

凉州灌区酿酒葡萄氮肥施用研究

李强, 史星云, 牟德生, 张军, 王鑫, 何彩

(武威市林业科学研究院, 甘肃 武威 733000)

摘要: [目的] 通过田间试验, 研究酿酒葡萄对不同氮肥施用量及施用深度的响应, 为甘肃省凉州灌区酿酒葡萄氮肥合理施用提供依据。[方法] 在凉州区设置酿酒葡萄氮肥施用量及施用深度试验, 研究不同氮肥施用量及施用深度对酿酒葡萄产量、收获期果实、叶片和叶柄含氮量及收获期和第 2 a 萌芽期 0—200 cm 土层硝态氮含量的影响。[结果] 10 和 30 cm 施肥深度之间酿酒葡萄产量、收获期果实、叶片和叶柄含氮量及收获期和第 2 a 萌芽期 0—200 cm 土层硝态氮含量差异不显著。氮肥施用量对酿酒葡萄产量和叶柄含氮量的影响达到显著水平, 对果实和叶片含氮量的影响不明显, 其中高氮(300 kg/hm²)和中氮(240 kg/hm²)处理之间酿酒葡萄产量、果实含氮量、叶片含氮量、叶柄含氮量差异不明显, 但是高氮和中氮处理与低氮(180 kg/hm²)处理相比, 产量增加 28.6%和 24.1%, 叶片含氮量增加 17.4%和 11.3%, 叶柄含氮量增加了 40.7%和 33.0%, 而对于收获期和第 2 a 萌芽期 0—200 cm 土层硝态氮含量, 高氮处理相对于中氮和低氮处理增加了 53.8%, 94.4%和 41.8%, 76.1%, 氮肥施用量和施用深度的交互效应, 仅叶片含氮量达到显著水平。[结论] 受土壤质地和传统沟灌影响, 氮肥施用深度对酿酒葡萄影响效果不明显, 240 kg/hm² 为酿酒葡萄较为合适的氮肥施用量, 但氮素也存在损失风险。所以, 凉州灌区酿酒葡萄合理施肥应该和灌水方式进行结合来确定合理的施肥量和施肥方式。

关键词: 氮肥; 施用量; 深度; 酿酒葡萄; 氮素利用; 凉州灌区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2018)05-0336-05

中图分类号: S147.2, S663.1

文献参数: 李强, 史星云, 牟德生, 等. 凉州灌区酿酒葡萄氮肥施用研究[J]. 水土保持通报, 2018, 38(5): 336-340. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2018.05.053. Li Qiang, Shi Xingyun, Mou Desheng, et al. A study of nitrogen fertilizer application on wine grapes in Liangzhou irrigation area[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(5): 336-340.

A Study of Nitrogen Fertilizer Application on Wine Grapes in Liangzhou Irrigation Area

LI Qiang, SHI Xingyun, MOU Desheng, ZHANG Jun, WANG Xin, HE Cai

(Wuwei Academy of Forestry, Wuwei, Gansu 733000, China)

Abstract: [Objective] To study the responses of wine grapes for different nitrogen fertilizer application rates and depths, in order to supply theoretical basis for the nitrogen fertilizer application on wine grapes in the Liangzhou irrigation area of Gansu Province. [Methods] Field experiments were conducted to study the effects of different nitrogen fertilizer application rates and depths on grape yield, nitrogen content of fruit, leaf, stalk and residues of nitrate nitrogen in 0—200 cm soil layers during harvest and the second germination season. [Results] There were no significantly difference in the yield, nitrogen content of fruit, leaf, stalk and residues of nitrate nitrogen in 0—200 cm soil layers during harvest and the second germination season between 10 cm and 30 cm fertilization depths. The effects of different nitrogen fertilizer application rates on yield and nitrogen content of stalk reached significant level, but the effects on nitrogen content of fruit and leaf were not significant. There were no significant difference in yield, nitrogen content of fruit and leaf between

