

不同灌溉施肥方式的土壤硝态氮分布特性试验研究

贾丽华¹, 费良军¹, 程东娟²

(1. 西安理工大学水资源研究所, 陕西 西安 710048; 2. 河北工程大学, 河北 邯郸 056021)

摘要: 通过大田测坑玉米种植试验研究, 分析了常规畦灌和膜孔灌条件下农田土壤硝态氮的分布特性。结果表明: 膜孔灌溉 0~60 cm 土层的硝态氮在作物的整个生育期变化较大, 60 cm 以下变化平缓, 上下土层硝态氮含量差异相对较小。而常规畦灌在 0~40 cm 内变化较大, 上下土层间硝态氮含量差异较大。两种灌溉方式, 表层土壤的硝态氮含量在整个玉米生育期为双峰形式, 以三叶期和抽穗期为最高。与常规畦灌相比, 膜孔灌溉消除了硝态氮的表聚现象, 土壤剖面硝态氮分布更趋合理, 更加有利于作物的吸收利用。膜孔灌溉由于其覆膜作用, 减轻了硝态氮的淋洗, 提高了氮素的利用率。

关键词: 常规畦灌; 膜孔灌; 硝态氮; 分布特性; 表聚现象; 硝态氮淋洗

中图分类号: S 275.6; S 153 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)02-0044-05

目前我国已成为世界上氮肥年用量最多的国家之一, 单位面积的施用量也高于世界平均水平, 而我国氮肥利用率却仅为 30%~50%^[1,2], 即有一半左右的氮肥施入土壤后通过各种途径损失掉, 这不仅使肥料的生产效益大为降低, 而且还造成了难以治理的环境污染问题。因此, 寻求合理的灌溉施肥方式, 以减少氮素的田间损失, 提高氮素的利用率是目前值得进一步研究的问题。膜孔灌溉改变了传统的灌溉方式, 利用地膜输水, 将浇地改为浇作物, 近年来在我国各地得到了广泛的应用^[3], 但关于膜孔灌溉氮素的高效利用问题却报道很少。因此, 本文研究膜孔灌溉条件下玉米田间土壤硝态氮的分布特

性, 以探讨膜孔灌溉条件下氮素高效利用途径。

1 试验条件与方法

1.1 试验条件

试验在西安理工大学教育部西北水资源与环境生态重点实验场内, 于 2006 年 5 月 31 号到 9 月 12 号进行了玉米膜孔灌施肥 NO₃⁻-N 运移特性试验, 玉米品种为陕单 8806。试验土壤为壤土, 质地为粉壤土, 颗粒级配组成如表 1, 各土层平均容重为 1.2 g/cm³, 田间持水量为 24.5%(占干土重), 土壤的基本理化性状如表 2。

表 1 供试土壤的颗粒级配组成

Table 1 Gradation composition of the test soil

粒径 (mm) Diameter	<1.0	<0.50	<0.250	<0.10	<0.05	<0.025	<0.01	<0.005	<0.002	<0.001
含量 (%) Content	99.60	99.20	98.87	98.60	89.15	56.58	28.02	11.34	2.88	0.90

表 2 供试土壤的基本理化性状

Table 2 Physical and chemical properties of test soil

项目 Item	含量 Content (mg/kg)	项目 Item	含量 Content
NO ₃ ⁻ -N	4.90	全磷 Total P (%)	0.78
NH ₄ ⁺ -N	3.74	pH 值	8.20
速效磷 Available P	15.27	有机质 Organic matter (mg/kg)	11.08

1.2 试验方法

试验设常规畦灌和膜孔灌两种灌溉方式, 试验

测坑面积为 1.76 m²(长 1.6 m, 宽 1.1 m, 深 1.2 m), 测坑底面为一斜面, 下铺 5 cm 的粗砂, 在池底

收稿日期: 2007-07-02

基金项目: 陕西省重点实验室重点科研项目(03S041); 国家自然科学基金项目(50579064); 西北农林科技大学旱区农业水土工程教育部重点实验室访问学者基金项目; 陕西省教育厅科研计划项目(03K153)

