

喷灌冬小麦农田土壤 NO_3^- -N 分布 特征及作物吸氮规律

孙泽强^{1,2}, 康跃虎¹, 刘海军¹

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要: 以传统地面灌溉(畦灌)为对照, 2002~2003 和 2003~2004 两个生产年度田间试验分析喷灌对冬小麦农田土壤 NO_3^- -N 分布和作物吸氮的影响。试验结果表明: 喷灌与地面灌溉相比, 土壤 NO_3^- -N 含量峰值迁移较浅, 土壤 NO_3^- -N 主要分布在冬小麦主要根系分布层 0~40 cm 土层内。与喷灌相比, 在冬小麦根系层下部, 地面灌溉土壤 NO_3^- -N 存在不同程度的累积。试验期间地面灌溉土壤 NO_3^- -N 累积淋失量分别为 8.68 kg/hm² 和 7.70 kg/hm², 喷灌条件下没有明显的土壤 NO_3^- -N 淋失, 最大累积淋失量只有地面灌溉条件下的 3%。2003 和 2004 年喷灌冬小麦地上部分吸氮量分别为 235.7 kg/hm² 和 161.7 kg/hm², 分别比地面灌溉高 7.0 kg/hm² 和 34.7 kg/hm²。与地面灌溉相比, 喷灌有利于冬小麦后期吸收氮素, 喷灌不同生育期冬小麦吸氮量年际之间的差异都小于地面灌溉。

关键词: 喷灌; 冬小麦; 土壤 NO_3^- -N; 作物吸氮

中图分类号: S512.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2007)06-0136-08

华北平原是我国重要的粮食产区, 也是我国水资源严重缺乏的地区。冬小麦是该地区主要的粮食作物之一, 在冬小麦生长季一般降水较少, 灌溉是保障作物获得高产稳产的重要措施。灌溉补充土壤水分的同时也影响土壤养分尤其是土壤 NO_3^- -N 的分布和运移。水分和氮素是作物生长的重要营养元素。但是水分和氮素管理不当会造成硝态氮在土壤中淋失以及对地下水的污染^[1]。过多或过少的灌水都会导致对氮肥需求的增加, 因为灌水过多增加了氮肥的淋失, 灌水过少增加了氮肥的反硝化损失^[2]。研究发现, 少量多次使用水氮能帮助减轻对环境的影响^[3]。研究者认为灌水方式对决定淋失量有重要作用, 严格控制深层渗漏的灌水方式和提高灌水效率可以减少生长季的硝态氮淋失量^[4~5]。

喷灌作为一种先进的灌溉技术, 使水以水滴的形式均匀喷洒在土壤表面, 许多学者对喷灌条件下土壤 NO_3^- -N 的分布运移规律进行了研究^[6~7]。但关于不同灌溉方式下土壤 NO_3^- -N 的分布运移规律以及对作物吸氮影响的田间试验研究还较少。本研究以地面灌溉为对照, 研究喷灌对冬小麦农田土壤 NO_3^- -N 分布和作物吸氮的影响, 希望对农田节水节肥有参考意义。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验在中国科学院地理科学与资源研究所通州农田水循环与现代节水灌溉试验基地进行。该试验基地位于北纬 39°36', 东经 116°48', 海拔约 20 m, 年平均气温 11.2℃, 年平均降水量 620 mm, 属于大陆性季风气候区。试验区耕作层为粉壤质潮土, 土壤基本理化性质如下: 容重 1.35 g/cm³, 有机质 1.31%, 全氮 0.098%, 碱解氮 69.0 mg/kg, 有效磷 10.1 mg/kg, 有效钾 95.8 mg/kg。

在 2002~2003 和 2003~2004 冬小麦生长季, 喷灌和对照地面灌溉试验同时进行。试验采用大区试验方法, 喷灌试验区的面积为 240 m×208 m, 采用管道式喷灌系统, 每条支管上安装 12 个摇臂式喷头(ZY-2), 喷嘴流量为 3 m³/h, 喷头射程为 18 m, 支管和喷头间距均为 18 m, 在试验区内设置 3 个取样重复小区, 每个小区为 18 m×18 m。对照地面灌溉试验区的面积为 215 m×139 m, 采用低压管道输水小畦灌, 每畦宽 5 m, 长约 70 m, 在试验区内设置 3 个取样重复小区, 每个小区为 5 m×70 m。

喷灌冬小麦的灌溉时间根据土壤水基质势来决定, 当 0~40 cm 土层平均土壤基质势降到 -45 kPa

收稿日期: 2007-04-17

基金项目: 国家杰出青年基金(40125002)

作者简介: 孙泽强(1977-), 男, 山东东阿县人, 在读博士后, 研究方向为农业水资源高效利用。

* 通讯作者: 康跃虎, 研究员, 博士生导师。E-mail: kangyh@igsrr.ac.cn。

(约为田间持水量的 56%)开始灌水,地面灌溉灌水时间根据冬小麦长势并参考周围冬小麦农田的灌水;喷灌每次的灌水量约 50 mm,地面灌溉同常规,每次灌水以水到畦尾为准,灌水量通过水表读数计算得到。两年试验期间,喷灌和地面灌溉具体灌水时间和灌水量见表 1。

