

# 灌溉对黄土层中全氮含量淋失的试验研究<sup>\*</sup>

党丽娟<sup>1</sup>, 刘仁义<sup>2</sup>, 马耀光<sup>1</sup>, 李克青<sup>1</sup>

(1. 西北农林科技大学 水利与建筑工程学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 内蒙古自治区 第四水文地质工程地质勘察院, 内蒙古 通辽 028007)

**摘 要:**通过室内土柱渗透试验及氮平衡分析, 研究一定施氮水平、不同灌溉水平条件下黄土层中氮素的运移规律和淋失强度。试验结果表明: 土壤水分是氮素淋失的运载介质和主控因素, 当施氮水平为  $6 \text{ mg/cm}^2$  时, 渗透层土壤含氮量与灌水量呈负相关关系; 土壤含水量及土壤层氮淋失率与灌水量呈正相关关系、与氮素浓度呈负相关关系; 当灌水量大于 229.3 mm 时, 51 cm 深处土壤层氮淋失率将大于 37.18%。因此, 在黄土地区, 为防止氮素流失和地下水污染, 应严格控制灌水量。

**关键词:**黄土层; 灌溉; 氮素; 淋失

中图分类号: S157; S153.61

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)01-0232-03

## Experimental Study of Irrigation on Total Nitrogen Leaching in Loess Layer

DANG Li-juan<sup>1</sup>, LIU Ren-yi<sup>2</sup>, MA Yao-guang<sup>1</sup>, LI Ke-qing<sup>1</sup>

(1. College of Water Conservancy and Architectural Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. The Fourth Hydrogeology Engineering Geology Exploration Institute, Inner Mongolia Autonomous Region, Tongliao, Inner Mongolia 028007, China)

**Abstract:** Soil infiltration experiment and nitrogen balance analysis was carried out to study the transfer regular pattern and leaching intensity of nitrogen under the certain nitrogen level and different irrigation level in loess soil. The results indicated that soil moisture is the transfer medium and controlling factor of nitrogen leaching. When the nitrogen level is  $6 \text{ mg/cm}^2$ , there is a negative correlation between soil nitrogen content and irrigation quota, and between soil water content, nitrogen leaching rate and nitrogen concentration, and a positive correlation between soil water content, nitrogen leaching rate and irrigation quota. When the irrigation quota is higher than 229.3 mm, the nitrogen leaching rate is higher than 37.18% in 51 cm soil layer. So in order to prevent nitrogen loss and groundwater pollution, the irrigation quota should be controlled strictly in loess areas.

**Key words:** loess soil; irrigation; N; leaching

在农业生产中, 灌水和施氮是紧密相关的农业措施。氮肥的施用可提高水分利用效果, 合理的灌水能提高氮肥利用率, 增加作物产量。但是, 灌水和施氮不当, 不仅会降低水分和氮肥的利用率, 还会造成氮素的损失<sup>[1]</sup>。土壤中大量氮素的淋失已成为世界关注的农业环境问题, 特别是在我国干旱半干旱的黄土塬区, 其危险性显得更加突出<sup>[2]</sup>。氮素淋失是造成环境污染和氮肥利用率低的主要原因。氮素

淋失受气候、土壤、植物、施肥、灌溉等多种因素的制约<sup>[3]</sup>, 但概括而言, 总是与水分下渗同步<sup>[4]</sup>。水分和养分既是影响旱地农业生产的主要胁迫因子, 也是一对联因互补、互相作用的因子。因此, 研究土壤深层氮素淋失情况, 对于提高氮肥的利用率和降低生产成本, 分析和预测土壤和地下水的污染状况具有重要意义。本试验是在相同施肥量、不同灌溉量条件下, 利用室内土柱试验模拟黄土层中氮素运移过

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2009-07-20

基金项目: 国家自然科学基金(50579066)