作者简介: 贾丽华(1982-), 女(蒙古族), 内蒙古赤峰人, 硕士研究生, 主要从事节水灌溉研究。

一侧设有排水管,四周围有 15cm 厚的水泥砖墙,以防止各测坑之间水肥互渗。每小区种植玉米 8 株,株距为 40cm,行距为 60cm。膜孔灌溉测坑田面整平后,将长×宽为 2 m×1.7 m 的地膜覆于其上,膜边向上翘起压实,以防止膜缝进水。在撒播种子处开膜孔直径为 6cm 的作物放苗孔,为防止灌水或降雨时地膜浮起,在膜孔周围用沙土压实。播种前将肥料(尿素、过磷酸钙和硫酸钾)作为基肥一次性施入土表下 10cm,氮肥用量(N)为 149.925 kg/hm²,磷肥用量(P₂O₅)为 149.925 kg/hm²,钾肥用量(K₂O)为 149.925 kg/hm²。分别于苗期、三叶期、拔节期、抽穗期、乳熟期、收获时,在距离玉米 3cm 处用土钻分层取土,取土深度为 100cm,每 10cm 一层。土样分为两部分,一部分用烘干法测定土壤含水率,一部分用紫外分光光度计法测定土壤 NO₃⁻-N 含量。在玉米生育期,共灌水 2 次(拔节期和乳熟期),灌溉定额为 749.63 m³/hm²。

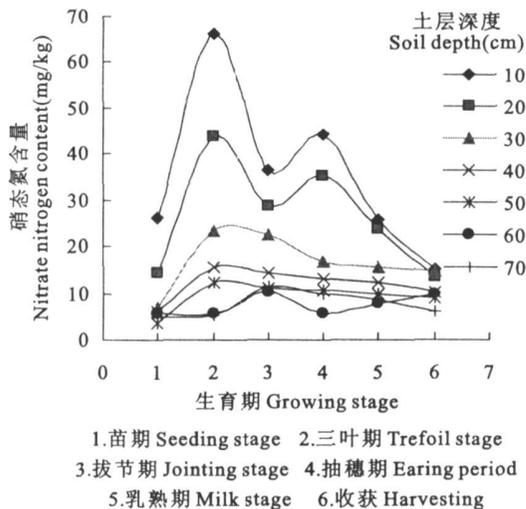


图1 常规畦灌玉米生育期硝态氮含量变化曲线

Fig.1 Nitrate nitrogen content change curve with corn growing period under conventional border irrigation

可以看出:常规畦灌和膜孔灌两种灌溉方式,在玉米生育期内,不同土层的土壤硝态氮含量之间差异明显。畦灌条件下,在玉米生育期内,随着土层深度的增加,土壤硝态氮含量减小,0~40cm 的土层硝态氮含量之间差异较大,变幅为 13.2~50.8 mg/kg,硝态氮随生育期动态变化较大,40cm 以下的土层之间硝态氮含量差异较小,随生育期变化也较小。膜孔灌溉条件下,在玉米生育期内,除 10cm 土层外,基本表现为随着土层深度的增加,土壤硝态氮含量减小,0~60cm 的土层硝态氮含量之间差异较小,变幅在 11~28.6 mg/kg 之间,上下土层硝态

2 结果与分析

2.1 膜孔灌溉及常规畦灌的玉米生育期土壤 NO₃⁻-N 分布特性

硝态氮是植物能够直接吸收利用的速效性氮素^[4],不易被土壤胶体所吸附,易随水移动。因此,容易被淋洗到下部土层。通常硝态氮是在硝化细菌作用下由铵态氮转化而来的,所以其含量与土壤通气状况有密切的关系。膜孔灌溉通过在一定程度上抑制硝化,适度减少 NO₃⁻-N 源,阻缓土壤水分入渗速度,是能够达到减少淋溶损失的一种有效措施。同时由于覆膜作用,减少了铵态氮的挥发,增加了氮素的利用率。

2.1.1 季节性变化特征 图1和图2分别为玉米全生育期内常规畦灌和膜孔灌两种灌溉方式土壤硝态氮含量的动态变化。

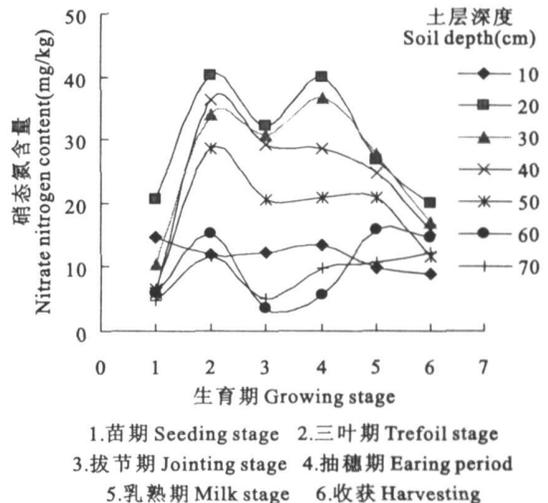


图2 膜孔灌溉玉米生育期硝态氮含量变化曲线

Fig.2 Nitrate nitrogen content change curve with corn growing period under film hole irrigation