试验区施肥采取人工撒施,喷灌和地面灌溉施肥时间同步,施肥分底肥和追肥两次进行。2002~2003 生长季播种前,喷灌和地面灌溉施硫酸钾复合肥(N:P₂O₅:K₂O=15:15:15)750 kg/hm² 作为底

肥;返青后,追施尿素(46%N)300 kg/hm²,追肥后灌水。2003~2004 生长季播种前,通过测定土壤养分含量,选择了钾含量较低的复合肥。喷灌施硫酸钾复合肥(N:P₂O₅:K₂O=15:15:10)300 kg/hm²,为了弥补地面灌溉耕作层土壤养分与喷灌的差异,地面灌溉施硫酸钾复合肥(N:P₂O₅:K₂O=15:15:10)375 kg/hm²,比喷灌稍有增加;返青后,喷灌和地面灌溉都追施尿素(46%N)300 kg/hm²,追肥后灌水。

表 1 2003 年和 2004 年喷灌和地面灌溉灌水量

Table 1 Water applied amount of sprinkler irrigation and surface irrigation in 2003 and 2004

2003 年喷灌 Sprinkler irrigation in 2003		2003 年地面灌溉 Surface irrigation in 2003		2004 年喷灌 Sprinkler irrigation in 2004		2004 年地面灌溉 Surface irrigation in 2004	
日期 Date (M-d)	灌水量(mm) Water applied						
04-10	38.3	04-13	118.1	04-09	49.0	04-09	89.7
04-21	54.5	05-05	93.3	04-26	50.0	05-25	71.3
05-04	50.1	05-22	91.0	05-25	51.5	—	—
05-21	53.5	—	—	—	—	—	—
合计 Total	196.5	—	302.4	—	150.5	—	161.0

在试验处理期间(冬小麦返青期至收获期),两年的降水量和降水分布都有明显差异(图 1)。2003 年试验处理期间(4 月 8 日~6 月 15 日)共降水 20 次,大于 10 mm 的降水只有 1 次,在 2003 年 6 月 8 日为 12.4 mm,总降水量为 41.0 mm,其中约 50% 的降水发生在冬小麦成熟期。2004 年试验处理期间(4 月 6 日~6 月 15 日)共降水 12 次,降水量为

89.7 mm,是 2003 年试验处理期间的 2.2 倍,大于 10 mm 的降水有 5 次,分别在 2004 年 4 月 25 日、5 月 14 日、5 月 15 日、5 月 16 日和 5 月 25 日,5 次降水量约占试验期间降水量的 90%,并且都是在冬小麦主要生长期。可以看出,2004 年降水对试验的影响大于 2003 年。

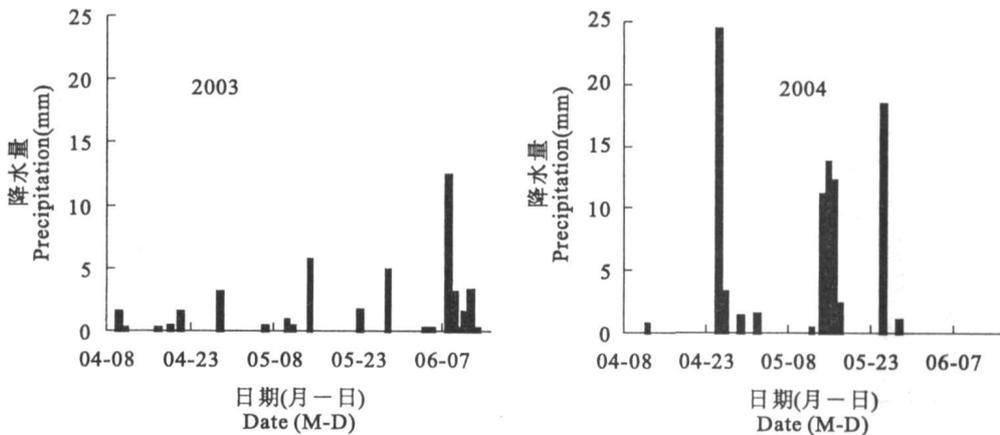


图 1 2003 年和 2004 年试验期间的降水分布

Fig. 1 Precipitation distribution during experiment periods in 2003 and 2004

1.2 测定项目和方法

1.2.1 土壤 NO_3^- -N 含量 试验期间大约每 5 d 用土钻取 1 次土样。0~40 cm 土层每 10 cm 取一个样,40~100 cm 土层每 20 cm 取一个样,100~135 cm 土层取一个样,每次取样 3 个重复,降水量大于 10 mm 或灌水后加测。土壤 NO_3^- -N 含量采用酚二磺酸比色法测定^[8],同时测定土壤含水量。

