层次的含水量也明显增加,说明有大量水分运移至 160 cm 土层,而 180 cm 深度的含水量一直保持着相对稳定的状态。此时 180 cm 土层的体积含水量为 36 % 左右,与田间持水量 38.1 % 相差很小,非饱和运移成为该层次水分运移的主要形式,也是造成 NO_3^- -N 深层淋失的原因之一。在随后的一段时间内,见图 2- C,由于作物生长需水,8 月 7 日~8 月 18 日期间,随着地表的蒸发和作物的蒸腾,120 cm 以上土层含水量呈减少趋势,120 cm 以下含水量基本保持不变。可见 7 月 20 日~8 月 3 日期间的灌溉降水是造成 NO_3^- -N 运移的主要原因,在此期间土体 NO_3^- -N 重新分布并淋失进入 180 cm 土层以下。

第 3 次灌溉:图 2- D、2- E,8 月 20 日的灌溉及 9 月 11 日 33.4 mm 的降雨输入的水分,还未向深层土壤运移就已被作物吸收消耗,此时的灌溉只是增加了上层土壤的含水量;而随灌溉同时施入的 N 肥主要累积在表层,满足作物的需求。

NO_3^- -N 不被土壤所吸附的特性,决定了它将随着水分的下渗而运移,因此,由图 2 可以得出,造成玉米季土壤 NO_3^- -N 重新分布及淋失的时期是 6 月 10 日~8 月 7 日,在此阶段,玉米播种前 20~40 cm 土层累积的 NO_3^- -N 随大量水的下渗而运移,根据土壤水运移的深度,可以推断出 NO_3^- -N 运移的深度可达到 160 cm,与玉米收获后所测的土壤中 NO_3^- -N 的分布一致(图 1),而通过 180 cm 土层 NO_3^- -N 的淋失主要是由于灌溉水的下渗和土壤水的非饱和运移共同作用的结果。

3 结论

灌溉降雨对 NO_3^- -N 在土体中的分布起再分配

的作用,玉米季大的灌溉和降雨会造成 NO_3^- -N 的淋溶损失。

玉米收获后大量 NO_3^- -N 累积在根系吸收层以下,成为下季作物 NO_3^- -N 淋失的源。

氮肥施用过量,土体本身 NO_3^- -N 含量高是造成 NO_3^- -N 淋失的主要原因。

参考文献:

- [1] 张维理,田哲旭,张宁,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.
- [2] 同延安,吕殿青,张航.灌区土壤氮素平衡与硝态氮淋失[J].陕西农业科学,1994(5):12-13.
- [3] 孙克刚,李锦辉,姚键,等.不同施肥处理对作物产量及土体 NO_3^- -N 累积的长期定位试验[J].土壤肥料,1999(6):18-20.
- [4] 李世清,李生秀.半干旱地区农田生态系统中硝态氮的淋失[J].应用生态学报,2000,2(11):240-242.
- [5] 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.
- [6] Pang X P, Letey J, Wu L. Irrigation quantity and uniformity and nitrogen application effects on crop yield and nitrogen leaching. X. P. Pang, J. Letey, and L. Wu, Soil Sci Soc Am J, 1997, 61.
- [7] Mohammad Esmail Asadi, Roberto S. Clemente, Ashim Das Gupta, et al. Impacts of fertigation via sprinkler irrigation on nitrate leaching and corn yield in an acid-sulphate soil in Thailand[J]. Agricultural Water Management, 2002, 52: 197-213.
- [8] 吕殿青,杨进荣,马林英.灌溉对土壤硝态氮淋吸效应影响的研究[J].植物营养与肥料学报,1999,5(4):307-315.
- [9] 张庆忠,陈欣,沈善敏.农田土壤硝酸盐积累与淋失研究进展[J].应用生态学报,2002,13(2)233-238.
- [10] 袁新民,同延安.灌溉与降水对土壤 NO_3^- -N 累积的影响[J].水土保持学报,2000,14(3):71-74.
- [11] 黄满湘,章申,张国梁.应用大型原状土柱渗漏计测定冬小麦-夏玉米轮作期硝态氮淋失[J].环境科学学报,2003,23:11-16.
- [12] 张喜英.作物根系与土壤水利用[M].北京:气象出版社,1999.