

# 不同滴灌量下玉露香梨密植园土壤氮素分布特性

习玉森, 霍贵中, 桂莉莉

(山西农业大学 水土保持科学研究所, 山西 太原 030013)

**摘要:**为了探究滴灌量对玉露香梨密植园土壤氮素分布的影响,以黄土高原地区的玉露香梨密植园土壤为研究对象,设置高(900 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>)、中(660 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>)、低(540 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>)3个滴灌量,对0~20、20~40、40~60、60~80 cm土层、不同月份的全氮、硝态氮、铵态氮含量以及梨树生长状况和产量进行测定分析。结果表明,高滴灌量下的梨树植株生长指标胸径、树高、冠幅和产量最高;全氮含量随着月份的增加呈先升高再降低的变化趋势,高滴灌量下0~20 cm土层的全氮含量为0.30~0.38 g/kg,随着土层加深,全氮含量降低;硝态氮含量在果实膨大期较低,0~20、20~40、40~60、60~80 cm土层的最低含量分别为15.99、13.30、14.58、12.74 μg/g;铵态氮含量在月份间有一定的波动,在果实旺盛生长期最低;随着滴灌量的增加,全氮、硝态氮、铵态氮含量呈现逐渐降低的趋势;全氮累积量在0~20、0~40、0~80 cm土层中最高的为中滴灌量,分别为0.34、0.67、1.11 g/kg,在0~60 cm土层,全氮累积量最高的为低滴灌量,达0.90 g/kg;硝态氮和铵态氮在各个土层的累积量均表现为低滴灌量>高滴灌量、中滴灌量。

**关键词:**玉露香梨;滴灌量;全氮;硝态氮;铵态氮

中图分类号:S661.2

文献标识码:A

文章编号:1002-2481(2024)04-0101-07

## Distribution Characteristics of Soil Nitrogen in Yuluxiang Pear Dense Plantation under Different Drip Irrigation Rates

XI Yusen, HUO Guizhong, GUI Lili

(Institute of Soil and Water Conservation Science, Shanxi Agricultural University, Taiyuan 030013, China)

**Abstract:** In order to investigate the effects of drip irrigation rate on the distribution of nitrogen in soil of Yuluxiang pear dense plantation, in this study, the soil of Yuluxiang pear dense plantation in the Loess Plateau was selected as the object, three different drip irrigation rates, including high(900 m<sup>3</sup>/ha), middle(660 m<sup>3</sup>/ha) and low(540 m<sup>3</sup>/ha) were set, the soil layers of 0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm, and 60-80 cm, total nitrogen, nitrate nitrogen, and ammonium nitrogen in different months, and the growth status and yield of pear trees were determined and analyzed. The results showed that the growth indexes(diameter at breast height, tree height, crown width) and yield of pear trees under high drip irrigation rates were the highest, and the content of total nitrogen increased first and then decreased with the increase of months, the total nitrogen content of 0-20 cm soil layer under high drip irrigation rates was between 0.30 g/kg and 0.38 g/kg, and the total nitrogen content decreased with the deepening of soil layer. The content of nitrate nitrogen was lower in fruit expansion stage. The lowest contents of 0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm, and 60-80 cm soil layers were 15.99, 13.30, 4.58, and 12.74 μg/g, respectively. The content of ammonium nitrogen fluctuated during the months, and the lowest point of ammonium nitrogen content was also in the vigorous growth period of fruits. With the increase of drip irrigation rate, the content of nitrogen elements in all forms decreased gradually, and the highest accumulation of total nitrogen in 0-20 cm, 0-40 cm, and 0-80 cm soil layers occurred at the moderate drip irrigation rate, and they were 0.34 g/kg, 0.67 g/kg, 1.11 g/kg, respectively. The highest total nitrogen accumulation in 0-60 cm occurred at the low drip irrigation rate(0.90 g/kg). The accumulations of nitrate and ammonium in each soil layer were higher at the low drip irrigation rate than that at the high and medium drip irrigation rates.

**Key words:** Yuluxiang pear; drip irrigation rate; total nitrogen; nitrate nitrogen; ammonium nitrogen

氮素是植物生长所需的最多养分元素之一,对植物的各种代谢和生长具有极其重要的作用<sup>[1]</sup>,作

物吸收氮素的主要形式分为硝态氮和铵态氮2种<sup>[2]</sup>,不同的氮素形态能通过影响根系对氮的吸收

收稿日期:2023-09-25

基金项目:山西省黄河流域水土保持生态工程研究中心建设项目;山西省水利科学技术研究与推广项目(2019BZ010)

作者简介:习玉森(1992-),女,河北行唐人,工程师,硕士,主要从事果树节水栽培研究工作。

通信作者:霍贵中(1981-),男,山西应县人,高级工程师,硕士,主要从事节水灌溉研究工作。

和利用,进而影响地上部分枝叶的生长<sup>[3]</sup>。土壤的氮素分布呈现垂直分层的特性<sup>[4]</sup>,不同的生育期需要利用不同土层深度的硝态氮及铵态氮<sup>[5]</sup>。有研究表明,黄土高原地区土壤表层的养分含量最高,并且随着土层的加深逐渐降低<sup>[6]</sup>。张哲等<sup>[7]</sup>研究了地下氧灌对土壤氮素分布的影响,结果表明,灌水量的增加显著提高了0~20 cm土层NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N含量,水分的有效性影响着土壤中养分的有效性,进而作用于植物体内的生理生化过程,土壤水分和氮含量在不同生育期有不同的特征,水分和养分与果树生长之间存在着相互促进和相互制约的动态平衡关系<sup>[8]</sup>。

