

文章编号:1672-3317(2017)03-0044-08

# 施氮对不同质地滴灌棉田土壤硝态氮 分布及棉花产量的影响

马革新<sup>1,2</sup>, 张泽<sup>1,2</sup>, 温鹏飞<sup>1,2</sup>, 张东明<sup>1,2</sup>, 吕新<sup>1,2</sup>

(1.石河子大学农学院,新疆石河子832003;

2.新疆生产建设兵团绿洲生态农业重点实验室,新疆石河子832003)

**摘要:**为了探究施氮对不同质地滴灌棉田硝态氮分布及产量的影响,采用温室土柱模拟的方法,研究了滴灌条件下不同质地土壤硝态氮分布迁移特征,分析了施氮对NO<sub>3</sub>-N和棉花产量的影响。结果表明,在灌水量一定的条件下,在砂土、壤土中施氮量分别为256.00、287.34 kg/hm<sup>2</sup>时,相应的氮素积累量最大,皮棉产量最高,土壤硝态氮主要集中在30~40 cm土层,有利于棉花根系的吸收,且分别比不施氮增产43.87%和44.92%。一定施氮量下,壤土硝态氮分布的均匀性优于砂土,并且根层20~40 cm土层硝态氮量高于砂土,且比砂土平均增产6.16%。砂土、壤土中硝态氮量在各生育期总体呈现“降-增-降”的变化趋势,并且收获前期施纯氮340 kg/hm<sup>2</sup>处理60 cm土层砂土硝态氮量的第二个峰值较壤土提高15.98%,在生育期末端砂土在深层的氮素积累高于壤土,存在继续向下淋失的风险。

**关键词:**滴灌棉田;施氮量;硝态氮;产量

中图分类号:S562

文献标志码:A

doi:10.13522/j.cnki.ggps.2017.03.008

马革新,张泽,温鹏飞,等.施氮对不同质地滴灌棉田土壤硝态氮分布及棉花产量的影响[J].灌溉排水学报,2017,36(3):44-51.

## 0 引言

中国氮肥消费与生产量位居世界第一,农业氮肥利用率相对较低从而导致巨大的氮肥损失<sup>[1-2]</sup>。土壤硝态氮量作为土壤氮素诊断指标,对于确定滴灌棉田在不同生育期的氮肥追肥用量具有指导性意义<sup>[3]</sup>。我国灌溉农作体系中,硝态氮大量残留在收获后的土壤剖面中,这部分残留硝态氮是不可忽视的土壤氮素资源,在土壤-植物体系的氮素营养中发挥着重要作用,但积累在土壤中的硝态氮在降水较多或灌溉量较大的条件下将向深层迁移甚至导致淋失,严重威胁着地下水资源的有效可利用性<sup>[4]</sup>,易造成地下水资源硝酸盐污染。我国北方农作体系中多种土壤质地并存,不同质地的土壤水分、温度、空气和机械阻力表现不同<sup>[5]</sup>,对养分吸收利用和作物生长发育的影响也不同,导致在肥料利用率方面存在差异。因此,依据农田土壤状况进行合理施肥实现作物高产高效倍受关注,探明不同质地滴灌棉田肥料利用率差异性特征,可为棉田肥料科学管理提供理论依据。已有研究表明,基于室内土柱模拟法,滴灌施肥条件下氮肥种类和土壤质地对氮素淋溶及转化有显著影响<sup>[6]</sup>;不同滴灌处理下土壤硝态氮的分布受棉株根系的影响最大,而棉株根系又受土壤质地、土壤含盐量的影响<sup>[7]</sup>;土壤剖面中硝态氮的总量与氮肥施用量直接相关,而作物对化肥的利用率与施肥量呈相反趋势,适宜的氮肥用量、施用有机肥及合理的有机-无机肥料配比是减少硝态氮在土壤剖面中累积和淋失的有效措施<sup>[8]</sup>;膜孔灌溉0~60 cm土层硝态氮在作物的整个生育期变化较大,60 cm以下变化平缓,上下土层硝态氮量差异相对较小<sup>[9]</sup>;滴灌各施肥处理硝酸盐主要集聚在40~60 cm土层,中氮和高氮处理硝酸盐残留量漫灌大于滴灌<sup>[10]</sup>;砂壤土较重壤土能及早进入生物量和氮素快速积累期,更有利于棉花对养分的吸

收稿日期:2016-05-28

基金项目:国家自然科学基金项目(31360301)

作者简介:马革新(1988-),男,甘肃武威人。硕士研究生,主要从事绿洲农业资源高效利用研究。E-mail: magexin10610412@163.com

通信作者:吕新(1964-),男。教授,博士生导师,主要从事农业信息化与精准农业研究。E-mail: lxshz@126.com

收<sup>[1]</sup>。目前,大多数国内外学者对滴灌条件下(包括室内土柱模拟法)氮肥的施用量、施用频率以及水肥耦合等对肥料利用率的影响做了较多研究,但其中大部分是针对单一土壤条件下施氮对硝态氮分布规律的影响研究,对于滴灌施肥后不同质地土壤的氮素迁移和分布研究较少。为此,通过滴灌土柱模拟试验,研究施氮量对不同质地棉田0~60 cm土层剖面硝态氮迁移和分布规律,为优化农田灌溉施肥技术、减少硝酸盐淋洗损失进而为不同质地滴灌棉田制定定量化的施肥技术提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

试验于2015年和2016年4—10月在石河子大学农学院试验站温室内进行。供试土壤分别取自石河子大学农学院试验站和玛纳斯县六户地镇创田地村,质地分别为壤土和砂土,土壤肥力状况如表1所示。