氮含量较为均匀,硝态氮随生育期动态变化较大,60cm 以下的土层之间硝态氮含量差异较小,变化平缓。这主要是因为玉米的根系主要集中在 0~40cm 土层,膜孔灌由于覆膜作用,具有很好的保水效果,主要根系活动层较常规畦灌深,可达 0~60cm。由于玉米根系吸收及地上部分的生长发育在各生育阶段对硝态氮的需求量不同,因此,导致根系活动层土壤硝态氮随季节性变化较大,相对根系活动层以外的土壤硝态氮变化较小。另外,还可以看出,两种灌溉施肥方式,表层土壤的硝态氮含量在整个生育期为双峰形式,以三叶期和抽穗期为最高,这是因为

所施氮肥为尿素，尿素转化成铵态氮，铵态氮再转化成硝态氮需要一段时间。有资料表明，在大田条件下，尿素转化完全，即全部转化成硝态氮需要 2 周左右^[9]，玉米三叶期为施肥后第 9 天，正处于尿素转化高峰，因此两种灌溉条件下不同土层的硝态氮含量在三叶期较高。三叶期以后随着生物量的增大，根系活动增强，对土壤硝态氮含量的吸收加大；同时由于在拔节期灌水一次，土壤含水量较大，作物对下层土壤硝态氮的淋吸作用^[9]微弱，导致三叶期后硝态氮含量减小。随着土壤水分的不断消耗，下层土壤中的水分不断向上运移，补充作物所需要的水分，引起硝态氮随水分不断上移，此时根系对下层土壤水分和硝态氮的淋吸效应较强，所以上层土壤硝态氮含量在抽穗期表现为升高趋势，而下层土壤硝态氮含量继续降低，乳熟期由于玉米植株生长旺盛，大量

吸收消耗硝态氮，硝态氮含量再次下降。

2.1.2 土壤剖面垂直变化特征 硝态氮由于其带负电荷，不易吸附于土壤，容易随土壤水分运移，因此，土壤水分的垂向运动是影响硝态氮分布的一个主要因子。

图 3、图 4、图 5 和图 6 分别为常规畦灌和膜孔灌溉玉米不同生育时期土壤剖面含水量和硝态氮分布。可以看出：土壤水分和硝态氮具有很好的相关性，硝态氮遵循‘盐随水来，盐随水走’的规律。不同的灌溉方式引起土壤含水量在土壤剖面分布变化较大，从而对玉米各生育期土壤剖面硝态氮的分布影响也较大。常规畦灌下各生育期土壤剖面硝态氮分布主要集中在 0~20 cm 土层之间，表层含量最高，其他各层含量较少，硝态氮含量由表层向下部土层递减。膜孔灌溉方式下，硝态氮的分布主要集中在

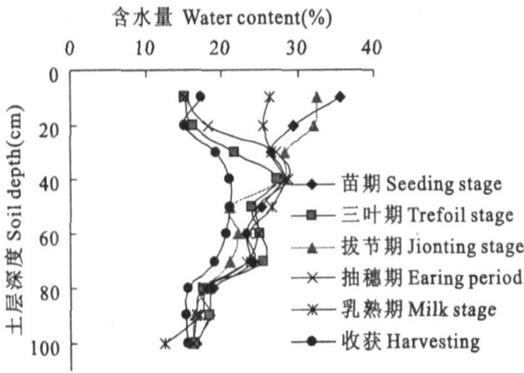


图 3 常规畦灌玉米生育期土壤剖面含水量分布
Fig. 3 Soil water distribution in soil sections in corn growing period under conventional border irrigation

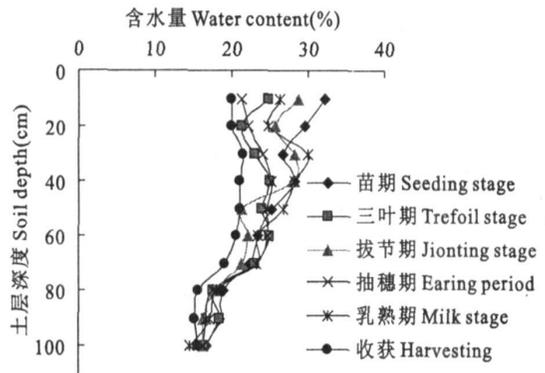


图 4 膜孔灌溉玉米生育期土壤剖面含水量分布
Fig. 4 Soil water distribution in soil sections in corn growing period under film hole irrigation