1.2.2 冬小麦植株全氮含量 将烘干后的冬小麦植物样粉碎,采用半微量开氏法^[8],用基尔特克 1030 全自动分析仪测定冬小麦地上部分植株全氮含量。

1.2.3 土壤 NO_3^- -N 淋失量的计算 土壤 NO_3^- -N 淋失量取决于根层以下深层渗漏水量和土壤溶液 NO_3^- -N 浓度。根层以下土壤 NO_3^- -N 淋失量由下式计算得到:

$$L_N = D \times C_N \quad (1)$$

式中, L_N 为根层以下土壤 NO_3^- -N 淋失量 (kg/hm^2); D 为根层以下深层渗漏水量 (m^3/hm^2);

C_N 为根层淋失土壤溶液 NO_3^- -N 浓度 (kg/m^3)。

D 通过达西定律计算得到^[9]。 C_N 由下式计算得到:

$$C_N = C_s \times \frac{\rho_b}{\theta} \quad (2)$$

式中, C_s 为土壤 NO_3^- -N 含量 (kg/kg); ρ_b 为土壤容重 (kg/m^3); θ 为土壤体积含水量 (m^3/m^3)。

2 结果与分析

2.1 喷灌农田土壤 NO_3^- -N 含量分布特征

NO_3^- -N 是旱地土壤供氮能力的良好指标^[10]。图 2 为喷灌和地面灌溉冬小麦农田土壤 NO_3^- -N 的剖面分布。

由图 2 可以看出,地面灌溉,土壤 NO_3^- -N 含量大于 10 mg/kg 最大土层深度年际间稍有变化,2003 年为 100 cm,2004 年为 135 cm;喷灌条件下土壤剖面大于 10 mg/kg 含量的土壤最大深度两年均为 40 cm。

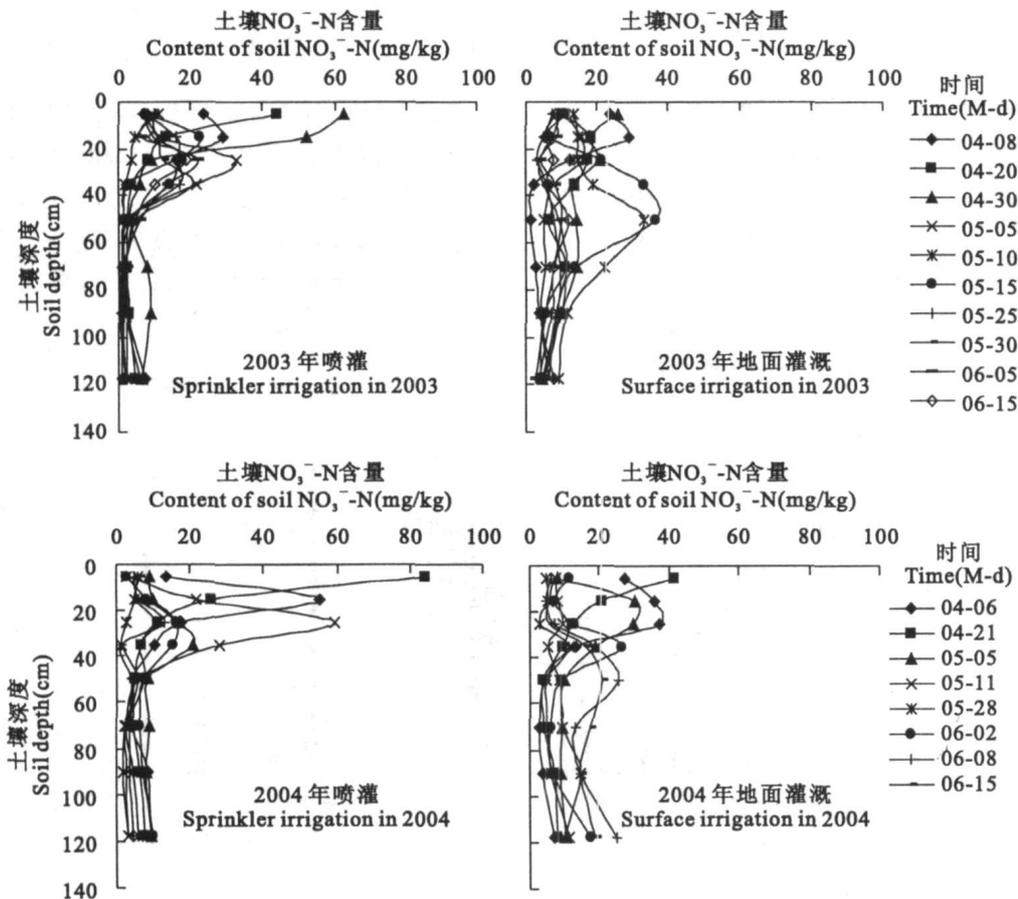


图 2 喷灌和地面灌溉冬小麦农田土壤 NO_3^- -N 的剖面分布

Fig. 2 The distribution of nitrate-N content of soil profile in winter wheat field under sprinkler irrigation and surface irrigation