玉露香梨是山西农业大学果树研究所选育的优良中晚熟梨新品种,肉质细腻,果皮薄,可食率高,已逐渐成为梨树产业布局和品种更新的重要品种<sup>[9]</sup>。山西省临汾市隰县地处黄土高原地区,栽培梨树历史悠久,是山西省四大梨产区之一,引入玉露香梨后,全县已形成了产业化种植规模。环境和气候是玉露香梨树体生长和果实生长发育的重要条件,干旱地区水分缺乏会影响玉露香梨的产量和品质以及养分的吸收。但人们对玉露香梨的研究多集中在节水栽培和贮藏等方面<sup>[10-12]</sup>,关于灌水量对氮素分布特征的影响研究较少。

本研究以隰县玉露香梨密植基地的梨树为对象,探索不同滴灌量下梨树根区不同深度土壤氮素的分布变化,并对比分析不同水分处理对果树生长指标和果品品质指标的影响,旨在为玉露香梨果园土壤水分和肥效管理提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验地概况

试验地位于山西省隰县城南乡上友村玉露香梨密植园(36°41'N,110°55'E)。该区域是典型的黄土丘陵区,为温带大陆性季风气候,夏季温热多雨,平均气温21℃,平均降雨量303 mm;冬季寒冷干燥,平均气温3.5℃,平均降雨量75.6 mm;年均日照时数2740.9 h,无霜期150~160 d。园内土地平整,土层深厚,土壤类型以褐土为主,中等肥力。

### 1.2 试验材料

玉露香梨的树龄为7 a,株行距1.0 m×3.5 m,东西行向,树体生长状况良好,无明显病虫害。

### 1.3 试验方法

试验于2021年进行,采用玉露香梨密植园现有的成熟滴灌系统,滴灌带在距地面1.2 m处布设,单个出水口的流量为8 L/h。试验设置高滴灌量

(900 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,HI)、中滴灌量(660 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,MI)、低滴灌量(540 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,LI)3个试验片区,每个试验区15株梨树,面积为52.5 m<sup>2</sup>,分3次进行(3月、5月中旬、7月)滴灌,每次滴灌量相同,随水施肥。其中,3月施入尿素(N 46%)作为基肥;5月中旬施入磷酸二氢铵(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 46%,N 18%)、7月施入复合肥料(K<sub>2</sub>O 20%,N 13%,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 10%)作为追肥。3次肥料用量均为2500 kg/hm<sup>2</sup>。3个试验片区除灌水量有差异外,其余栽培管理措施保持一致。

### 1.4 测定项目及方法

室内分析测试在山西农业大学水土保持科学研究所和山西师范大学实验室进行。

1.4.1 土壤氮素含量的测定 5—10月每月的月初采集土壤样品,选择每行树两侧、距树径1 m处布置一个取土点,每个试验区共设5个取土点。使用土钻垂直向下分层取土,分别采集0~20、20~40、40~60、60~80 cm深度土壤,每层3个重复,将每个试验地块同深度土壤样品等量充分混合。最后将所有土壤样品带回实验室,经风干过筛后,测定全氮(TN)、硝态氮(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N)、铵态氮(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N)含量。其中,TN采用H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>混合催化剂消煮,凯式定氮法测定;NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N和NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N采用KCl浸提,连续流动分析仪进行测定。

1.4.2 梨树生长状况及产量的测定 2021年9月上旬进行生长指标测定,梨树胸径采用游标卡尺测定,树高、冠幅采用卷尺测定。9月下旬梨成熟后以每棵树为单位采收果实,用SE602F电子天平进行称量,并计算不同滴灌处理下的产量及平均单果质量。

### 1.5 数据处理

采用Excel 2007和SPSS 22.0软件对试验数据进行统计分析和作图,用LSD法进行多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同滴灌量对玉露香梨生长和产量的影响

从表1可以看出,不同滴灌量下梨树生长指标和产量存在一定差异,高滴灌量下梨树胸径为16.03 cm,中滴灌量胸径为14.53 cm,低滴灌量胸径最小,为13.77 cm;高滴灌量梨树树高最高,为2.90 m,中滴灌量为2.77 m,低滴灌量为2.50 m;高滴灌量冠幅最大,为2.80 m,中、低滴灌量分别为2.63、2.60 m;高滴灌量单果质量为0.28 kg,中、低滴灌量分别为0.25、0.23 kg;产量也是高滴灌量最大,达20300 kg/hm<sup>2</sup>,中滴灌量次之,低滴灌量最小,为15200 kg/hm<sup>2</sup>。综上,高滴灌量梨树的植株生长指

标和产量均大于中、低滴灌量,并且随着灌水量的增大,各个指标呈现逐渐增大的趋势。

表1 不同滴灌量下梨树生长状况与产量特征  
Tab.1 Growth status and yield characteristics of pear trees at different drip irrigation rates