收稿日期: 2018-04-03

修回日期: 2018-04-25

资助项目: 中央财政林业科技推广示范资金项目“酿酒葡萄抗寒苗木繁育及抗寒栽培技术示范推广”(〔2016〕ZYTG5); 甘肃省省林业厅林业科技项目“河西灌区酿酒葡萄土壤与植物营养基础研究”(2015kj017)

第一作者: 李强(1985—), 男(汉族), 陕西省延安市人, 硕士研究生, 研究方向为作物土壤与植物营养基础研究。E-mail: lq870817@126.com。

通讯作者: 史星云(1988—), 男(汉族), 河南省周口市人, 硕士研究生, 研究方向为经济林栽培。E-mail: 598560320@qq.com。

high level (300 kg/hm²) and middle level (240 kg/hm²) nitrogen fertilizer treatments. Compared with low levels (180 kg/hm²) nitrogen fertilizer treatment, the yield significantly increased by 28.6% and 24%; The nitrogen content of leaf significantly increased by 17.4%, and 11.3%; and the nitrogen content of stalk significantly increased by 40.7% and 33.0% for high and middle levels nitrogen fertilizer treatment, respectively. Compared with middle and low levels nitrogen fertilizer treatment, residues of nitrate nitrogen in 0—200 cm soil layers for high levels nitrogen fertilizer treatment during harvest and germination season increased by 53.8%, 94.4% and 41.8%, 76.1%, respectively. As to the interactions between nitrogen fertilizer application rates and depths, only the nitrogen content of leaf reached a significant level. [Conclusion] Under the conditions of current experiment, the effect of nitrogen application depth on wine grape was not obvious, due to the influence of soil texture and traditional irrigation. The suitable nitrogen fertilizer application rate was 240 kg/hm² for wine grapes, but there is also a risk of nitrogen loss. Therefore, reasonable fertilization amount and fertilization mode should be determined based on irrigation mode in Liangzhou irrigation area.

Keywords: nitrogen fertilizer; application rates; depth; wine grape; nitrogen utilization; Liangzhou irrigation area

氮素在作物产量和品质形成中起着关键作用^[1-4],但是不合理的氮肥施用不仅降低了产量和品质,还极易造成氮肥浪费和潜在的环境污染^[5-7]。闫湘等^[8]通过分析全国 20 个省 165 个田间试验表明,中国主要粮食作物小麦、水稻、玉米当季氮肥利用率平均仅为 28.7%,远低于国际水平。在经济林果生产中由于经济价值较高,过量施肥更容易发生。白茹^[9]在渭北旱塬 87 个苹果园的调查发现,果园多年施肥后,0—120 cm 土层矿质氮累积量最高可达到 940 kg/hm²;王魁魁等^[10]的研究表明,连续多年施肥后,鲜食和酿酒葡萄园中氮素盈余量可达到 693,146 kg/hm²。残留的氮素不仅造成严重的资源浪费还带来严重的生态环境污染等问题^[11]。所以,合理的氮肥量和施氮方式成为保证作物产量,提高氮肥利用率,减少氮肥资源浪费和污染的关键。

凉州区地处河西走廊东端,北纬 30°—40°,为世界葡萄种植的“黄金”地带。近年来该地区酿酒葡萄

栽植面积不断增加,但是,区域内酿酒葡萄合理的施肥量和施肥方式并不清楚,相关的研究也很少。因此,本研究拟通过田间试验,研究酿酒葡萄对不同氮肥施用量及施用深度的响应,以期为凉州灌区酿酒葡萄氮肥合理施用提供依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地基本概况

试验地点位于甘肃省武威市凉州区武威市林业科学研究院。地理位置为:东经 102°42',北纬 38°02'。海拔高度 1 632 m,年平均降雨量为 160 mm,年均蒸发量为 2 020 mm,平均气温为 7.8 ℃,无霜期 150 d,日照时数 2 873.4 h,属于温带大陆干旱性气候;土壤为砂质壤土,供试品种选用梅鹿辄(Merlot),2009 年定植建园,南北行向,行距 3 m,株距 0.5 m。本试验始于 2015 年,试验开始前土壤的基本理化性状详见表 1。