表1 供试土壤颗粒组成及养分状况

站点	土壤质地	土壤颗粒组成/%			有机质量/ (g·kg <sup>-1</sup> )	速效氮量/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	速效磷量/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	速效钾量/ (mg·kg <sup>-1</sup> )
		<0.002 mm	0.002~0.02 mm	0.02~2 mm				
试验站	中壤土	13.42	44.40	42.18	19.90	60.88	17.95	134
六户地	砂土	12.21	21.76	66.03	11.30	80.20	9.10	194

### 1.2 试验设计

试验为二因素试验,分别为土壤质地和氮素水平。其中土壤质地因素设置2个水平,即壤土和砂土;施氮量设置4个氮素(纯氮)水平,即0、240、340、480 kg/hm<sup>2</sup>,并分别以CK、N1、N2、N3表示。试验采用全组合设计,共8个处理。供试棉花品种为新陆早45号,试验使用底部密封的PVC塑料桶(直径45 cm、高75 cm)上方铺设滴灌带的方式模拟传统大田试验,采用“1管1行”模式,土壤自然晾干,碾碎混匀后过2 mm筛,按干体积质量1.3 g/cm<sup>3</sup>分层(每层10 cm)装至70 cm高度,试验期间没有渗漏液发生。为了直观形象地描述土柱情况,将土柱、植株分布及滴灌带布设情况绘于图1。

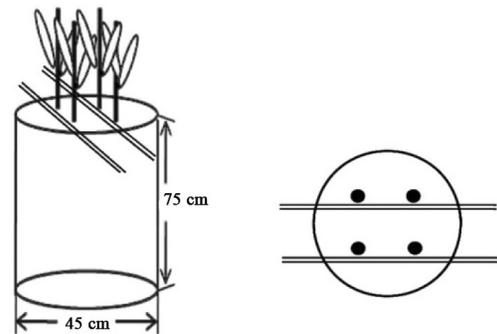


图1 土柱规格、植株位置和滴灌带布设示意图

每处理重复6次,其中3桶用于采土样,3桶用于采植物样,共计48桶。各处理采用等额灌水,土柱装完后,每个土柱中灌4 L水以湿润土层,每桶以圆心为中心,半径10 cm处播种,株距21 cm,播后待棉苗高出PVC桶面5 cm时定苗,每桶保留4株长势均匀的棉苗。整个生育期滴灌设计灌溉量540 mm,施肥量为钾肥(K<sub>2</sub>O)95 kg/hm<sup>2</sup>、磷肥(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)105 kg/hm<sup>2</sup>作为基肥一次性施入,氮肥(尿素)中基肥占30%,在填装土柱过程中掺施于土壤中,剩余的氮肥作追肥随水每10 d灌溉1次,灌水施肥按比例(见表2)分多次进行。

表2 水氮分配

施肥灌溉批次	第1次	第2次	第3次	第4次	第5次	第6次	第7次	第8次	第9次	第10次	第11次
灌溉量占总量的比例/%	4	6	10	12	15	20	12	6	6	5	4
施肥量占总追肥量的比例/%	0	0	10	10	20	30	20	10	0	0	0

### 1.3 测试指标

分别在棉花盛蕾期、初花期、盛花期、花铃期、盛铃期、吐絮期施肥结束后5 d用土钻采集0~60 cm(10 cm为1层)深度土壤样品,用1 mol/L的KCl浸提新鲜土样1 h,振荡过滤后用双波长分光光度法(UV-2401紫外分光光度计)测定土壤硝态氮量,每个生育期取3个土壤样品(即3桶,每桶各取1个土壤样品),取其平均值作为该生育期土壤硝态氮量,并同时取少量土样装铝盒烘干法测定土壤质量含水率。在棉花收获期取不同处理间棉花植株样,统计蕾铃个数及籽棉产量,测产。

采用Excel和SPSS17.0软件进行数据方差分析,采用Origin8.0软件制图。

## 2 结果与分析

### 2.1 施氮对砂土硝态氮垂直分布的影响

为了直观形象地描述砂土硝态氮分布情况,将各生育期内砂土 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的变化绘于图2。从图2可看出,随着土层深度的增加,砂土中 $\text{NO}_3\text{-N}$ 量总体均呈现出“降-增-降”的趋势,施肥后 $\text{NO}_3\text{-N}$ 量第一个峰值出现在0~10 cm土层。各生育期中,随着氮素向下迁移呈现出下降趋势,在45 cm土层左右出现第二个峰值。N3处理 $\text{NO}_3\text{-N}$ 量最小值较CK、N1、N2处理分别平均增加166.71%、21.75%、11.9%,说明在一定范围内施氮量的增加有助于棉花根系对氮素的吸收。盛花期和盛铃期氮素在向下迁移的过程中没有被植株吸收利用的部分在45 cm处出现了一定量的累积,该现象在N3处理中表现尤为显著。