喷灌和地面灌溉在水分入渗方式、灌水定额和灌水次数等方面都不同。根据研究^[7,9],在设计合理的条件下,喷灌水分运动基本上是不饱和运动,水分入渗速率较小,地面基本不产生积水。地面灌溉方式下,灌溉过程中水分的入渗是有一定水层厚度的有压入渗,水分运动接近饱和运动,水分入渗速率较大。除了水分入渗方式不同外,喷灌和地面灌溉的灌水定额也不同,喷灌一般灌水定额为 30~50 mm,地面灌溉灌水定额为 70~120 mm,喷灌灌水量可以高度控制,地面灌溉灌水量变化较大,喷灌平均次灌水量约为地面灌溉平均次灌水量的 50%。2002~2003 生长季喷灌灌水量是地面灌溉灌水总

量的 65%,2003~2004 生长季喷灌灌水总量和地面灌溉相差不大。可见,由于喷灌的水分入渗方式、灌水定额和灌溉定额与地面灌溉不同,造成土壤 NO_3^- -N 在剖面分布的不同。地面灌溉条件下,土壤 NO_3^- -N 含量峰值有明显的下移,并在根系层下部有一定的累积,存在淋失的风险;喷灌条件下土壤 NO_3^- -N 含量峰值迁移较浅,在根系层下部没有累积现象,不会产生土壤 NO_3^- -N 的大量淋失。喷灌 0~30 cm 土壤 NO_3^- -N 含量大于地面灌溉条件下,而 30~135 cm 土壤 NO_3^- -N 含量小于地面灌溉条件下(图 3)。

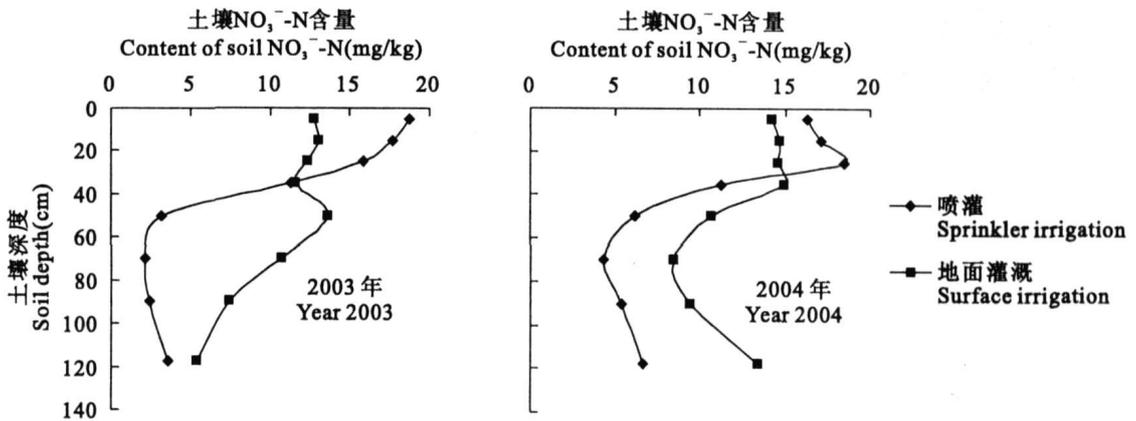


图 3 喷灌和地面灌溉冬小麦农田平均土壤 NO_3^- -N 含量的剖面分布

Fig. 3 The distribution of average nitrate-N content of soil profile in winter wheat field under sprinkler irrigation and surface irrigation

2003 年地面灌溉条件下,土壤 NO_3^- -N 含量峰值在 40~60 cm 剖面内,这个土层土壤 NO_3^- -N 含量变化幅度也最大,而在 2004 年剖面土壤 NO_3^- -N 含量峰值在 0~10 cm;在喷灌条件下,两年剖面土壤 NO_3^- -N 含量峰值都是在 0~10 cm,这个土层土壤 NO_3^- -N 含量变化幅度也最大。引起地面灌溉这种年际之间的差异原因主要是 2004 年试验期间雨水较多,降水类似喷灌,并且 2003~2004 生长季喷灌和地面灌溉总灌水量相差不大,减弱了 2003~2004 生长季喷灌和地面灌溉之间的差异。

2.2 喷灌对土壤 NO_3^- -N 累积的影响

试验证明,旱地土壤全剖面的 NO_3^- -N 含量能更好地反映土壤的供氮水平。和表层土壤比较,全剖面的 NO_3^- -N 含量与生物反应之间有更好的相关性^[8]。土壤 NO_3^- -N 储量可以用来表示土壤剖面一定土层氮素供应的总体状况。