处理 Treatment	胸径/cm Diameter at breast height	树高/m Tree height	冠幅/m Crown width	单果质量/kg Single fruit weight	产量/(kg/hm <sup>2</sup> ) Yield
HI	16.03±0.15Aa	2.90±0.10Aa	2.80±0.26Aa	0.28±0.02Aa	20 300±721.11Aa
MI	14.53±0.35Bb	2.77±0.21Aab	2.63±0.15Aa	0.25±0.02Aab	17 300±692.82Bb
LI	13.77±0.32Bc	2.50±0.26Ab	2.60±0.30Aa	0.23±0.03Ab	15 200±435.89Cc

注:同列不同大写字母表示处理间差异极显著( $P<0.01$ );不同小写字母表示处理间差异显著( $P<0.05$ )。  
Note: Different capital letters in the same column indicated extremely significant differences between treatments( $P<0.01$ ); different lower case letters indicated significant differences between treatments( $P<0.05$ ).

## 2.2 不同滴灌量对玉露香梨园土壤氮素变化的影响

### 2.2.1 不同滴灌量对玉露香梨园土壤全氮含量的影响

由图1可知,高滴灌量下,5—10月0~20 cm土层的全氮含量呈现出先升高后降低再升高的变化趋势,7月全氮含量最大,达0.38 g/kg,8月全氮含量最小,为0.30 g/kg;20~40 cm土层的月份间变化趋势与0~20 cm土层大致相同,其最高含量出现在6月,5月的全氮含量最低;40~60、60~80 cm土层月份间呈先升高后降低的变化趋势,最高含量也均出现在7月,分别为0.32、0.26 g/kg。不同

的土层之间,全氮含量随土层加深呈逐渐降低趋势,5、7月40~60 cm的全氮含量略大于20~40 cm。

中滴灌量下全氮含量均呈先升高后降低再升高的变化趋势,0~20、20~40 cm土层全氮含量最高值均出现在7月,分别为0.41、0.35 g/kg,0~20 cm土层的最低值出现在8月,而20~40 cm土层的最低值出现在9月;40~60、60~80 cm土层的最高值分别出现在7月和6月,最低值均出现在9月;在不同的土层间,中滴灌量的全氮含量呈现出随着土层加深逐渐降低的趋势,但40~60、60~80 cm土层间的差异不大。

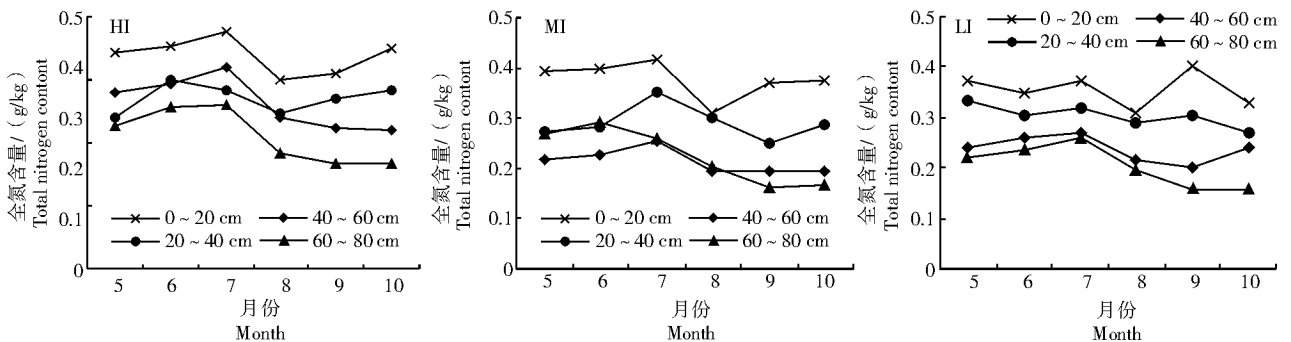


图1 滴灌量对梨园土壤全氮含量垂直分布及月份间变化的影响  
Fig.1 Effects of drip irrigation rates on vertical distribution and monthly variation of total nitrogen content in pear plantation soil

低滴灌量下,0~20 cm土层的全氮含量最高,不同月份间最大值为0.40 g/kg,最小值为0.31 g/kg;20~40 cm土层全氮含量的最高值出现在5月,10月最低,为0.27 g/kg;40~60 cm土层的变化趋势呈先升高后降低再升高的变化趋势,最大值出现在7月,为0.27 g/kg,9月最低,为0.20 g/kg;60~80 cm土层的变化趋势呈先升高后降低,最大值为0.26 g/kg,出现在7月,最小值为0.16 g/kg,出现在9、10月。

### 2.2.2 不同滴灌量对玉露香梨园土壤硝态氮含量的影响

从图2可以看出,高滴灌量下,各个土层

低后升高的趋势,5月最高,达31.52 μg/g,8月最低,为15.99 μg/g,9、10月稍高于8月;20~40 cm土层的全氮含量变化趋势与0~20 cm土层相似,最低值出现在9月,为13.30 μg/g;40~60 cm土层和60~80 cm土层的全氮含量随时间的变化趋势为先降低后升高,到8月达到最低值,分别为14.58、12.74 μg/g,9、10月稍有升高,但9月高于10月;同一月份,不同土层之间,随着深度的增加,全氮含量基本呈现出逐渐降低的趋势。