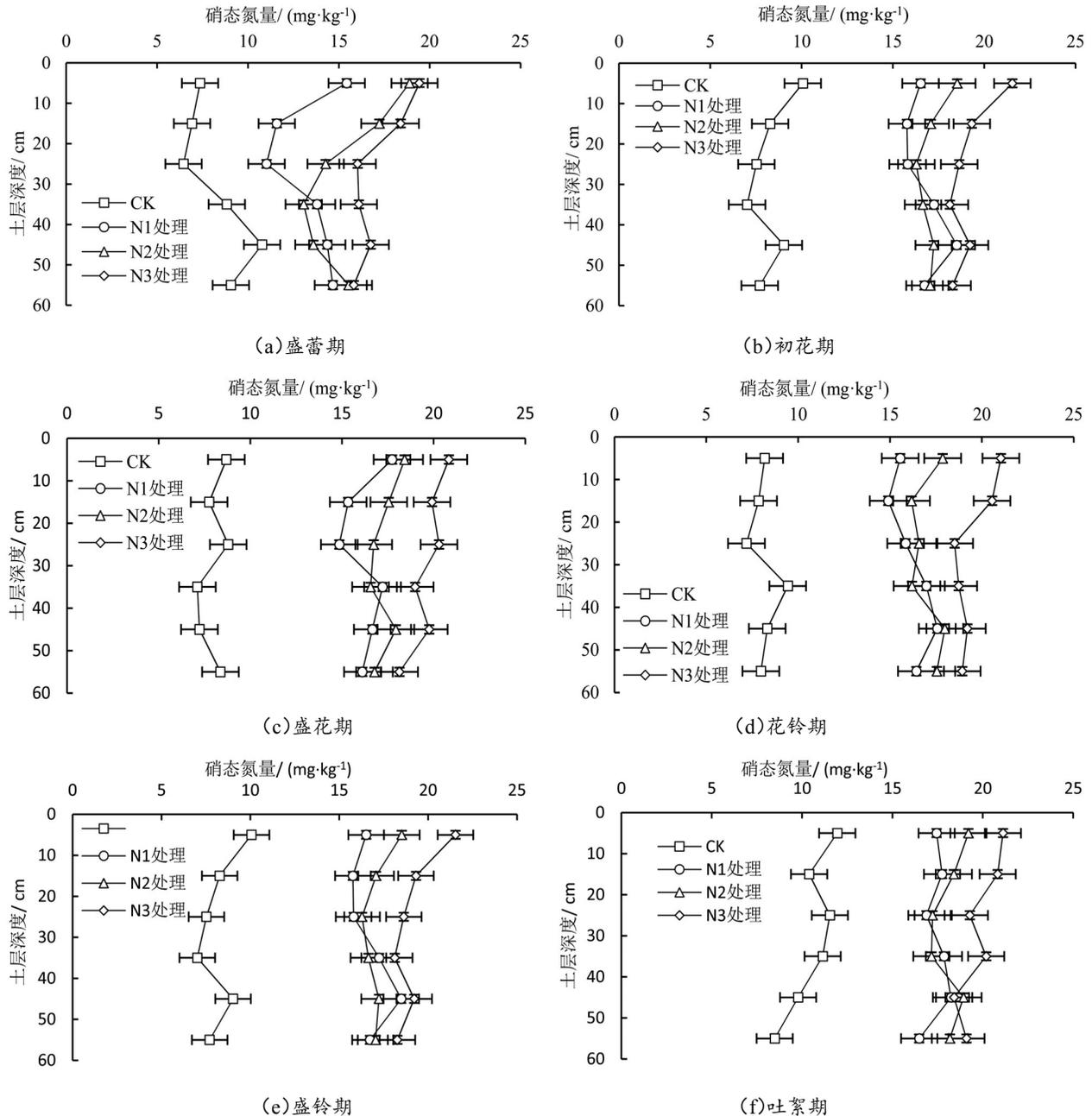


图2 施氮量对砂土硝态氮垂直分布的影响

### 2.2 施氮对壤土硝态氮垂直分布的影响

从图3可以看出,随着土层深度的增加,壤土中 $\text{NO}_3\text{-N}$ 量总体呈现“降-增-降”的趋势,随着灌水时间的增加以及植株的吸收, $\text{NO}_3\text{-N}$ 量在15~35 cm处呈现下降趋势。CK棉花蕾期和铃期硝态氮量的递减率高于花期和吐絮期,N2处理棉花在盛蕾期、初花期、盛花期 $\text{NO}_3\text{-N}$ 量最小值比N1处理分别减小了4.92%、8.58%、

6.09%。壤土N1、N2、N3处理的第二个峰值较砂土分别增加了1.55%、0.91%、2.58%，超过30 cm后砂土中NO<sub>3</sub>-N量大于壤土，表明滴灌下氮素在壤土土壤剖面中的分布更为均匀。

