

河北太行山山前平原葡萄园土壤硝态氮累积特征及影响因素

郭路航¹, 王贺鹏¹, 李妍², 许傲², 李文超¹, 孙志梅¹, 马文奇¹

(1.河北农业大学资源与环境科学学院,河北 保定 071001;2.河北农业大学现代科技学院,河北 保定 071001)

摘要:为进一步摸清农户生产实践条件下果园土壤硝态氮分布特征及影响因素,以河北太行山山前平原的保定地区葡萄园为研究对象,调查 28 个果园生产管理现状,测定分析葡萄园和临近农田共 31 个样点 0—200 cm 土壤硝态氮含量、累积量及主要影响因素。结果表明:葡萄生产中氮肥施用量偏高,每季平均为 297 kg/hm²,过量的养分投入导致氮素在土壤中累积,0—200 cm 土层硝态氮淋洗现象明显,平均累积量高达 1 555 kg/hm²。不同树龄、施氮量、灌溉量水平下,土壤硝态氮含量有所不同,但均表现出随土层深度增加而增加的趋势,并且明显高于农田土壤。相关性分析表明,硝态氮累积量与树龄和施氮量均呈极显著正相关,与灌溉量呈显著负相关。通径分析表明,对土壤硝态氮累积量影响最大的因素为施氮量,其次为树龄和施肥次数,最后为灌溉量,施肥次数主要通过影响施氮量来间接影响硝态氮累积量。研究区域葡萄园氮素盈余严重,土壤硝态氮大量累积,并向深层土壤淋洗,影响该地区硝态氮累积的主要因素为施氮量、树龄和灌溉量。

关键词: 葡萄园; 硝态氮; 累积量; 影响因素; 保定地区

中图分类号: S663.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-2242(2022)03-0280-06

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcbx.2022.03.040

Accumulation Characteristics and Influencing Factors of Soil Nitrate Nitrogen in Vineyard in Piedmont Plain of Taihang Mountain, Hebei Province

GUO Luhang¹, WANG Hepeng¹, LI Yan², XU Ao², LI Wenchao¹, SUN Zhimei¹, MA Wenqi¹

(1.College of Resources and Environmental Sciences, Hebei Agricultural University, Baoding, Hebei 071001;

2.College of Modern Science and Technology, Hebei Agricultural University, Baoding, Hebei 071001)

Abstract: In order to further understand the distribution characteristics and influencing factors of nitrate in orchard soil under farmers' production practice conditions, in this study, the production and management status of 28 orchards in Baoding area of Taihang Mountain piedmont plain in Hebei Province were investigated. The content, accumulation and main influencing factors of nitrate nitrogen in soil of 31 vineyards and adjacent farmland from 0 to 200 cm were determined and analyzed. The results showed that the nitrogen application rate was relatively high in grape production, with an average of 297 kg/hm² per season. Excessive nutrient input resulted in nitrogen accumulation in the soil, and nitrate leaching was obvious in 0—200 cm soil layer, with the accumulation up to 1 555 kg/hm². Soil nitrate content varied at different tree ages, nitrogen application rates and irrigation amount, but all showed a tendency to increase with the increase of soil depth, and was significantly higher than that of farmland soil. The correlation analysis showed that the nitrate accumulation was positively correlated with the tree age and the nitrogen application rate, but negatively correlated with the irrigation amount. Path analysis showed that the nitrogen application rate was the most influential factor on soil nitrate accumulation, followed by the tree age and fertilization times, and finally the irrigation amount. The number of fertilization mainly affected nitrate accumulation indirectly through the effect of nitrogen application rate. In conclusion, the nitrogen surplus of vineyards in this region was serious, and a large amount of soil nitrate nitrogen was accumulated and leaching into the deep soil. The main factors affecting nitrate nitrogen accumulation in this region were nitrogen application rate, tree age and irrigation amount.