作者简介: 党丽娟(1985-), 女, 陕西平利人, 硕士研究生, 研究方向为环境保护。E-mail: xndlj123@163.com

通信作者: 马耀光(1957-), 男, 陕西武功人, 教授, 硕士生导师, 主要从事水资源与水环境保护方面的研究。E-mail: myg0609@yahoo.com.cn

程, 研究土壤氮素淋失强度, 分析深层土壤和地下水的污染状况。

# 1 材料与方法

## 1.1 试验设计

试验土样采集于西北农林科技大学旱区农业水土工程教育部重点实验室灌溉试验田。根据土样的理化性状, 选取代表性黄土进行实验室内均质土柱模拟研究。

试验装置采用内径为 10 cm, 高为 75 cm 的圆柱体 PVC 管, 管底装有 3 cm 的排水仓(装有过滤网、止水阀及排水小孔)用以排出柱内渗出水。

选用的试验土样经风干后过 2 mm 筛, 按容重为  $1.36\text{ g/cm}^3$  控制, 每 6 cm 分层填充于土柱内, 渗流土柱填土高度为 54 cm。

试验设计在相同施氮量、不同灌水定额的情况下进行。采用纯  $\text{NaNO}_3$  (含氮量为 16.47%) 作为示踪剂进行示踪试验, 施肥方式采用灌施。计划施氮水平为  $6\text{ mg/cm}^2$ ; 灌水定额  $W$  分别为 191.1 mm、229.3 mm、254.8 mm、280.3 mm、305.7 mm, 灌水后分 6 个时刻, 即 51 h、57 h、63 h、69 h、75 h、81 h, 按单层 6 cm 分层采取土样, 测定土样的重量含水量和全氮含量。

## 1.2 测定方法

土样含水量的测定采用烘干法; 土样中全氮的测定采用半微量开氏法<sup>[5]</sup>。土壤样品先用高锰酸钾将样品中的亚硝态氮氧化为硝态氮后, 再用还原铁粉使全部硝态氮还原, 转化成铵态氮。然后在加速剂的参与下, 用浓硫酸消煮, 各种含氮有机物, 经过复杂的高温分解反应, 转化为氨与硫酸结合成硫酸铵。碱化后蒸馏出来的氨用硼酸吸收, 以标准酸溶液滴定, 求出土壤全氮量。水样中全氮测定采用碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法<sup>[6]</sup>。

# 2 结果与讨论

## 2.1 土壤含水量与灌水量的关系

同一施氮标准、不同灌水定额条件下土壤含水量分布见图 1。由图可以看出, 不同灌水定额条件下, 土壤含水量随着灌水量的增大而增大; 同一灌水定额条件下, 土壤含水量随着土层深度的加深而减小。小灌水量情况下, 土壤含水量变化较明显, 随着灌水量的增大, 土壤含水量达到饱和, 因此, 土壤含水量从上到下变化不大, 且趋于稳定。

## 2.2 土壤含氮量与灌水量的关系

同一施氮标准、不同灌水定额条件下土壤含氮

量分布见图 2。由图可以看出, 不同灌水定额条件下, 土层含氮量随着灌水量的增大而减小; 小灌水量情况下, 由于灌水量较小, 土层各处氮含量均较大, 含氮量在土层中的变化较小; 当灌水量大于 229.3 mm 时, 由于灌水量超过土壤饱和持水量, 土层各处氮含量明显减小, 含氮量随土层的加深逐渐减小, 出现含氮量小于土壤背景值现象, 表明施肥灌溉不仅未使土层含氮量显著增加, 还使土层背景氮素发生严重淋失。由此可以推断, 施氮水平为  $6\text{ mg/cm}^2$  的条件下, 灌水量不能超过 229.3 mm。