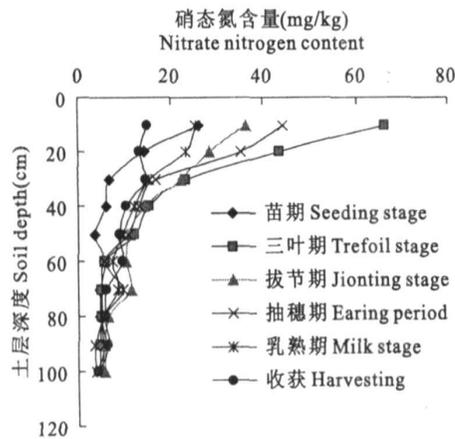


图 5 常规畦灌玉米生育期土壤剖面硝态氮分布
Fig. 5 Nitrate nitrogen distribution in soil sections under conventional border irrigation

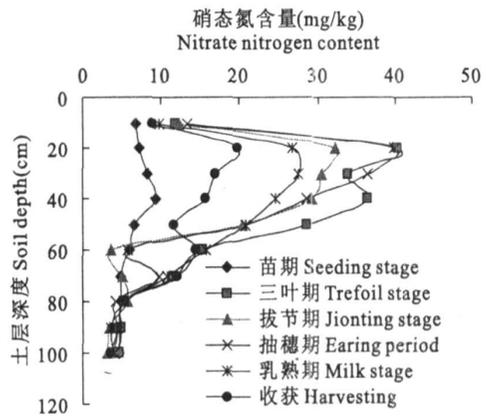


图 6 膜孔灌溉玉米生育期土壤剖面硝态氮分布
Fig. 6 Nitrate nitrogen distribution in soil sections under film hole irrigation

0~50 cm 土层之间,并在 35 cm 附近出现浓度累积峰。灌溉方式对硝态氮含量在土壤剖面的分布影响,是由于灌溉方式对土壤水分在土壤剖面分布影响造成的。常规畦灌条件下,硝态氮产生表聚现象。这是因为畦灌条件下,在玉米旺盛生长期,由于高温少雨,地面蒸散量(包括叶面蒸腾和地面蒸发)大大超过降水量,使土壤水分向上运移。当灌溉或降雨时,土壤水分向下淋移,但在短时间内即可达到平稳,随即又迅速向上运移。所以,在玉米生育期内,总的趋势是土壤水分向上运移的,而土壤硝态氮的去向自然也是向上移动的,这导致硝态氮大部分累积在土壤表层,形成表聚现象。膜孔灌由于地膜覆盖作用,基本上抑制了棵间蒸发,灌溉或降雨后,能在较长的时间内维持较大的土壤含水量,对下层土壤的淋吸作用微弱。但由于作物的根系活动层主要在 0~60 cm,根系在此密集分布,既能阻缓灌水或降水下渗速度,又能阻缓下层水分向上层的蒸发速度,硝态氮与水分运移是同步的,因此硝态氮在此分布集中,并在 35 cm 处呈现浓度峰,随着各个生育期对硝态氮的消耗,浓度峰逐渐减小。膜孔灌 10 cm 土层硝态氮含量较小,主要是降雨或灌溉时,水分通过放苗孔进入土壤时,将表层的硝态氮带到下部土层,虽然表层的土壤含水量较大,但由于没有棵间蒸发损耗,水分向上运移微弱,下部的硝态氮很难再随水分运移到表层。

通过对比分析两种灌溉方式玉米各生育期土壤剖面硝态氮分布,常规畦灌硝态氮的表聚现象十分严重,硝态氮的过分集中不利于作物根系的吸收利用,严重时还会对作物造成毒害作用;膜孔灌通过覆膜避免了这种现象,且硝态氮主要分布在作物根系活动区,有利于其对氮素的吸收利用,增加了氮肥的利用率(图 7)。

2.2 膜孔灌溉和常规畦灌方式下土壤 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的淋洗损失

两种灌溉施肥方式 80~100 cm 土层的硝态氮含量均随作物的推移逐渐增加,至收获后,常规畦灌方式较播前硝态氮含量增加 8.76 mg/kg,而膜孔灌施肥方式则增加 5.22 mg/kg,常规畦灌在 80~100 cm 土层的硝态氮含量比膜孔灌溉增加 3.54 mg/kg,说明膜孔灌施肥方式较常规畦灌施肥减少了硝态氮向下部土层的淋溶损失。这主要是由于各处理玉米在拔节期和乳熟期各灌水一次,造成硝态氮的淋洗,但由于膜孔灌溉是水流在地膜上的流动,通过

作物放苗孔给作物供水,灌溉水通过放苗孔慢慢渗入土壤,加之膜孔灌地膜的增温作用,使得玉米根系发育比常规畦灌的好,根系也减缓了水分向下部土层的运移速度,从而使硝态氮随水分向下的淋洗较弱。如果玉米生育期降雨量加大,则会大大增加常规畦灌方式硝态氮的淋溶损失,而膜孔灌能够有效地降低硝态氮的淋溶损失。