Keywords: vineyard; nitrate nitrogen; accumulation; influencing factors; Baoding area

收稿日期:2021-11-11
资助项目:国家重点研发计划项目(2021YFE0101900)
第一作者:郭路航(1997—),男,硕士研究生,主要从事植物营养调控与养分高效管理研究。E-mail:guolh1997@126.com
通信作者:马文奇(1963—),男,博士,教授,主要从事植物营养调控与养分高效管理研究。E-mail:mawq@hebau.edu.cn

近年来,随着农业种植结构的调整以及人民生活对果品需求量的提高,果树种植迅速发展,成为许多地区的主导产业^[1]。但为了追求高产、高利润,过度施氮现象尤为严重。Lu 等^[2]对华北地区集约果园调查发现,果园中平均氮素投入为 588 kg/hm²,葡萄园的平均施氮量高达 1 142 kg/hm²;刘占军等^[3]通过文献汇总和实地调研发现,我国苹果产区化肥氮用量为 512~1 355 kg/hm²,远超推荐用量。过量的氮肥投入必然会导致土壤硝态氮的累积,并极易随水向土壤深层淋洗^[4],其结果不仅造成氮肥资源的浪费,还引起地下水硝态氮污染、水体富营养化等环境问题^[5]。因此,明确果园土壤硝态氮累积现状,探究其影响因素,对控制和减少硝态氮在深层土壤中的累积有重要意义。

目前,国内外对果园硝态氮累积特征及其影响因素已有一些研究。马鹏毅等^[6]研究发现,长期的苹果种植加剧了 100 cm 土层以下的硝态氮累积;Gao 等^[7]对猕猴桃园研究表明,有超过 75%的硝酸盐位于 100 cm 土层以下,并且硝态氮累积量高达 3 288 kg/hm²。管理方式的差异也会影响果园土壤硝态氮的分布,与雨养果园相比,灌溉果园土壤剖面硝态氮含量整体明显偏高,累积峰值明显下移^[3]。不仅如此,同一区域不同地貌类型的果园,土壤硝态氮分布也存在极大差异^[8],即使在同一果园,下坡土壤硝态氮累积量也会显著高于上坡土壤^[9]。可见,果园土壤硝态氮受诸多因素的影响,目前针对山前平原区以及农田转变为葡萄园这一条件下土壤硝态氮变化的报道较少,基于此,本研究以保定地区为研究区域,探讨在农户生产实践下葡萄园土壤硝态氮累积变化特征

及影响因素,旨在为减少葡萄园土壤硝态氮累积及葡萄产业养分的科学管理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区为河北省保定市清苑区温仁镇(38°10′—40°00′N,113°40′—116°20′E),是典型的太行山山前平原区,暖温带季风性气候,四季分明、气候温和、雨热同期、光照充足,年均气温 12 ℃,年均降水量 451 mm,无霜期 165~210 天,土壤类型以潮土为主。该区域葡萄种植品种主要为“巨峰”,种植年限为 5~30 年,栽培密度为 5 000~7 400 株/hm²,果园施肥以化肥为主,年均施 N、P₂O₅、K₂O 分别为 100~680,56~610,160~700 kg/hm²,灌溉方式主要为大水漫灌,年灌溉次数 3~7 次,年灌溉量约 3 000~14 000 m³/hm²,年产量大约为 22.5~68.5 t/hm²。

1.2 调查内容与方法

于 2020 年 9 月,在研究区域选择 28 个具有代表性的葡萄园,通过实地调研及跟踪等方式,详细记录葡萄园树龄、栽培密度及生育期内施氮量、施肥次数、灌溉次数、灌溉量等管理措施,并在收获期进行现场测产。灌溉量采用以电折水法^[10]。在调研中,果农基本不施用有机肥,只计算化肥用量,施氮量通过施肥量及肥料包装上标注的养分含量进行计算。

同时本研究将不同树龄、施氮量、灌溉量水平下的 28 个葡萄园分别由低到高排列,均分成 2 个水平等级,每个等级 14 个葡萄园,树龄<14 年,施氮量<250 kg/hm²,灌溉量<7 500 m³/hm²的葡萄园分别为低投入(或低树龄)水平,记为 L,相反,为高投入(或高树龄)水平,记为 H,不同等级葡萄园管理情况见表 1。