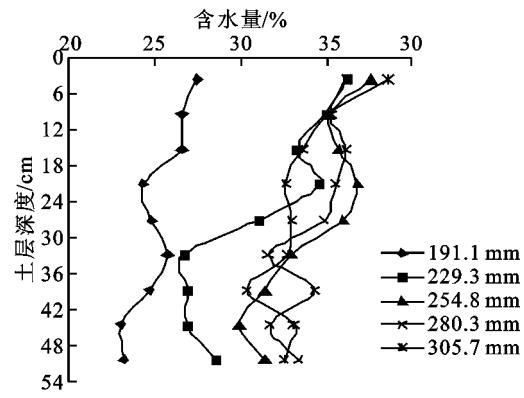


图 1 土壤含水量与灌水量的关系

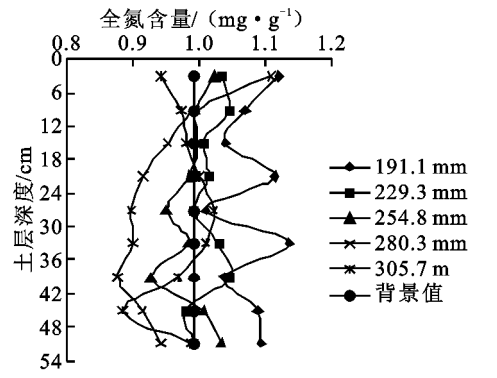


图 2 土壤含氮量与灌水量的关系

## 2.3 土壤剖面氮淋失率与灌水量的关系

依据灌溉前后土壤含氮量的变化计算不同灌水定额条件下土层氮淋失率的模式如下:

某深度以上土层累积全氮量  $N_{s,i}$  为

$$N_{s,i} = \sum N_i \quad (i = 0, 1, 2, \dots, 9) \quad (1)$$

土层某深度氮淋失通量  $Q_N$  为

$$Q_N = N_W + \sum N_{0,i} - N_{s,i} \quad (i = 0, 1, 2, \dots, 9) \quad (2)$$

土层某深度氮淋失率  $R_s$

$$R_s = Q_N / (N_W + \sum N_{0,i}) \quad (i = 0, 1, 2, \dots, 9) \quad (3)$$

式中:  $N_W$  ——灌溉施氮总量 (mg);  $N_{0,i}$  ——第  $i$  层土壤背景含氮量 (mg);  $N_i$  ——第  $i$  层试验所测土壤含氮量 (mg)。

不同灌水定额条件下土层氮淋失率的分布见图 3。由图可以看出, 不同灌水定额条件下, 土壤剖面氮淋失率随着灌水量的增大而增大。灌水量为

191.1 mm 时,氮淋失率随土层的加深逐渐减小,土柱底层无多余的水量渗出,土层氮素未发生淋失现象;当灌水量大于 229.3 mm 时,土壤剖面氮淋失率均大于 36.32%,且土柱底层有大量过饱和水量渗出,发生严重淋失现象。由此推断,施氮水平为 6 mg/cm<sup>2</sup> 的条件下,灌水量不能超过 229.3 mm。

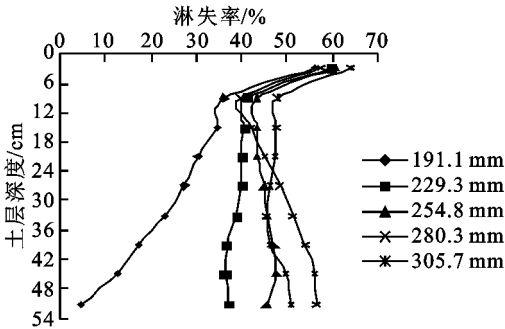


图 3 不同灌水量的淋失率分布曲线

2.4 深层土壤氮淋失率与灌水量、氮素浓度的关系  
不同灌水量情况下,土柱 51 cm 深处土壤氮淋失率与灌水量呈线性正相关关系,灌水量增大,土壤氮淋失率增大,其关系式为

$$y = 0.5734x - 101.08 \quad (R^2 = 0.9522) \quad (4)$$

当施氮水平为 6 mg/cm<sup>2</sup>,灌水量大于 229.3 mm 时,51 cm 深处土壤氮淋失率大于 37.18%,此情况下,上层土壤氮素受到严重淋洗和流失,因此,在黄土区灌溉时,应将灌水量控制在 229.3 mm 以内。