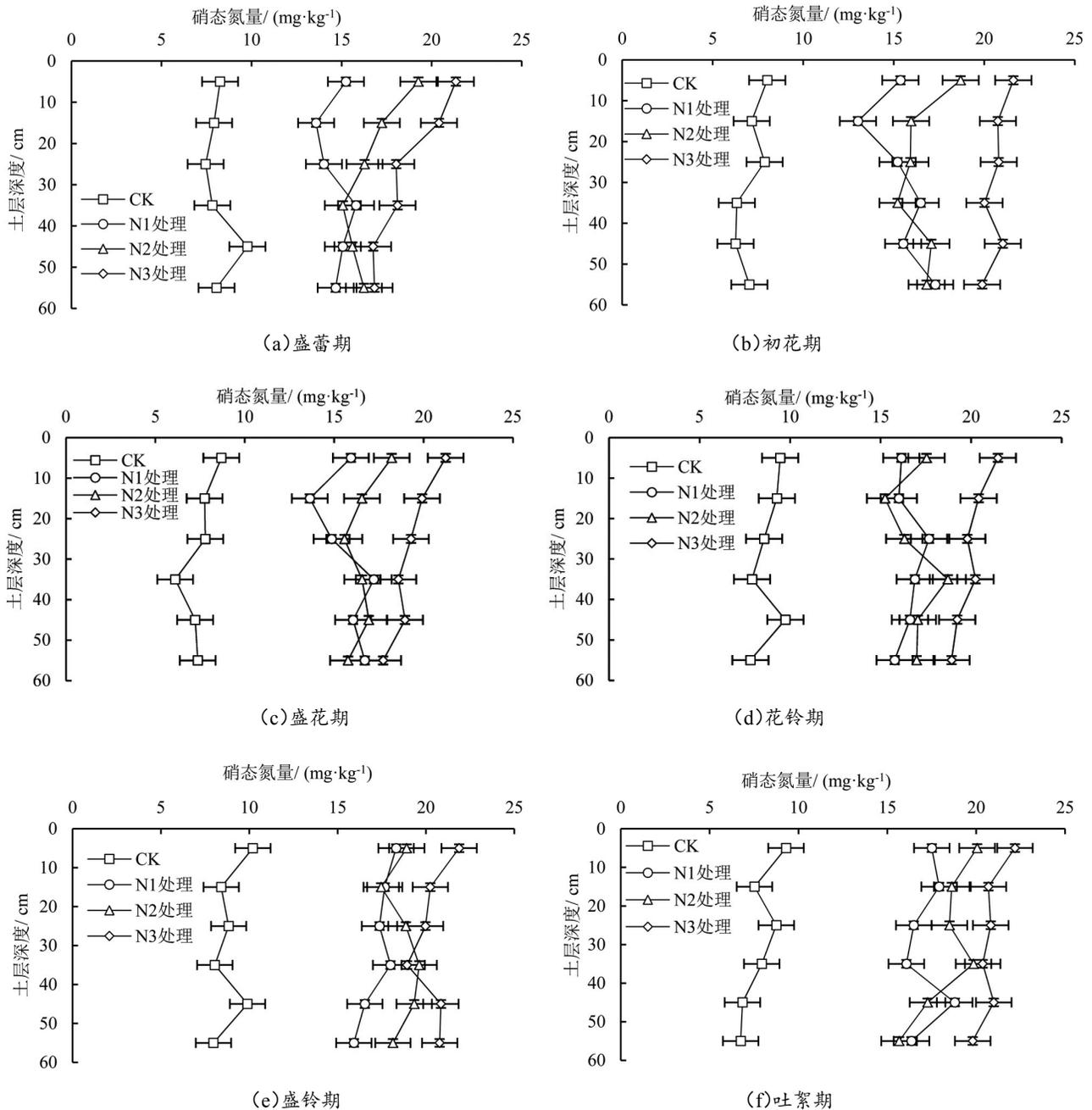


图3 施氮量对壤土硝态氮垂直分布的影响

### 2.3 全生育期不同层次土壤硝态氮量的变化

从图4可以看出，砂土不同土层全生育期内NO<sub>3</sub>-N量的分布存在差异，变化范围为6.45~21.54 mg/kg。对于CK，40~50 cm土层NO<sub>3</sub>-N量表现为先降低后升高的变化趋势，其余土层总体表现“降-增-降”的趋势；50~60 cm土层NO<sub>3</sub>-N量显著高于其他土层，0~10 cm土层NO<sub>3</sub>-N量在盛花期到盛铃期急剧升高；对于N1处理，随生育期推进，NO<sub>3</sub>-N量在50~60 cm土层显著高于其他土层，且在吐絮期10~20 cm土层NO<sub>3</sub>-N量较CK同期同土层显著增加55.41%；对于N2处理，10~20 cm、40~50 cm土层NO<sub>3</sub>-N量在盛花期达到最小值，其余土层最小值均出现在盛铃期；对于N3处理，全生育期各土层NO<sub>3</sub>-N量较CK均有显著性提高，且50~60 cm土层NO<sub>3</sub>-N量平均较0~10 cm土层增加25.06%，说明随着施氮量的增加，砂土中未被植株根系吸收的氮素出现了向深层土壤运移的趋势。