表 1 不同指标分级下葡萄园管理因素的差异

指标	等级	树龄/a	施氮量/ (kg·hm ⁻²)	灌溉量/ (m ³ ·hm ⁻²)	施肥次数/ (次·a ⁻¹)	灌溉次数/ (次·a ⁻¹)	种植密度/ (株·hm ⁻²)
树龄	L	9.3±0.6	305.7±32.5	9109.5±745.8	5.6±0.4	5.4±0.3	6275.8±95.0
	H	22.3±1.7	287.6±43.1	7493.3±657.3	4.5±0.4	4.5±0.3	6146.6±212.6
施氮量	L	15.9±1.9	179.8±11.3	7974.1±792.5	4.2±0.4	4.9±0.3	6242.7±149.3
	H	15.7±2.5	413.6±26.4	8628.6±666.5	5.9±0.3	5.1±0.3	6179.7±180.1
灌溉量	L	16.8±2.2	283.5±42.1	6344.6±304.6	4.3±0.4	4.2±0.2	6118.8±172.8
	H	14.8±2.2	309.9±33.5	10258.2±637.9	5.8±0.4	5.7±0.2	6303.5±153.9

注:表中数据为平均值±标准误差。下同。

1.3 土壤样品的采集与测定

于 2021 年 4 月 17—20 日采集土壤样品,即葡萄出土后,萌芽之前,采集 0—200 cm 土壤样品,每层 20 cm。采样点以葡萄树干为圆心,在向外延伸 40 cm 处,避开施肥点。同一个葡萄园采集 3 钻土壤组成混合样,装入自封袋中,同时采集该区域内 3 个临近农田土壤样品作为对照(CK)。带回实验室用于硝

态氮含量的测定。采样点分布位置见图 1,其中 S1~S28 为葡萄园,S29~S31 为对照农田。

土壤容重采用环刀法测定;土壤硝态氮采用 KCl 溶液浸提,双波长比色法^[11]测定。土壤 NO₃⁻—N 积累量(kg/hm²)=土层厚度(cm)×土壤容重(g/cm³)×土壤 NO₃⁻—N 含量(mg/kg)/10。土壤 NO₃⁻—N 积聚系数=各土层 NO₃⁻—N 均值(mg/

kg)/土壤剖面 NO₃⁻—N 均值(mg/kg)^[12]。

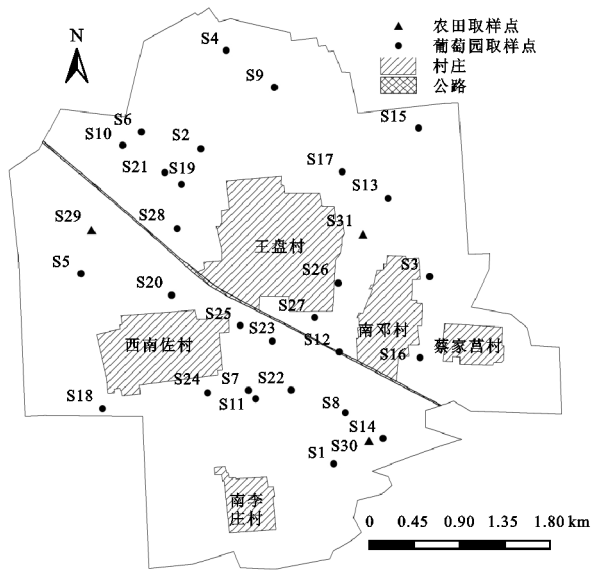


图 1 试验区采样点分布

1.4 数据处理与分析方法

采用 Excel 2016 软件进行数据计算,数据分析使用 SPSS 21.0 软件,采用 LSD 法($P<0.05$)进行方差分析。不同树龄、施氮量、灌溉量的土壤硝态氮累积量差异显著性为原数值经 ln 函数转换标准化后的数值比较,采用 Excel 2016 和 ArcGIS 10.2 软件进行作图。

2 结果与分析

2.1 葡萄园土壤硝态氮分布特征

由表 2 可知,葡萄园土壤剖面硝态氮存在很大的变异性。在水平分布上,各土层硝态氮含量变异系数均在 60%以上,其中 60—80 cm 土层变异系数最高,达到了 137.3%,原因主要是空间上和农户间管理方式的不同。在垂直分布上,葡萄园土壤硝态氮含量呈现出随土层加深而增加的趋势,0—80 cm 土层硝态氮含量较低,积聚程度较弱,80 cm 土层以下,随着土层加深,硝态氮含量和积聚系数显著增加,土壤剖面类型为底聚型,说明葡萄园土壤硝态氮有明显的向深层土壤淋洗的现象。