当施氮水平为 6 mg/cm<sup>2</sup>,不同灌水量情况下,土柱 51 cm 深处土壤氮淋失率与氮素浓度呈线性负相关关系,灌水量增大,土壤氮素浓度降低,氮淋失率增大,其关系式为:

$$y = -276.83x + 134.34 \quad (R^2 = 0.9931) \quad (5)$$

随灌水量增加,灌水量大于 229.3 mm 时,灌溉水氮素浓度小于 0.35 mg/ml 时,氮淋失率大于 37.18%,土壤氮素淋洗严重。

2.5 氮平衡分析

根据质量守恒原理,施氮总量与土壤背景总氮量之和应等于任一灌水水平、任一监测时刻土层的监测积累总氮量,其平衡关系如下:

$$N_w + \sum N_{0,i} = \sum N_{s,i} + \sum N_j \quad (6)$$

以灌水量为 254.8 mm,监测时间为 81 h 的土壤全氮含量测定成果为例,进行氮平衡分析。此处理的数据样本为:

$$N_w = 471\text{mg} + 2000\text{ml} \times 0.02\text{mg/ml} = 511\text{mg}$$
$$\sum N_{0,i} = 634\text{mg} \times 9 = 5708\text{mg}$$
$$\sum N_{s,i} = 5688\text{g}$$
$$\sum N_j = 35\text{mg} \quad (N_j \text{——试验渗出水样中的总氮量})$$

$$N_w + \sum N_{0,i} = 511\text{mg} + 5708\text{mg} = 6219\text{mg}$$
$$\sum N_{s,i} + \sum N_j = 5688\text{mg} + 35\text{mg} = 5723\text{mg}$$

误差:  $\Delta = (5723 - 6219) / 6219 = -0.08$

氮平衡分析结果表明,试验土层测定总氮数据与总施氮量理论数据相差- 496 mg,试验误差为 8%,基本满足质量守恒原理,实验数据具有可靠性和可信性。

3 结论

- (1) 不同灌水定额条件下,土壤含水量随着灌水量的增大而增大;同一灌水定额条件下,土壤含水量随着土层深度的加深而减小。(2) 不同灌水定额条件下,土层含氮量随着灌水量的增大而减小;当灌水量大于 229.3 mm 时,深层土壤氮素发生严重淋失。(3) 不同灌水定额条件下,土壤剖面氮淋失率随着灌水量的增大而增大;当施氮水平为 6 mg/cm<sup>2</sup>,灌水量大于 229.3 mm 时,氮素浓度小于 0.35 mg/ml,土层氮淋失率大于 37.18%,上层土壤发生严重淋失现象;(4) 在黄土地区灌溉时,为防止氮素流失和地下水污染,应将灌水量控制在 229.3 mm 以下。

参考文献:

[1] 陈晓歌,马耀光.不同灌水和施氮对黄土性土壤中 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 迁移和淋失的影响[J].水土保持学报,2008,15(5):109-111.

[2] 马耀光,郭大勇,徐永功,等.黄土层中灌溉对尿素淋失特征的影响[J].水土保持学报,2003,17(4):113-116.

[3] 张国梁,章申.农田氮素淋失研究进展[J].土壤,1998(6):291-297.

[4] 张思聪,吕贤弼,黄永刚.灌溉施肥条件下氮素在土壤中迁移转化的研究[J].水利水电技术,1999,30(5):6-8.

[5] 周锦.土壤中氮含量的测定分析[J].农业科技与信息,2008(15):40-41.

[6] 中华人民共和国国家标准,GB11894-89,1989-12-25 批准,1990-07-01 实施.