表 1 供试土壤理化性质

| 土层/ cm | 容重/ (g·cm ⁻³) | 有机质/ (g·kg ⁻¹) | 全氮/ (g·kg ⁻¹) | 有效磷/ (g·kg ⁻¹) | 速效钾/ (g·kg ⁻¹) | pH 值 (土壤水溶液) | 矿质氮 | |
|-----------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|---|---|
| | | | | | | | NO ₃ ⁻ -N/ (g·kg ⁻¹) | NH ₄ ⁺ -N/ (g·kg ⁻¹) |
| 0—10 | 1.25 | 9.45 | 0.59 | 3.05 | 101.58 | 8.15 | 11.7 | 2.7 |
| 10—20 | 1.54 | 8.91 | 0.47 | 2.11 | 78.22 | 8.07 | 11.9 | 1.8 |
| 20—40 | 1.57 | 6.89 | 0.21 | 1.54 | 71.55 | 8.22 | 8.4 | 1.6 |

1.2 田间试验设计

试验处理设施氮量和施肥深度 2 个因素,施氮量参照当地施氮水平设 180(低氮)、240(中氮)、300(高氮)kg/hm²(以 N 计)3 个水平,施肥深度设 10(浅施)和 30(深施)cm 这 2 个水平,共 6 个处理,重复 4 次。试验小区长 5 m,宽 3 m,小区面积 15 m²,每小区葡

萄 10 株,采用完全随机区组设计。全生育期共施肥 3 次,氮肥施用量和施用时间见表 2。施肥后进行传统沟灌,全生育期分别于 4 月 20 日、5 月 15 日、6 月 14 日、7 月 5 日、7 月 20 日、8 月 15 日、10 月 26 日进行 7 次灌水,每次灌水量 750 m³/hm²。肥料采用穴施的方式,分别于施肥期在每株葡萄的东西两侧约 30 cm

处,人工分别开挖长×宽=40 cm×20 cm,深度为 10 和 30 cm 的施肥穴,将氮肥与磷、钾肥混合均匀后撒施于施肥穴底。氮肥为尿素,磷肥为过磷酸钙, P_2O_5 225 kg/hm²,钾肥为硫酸钾, K_2O 225 kg/hm²。10 月 7 日进行果实采收,果实采收后,施腐熟羊粪 60~75 t/hm² (含 N 0.7%~0.8%, P_2O_5 0.2%~0.3%, K_2O 0.35%~0.45%)。其他修剪、病虫害防治等田间管理同农户处理。

表 2 研究区田间试验设计

| 处理 | 施氮量/(kg·hm ⁻²) | | | | 施肥深度/cm |
|--------------------------------------|----------------------------|-----|-----|-------|---------|
| | 总量 | 萌芽期 | 开花期 | 果实膨大期 | |
| 低氮浅施(N ₁ D ₁) | 180 | 72 | 72 | 36 | 10 |
| 低氮深施(N ₁ D ₂) | 180 | 72 | 72 | 36 | 30 |
| 中氮浅施(N ₂ D ₁) | 240 | 96 | 96 | 48 | 10 |
| 中氮深施(N ₂ D ₂) | 240 | 96 | 96 | 48 | 30 |
| 高氮浅施(N ₃ D ₁) | 300 | 120 | 120 | 60 | 10 |
| 高氮深施(N ₃ D ₂) | 300 | 120 | 120 | 60 | 30 |

1.3 样品采集与测定

土壤样品:酿酒葡萄萌芽期、收获期,各小区分别在葡萄东西两侧约 30 cm(沟底)和 100 cm(垄上)处,避开施肥穴选取 4 个土壤样品采样点,用土钻分别采集 0—200 cm 剖面土壤样品,每 20 cm 为一层,4 个采样点同一土层土壤混合作为一个分析样品,土壤矿质氮测定采用鲜土样,用 1 mol/L 的 KCL 溶液浸提,液土比 10:1,分光光度计测定,并换算成用烘干土重表示的土壤硝态氮含量^[6]。