表 2 葡萄园土壤硝态氮含量的统计特征值

土层 深度/cm	最大值/ (mg·kg ⁻¹)	最小值/ (mg·kg ⁻¹)	平均值/ (mg·kg ⁻¹)	变异 系数/%	积聚 系数/%
0—20	66.2	4.3	27.4	64.9	46.8
20—40	105.6	3.3	21.0	94.5	35.9
40—60	65.2	1.9	19.2	87.1	32.7
60—80	183.6	1.6	28.3	137.3	48.3
80—100	139.2	1.5	49.5	93.7	84.5
100—120	181.8	9.8	55.5	92.5	94.8
120—140	235.0	9.0	68.3	87.4	116.7
140—160	315.1	13.9	89.8	84.1	153.4
160—180	293.4	23.8	109.3	70.7	186.7
180—200	292.0	13.1	117.2	70.5	200.1

由图 2 可知,农田和不同管理等级的葡萄园土壤剖面硝态氮含量随土层深度先降低后增加,最低浓度均出现在 60 cm 土层区域,表层土壤硝态氮含量较高可能与农户秋季施肥有关。与农田相比,葡萄园土壤硝态氮淋溶现象突出,在 0—80 cm 土层中,农田和各管理水平下葡萄园土壤硝态氮含量差异不明显,80 cm 土层以下,葡萄园土壤硝态氮含量明显高于农田,并且不同指标分级下土壤硝态变化规律明显不同。就树龄而言,随着土层深度的增加,高树龄葡萄园土壤硝态氮含量明显高于低树龄葡萄园和农田。施氮量方面,土壤硝态氮含量呈现出随施氮量增加而增加的趋势。灌溉量方面,呈现出随灌溉量的增加而降低的趋势,说明葡萄园在长期的大水漫灌条件下,其加速了土壤硝态氮向更深层迁移。

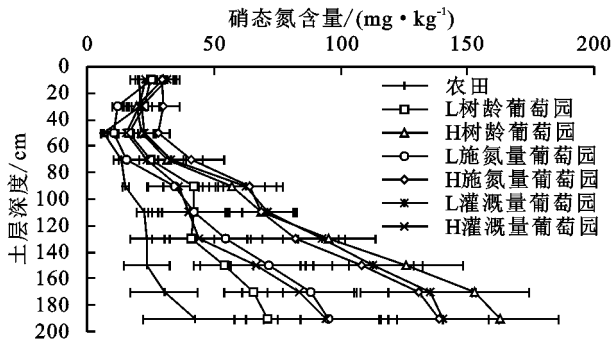


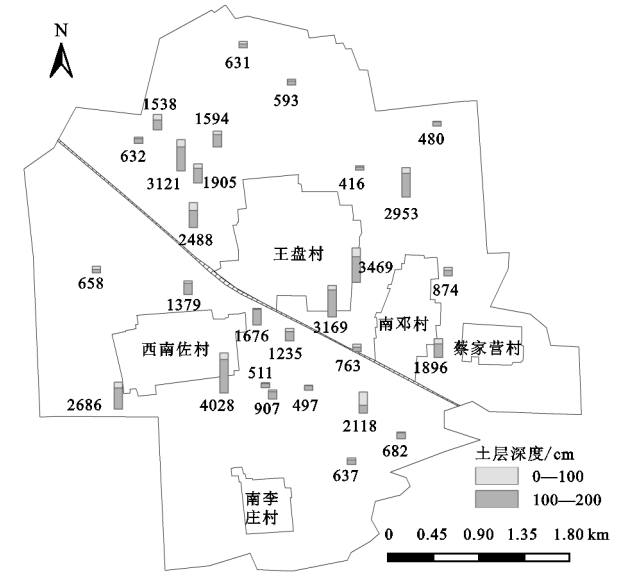
图 2 农田和不同树龄、施氮量、灌溉量葡萄园土壤硝态氮分布

2.2 葡萄园土壤硝态氮累积特征

由图 3 可知,在空间分布上,各葡萄园土壤硝态氮累积量差异很大,总体上呈现出王盘村和西南佐村附近的葡萄园土壤硝态氮累积量较高,这可能与葡萄种植年限有关,相比于其他村庄,王盘村和西南佐村葡萄栽培时间较早,长期的葡萄种植增加了硝态氮在土壤中的累积。在垂直分布上,各葡萄园 100—200 cm 土层硝态氮累积量明显高于 0—100 cm 土层,其中,0—100 cm 土层硝态氮的平均累积量为 385 kg/hm²,100—200 cm 土层硝态氮平均累积量为 1 169 kg/hm²,分别占总累积量的 24.8%,75.2%。由此可知,深层土壤硝态氮含量对 0—200 cm 土层总累积量贡献更大。