中滴灌量下,0~20 cm土层全氮含量5月最高,达40.84 μg/g,8月全氮含量最低,9、10月略高于7月和8月;20~40 cm土层的全氮含量

最低值在 9 月,为 21.91  $\mu\text{g/g}$ ,与当月的最高值相差 13.73  $\mu\text{g/g}$ ,40~60 cm 土层和 60~80 cm 土层硝态氮含量在 5 月最大,7 月最低,40~60 cm 土层在 8—10 月先升高后降低,60~80 cm 土层硝态氮含量则是 8—10 月逐渐降低;不同的土层之间,随着土层

深度的增加,大部分逐渐降低,8 月 60~80 cm 土层硝态氮含量高于 40~60 cm 土层,9 月 40~60 cm 土层和 60~80 cm 土层均高于 20~40 cm 土层。整体看,5、6 月含量较高,7—10 月上下浮动,但差异不大。

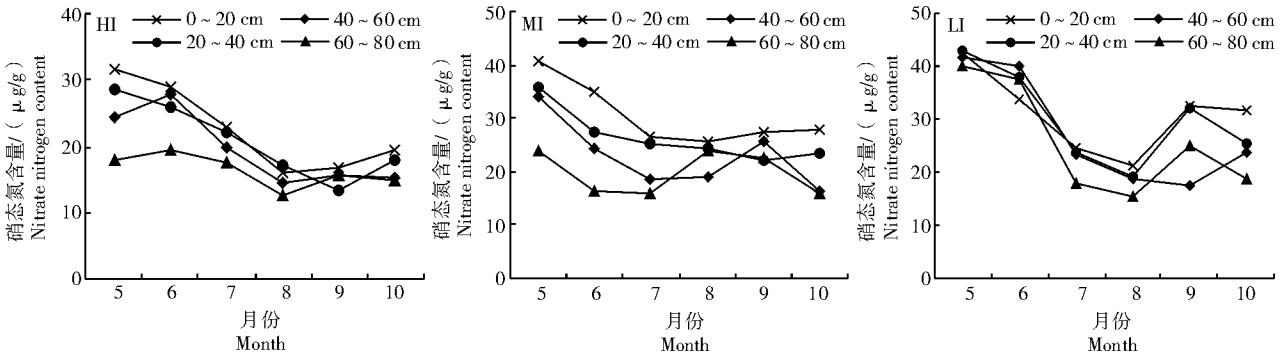


图 2 滴灌量对梨园土壤硝态氮含量垂直分布及月份间变化的影响  
Fig.2 Effects of drip irrigation rates on the vertical distribution and monthly variation of soil nitrate content in pear plantation soil

低滴灌量下,0~20 cm 土层硝态氮含量随着时间的推移变化趋势呈先降低后升高再略降低,5 月硝态氮含量最高,达 42.53  $\mu\text{g/g}$ ,8 月硝态氮含量最低,为 21.30  $\mu\text{g/g}$ ;20~40、60~80 cm 土层硝态氮的变化趋势与 0~20 cm 相同,最低值出现在 8 月,分别为 19.23~15.49  $\mu\text{g/g}$ ,与最高值分别相差 23.56、24.49  $\mu\text{g/g}$ ;40~60 cm 土层 8、9 月含量较低,10 月稍升高,与 7 月接近;不同土层之间,5、6 月各个土层的硝态氮含量相差不大,7 月 60~80 cm 土层较小,为 17.71  $\mu\text{g/g}$ ,与 5 月相差 6.7  $\mu\text{g/g}$ ,9 月 40~60 cm 土层含量最低,为 17.61  $\mu\text{g/g}$ ,其余硝态

氮含量均随着深度的增加逐渐降低。  
2.2.3 不同滴灌量对玉露香梨园土壤铵态氮含量的影响 由图 3 可知,高滴灌量下,0~20 cm 土层 10 月铵态氮含量最高,为 20.31  $\mu\text{g/g}$ ,8 月最低,为 16.07  $\mu\text{g/g}$ ;20~40 cm 土层铵态氮含量 8 月最低,为 11.97  $\mu\text{g/g}$ ,9 月最高,为 19.03  $\mu\text{g/g}$ ;40~60 cm 土层 6 月铵态氮含量最高,为 19.38  $\mu\text{g/g}$ ,7 月最低,为 11.41  $\mu\text{g/g}$ ;60~80 cm 土层铵态氮含量最低值也出现在 8 月,为 11.51  $\mu\text{g/g}$ ,最高值出现在 6 月,为 17.18  $\mu\text{g/g}$ ;不同的土层之间,0~20 cm 土层的铵态氮含量略高于其他土层。