植物样品:葡萄采收期,各小区果穗全部采收测产,每株 4 个方向各选 1 个果穗,每个果穗中部取果粒 20 个测定含氮量;同时各小区葡萄植株分上、中、下 3 层随机采取葡萄叶片 100 片,用剪刀将叶柄和叶片分开,分别测定含水量,烘干样品粉碎后保存测定全氮含量;全氮含量用 H₂SO₄—H₂O₂ 法消解,半微量法测定。

1.4 数据计算

土壤硝态氮残留量(kg/hm²)=土层厚度(m)×土壤面积(m²/hm²)×土壤容重(kg/m³)×土壤硝态氮含量(mg/kg)÷1 000 000

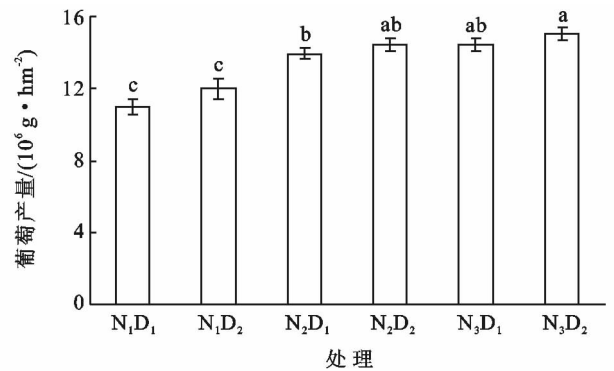
数据统计分析和图表制作采用 Microsoft Excel 2007 及 DPS 7.05 软件(Duncan 新复极差法)。

2 结果与分析

2.1 不同氮肥施用量及施用深度对酿酒葡萄产量的影响

从图 1 可以看出,同一氮肥施用量水平条件下,

10 和 30 cm 这 2 个施肥深度之间酿酒葡萄产量差异不显著。10 cm 施肥深度条件下,低氮、中氮、高氮处理酿酒葡萄产量分别为 10 961.3,13 959.0,14 419.8 kg/hm²,高氮处理和中氮处理之间产量差异不显著,但相对于低氮处理显著增产 31.6%和 27.3%;30 cm 施肥深度条件下,低氮、中氮、高氮处理酿酒葡萄产量分别为 11 983.0,14 469.8,15 035.3 kg/hm²,高氮处理和中氮处理之间产量差异不明显,但相对于低氮处理显著增产 25.5%和 20.8%,可见高氮和中氮处理相对于低氮处理产量显著增加了 28.6%和 24.1%。通过对酿酒葡萄产量试验结果的方差分析表明氮肥施用量对酿酒葡萄产量的影响达到显著水平($p=0.0136$),氮肥施用深度对酿酒葡萄产量的影响未达到显著水平($p=0.0970$),交互作用不显著($p=0.7116$),说明氮肥施用量对酿酒葡萄产量有一定影响,而氮肥施用深度对酿酒葡萄产量的影响不明显。



注:不同小写字母(a, b, c)表示差异显著($p < 0.05$)。下同。

图 1 研究区氮肥施用量及施用深度对酿酒葡萄产量的影响

2.2 不同氮肥施用量及施用深度对酿酒葡萄果实、叶片和叶柄含氮量的影响

从表 3—4 可以看出,同一施氮量条件下,10 和 30 cm 施肥深度对酿酒葡萄果实、叶片和叶柄含氮量的影响差异不明显。同一施肥深度条件下,施肥量对酿酒葡萄果实含氮量影响差异不明显,随着施氮量的增加,高氮和中氮处理之间叶片和叶柄含氮量差异不明显,但相对于低氮处理叶片和叶柄含氮量却显著增加,其中高氮和中氮处理叶片含氮量相对于低氮处理显著增加了 17.4%和 11.3%,叶柄含氮量相对于低氮处理显著增加了 40.7%和 33.0%。通过对酿酒葡萄果实、叶片和叶柄含氮量试验结果的方差分析表明,氮肥施用量对酿酒葡萄叶柄含氮量的影响达到显著水平,氮肥施用深度对酿酒葡萄果实、叶片和叶柄含氮量均未达到显著水平,从氮肥施用量和施用深度的交互效应看,仅叶片含氮量差异达到显著水平。