由表 3 可知,树龄、施氮量、灌溉量的差异均会影响葡萄园 0—200 cm 土层土壤硝态氮的累积,并随着土层的加深,各处理间差异越显著。树龄和施氮量方面,土壤硝态氮累积量均表现为 H>L>CK。灌溉量方面,硝态氮累积量表现出 L>H>CK。在不同深度的土层中,葡萄园土壤硝态氮累积特征呈现出不同的规律,在 100—200 cm 土层,土壤硝态氮累积特征与 0—200 cm 变化趋势基本一致,随树龄和施氮量的增加土壤硝态氮累积量增加,但灌溉量的增加会减少土壤硝态氮的累积。在 0—100 cm 土层中,农田和不同树龄、施氮

量、灌溉量下的葡萄园土壤硝态氮累积量差异则均不显著,说明土地利用方式的改变,显著改变了深层土壤硝态氮的分布,增加了土壤硝态氮的累积。



注:图中数字为 0—200 cm 土层硝态氮累积量(kg/hm²)。

图 3 葡萄园土壤硝态氮累积量的空间分布

2.3 葡萄园土壤硝态氮分布累积的影响因素

由表 4 可知,不同树龄水平的葡萄园土壤硝态氮累积量均与施氮量呈显著正相关关系。树龄较低时,仅 0—100 cm 土层中的累积氮与施氮量呈显著正相关,而较高树龄的果园 0—200 cm 各土层硝态氮累积量均与施氮量呈显著相关关系。说明随着时间的推移,氮素不断的向土壤深层淋洗和累积。

就施氮量而言,当纯 N 施用量高于 250 kg/hm²,

表 4 不同管理水平下管理措施与葡萄园土壤硝态氮累积量的相关性

指标	分级	土层深度/cm	树龄	施氮量	施肥次数	灌溉次数	灌溉量	密度
树龄	L	0—100	—0.038	0.578 *	0.084	0.232	—0.305	0.223
		100—200	0.345	0.093	—0.360	—0.299	—0.361	—0.469
		0—200	0.242	0.324	—0.233	—0.122	—0.405	—0.254
	H	0—100	0.357	0.614 *	—0.026	—0.366	—0.454	—0.413
		100—200	0.563 *	0.695 **	0.219	—0.251	—0.339	—0.355
		0—200	0.537 *	0.706 **	0.170	—0.289	—0.382	—0.385
施氮量	L	0—100	0.057	0.023	—0.747 **	—0.335	—0.492	—0.570 *
		100—200	0.468	—0.103	—0.666 **	—0.394	—0.448	—0.330
		0—200	0.395	—0.080	—0.706 **	—0.395	—0.473	—0.393
	H	0—100	0.354	0.526	—0.112	—0.031	—0.550 *	—0.005
		100—200	0.842 **	0.498	—0.204	—0.521	—0.532	—0.409
		0—200	0.820 **	0.578 *	—0.207	—0.452	—0.614 *	—0.349
灌溉量	L	0—100	0.777 **	0.563 *	0.042	—0.228	—0.170	—0.389
		100—200	0.755 **	0.606 *	0.253	—0.103	—0.114	—0.395
		0—200	0.779 **	0.613 *	0.215	—0.132	—0.129	—0.404
	H	0—100	—0.222	0.700 **	0.193	0.333	—0.392	0.029
		100—200	0.610 *	0.204	—0.423	—0.484	—0.462	—0.280
		0—200	0.409	0.464	—0.268	—0.259	—0.547 *	—0.218

注: * 和 ** 分别表示 5% 和 1% 水平下的显著性。下同。

由于施用的氮肥不能被果树完全吸收利用,则随着葡萄种植年限的增加,必然会增加硝态氮在土壤中的累积。当纯 N 投入量低于 250 kg/hm²时,施肥次数与累积氮量呈显著的负相关关系,分次施肥能降低硝态氮在土壤中的累积。葡萄栽培密度与 0—100 cm 土层硝态氮累积量的相关系数也达到了一 0.57 的显著水平,说明当施氮量较为合理时,密度和施氮量两者共同作用下,能减少硝态氮在上层土壤中的累积。