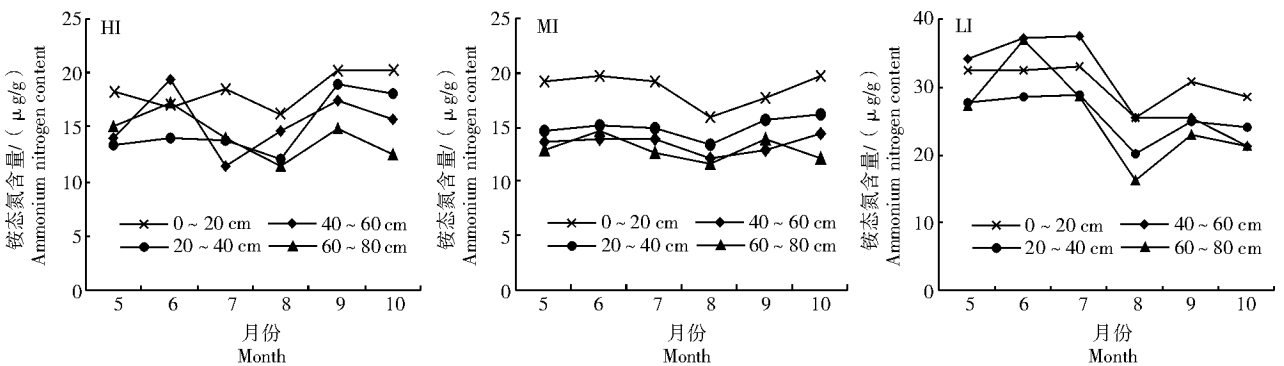


图 3 滴灌量对梨园土壤铵态氮含量垂直分布及月份间变化的影响  
Fig.3 Effects of drip irrigation rates on the vertical distribution and monthly variation of ammonium nitrogen content in pear plantation soil

中滴灌量下,不同土层铵态氮含量月份间变化较平稳,0~20 cm 土层 5—7 月铵态氮含量先升高后降低,为 19.16~19.74  $\mu\text{g/g}$ ,8 月最低,后逐渐升高,10 月高于 6 月;20~40 cm 和 40~60 cm 土层铵态氮含量与 0~20 cm 土层的变化趋势一致,最高值

出现在 10 月,分别为 16.24、14.39  $\mu\text{g/g}$ ,最低值分别为 13.41、12.02  $\mu\text{g/g}$ ;60~80 cm 土层铵态氮含量 6 月最高,8 月最低;整体来看,0~20 cm 土层铵态氮含量高于其他土层,其他 3 个土层的差异不大。

低滴灌量下,0~20 cm 土层铵态氮含量 5—7 月

较高,为32.51~33.04 μg/g,8月最低,为25.50 μg/g; 20~40 cm 土层月份间变化趋势与0~20 cm 土层一致,7月最高,为28.68 μg/g,8月最低,为20.19 μg/g; 40~60 cm 土层铵态氮含量5—7月较高,8—10月较低,为21.18~25.50 μg/g; 60~80 cm 土层月份间变化趋势与0~20 cm 土层一致,最高值出现在6月,达36.82 μg/g,最低值出现在8月,为16.17 μg/g。

### 2.3 不同滴灌量对玉露香梨园土壤氮素垂直分布的影响

由表2可知,高滴灌量在0~20 cm 土层TN、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 含量最高,分别为0.34 g/kg 和22.52、18.37 μg/g,在60~80 cm 处最低,分别为

0.21 g/kg 和16.35、14.18 μg/g,不同土层间随着土层深度的增加呈现逐渐降低的趋势;中滴灌量的TN 含量在0~20 cm 土层最高,40~60 cm 最低,NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 和NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 含量最高的为0~20 cm 土层,60~80 cm 土层最低;低滴灌量的TN、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 含量最高的也为0~20 cm 土层,60~80 cm 土层的不同形态氮元素含量最低。整体来看,低滴灌量的TN、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 含量高于中滴灌量和高滴灌量,0~20 cm 土层低滴灌量的NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 含量为30.48 μg/g,分别是中滴灌量和高滴灌量的1.64倍和1.66倍,随着滴灌量的增加各个形态的氮元素含量呈现逐渐降低的趋势。

表2 不同滴灌量下土壤氮元素垂直分布特征  
Tab.2 Vertical distribution characteristics of soil nitrogen at different drip irrigation rates

处理 Treatment	土层/cm Soil depth	TN/(g/kg)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N/(μg/g)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N/(μg/g)
HI	0~20	0.34±0.03ABb	22.52±6.46BCDbed	18.37±1.74CDc
	20~40	0.27±0.02CDd	20.92±5.79BCDcde	15.03±2.81CDEcd
	40~60	0.26±0.04CDEde	19.56±5.39CDde	15.46±2.79CDEcd
	60~80	0.21±0.04Ffg	16.35±2.37De	14.18±2.01CDEd
MI	0~20	0.38±0.04Aa	30.54±6.09Aa	18.61±1.52Cc
	20~40	0.29±0.03Ccd	26.26±4.95 ABCab	14.98±0.95CDEcd
	40~60	0.21±0.02Ffg	22.98±6.49BCDbed	13.42±0.83DEd
	60~80	0.23±0.06EFfg	19.76±4.09CDde	12.95±1.08Ed
LI	0~20	0.36±0.03Ab	31.00±7.49Aa	30.48±2.95Aa
	20~40	0.30±0.02BCc	30.16±6.09Aa	25.65±3.30Bb
	40~60	0.24±0.03DEFef	27.52±10.61ABab	30.12±6.94ABa
	60~80	0.20±0.04Fg	25.79±10.61ABCabc	25.44±7.12Bb

注:不同大写字母表示不同处理及不同土层间差异极显著(P<0.01);不同小写字母表示不同处理及不同土层间差异显著(P<0.05)。  
Note: Different capital letters in the same column indicated extremely significant differences between treatments and soil layers at 0.01 level; different lowercase letters in the same column indicated significant difference between treatments and soil layers at 0.05 level.