表 2 为喷灌和地面灌溉条件下冬小麦返青至收获期间土壤 NO_3^- -N 储量的变化。冬小麦的根系主要分布在 0~40 cm 土层。从返青到收获,冬小麦

主要根系分布层土壤 NO_3^- -N 储量都减少,喷灌条件下的减小幅度小于地面灌溉条件下。说明喷灌和地面灌溉条件下,在冬小麦主要根系分布层都不产生土壤 NO_3^- -N 的累积。在冬小麦主要根系分布层以下,地面灌溉条件下土壤 NO_3^- -N 都存在不同程度的累积,2003 和 2004 年试验期间分别为 34.4 和 176.6 kg/hm^2 ,这为土壤 NO_3^- -N 的淋失提供了条件;喷灌条件下土壤 NO_3^- -N 储量都减小。对于 0~135 cm 整个观测土壤剖面来说,除了 2004 年地面灌溉处理的土壤 NO_3^- -N 出现一定盈余之外,喷灌处理和 2003 年的地面灌溉处理土壤 NO_3^- -N 都出现了不同程度的亏损,尤其是 2004 年的喷灌处理,土壤 NO_3^- -N 的减少量达到 136.5 kg/hm^2 。

喷灌条件下土壤 NO_3^- -N 主要分布在表层土壤和根系主要分布层,一方面有利于冬小麦吸收氮素,另一方面氮素挥发损失可能要高于地面灌溉。喷灌土壤微生物环境也会不同于地面灌溉,这方面的问题还有待于进一步研究。

表 2 喷灌和地面灌溉试验期间土壤 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 剖面的累积(kg/hm^2)Table 2 The accumulation of nitrate-N in soil profile under sprinkler irrigation and surface irrigation during experiment periods (kg/hm^2)

土壤深度 Soil depth (cm)	2003年4月8日-6月15日		2004年4月6日-6月15日	
	喷灌 Sprinkler irrigation	地面灌溉 Surface irrigation	喷灌 Sprinkler irrigation	地面灌溉 Surface irrigation
0~40	-28.4	-51.1	-93.2	-108
40~135	-24.9	34.4	-43.3	176.6
0~135	-53.3	-16.7	-136.5	68.6

注:正值表示土体 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 储量增加;负值表示土体 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 储量减少。

Note: The positive value means the increase of the content of $\text{NO}_3^- - \text{N}$, while the negative value means the decrease of it.

2.3 喷灌对土壤 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 淋失的影响

图 4 为 2003 和 2004 年试验期间,喷灌和地面灌溉冬小麦农田土壤 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的累积淋失量。土壤 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的淋失量取决于土壤溶液中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量和水分渗漏量。2004 年喷灌和地面灌溉土壤水分深层渗漏量都明显小于 2003 年^[9]。地面灌溉土壤 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的累积淋失量分别为 8.68

kg/hm^2 和 $7.70 \text{ kg}/\text{hm}^2$,而喷灌土壤 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的累积淋失量分别为 $0.28 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 和 $-0.34 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 。与地面灌溉相比,喷灌的土壤 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 累积淋失量很小,最大只有地面灌溉的 3%左右。与以往研究结果相比^[11],本试验条件下,土壤 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的淋失量不大,喷灌条件下属于非常低的水平,地面灌溉条件下属于低的水平。

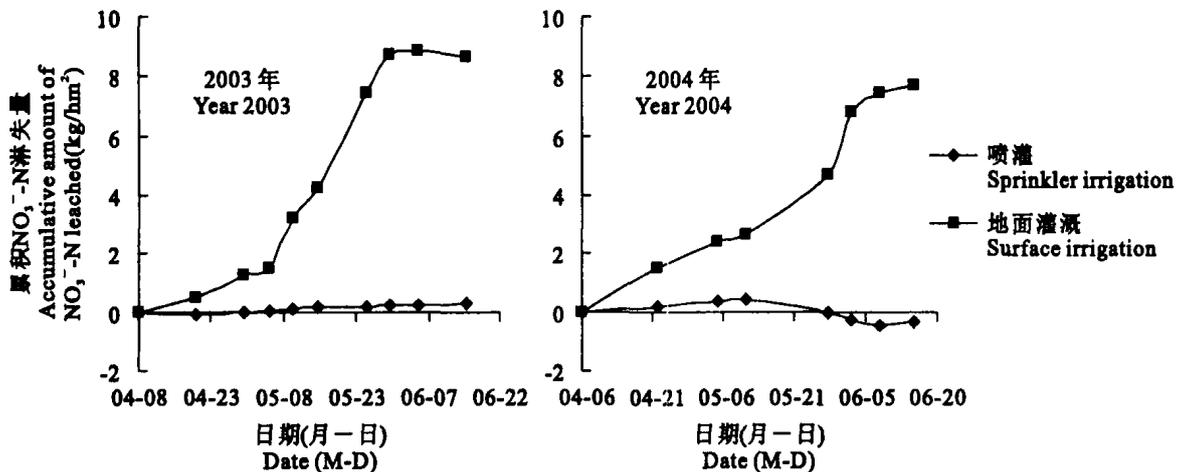
图 4 喷灌和地面灌溉条件下土壤 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的累积淋失量

Fig. 4 The accumulation of soil nitrate leaching under sprinkler irrigation and surface irrigation conditions