表 3 不同树龄、施氮量、灌溉量下土壤硝态氮累积量

单位:kg/hm ²				
指标	等级	0—100 cm	100—200 cm	0—200 cm
树龄	CK	200.4±22.7a	380.5±138.0b	580.9±131.1b
	L	347.2±84.6a	730.7±144.1b	1077.9±192.2b
	H	423.6±75.6a	1608.2±250.4a	2031.8±312.4a
施氮量	CK	200.4±22.7a	380.5±138.0b	580.9±131.1b
	L	257.7±53.1a	934.1±200.4ab	1191.9±245.0b
	H	513.1±88.1a	1404.7±253.8a	1917.8±298.7a
灌溉量	CK	200.4±22.7a	380.5±138.0b	580.9±131.1b
	L	455.8±68.6a	1467.4±265.2a	1923.2±325.5a
	H	315.1±87.3a	871.4±170.6ab	1186.5±206.7ab

注:同列不同小写字母表示相同土层不同处理间的差异显著(P<0.05)。

就灌溉量而言,当灌溉量低于 7 500 m³/hm²时,土壤硝态氮累积量与施氮量呈显著正相关关系,与树龄呈极显著正相关关系。而当灌溉量超过 7 500 m³/hm²时,施氮量、树龄和灌溉量对土壤硝态氮累积量均有一定程度的影响。可能因为水量输入的程度会改变硝态氮在土层中的分布,而氮素输入的强度和时间的增加会增加土层中硝态氮的累积量。

农户管理因素对葡萄园 0—200 cm 土层硝态氮累积量的相关和通径分析见表 5,硝态氮累积量与树龄和施氮量均为极显著正相关,与灌溉量呈显著负相关。通

径分析表明,对土壤硝态氮累积量影响最大的因素为施氮量,其次为树龄和施肥次数,最后为灌溉量,其中施肥次数主要通过影响施氮量来间接影响硝态氮累积量。

表 5 管理因素与葡萄园 0—200 cm 土层硝态氮累积量的相关分析和通径分析

自变量	相关系数	直接通径系数	间接通径系数			
			树龄	施氮量	施肥次数	灌溉量
树龄	0.615 **	0.433		0.059	0.083	0.040
施氮量	0.488 **	0.689	0.037		−0.224	−0.014
施肥次数	−0.149	−0.359	−0.100	0.429		−0.119
灌溉量	−0.456 *	−0.261	−0.067	0.037	−0.164	

3 讨论

3.1 葡萄园土壤硝态氮分布累积特征

本研究发现,该地区葡萄园农民习惯氮肥用量平均为 297 kg/hm²,高于华北葡萄园推荐施氮量^[13],这种现象在其他葡萄主产区也普遍存在^[14-15]。过量的氮肥投入必然会增加土壤硝态氮的累积。葡萄园在 0—200 cm 土壤剖面中硝态氮含量及累积量呈现出自上而下逐渐增加的趋势,说明该地区土壤硝态氮淋洗现象严重,可能有 2 个方面原因:一是该地区葡萄园土壤以砂质或砂壤质土为主,土壤保水保肥能力差,养分易淋失;另一方面,与果农灌溉方式有关,大水漫灌条件下加速了硝态氮向深层土壤的迁移。在 0—200 cm 土层土壤硝态氮累积量高达 1 555 kg/hm²,深层土壤累积现象严重,前人的研究结果^[3,7]也与此类似,有研究^[16]表明,葡萄主要根系分布深度为 0—60 cm 土层,因此,在 0—200 cm 土层中,有 1/2 以上的硝态氮淋溶到作物根系以下,难以被吸收利用。