### 2.4 不同滴灌量对玉露香梨园土壤氮素累积量的影响

由表3可知,不同滴灌量下,0~20、0~40 cm 土层全氮累积量最高的为中滴灌量,为0.38 g/kg,其次为低滴灌量,高滴灌量的最低;0~60 cm 土层全氮累积量最高的为低滴灌量,高滴灌量最低;中滴灌量在0~80 cm 土层的全氮累积量最高,为1.11 g/kg,低滴灌量和高滴灌量分别为1.10、1.08 g/kg,3个处理间差异不大。低滴灌量的硝态氮含量在4个土层均高于中滴灌量和高滴灌量,0~20 cm 土层为31.00 μg/g,0~80 cm 土层为114.47 μg/g。低滴灌量的铵态氮含量在各个土层的累积量明显高于中滴灌量和高滴灌量,0~80 cm 土层低滴灌量的铵态氮含量为111.69 μg/g,而中滴灌量和高滴灌量的累积量分别仅为59.96、63.04 μg/g。

表3 不同滴灌量下各个土层土壤氮元素的累积量  
Tab.3 Accumulation of soil nitrogen in different soil layers at different drip irrigation rates

处理 Treatment	土层/cm Soil depth	TN/ (g/kg)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N/ (μg/g)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N/ (μg/g)
HI	0~20	0.34	22.52	18.37
	0~40	0.61	43.44	33.40
	0~60	0.87	63.00	48.86
	0~80	1.08	79.35	63.04
MI	0~20	0.38	30.54	18.61
	0~40	0.67	56.80	33.59
	0~60	0.88	79.78	47.01
	0~80	1.11	99.54	59.96
LI	0~20	0.36	31.00	30.48
	0~40	0.66	61.16	56.13
	0~60	0.90	88.68	86.25
	0~80	1.10	114.47	111.69

### 3 结论与讨论

水分是植物体生长发育及各种理化反应的基础,也是土壤养分溶解和迁移的介质<sup>[13]</sup>。本研究中,玉露香梨的树体生长状况和产量随着灌水量的增大而呈现逐渐增高的趋势,这与夏腾霄<sup>[14]</sup>在马铃薯上的研究结果一致。葛欢欢<sup>[15]</sup>研究表明,胡杨树的光合作用和光呼吸速率均随着灌水量的增加而增大,说明水分通过影响植株的光合作用,从而影响植株的生长和产量。张文静<sup>[16]</sup>研究了4个灌溉量对甜瓜的光合作用和产量品质的影响,结果表明,适合的灌水量可以更好地促进甜瓜的生长和坐果。本研究中,梨树的生长指标和产量与灌水量呈正相关,高滴灌量下,梨树的产量和生长指标并没有出现降低,说明试验设置的高滴灌量没有影响玉露香梨树的生长发育。

梨树不同生长阶段对氮素的需求量不同<sup>[17]</sup>。孟凡旭等<sup>[18]</sup>研究表明,不同管理模式土壤中的氮素在果树开花期含量最高。本试验从梨树开花后的新梢生长期和幼果生长期开始,随着枝条和果实的不断发育,到8月梨树果实的膨大期,不同灌溉量的全氮和硝态氮、铵态氮含量均出现了明显的降低趋势,说明在此时期,树体对氮素的需求较高,这与陈旭等<sup>[19]</sup>在小麦上的研究结果相似。9—10月为梨树果实的成熟期,大部分土层的全氮含量出现了不同程度的升高,说明该时间段玉露香梨树体对氮素的需求较少。本研究只对黄土丘陵地区玉露香梨树体1年生长期内5—10月的氮素含量进行了分析,关于梨园土壤的氮素随时间迁移的变化规律还需进一步探究。

氮素在土壤中运动的载体是水分<sup>[20]</sup>,只有合适的土壤水分,才能促进养分的吸收,增加氮肥的利用效率<sup>[21]</sup>,水分也是土壤铵态氮、硝态氮发生变化的主要原因<sup>[22]</sup>。本研究中,低滴灌量全氮、硝态氮、铵态氮的含量高于中滴灌量和高滴灌量,且随着滴灌量的增加,各个形态的氮元素含量呈现逐渐降低的趋势;0~20、0~40、0~80 cm土层全氮累积量最高的为中滴灌量,0~60 cm土层全氮累积量最高的为低滴灌量,硝态氮和铵态氮的累积量为低滴灌量大于高滴灌量和中滴灌量,说明硝态氮和铵态氮会随着水分逐渐向下层淋溶,因此,在梨园的栽培管理中,应注意氮肥的合理施用,以免造成浪费。不同的土层之间,各个滴灌量下0~20 cm土层全氮、铵态氮和硝态氮含量均高于其他土层,各个形态氮

素含量随着土层加深逐渐降低,表现出上高下低,这与赵经华等<sup>[23]</sup>在小麦上的研究结果一致。有研究表明,硝态氮是总氮的主要成分<sup>[24]</sup>,在水分较高时容易发生反硝化作用,使其含量减少,因此,有学者认为,灌水越多则硝态氮淋失越多<sup>[25]</sup>。本研究中,高滴灌量和中滴灌量在0~80 cm土层的硝态氮和铵态氮累积量均小于低滴灌量,与前人在玉米上的研究结果<sup>[26]</sup>不符,可能是由于不同作物根系深度不同且对氮素的吸收利用效率不同。在以后的研究中,可以采用水分和氮肥耦合试验来进一步探究玉露香梨园土壤氮素与滴灌量的关系。