2.4 喷灌对冬小麦氮吸收的影响

2.4.1 喷灌对冬小麦单位干物质含氮量的影响

图 5 为喷灌和地面灌溉条件下冬小麦地上部分单位干物质含氮量的比较。喷灌和地面灌溉条件下,冬小麦植株单位干物质含氮量具有相同的变化趋势,都随生育期减小。2003 年试验期间,喷灌冬小麦植株单位干物质含氮量小于地面灌溉条件下。但在成熟期,喷灌冬小麦植株单位干物质含氮量与地面灌溉基本相同。

不同生育期冬小麦植株含氮量与施肥量和土壤含水量有关。2003 年,在喷灌和地面灌溉施肥量一致的情况下,地面灌溉由于灌水量大,土壤含水量在整个生育期都大,因此,作物组织含氮量就高。同样

2004 年,整个生育期喷灌和地面灌溉灌水量相差不大,冬小麦地上部分含氮量没有明显差异。

2.4.2 喷灌对冬小麦吸氮量的影响 图 6 为喷灌和地面灌溉冬小麦地上部分吸氮量的比较。可看出,喷灌和地面灌溉条件下冬小麦地上部分吸氮量具有相同的变化趋势:从拔节期到成熟期植株吸氮量先增加然后减少,这可能是由于冬小麦在灌浆后期迅速衰老,枯叶凋落和衰老植株氮挥发造成了植株氮的损失^[12]。喷灌冬小麦地上部分吸氮量在前期要小于地面灌溉条件下,到后期喷灌冬小麦地上部分吸氮量要稍高于地面灌溉条件下。2003 和 2004 年,喷灌冬小麦的总吸氮量分别为 $235.7 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 和 $161.7 \text{ kg}/\text{hm}^2$,分别比地面灌溉高 7.0

kg/hm^2 和 $34.7 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 。喷灌冬小麦不同生育期吸氮量年际之间的差异都小于地面灌溉条件下。

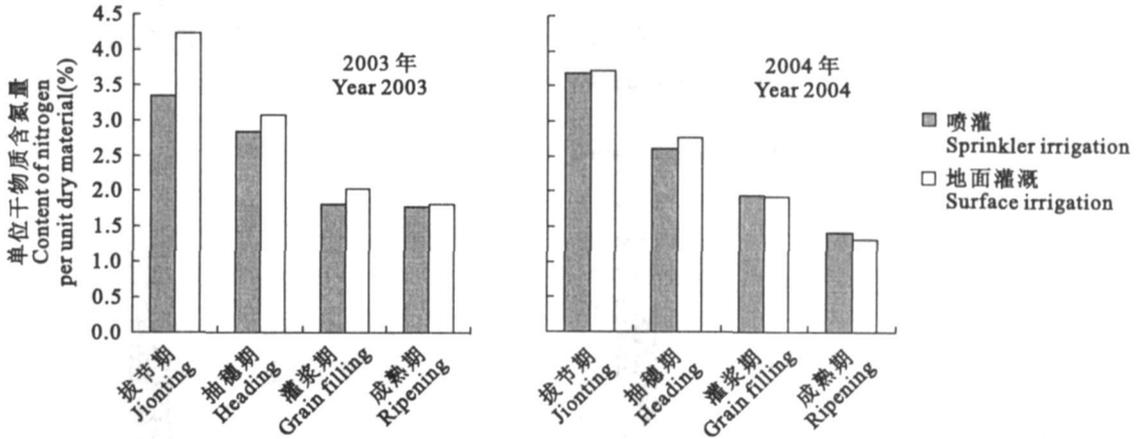


图 5 喷灌和地面灌溉冬小麦地上部分单位干物质含氮量的比较

Fig. 5 Comparison of nitrogen content per unit dry matter of winter wheat above ground with sprinkler irrigation and surface irrigation treatments

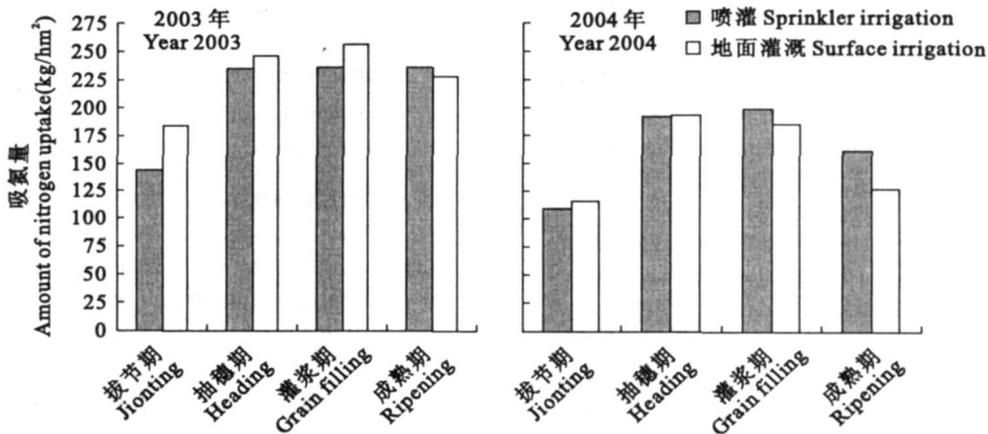


图 6 喷灌和地面灌溉冬小麦地上部分吸氮量的比较

Fig. 6 Comparison of nitrogen uptakes of winter wheat above ground with sprinkler irrigation and surface irrigation treatments