表 3 不同氮肥施用量及施用深度对酿酒葡萄果实、叶片和叶柄含氮量的影响 g/kg

| | 果实含氮量 | 叶片含氮量 | 叶柄含氮量 |
|-------------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| N ₁ D ₁ | 4.52±1.06 ^a | 14.1±1.18 ^{bc} | 5.65±0.95 ^{bc} |
| N ₁ D ₂ | 4.71±0.78 ^a | 13.7±1.17 ^c | 5.57±0.64 ^c |
| N ₂ D ₁ | 4.85±1.14 ^a | 15.6±0.43 ^a | 7.74±0.68 ^a |
| N ₂ D ₂ | 5.24±0.65 ^a | 15.3±0.84 ^{ab} | 7.52±1.23 ^{ab} |
| N ₃ D ₁ | 5.22±0.57 ^a | 15.9±0.79 ^a | 7.80±0.41 ^a |
| N ₃ D ₂ | 5.13±0.67 ^a | 16.6±0.62 ^a | 8.34±0.50 ^a |

注:同列不同小写字母表示差异显著($p < 0.05$)。下同。

表 4 不同氮肥施用量下酿酒葡萄果实、叶片及叶柄的响应

| | 果实含氮量 | 叶片含氮量 | 叶柄含氮量 |
|--------|---------|---------|---------|
| 氮肥施用量 | 0.373 2 | 0.185 6 | 0.015 8 |
| 氮肥施用深度 | 0.333 3 | 0.359 1 | 0.875 8 |
| 交互作用 | 0.620 5 | 0.004 0 | 0.844 8 |

2.3 不同氮肥施用量及施用深度对酿酒葡萄收获后土壤硝态氮含量的影响

从图 2 可以看出,酿酒葡萄收获期和第 2 a 萌芽期,低氮浅施、低氮深施、中氮浅施、中氮深施、高氮浅施、高氮深施 0—200 cm 土层剖面均累积了不同程度的硝态氮,硝态氮含量分别为 86.3, 83.5, 102.9, 111.7, 157.0, 173.1, 105.9, 101.4, 123.3, 134.1, 174.4, 189.9 kg/hm², 即同一施肥深度条件下,随着氮肥施用量的增加,土层硝态氮含量不断增加,100 cm 以下硝态氮含量也不断增加,其中收获期,高氮处理相对于中氮和低氮处理 0—200 cm 土层硝态氮含量增加了 53.8% 和 94.4%,第 2 a 萌芽期,高氮处理相对于中氮和低氮处理 0—200 cm 土层硝态氮含量增加了 41.8% 和 76.1%。同一氮肥施用量水平条件下,10 和 30 cm 施肥深度之间酿酒葡萄 0—200 cm 土层硝态氮含量差异不明显。