3.2 影响葡萄园土壤硝态氮累积的因素

气候、土壤类型、农业管理措施的改变均会影响果园土壤中的氮素去向。本研究结果表明,葡萄园 0—200 cm 土层土壤硝态氮累积量主要和施氮量、树龄、灌溉量有关。土壤硝态氮累积量会随着树龄和施氮量的增加而增加,这与人^[17]研究结果一致。在以往的研究^[18]中,水分输入量与氮淋溶量呈正相关,李晓欣等^[19]研究表明,在农田土壤中,常年的充分灌溉条件下,土壤硝态氮淋洗严重,0—400 cm 土层硝态氮累积量仅为 504 kg/hm²,显著低于控制灌溉和非充分灌溉处理。在本研究的灌溉果园中,也呈现出相似的规律,即当季灌溉量与 0—200 cm 土层硝态氮的累积量呈显著的负相关关系,说明在灌溉果园中,硝态氮淋洗现象突出,并有可能已淋溶到 200 cm 以下的土层中。

在不同管理水平下,葡萄园土壤硝态氮累积量及影响因素的表现存在差异。树龄方面,对土壤硝态氮累积的影响也主要归结于随树龄增加施氮量的增加,且树龄大小影响累积氮在土层中的分布。低树龄葡

萄园由于种植年限较短,硝态氮在土层中的迁移距离有限,因此,硝态氮主要累积在上层土壤中。相反,树龄较高的葡萄园,种植年限时间长,硝态氮表现出了明显的向深层土壤迁移的趋势,硝态氮淋失的风险也明显加大。就施氮量而言,有研究^[20]表明,土壤中硝态氮浓度会随着施氮量呈指数增加,本研究发现,当氮肥投入水平高于 250 kg/hm²时,在施氮量和树龄的共同作用下,葡萄园土壤硝态氮累积量呈现出随树龄和施氮量增加而增加的趋势。而当氮肥投入量在低于 250 kg/hm²时,这种趋势不明显,并且施肥次数与各土层硝态氮累积量呈显著的负相关关系,说明根据作物生育期养分需求规律进行分次施肥,能促进果树对氮素的吸收,减少氮素在土壤中的累积。

水量输入方面,水分是土壤硝态氮淋溶的载体,灌溉量和降雨量是影响硝态氮淋失的一个重要因素。大田作物需水量一般为 200~400 mm^[21-22],果树需水量是其 1.5~4.0 倍^[23-24],但在华北地区,年均降水量仅 500 mm 左右^[25],因此,降水量对果园硝态氮淋洗的影响程度较小,灌溉量成为决定因素。同时有研究^[26]表明,适当的提高灌溉量不仅能起到作物增产的效果,还有利于作物对硝态氮的吸收。本研究中,在低灌溉水平下,葡萄园土壤硝态氮累积量与灌溉量无显著关系,但会随着树龄和施氮量的增加而增加,说明低灌溉量下,硝态氮向深层土壤迁移的速率较慢。当灌溉量过高,硝态氮的淋溶量会增加,其累积区会明显的向下迁移,在葡萄园 0—200 cm 土层中,呈现出随着灌溉量增加土壤硝态氮累积量降低的趋势。但在不同土层深度下,硝态氮累积量影响因素存在差异,可见,在过高的灌溉量下,灌溉量会与其他因素相互作用,进而影响硝态氮累积特征。

4 结论

(1)葡萄生产过程中,农户管理方式的差异导致土壤硝态氮累积特征存在很大的空间变异性,总体上,硝态氮含量和累积量随土层加深而显著增加,淋洗现象明显,0—200 cm 土层中有超过 75%的硝态氮

淋洗到葡萄难以利用的深度。

(2)农田到葡萄园土地利用方式的变化,显著改变了 0—200 cm 土壤硝态氮的分布及累积特征,随着树龄、施氮量和灌溉量的增加,深层土壤硝态氮的累积现象越明显。

(3)通过相关性和通径分析表明,河北省太行山山前平原区葡萄园土壤硝态氮累积量的主要影响因素为树龄、施氮量和灌溉量,且 0—200 cm 土壤硝态氮累积量随着树龄、施氮量的增加而增加,随灌溉量增加而降低。

参考文献:

[1] 刘凤之,王海波,胡成志.我国主要果树产业现状及“十四五”发展对策[J].中国果树,2021(1):1-5.

[2] Lu S C, Yan Z J, Chen Q, et al. Evaluation of conventional nitrogen and phosphorus fertilization and potential environmental risk in intensive orchards of North China [J].Journal of Plant Nutrition,2012,35(10):1509-1525.