图 7 为喷灌和地面灌溉条件下冬小麦穗部吸氮比例的比较。随冬小麦生育期推进,冬小麦穗部的吸氮比例逐渐增加,喷灌条件下冬小麦穗部吸氮比例一般要大于地面灌溉条件下。可见,喷灌有利于冬小麦营养组织氮素向穗部的转移。

3 结论和讨论

两年冬小麦田间试验结果表明,喷灌和传统地面灌溉条件下的土壤 NO_3^- -N 分布不同,也对冬小麦氮的吸收产生了一定的影响。从以上的分析,在本试验条件下,可以得出以下结论:

1) 喷灌与地面灌溉相比,土壤 NO_3^- -N 含量峰值迁移较浅。在冬小麦根系层下部,地面灌溉土壤 NO_3^- -N 存在不同程度的累积,喷灌条件下不

产生 NO_3^- -N 的累积。

2) 与地面灌溉相比,喷灌的土壤 NO_3^- -N 累积淋失量很小,最大只有地面灌溉的 3% 左右。

3) 喷灌对冬小麦吸收氮素具有前抑后促的作用。喷灌不同生育期冬小麦吸氮年际之间的差异都小于地面灌溉条件下。

喷灌和地面灌溉相比,具有次灌水量较少,灌水次数多的特点。喷灌条件下土壤表面受水具有瞬时性^[13],土壤水分运动具有明显的不饱和性^[9]。土壤 NO_3^- -N 不易吸附在土壤颗粒表面,容易随水运移。土壤 NO_3^- -N 的分布和运移在很大程度上取决于土壤含水量和水的运动。室内试验结果表明,入渗方式对 NO_3^- -N 离子运移影响大,与漫灌入渗方式相比,喷灌入渗条件下,供水强度低,孔隙

水流速度小, $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 运移慢, 弥散作用弱^[7]。喷灌水分入渗方式、次灌水量和总灌水量不同于地面灌溉, 使得土壤 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 在剖面的分布和累积、淋失量也不同于地面灌溉。土壤养分分布与作物的吸

收利用密切相关, 通过分析可以发现, 喷灌条件下由于土壤水分、养分状况更有利于作物的生长, 并且能减小年际间的差异, 保证作物的高产稳产。

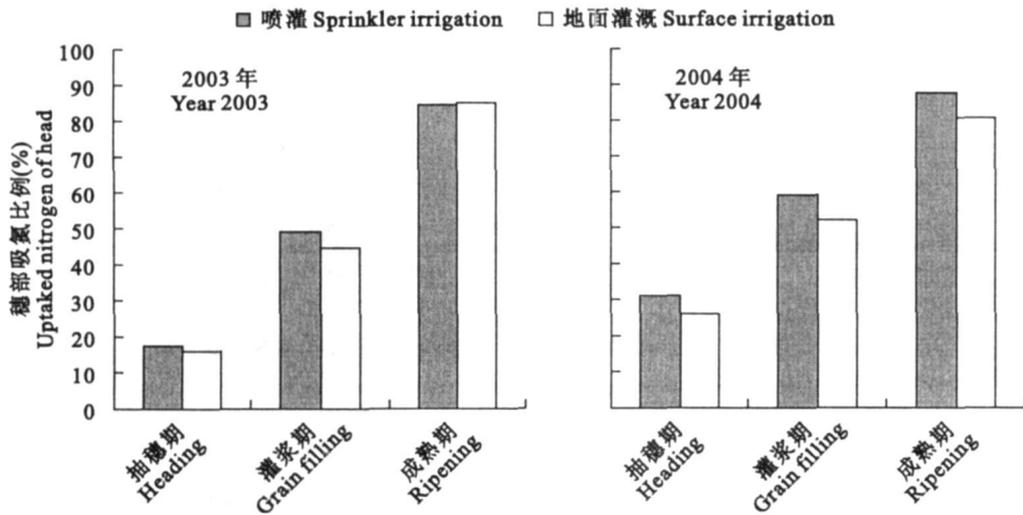


图 7 喷灌和地面灌溉冬小麦穗部吸氮比例的比较

Fig. 7 Comparison of ratio between nitrogen uptake of fringe part to the plants under sprinkler and surface irrigation conditions

参考文献:

- [1] Allaire-Leunga S E, Wub L, Mitchell J P, et al. Nitrate leaching and soil nitrate content as affected by irrigation uniformity in a carrot field[J]. *Agricultural Water Management*, 2001, 48: 37-50.
- [2] Schepers J S, Varvel G E, Watts D G. Nitrogen and water management strategies to reduce nitrate leaching under irrigated maize[J]. *Journal of Contaminant Hydrology*, 1995, 20: 227-239.
- [3] Muñoz-Carpena R, Titter A, Socorro A R, et al. Nitrogen evolution and fate in a Canary Islands (Spain) sprinkler fertigated banana plot[J]. *Agricultural Water Management*, 2002, 52: 93-117.
- [4] Klocke N L, Watts D G, Scheekloth J P, et al. Nitrate leaching in irrigated corn and soybean in a semi-arid climate[J]. *Transactions of the ASAE*, 1999, 42(6): 1621-1630.
- [5] Ritter W E, Manger K A. Effect of irrigation efficiencies on nitrogen leaching losses[J]. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, ASCE, 1996, 111(3): 230-240.
- [6] 郭大应, 谢成春, 熊清瑞, 等. 喷灌条件下土壤中的氮素分布研究[J]. *灌溉排水*, 2000, 19(2): 76-77.
- [7] 魏新平. 漫灌和喷灌条件下土壤养分运移特征的初步研究[J]. *农业工程学报*, 1999, 15(4): 83-87.
- [8] 鲍士旦. 土壤农化分析(第三版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [9] 孙泽强, 康跃虎, 刘海军. 喷灌冬小麦农田土壤水分分布特征及水量平衡. *干旱地区农业研究*[J], 2006, 24(1): 100-107.
- [10] 党廷辉, 马海涛, 高晓妮. 矿态氮反映旱地土壤供氮能力的研究[J]. *陕西农业科学*, 1991, (6): 14-15.
- [11] 马军花, 任理, 龚元石, 等. 冬小麦生长条件下土壤氮素运移动态的数值模拟[J]. *水利学报*, 2004, (3): 103-110.
- [12] 李生秀, 李宗让, 田霄鸿, 等. 植物地上部分氮素的挥发损失[J]. *植物营养与肥料学报*, 1995, 1(2): 18-25.
- [13] 刘海军. 喷灌条件下田间小气候的变化和 SPAC 系统土壤水分运移规律的研究[D]. 北京: 中国农业科学院硕士学位论文, 2000.

Effects of sprinkler irrigation on soil nitrate-N distribution and nitrogen uptake of winter wheat under the field conditions

SUN Ze-qiang^{1,2}, KANG Yue-hu¹, LIU Hai-jun¹

(1. Key Laboratory of Water Cycle and Related Land Surface Processes, Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: The effects of sprinkler irrigation on soil nitrate-N distribution and nitrogen uptake of winter wheat were analyzed through two-year field experiments. The control treatment was traditional surface irrigation (border irrigation). The experimental results indicate that the peak of soil nitrate-N transports shallowly and distributes mainly within upper 40 cm soil layers where most roots of winter wheat distribute under sprinkler irrigation compared with under surface irrigation. In the sublayer of root zone of winter wheat, soil nitrate-N cumulates under surface irrigation in various degrees compared with under sprinkler irrigation. The accumulation of soil nitrate-N leached are 8.68 kg/hm² and 7.70 kg/hm² under surface irrigation in 2003 and 2004, respectively. The accumulation of soil nitrate-N leached under sprinkler irrigation is very small, about less than 3% of surface irrigation conditions. The amount of nitrogen uptake by winter wheat under sprinkler irrigation is 235.7 kg/hm² and 161.7 kg/hm² in two years, 7.0 kg/hm² and 34.7 kg/hm² higher than that under surface irrigation, respectively. Sprinkler irrigation has the promoting effects on nitrogen uptake by winter wheat in the later period. The difference of nitrogen uptake by winter wheat during different growing periods between each year under sprinkler irrigation is all smaller than that under surface irrigation.

Keywords: sprinkler irrigation; winter wheat; soil NO_3^- -N; plant nitrogen uptake

(上接第 125 页)

Experimental modelling of runoff dynamic processes on loess hillslope

MA Chun-yan¹, WANG Zhan-li^{1,2}, TAN Zhen-xue²

(1. The State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. The State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau, Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Science and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Based on simulated rainfall experiment, the processes of runoff dynamic variation on the loess hillslope was studied and the following results were obtained. (1) Slope runoff intensity varied with rainfall time and it could be described with logarithmic equation. Runoff intensity changed greatly between 5~10 min after rainfall began, then it changed slowly and tended to be steady; (2) Effect of rainfall intensity on slope runoff depth could be described with linear equations. Runoff depth rapidly increased with increase of rainfall intensity; (3) Effect of slope gradient on slope runoff depth could be described with parabola equations. The critical slope gradient was about 25°; (4) Effect of slope length on slope runoff depth could be described with logarithmic equations. With increase of rainfall intensities, slope runoff depth significantly increased under slope length; (5) The integrated impact of the three factors on slope runoff depth could be described with a power equation. The result showed effect of rainfall intensity on slope runoff depth was more important than slope length and slope gradient.

Keywords: loess hillslope; runoff; dynamic variation; processes; experimental modelling