#### 参考文献:

- [1] 郝子义,李亚伟,何继红,等. 施氮水平对谷子干物质积累分配及氮素利用率的影响[J]. 山西农业科学, 2024, 52(3): 50-59.  
HAO Z Y, LI Y W, HE J H, et al. Effect of nitrogen application on dry matter accumulation, distribution and nitrogen utilization in foxtail millet[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2024, 52(3): 50-59.
- [2] 曹秀鹏,黄兴学,周国林,等. 秸秆和有机肥配施对设施菜地氮素流失和产量的影响[J]. 河南农业科学, 2022, 51(9): 79-87.  
CAO X P, HUANG X X, ZHOU G L, et al. Effects of combined application of straw and organic fertilizer on nitrogen loss and yield in greenhouse vegetable fields[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2022, 51(9): 79-87.
- [3] 康晓育,孙协平,常聪,等. 氮素形态对不同苹果砧木幼苗生长的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2013, 41(6): 133-138.  
KANG X Y, SUN X P, CHANG C, et al. Effects of nitrogen forms on growth of different *Malus rootstock* seedlings[J]. Journal of Northwest A & F University (Natural Science Edition), 2013, 41(6): 133-138.
- [4] 陈伟,王红阳,王志坚,等. 黄土丘陵区香梨园土壤水分、养分分布特征及其与产量的关系[J]. 应用生态学报, 2021, 32(9): 3159-3166.  
CHEN W, WANG H Y, WANG Z J, et al. Distribution characteristics of soil water and nutrients in pear orchard and their relationship with yields in Loess Hilly region[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2021, 32(9): 3159-3166.
- [5] 苗艳芳,李生秀,扶艳艳,等. 旱地土壤铵态氮和硝态氮累积特征及其与小麦产量的关系[J]. 应用生态学报, 2014, 25(4): 1013-1021.  
MIAO Y F, LI S X, FU Y Y, et al. Characteristics of ammonium N and nitrate N accumulation in dryland soil in relation with wheat yield[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2014, 25(4): 1013-1021.
- [6] 丛萍,李玉义,高志娟,等. 秸秆颗粒化高量还田快速提高土壤有机碳含量及小麦玉米产量[J]. 农业工程学报, 2019, 35(1): 148-156.  
CONG P, LI Y Y, GAO Z J, et al. High dosage of pelletized straw returning rapidly improving soil organic carbon content and wheat-maize yield[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2019, 35(1): 148-156.
- [7] 张哲,杨润亚,朱瑾瑾,等. 地下氧灌对土壤氮素分布及番茄水氮利用效率的影响[J]. 排灌机械工程学报, 2023, 41(9): 952-