[3] 刘占军,祝慧,张振兴,等.我国苹果园施肥现状、土壤剖面氮磷分布特征及减肥增效技术[J].植物营养与肥料学报,2021,27(7):1294-1304.

[4] San Martino L, San Martino S, Lavado R S. Soil nitrate profiles and the risk of nitrate leaching in sweet cherry orchards subjected to different management schemes [J].International Journal of Fruit Science,2014,14(4):424-436.

[5] 范庆锋,张玉龙,张玉玲,等.不同灌溉方式下设施土壤硝态氮的积累特征及其环境影响[J].农业环境科学学报,2017,36(11):2281-2286.

[6] 马鹏毅,赵家锐,何威明,等.黄土高原不同树龄苹果园土壤水分及硝态氮剖面特征[J].水土保持学报,2019,33(3):192-198,214.

[7] Gao J B, Lu Y L, Chen Z J, et al. Land-use change from cropland to orchard leads to high nitrate accumulation in the soils of a small catchment [J].Land Degradation and Development,2019,30(17):2150-2161.

[8] 路远,党廷辉,成琦.黄土高原沟壑区苹果园土壤剖面水分及矿质氮分布特征[J].水土保持学报,2021,35(2):106-112,121.

[9] 高晶波,路永莉,陈竹君,等.猕猴桃园氮素投入特点及硝态氮累积和迁移特性研究[J].农业环境科学学报,2016,35(2):322-328.

[10] 陈卫国.水泵装置效率与以电折水系数关系变化规律分析研究[J].海河水利,2021(1):123-126.

[11] 李祯,史海滨,李仙岳,等.农田硝态氮淋溶规律对不同水氮运筹模式的响应[J].水土保持学报,2017,31(1):310-317.

[12] 李勋章,董新光,杨鹏年,等.干旱绿洲区硝态氮与铵态氮的分布特征及运移特点研究[J].中国农村水利水电,2016(10):26-30.

[13] 张福锁.中国主要作物施肥指南[M].北京:中国农业大学出版社,2009.

[14] 李挺,徐智,汤利.云南鲜食葡萄主产区土壤养分状况与施肥现状分析[J].浙江农业科学,2017,58(8):1350-1352.

[15] 王敏,马小河,赵旗峰,等.山西产区葡萄园施肥现状、存在问题与对策建议[J].山西果树,2019(2):27-28.

[16] 张国军,王晓玥,孙磊,等.埋土区葡萄顺行水平龙干形篱架栽培根系的分布特性[J].果树学报,2016,33(11):1405-1412.

[17] 陈翠霞,刘占军,陈竹君,等.陕西省新老苹果产区果园土壤硝态氮累积特性研究[J].干旱地区农业研究,2019,37(5):171-175.

[18] Liu J, Bi X Q, Ma M T, et al. Precipitation and irrigation dominate soil water leaching in cropland in Northern China [J].Agricultural Water Management,2019,211:165-171.

[19] 李晓欣,马洪斌,胡春胜,等.华北山前平原农田土壤硝态氮淋失与调控研究[J].中国生态农业学报,2011,19(5):1109-1114.

[20] Wang Y C, Ying H, Yin Y L, et al. Estimating soil nitrate leaching of nitrogen fertilizer from global meta-analysis [J].Science of the Total Environment,2019,657:96-102.

[21] 刘涛,周广胜,谭凯炎,等.华北地区冬小麦灌溉制度及其环境效应研究进展[J].生态学报,2016,36(19):5979-5986.

[22] 曹彩云,党红凯,郑春莲,等.不同灌溉模式对小麦产量、耗水及水分利用效率的影响[J].华北农学报,2016,31(增刊 1):17-24.

[23] 殷飞,黄金林,胡宇祥,等.不同灌水量对大棚葡萄生长、品质 and 水分利用效率的影响[J].灌溉排水学报,2016,35(5):85-88.

[24] 李贵华,张武,张永辉,等.干热河谷区葡萄不同灌溉模式需水量调查[J].中国热带农业,2013(3):43-44.

[25] 徐鹏,后希康,周丰,等.华北平原农田硝态氮淋溶率和淋溶负荷估计[J].环境科学学报,2013,33(11):3173-3180.

[26] 周进,门雪杰,吴杨焕.不同水分处理对设施葡萄产量及品质的影响[J].灌溉排水学报,2020,39(增刊 2):140-144.