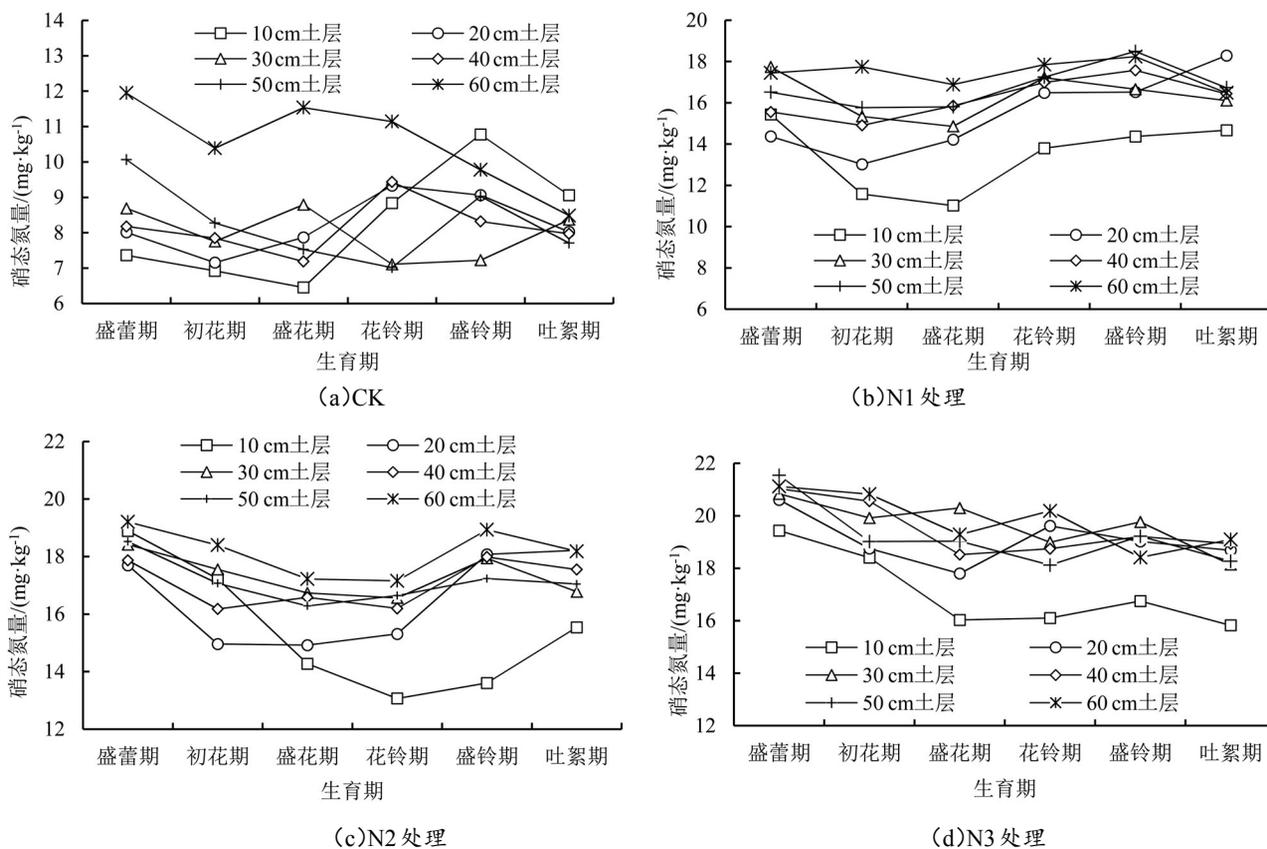


图4 砂土不同土层全生育期硝态氮变化

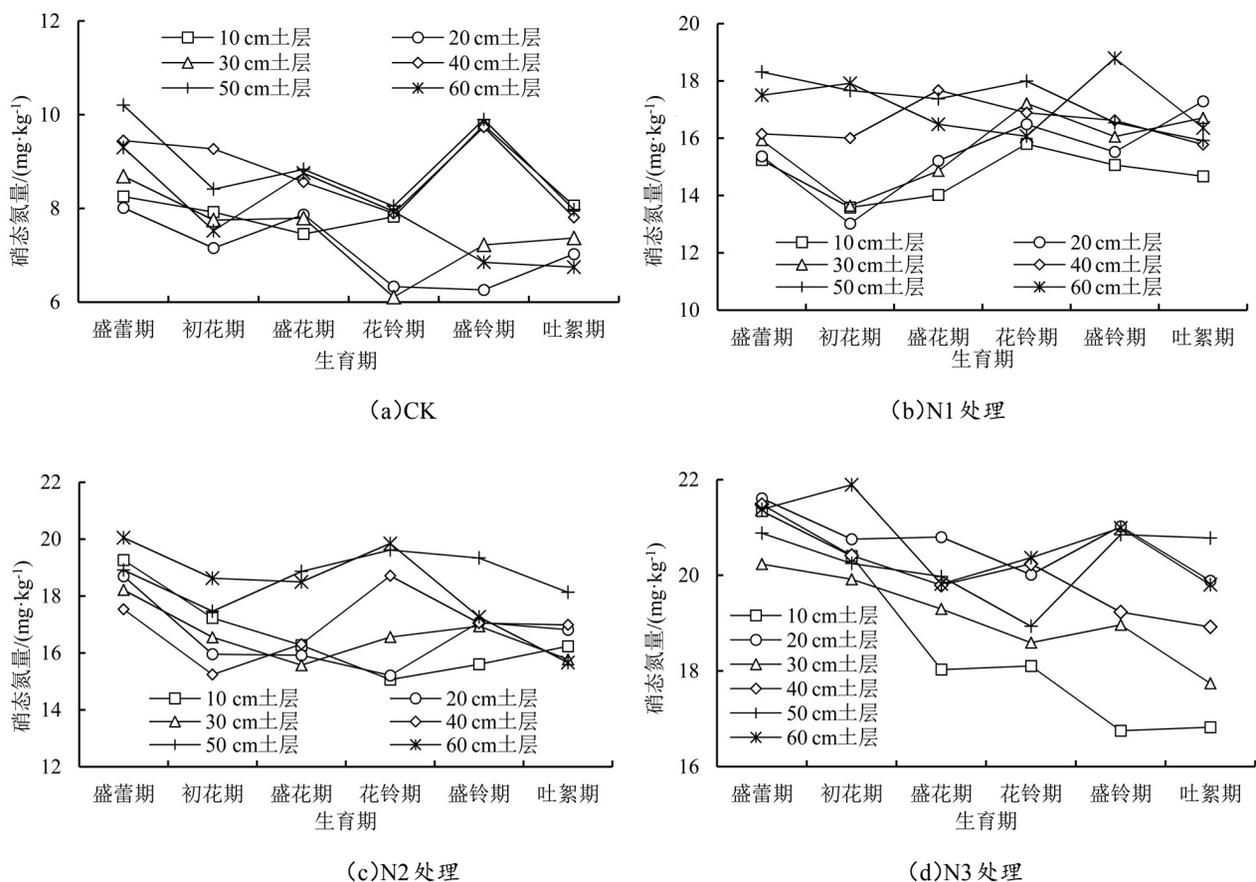


图5 壤土不同土层全生育期硝态氮变化

从图5可以看出,壤土不同土层全生育期内 $\text{NO}_3\text{-N}$ 量的分布存在差异,随着生育期的递进而呈先降低

后升高的趋势,变化范围为 6.11~21.89 mg/kg。N2 处理下花期 30~40 cm 土层最小值较 N1 处理增加 7.74%, 30~40、40~50、50~60 cm 土层处各处理 NO<sub>3</sub>-N 量随着生育期的推进呈现先减小后增大再减小的变化趋势,最小值出现在花期前后,这主要是因为花期棉花生殖生长和营养生长同步进行,植株对氮素的需求量较高。