- 958,965.
- ZHANG Z, YANG R Y, ZHU J J, et al. Effects of underground oxygen irrigation on soil nitrogen distribution and water and nitrogen utilization efficiency of tomato[J]. *Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering*, 2023, 41(9):952-958,965.
- [8] 王立飞. 水肥耦合方式对土壤营养及梨树生长发育的影响[D]. 保定:河北农业大学, 2015.
- WANG L F. Effect of water and fertilizer coupling modes on soil nutrients as well as growth and development in pears[D]. Baoding: Hebei Agricultural University, 2015.
- [9] 谢鹏, 牛自勉, 蔚露, 等. 树形结构对梨叶片叶绿素荧光特性的影响[J]. *山西农业科学*, 2019, 47(9):1516-1520.
- XIE P, NIU Z M, YU L, et al. Effects of tree shape structures on chlorophyll fluorescence characteristics of pear leaves[J]. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 2019, 47(9):1516-1520.
- [10] 贾晓辉, 张鑫楠, 刘佰霖, 等. 低 O<sub>2</sub>/高 CO<sub>2</sub> 气调结合 1-MCP 对‘玉露香’梨贮藏品质的影响[J]. *中国农业科学*, 2022, 55(23):4717-4727.
- JIA X H, ZHANG X N, LIU B L, et al. Effects of low oxygen/high carbon dioxide controlled atmosphere combined with 1-methylcyclopropene on quality of yuluxiang pear during cold storage[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2022, 55(23):4717-4727.
- [11] 赵迎丽, 张微, 王亮, 等. 冰温贮藏对玉露香梨果实挥发性有机物的影响[J]. *食品研究与开发*, 2022, 43(9):15-22.
- ZHAO Y L, ZHANG W, WANG L, et al. Effect of ice-temperature storage on volatile organic compounds of yuluxiang pears[J]. *Food Research and Development*, 2022, 43(9):15-22.
- [12] 赵亮亮, 赵德英, 闫帅, 等. 外源褪黑素对梨叶片及果实矿质营养的影响[J]. *中国果树*, 2022(9):23-28.
- ZHAO L L, ZHAO D Y, YAN S, et al. Effects of exogenous melatonin on mineral nutrition of leaves and fruits of pear[J]. *China Fruits*, 2022(9):23-28.
- [13] 李天琦. 灌溉量对科尔沁沙地紫花苜蓿人工草地产量、品质及土壤养分运移的影响[D]. 通辽:内蒙古民族大学, 2020.
- LI T Q. Effects of irrigation amount on yield, quality and soil nutrient movement of alfalfa artificial grassland in Horqin sandy land[D]. Tongliao: Inner Mongolia University for the Nationalities, 2020.
- [14] 夏腾霄. 不同灌水量对膜下滴灌马铃薯生长及根区水、硝态氮运移规律影响[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学, 2015.
- XIA T X. Drip irrigation under different irrigation water on membrane potato growth and root zone, nitrate nitrogen and water movement law[D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2015.
- [15] 葛欢欢. 不同灌溉量对老龄林胡杨光合生理特性的影响[D]. 乌鲁木齐:新疆师范大学, 2019.
- GE H H. Effects of different irrigation amounts on photosynthetic physiological characteristics of populus euphratica in middle age forest[D]. Urumqi: Xinjiang Normal University, 2019.
- [16] 张文静. 不同灌溉量对基质栽培网纹甜瓜光合特性和产量品质的影响[D]. 南宁:广西大学, 2022.
- ZHANG W J. Effects of different irrigation amount on photosynthetic characteristics, yield and quality of muskmelon cultivated in substrate[D]. Nanning: Guangxi University, 2022.
- [17] 葛顺峰, 夏营, 沈红艳, 等. 4种梨实生苗硝态氮和铵态氮利用特性研究[J]. *核农学报*, 2019, 33(4):766-771.
- GE S F, XIA Y, SHEN H Y, et al. Utilization characteristics of NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-<sup>15</sup>N and NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-<sup>15</sup>N for four pear seedlings[J]. *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*, 2019, 33(4):766-771.
- [18] 孟凡旭, 王树森, 秦富仓, 等. 残源沟壑区不同果农复合模式对土壤理化性质及水源涵养功能的影响[J]. *水土保持学报*, 2020, 34(5):192-199.
- MENG F X, WANG S S, QIN F C, et al. Effect of different fruit-crop compounds on soil physiochemical properties and soil-water conservation in gully region of plateau[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2020, 34(5):192-199.
- [19] 陈旭, 陈效民, 张聪聪, 等. 太湖地区小麦生育期麦田土壤铵态氮和硝态氮含量的模拟与预测[J]. *南京农业大学学报*, 2015, 38(1):93-100.
- CHEN X, CHEN X M, ZHANG C C, et al. Modeling and forecasting of farmland NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N and NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N content in wheat growth period in Tai Lake area[J]. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 2015, 38(1):93-100.
- [20] XU Z Z, YU Z W, WANG D, et al. Nitrogen accumulation and translocation for winter wheat under different irrigation regimes [J]. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 2005, 191(6):439-449.
- [21] PLAUT Z, BUTOW B J, BLUMENTHAL C S, et al. Transport of dry matter into developing wheat kernels and its contribution to grain yield under postanthesis water deficit and elevated temperature[J]. *Field Crops Research*, 2004, 86(2):185-198.
- [22] 白雪原, 红梅, 武岩, 等. 施肥对河套灌区土壤铵态氮、硝态氮的影响[J]. *北方农业学报*, 2016, 44(3):15-17, 39.
- BAI X Y, HONG M, WU Y, et al. Effects of fertilizer on NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N and NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N of soil in Hetao irrigation area[J]. *Journal of Northern Agriculture*, 2016, 44(3):15-17, 39.
- [23] 赵经华, 杨庭瑞, 胡文军, 等. 水氮互作对滴灌小麦土壤硝态氮运移、氮平衡及水氮利用效率的影响[J]. *中国农村水利水电*, 2021(4):141-149.
- ZHAO J H, YANG T R, HU W J, et al. Effects of water and nitrogen interaction on nitrate transport, nitrogen balance and water and nitrogen use efficiency in drip irrigation wheat soil[J]. *China Rural Water and Hydropower*, 2021(4):141-149.
- [24] 马艳宝, 童菊秀, 马越, 等. 不同灌溉量与施氮量下稻田裸地氮素运移规律[J]. *节水灌溉*, 2021(8):62-66, 73.
- MA Y B, TONG J X, MA Y, et al. Study on nitrogen transport in bare paddy field under different irrigation amounts and nitrogen fertilizer application rates[J]. *Water Saving Irrigation*, 2021(8):62-66, 73.
- [25] 岳文俊, 张富仓, 李志军, 等. 水氮耦合对甜瓜氮素吸收与土壤硝态氮累积的影响[J]. *农业机械学报*, 2015, 46(2):88-96, 119.
- YUE W J, ZHANG F C, LI Z J, et al. Effects of water and nitrogen coupling on nitrogen uptake of muskmelon and nitrate accumulation in soil[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2015, 46(2):88-96, 119.
- [26] 南镇武, 刘树堂, 袁铭章, 等. 长期定位施肥土壤硝态氮和铵态氮积累特征及其与玉米产量的关系[J]. *华北农学报*, 2016, 31(2):176-181.
- NAN Z W, LIU S T, YUAN M Z, et al. Characteristics of nitrate nitrogen and ammonium nitrogen accumulation in soil and its relationship with maize yield on long-term located fertilization[J]. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 2016, 31(2):176-181.