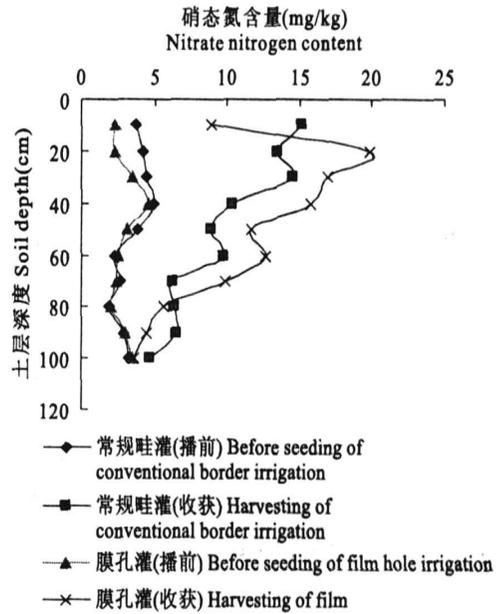


图 7 土壤硝态氮分布

Fig. 7 Soil nitrate nitrogen distribution

3 结论

1) 对于相同的施肥量,膜孔灌硝态氮在 0~60 cm 土层含量随生育期变化较大,各层间差异较小,60 cm 以下变化平缓;常规畦灌硝态氮在 0~40 cm 土层随玉米生育期变化较大,各土层之间硝态氮含量差异较大,40 cm 以下变化平缓。两种灌溉方式,表层土壤的硝态氮含量在整个生育期为双峰形式,以三叶期和抽穗期为最高。

2) 灌溉方式对玉米不同生育时期土壤剖面硝态氮的分布影响较大。常规畦灌下各生育期土壤剖面硝态氮分布主要集中在 0~20 cm 之间,表层含量最高,出现表聚现象;膜孔灌溉方式下,硝态氮的分布主要集中在 0~50 cm 土层之间,并在 35 cm 附近出现浓度峰,随玉米生育期推进,浓度峰减小。

3) 膜孔灌溉的覆膜作用,减缓了土壤水分向下部土层的运移速度,从而降低了 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的淋溶损失,在雨季这种效果会更加明显。

参考文献:

- [1] 崔玉亭. 化肥与生态环境保护[M]. 北京: 化学工业出版社, 2000. 5—10.
- [2] 张春伦, 朱兴明, 胡思农. 缓释尿素施肥及氮素利用率研究[J]. 土壤肥料, 1998, (6): 17—20.
- [3] 张光辉, 朱立选. 渭北旱塬膜上灌灌水技术研究[J]. 水土保持研究, 1999, (1): 60—61.
- [4] 党廷辉, 马海涛, 高晓妮. 矿态氮反映旱地土壤供 N 能力的研究[J]. 陕西农业科学, 1991, (6): 14—15.
- [5] 刘学军, 巨晓棠, 张福锁. 基施尿素对土壤剖面中无机氮动态的影响[J]. 中国农业大学学报, 2001, (5): 63—68.
- [6] 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, (4): 307—315.

Experimental study on nitrate nitrogen distribution characteristics under different ways of irrigation

JIA Li hua , FEI Liang jun , CHENG Dong juan

(1. Xi 'an University of Technology , Xi 'an , Shaanxi 710048, China ;
2. Hebei Engineering University , Handan , Hebei 056021, China)

Abstract : Through field experiment of maize growing , analysis is made of the soil nitrate nitrogen distribution characteristics under conventional border and film hole irrigation . The nitrate nitrogen change in 0~60cm soil sections is obvious and the difference of nitrate nitrogen content between up and down section is relatively small during maize growing period under film hole irrigation . But under the conventional border irrigation it changes very sharply in 0~40cm soil sections and the difference of nitrate nitrogen content between up and down is very large . For two irrigations , the nitrate nitrogen content in up soil section appears two fronts (trefoil stage and ear sprouting stage) . Compared with the conventional border irrigation , film hole irrigation avoids the convergence of nitrate nitrogen in surface , so the nitrate nitrogen distribution in soil section is more reasonable and more favorable for the crop 's up taking of soil nitrogen . Because of the effect of film , film hole irrigation limits the ammonium nitrogen volatilizing and promotes the nitrogen utilization ratio .

Key words : conventional border irrigation ; film hole irrigation ; nitrate nitrogen ; distribution characteristics ; surface convergence phenomenon ; nitrate nitrogen leaching