#### 2.4 全生育期不同土层土壤硝态氮量方差分析

从表 3 可以看出,对于 CK,砂土盛蕾期 30~40、50~60 cm 土层 NO<sub>3</sub>-N 量差异不显著,其余土层之间差异显著;花期 0~10、20~30、50~60 cm 土层 NO<sub>3</sub>-N 量较 40~50 cm 土层平均增加了 16.94%。在铃期 0~10、10~20、30~40、50~60 cm 土层之间差异显著,20~30、40~50 cm 之间差异不大,并且 50~60 cm 处较 40~50 cm 增加了 16.70%,吐絮期 NO<sub>3</sub>-N 量从浅层到深层的分布差异显著,50~60 cm 较 0~10 cm 处减少了 42.50%。盛蕾期壤土中硝态氮量在 0~10、50~60 cm 和 10~20、30~40 cm 之间差异不显著,这说明壤土中氮素的分布较砂土更为均匀。在其他时期由浅到深氮素量均有一定程度的减小,在花期、铃期、吐絮期 50~60 cm 土层 NO<sub>3</sub>-N 量分别较 0~10 cm 土层减少了 15.90%、26.80%、35.40%,这进一步说明壤土的氮素利用率相对较高,避免了氮素向深层淋洗的风险。

表 3 同生育期内 CK 和 N1 处理不同质地土层硝态氮量的垂直分布

mg/kg

生育期	盛蕾期		初花期		盛花期		花铃期		盛铃期		吐絮期		
	CK	N1 处理	CK	N1 处理	CK	N1 处理	CK	N1 处理	CK	N1 处理	CK	N1 处理	
砂土	0~10 cm	7.32c	15.41a	8.06b	14.33c	8.74a	15.88ab	8.24bc	15.63bc	10.02a	17.59ab	10.99a	17.44b
	10~20 cm	6.92d	11.50e	7.16c	13.49d	7.65ab	15.21d	7.59cd	14.97c	8.28c	17.71a	12.45b	18.46a
	20~30 cm	6.41e	11.02f	7.96b	14.18c	8.58a	14.89e	7.22e	17.15ab	7.23cd	16.72b	11.59bc	16.89c
	30~40 cm	8.83b	13.82d	9.09a	16.44b	8.03ab	16.26a	9.40a	16.99ab	7.25d	15.28c	10.89c	16.84c
	40~50 cm	10.74a	14.16c	9.27a	16.56b	7.12b	16.09ab	8.44b	17.37a	7.71cd	15.54c	9.42d	17.50b
	50~60 cm	9.04b	14.65b	8.06b	18.12a	8.34ab	15.74c	7.94bc	14.94c	9.00b	16.84ab	7.41e	16.46d
壤土	0~10 cm	8.05b	16.23a	7.97a	15.33cd	8.66a	15.08c	9.44b	16.15c	9.97a	18.31a	9.15a	17.53c
	10~20 cm	7.84c	13.30f	7.13c	13.02e	7.83b	14.37d	9.25b	16.06c	8.43b	18.38a	7.56c	16.88b
	20~30 cm	7.50d	14.05e	7.76d	15.21d	7.80b	14.85d	8.66c	17.65a	8.76b	17.39b	8.74b	16.47d
	30~40 cm	7.89c	15.77b	6.32d	16.45b	6.18d	17.25a	7.86d	16.85b	7.98c	15.78c	7.83c	16.02e
	40~50 cm	9.66a	15.05c	6.26d	15.52c	7.23c	16.06c	9.75a	16.74b	9.76a	15.57d	6.93c	18.75a
	50~60 cm	8.05b	14.58d	7.04c	17.26a	7.47c	16.72b	7.73d	15.76d	7.86c	15.93c	6.76c	16.41d

注 同行不同小写字母表示各处理间差异显著( $P < 0.05$ );下同。

对于 N1 处理,砂土与壤土在盛蕾期各土层 NO<sub>3</sub>-N 量均有显著性差异,壤土中第二个峰值较砂土增加了 7.60%,这是由于砂土的湿润体较壤土更为细长,并且水肥向深层扩散的过程中重力势的作用相对较大导致垂直入渗占主导地位。花期砂土与壤土 0~10、20~30、40~50 cm 土层 NO<sub>3</sub>-N 量差异不大,而花期根系养分需求相对较大导致 10~20、30~40 cm 土层氮素量存在显著性差异。铃期随着灌水历时的增加其第二个峰值处 NO<sub>3</sub>-N 量较花期分别提高了 7.90%和 4.20%,说明灌水在增加土壤含水率的同时也增加了氮素向深层淋洗的风险。吐絮期砂土中 0~10、40~50 cm 土层以及 20~30、30~40 cm 土层 NO<sub>3</sub>-N 量均无明显差异,第二个峰值处相比铃期减小了 2.30%,而壤土中各土层之间差异显著,这表明壤土在棉花生殖生长较为旺盛的时期根系对氮素的需求量较大,这是由于吐絮期减少了灌水量,也减少了氮素随水向下层移动的量。

表 4 同生育期内 N2 和 N3 处理不同质地土层硝态氮垂直分布

mg/kg

生育期	盛蕾期		初花期		盛花期		花铃期		盛铃期		吐絮期		
	N2 处理	N3 处理	N2 处理	N3 处理	N2 处理	N3 处理	N2 处理	N3 处理	N2 处理	N3 处理	N2 处理	N3 处理	
砂土	0~10 cm	18.86a	23.42a	19.68a	26.62a	21.11a	24.82a	19.92a	22.04a	20.39a	23.67a	20.07a	24.33a
	10~20 cm	17.23b	19.44b	15.97d	21.73b	18.58c	22.91b	16.56c	21.63ab	17.13d	20.84b	19.46b	20.28b
	20~30 cm	14.24d	17.12c	18.73bc	19.90d	17.49d	20.81c	15.50b	21.51ab	17.19d	18.72cd	16.70f	19.21c
	30~40 cm	13.07f	17.13c	17.16c	19.61d	18.56c	18.96e	16.03c	20.86b	17.57cd	18.22d	17.30e	20.19bc
	40~50 cm	13.63e	15.73e	18.04c	19.94d	18.97c	19.79d	17.92b	19.34c	18.29b	19.25c	18.87c	18.08d
	50~60 cm	15.63c	16.84d	18.21b	20.44c	20.55b	18.23e	19.43a	18.83c	18.12bc	19.21c	18.06d	19.23c
壤土	0~10 cm	19.80a	22.02a	18.84a	23.62a	18.23a	22.06a	17.47c	21.44a	18.89b	21.97a	19.88a	21.35a
	10~20 cm	17.22b	20.43b	15.93d	21.75b	16.57bc	19.84b	15.25f	20.39b	17.42e	21.16b	18.63b	21.79b
	20~30 cm	16.27c	18.02c	15.88d	20.77d	15.54d	19.23c	16.33e	19.84c	18.83b	19.86d	18.46b	20.17b
	30~40 cm	15.03e	18.14c	15.15e	20.13e	16.26c	18.54d	18.73a	20.24b	18.55c	18.86c	19.74a	20.37b
	40~50 cm	15.63d	16.65e	17.07c	21.05c	16.84b	18.75d	16.95d	19.26d	19.30a	20.64c	17.12c	20.85b
	50~60 cm	16.24c	16.82d	17.62b	19.86f	15.73d	17.73e	17.86b	18.82e	18.11d	20.75c	15.53d	19.79c

由表 4 可以看出,对于 N2 处理,砂土与壤土在盛蕾期各土层之间 NO<sub>3</sub>-N 量差异显著,壤土 20~30、50~60 cm 土层之间无明显差异,壤土 50~60 cm 土层 NO<sub>3</sub>-N 量较砂土增加 3.90%,这是由于质地不同导致干物质的积累速

率和养分的吸收速率存在大小差异,从而导致了他们在整个生育期内养分吸收的时段性或瞬时性的变化。在棉花花期、铃期、吐絮期 50~60 cm 土层砂土 NO<sub>3</sub>-N 量均高于壤土,分别较壤土提高了 30.60%、8.80%、16.30%,呈现出花期>铃期>吐絮期的规律,说明砂土在光合产物向生殖生长转化的关键时期较壤土湿润锋锋面更深,加剧了硝态氮向深层淋洗的风险,所以花期在不影响植株水分需求和养分吸收的前提下应尽量减少灌水,防治因硝态氮向深层累积而降低肥料利用率。

对于 N<sub>3</sub> 处理,砂土、壤土在 0~10、10~20、20~30 cm 土层 NO<sub>3</sub>-N 量均有显著性差异,而在 30~40 cm 土层之间 NO<sub>3</sub>-N 量无明显差异,这说明在灌水量一定的情况下,随着施氮量的增大,肥液质量浓度随之增大,而下层 NO<sub>3</sub>-N 量相对较低,这使得土壤中硝态氮质量分数峰下降速率增大,导致氮素随水的迁移量增大。而在吐絮期 50~60 cm 土层,砂土 NO<sub>3</sub>-N 量又有不同程度增加,壤土呈现出不同程度降低,这说明随着施氮量的增加,砂土中硝态氮会向更深层土壤迁移,其养分供应能力较壤土差。

### 2.5 氮肥用量与棉花产量的关系

由图 6 可知,在棉花不同施氮处理下,棉花籽棉产量以 N1 处理(240 kg/hm<sup>2</sup>)最高,其次为 N2 处理(340 kg/hm<sup>2</sup>);当施氮量再增加时,产量有下降的趋势。根据一元二次方程拟合回归方程可知,壤土最高籽棉理论产量为 6 846.42 kg/hm<sup>2</sup>,对应的施氮量为 256.00 kg/hm<sup>2</sup>;砂土最高籽棉理论产量为 6 341.12 kg/hm<sup>2</sup>,对应的施氮量为 287.34 kg/hm<sup>2</sup>。

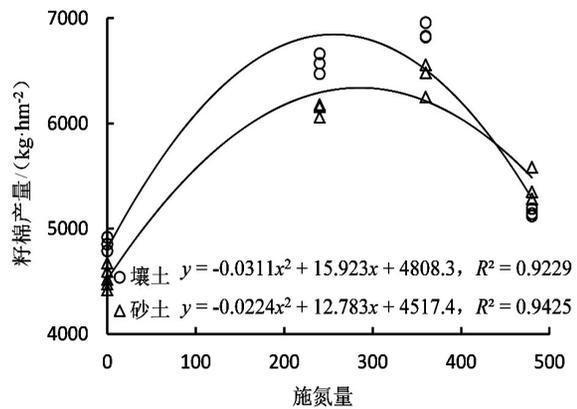


图 6 棉花产量随施氮量变化回归曲线

## 3 讨论

多项研究表明,大量施肥会造成硝态氮在土壤中的累积,土体硝态氮随施氮量的增加而显著增加<sup>[12]</sup>。当施氮量高于 340 kg/hm<sup>2</sup>时,土壤 NO<sub>3</sub>-N 量明显增加,而且在高施氮量的情况下,NO<sub>3</sub>-N 有明显向更深层迁移的倾向。随施氮量的增加,土壤 NO<sub>3</sub>-N 量增大<sup>[13]</sup>;棉花对氮素的吸收受其在土壤中分布的影响,NO<sub>3</sub>-N 量的峰值出现在土壤 40 cm 处<sup>[14]</sup>;滴灌施肥条件下土壤 NO<sub>3</sub>-N 量变化呈现先减小再增大再减小的变化趋势<sup>[15]</sup>。本研究结论与以上研究结论相一致。

本研究只在棉花单一品种下进行了研究,且只研究了土壤养分状况而没有考虑地上部分的营养状况。因而,今后在本地区要进行长期的、更全面的大田验证及应用,以确定各生育期的氮素利用率。

## 4 结论

1) 硝态氮在土壤剖面的分布和累积因土壤质地的不同而不同,在不同的施肥处理下,土壤硝态氮累积量随施氮量的增加而增加,当施氮量高于 240 kg/hm<sup>2</sup>时,土壤 NO<sub>3</sub>-N 量明显增加,而且在高施氮量的情况下,NO<sub>3</sub>-N 量有明显向更深层迁移的倾向。

2) 相同灌水条件时,在节约生产成本的条件下,砂土、壤土分别以 256.00、287.34 kg/hm<sup>2</sup>的施氮量能够达到最高目标产量。

3) 一定施氮量下壤土硝态氮分布在 20~40 cm 根层的均匀性优于砂土,减少了氮素向土壤深层的淋失,提高了氮素利用率,且比砂土平均增产 6.16%。

致谢:本研究得到了吕新老师和新疆生产建设兵团绿洲生态农业重点实验室数字农业与精准农业课题组的大力协助,在此深表谢意! 一并感谢母校甘肃农业大学、石河子大学对我的培养。

### 参考文献:

- [ 1 ] 吕卫光,余廷园等. 黄瓜连坐对土壤理化性状及生物活性的影响研究[J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(2): 119-121.
- [ 2 ] JU X T, KOU C L, ZHANG F S, et al. Nitrogen balance and groundwater nitrate contamination: Comparison among three intensive cropping systems on the North China Plain[J]. Environmental Pollution, 2006, 143(1): 117-125..
- [ 3 ] 田敏,张泽,陈剑,等. 基于土壤硝态氮的滴灌春小麦氮素施肥模型建立研究[J]. 新疆农业科学, 2014, 51(10): 1 851-1 856..

- [4] 杨梦娇. 不同灌水量及施肥量条件下硝态氮在土壤中的分布规律[D]. 石河子:石河子大学, 2013..
- [5] 赵玲,侯振安,危常州,等. 膜下滴灌棉花氮磷肥料施肥效果研究[J]. 土壤通报,2004,35(3):307-310.
- [6] 习金根,周建斌,赵满兴,等. 滴灌施肥条件下不同种类氮肥在土壤中迁移转化特性的研究[J]. 植物营养与肥料学报,2004,10(4):337-342.
- [7] 侯振安,李品芳,吕新,等. 不同滴灌施肥方式下棉花根区的水、盐和氮素分布[J]. 中国农业科学,2007,40(3):549-557..
- [8] 杨学云,张树兰,袁新民,等. 长期施肥对壤土硝态氮分布、累积和移动的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2001,7(2):134-138.
- [9] 贾立华,赵长星,王月福,等. 不同质地土壤对花生根系生长、分布和产量的影响[J]. 植物生态学报,2013,37(7):684-690..
- [10] 马腾飞. 不同灌溉方式下土壤中氮素分布和对棉花氮素吸收的影响[J]. 新疆农业科学,2010,47(5):859-864.
- [11] 罗新宁,陈冰,张巨松,等. 氮肥对不同质地土壤棉花生物量与氮素积累的影响[J]. 西北农业学报,2009(4):160-166..
- [12] 李新伟,余炳凤,吕新,等. 不同氮水平下棉花冠层NDVI分析与产量估测[J]. 农业机械学报,2014,45(7):1000-1298.
- [13] 周顺利,张福锁,王兴仁. 土壤硝态氮时空变异与土壤氮素表观盈亏研究 I. 冬小麦[J]. 生态学报,2001,21(11):1782-1789..
- [14] 胡明芳,田长彦,吕昭智,等. 氮肥施用量对新疆棉花产量及植株和土壤中硝态氮含量的影响[J]. 西北农林科技大学学报,2006,34(4):62-68.
- [15] 陶埭,吕新,陈剑,等. 不同滴灌施肥方式对棉田土壤含水率、硝态氮分布及对产量的影响[J]. 棉花学报,2015,27(4):329-336..

## Effect of Soil Texture on the Distribution of Nitrate Nitrogen in the Soil Profile and Its Influence on Drip-irrigated Cotton Production

MA Gexin<sup>1,2</sup>, ZHANG Ze<sup>1,2</sup>, WEN Pengfei<sup>1,2</sup>, ZHANG Dongming<sup>1,2</sup>, LYU Xin<sup>1,2</sup>

(1. College of Agronomy, Shihezi University, Shihezi 832003, China;

2. Key Laboratory of Oasis Ecological Agriculture, Xinjiang Production Group, Shihezi 832003, China)

**Abstract:** The methods of column simulation in greenhouse was used to study the effect of soil texture on the distribution of NO<sub>3</sub>-N in the 0~60 cm soil and cotton yield under drip irrigation. The results showed that when irrigation amounts were the same, N application rates of 256.00 kg/hm<sup>2</sup> to sand soil and 287.34 kg/hm<sup>2</sup> to loam resulted in the greatest cotton production. Compared with the unfertilized control (CK), these fertilizer amounts increased cotton yield by 43.87% in the sand soil and by 44.92% in the loam. Soil NO<sub>3</sub>-N was mainly distributed in the 30~40 cm depth under these N application rates. This was conducive to the absorption of N by the cotton root system, thus allowing soil N absorption efficiency to be properly regulated and production to be increased. The results also showed that when fertilizer rates were the same, soil NO<sub>3</sub>-N was distributed more uniformly in the loam soil than in the sandy soil. Soil NO<sub>3</sub>-N was mainly distributed in the 20~40 cm soil depth of the loam soil. This improved the N utilization rate and increased cotton yield by an average of 6.16% compared with the sand soil. Soil NO<sub>3</sub>-N content in both the sand soil and loam soil changed with the curve of “decrease-increase-decrease” across the growing season. At the second peak, soil NO<sub>3</sub>-N content in the 60 cm depth with N application rate of 340 kg/hm<sup>2</sup> was 15.98% greater in the sand soil than in the loam soil. At the end of the growth period, the sand soil had greater N content than the loam soil and therefore had greater risk for N loss due to leaching.

**Key words:** drip irrigation; nitrogen application; nitrate nitrogen; yield

责任编辑:刘春成