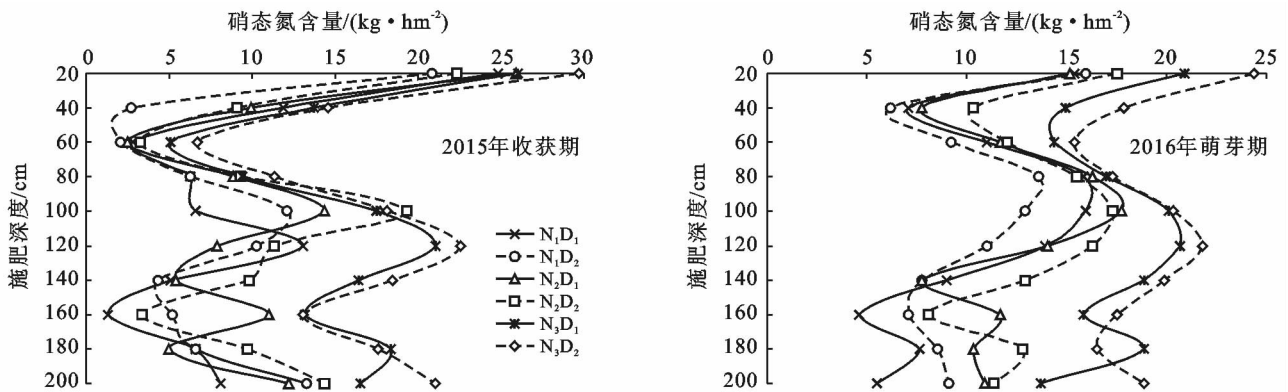


图 2 不同氮肥施用量及施用深度对酿酒葡萄土层硝态氮含量的影响

3 讨论

合适的施肥深度不仅能够提高作物的产量和品质,还可以增加肥料利用率,减少肥料资源浪费,降低环境污染。贺兰山东麓酿酒葡萄施肥深度试验表明,40 cm 施肥深度较 20 和 60 cm 施肥深度产量最高且有利于品质的提高^[12],河北沙城的研究却表明,相对于 40 cm 施肥深度和表层撒施,20 cm 施肥深度更有利于树木对养分的吸收,从而提高葡萄产量和改善品质^[13]。但本研究却发现,10 和 30 cm 施肥深度相比,酿酒葡萄产量、收获期果实、叶片、叶柄含氮量没有明显差异,收获期和第 2 a 时 0—200 cm 土层硝态氮含量也没有明显差异。研究表明,农田生态系统中,硝态氮在土壤剖面的残留除与施肥、灌溉、耕作方式有密切关系外,还受降水、土壤和植物等因素的影响^[14]。例如研究表明过量氮的存在很容易在轻质土壤上发生淋溶,同样氮素在质地粗糙,通透性好的土

壤更易发生淋溶^[15]。本研究中 10 和 30 cm 氮肥施用深度收获期和第 2 a 的 0—200 cm 土层硝态氮含量却没有出现明显差异。本研究试验地土壤为灌漠土,表层土壤质地为轻壤—中壤,氮素固定能力较弱,加之在传统沟灌的驱动下,氮素极易随水分而迁移到根层以外,阻碍了根系对氮素的进一步吸收,进而影响了氮素在植株的累积分配和产量的形成。而大量研究表明,在沙土灌区改变传统沟灌和漫灌为滴灌能够在节水的同时又能明显提高作物产量和改善酿酒葡萄品质,同时降低土壤氮素淋失风险,减少肥料资源浪费^[16-17]。所以,确定凉州灌区酿酒葡萄合适氮肥施用深度必须以改变现有传统沟灌方式为前提,进而进行更为深入的凉州灌区酿酒葡萄合理氮肥施用深度研究,确定合适的氮肥施用深度。

对于酿酒葡萄施氮量,不同地区由于气候、土壤、树龄、品种、灌溉等条件的差异,其适宜的氮肥用量、配比也不同^[17-18]。本试验条件下,高氮和中氮处理之

间酿酒葡萄产量、果实含氮量、叶片含氮量、叶柄含氮量并没有出现明显差异,但是高氮和中氮处理与低氮处理相比,产量显著增加 28.6%和 24.1%,叶片含氮量显著增加了 17.4%和 11.3%,叶柄含氮量显著增加 40.7%和 33.0%,而对于收获期和第 2 a 萌芽期 0—200 cm 土层硝态氮含量,高氮处理相对于中氮和低氮处理增加了 53.8%,94.4%和 41.8%,76.1%。可见,凉州灌区氮肥施用量偏低,氮素通过淋失和反硝化等形式损失之后,根层范围内盈余较少,从而影响氮素在树体的整体分配和产量形成;氮肥施用量偏高,盈余的氮素不能及时被树体吸收而残留在土壤中,残留氮素极易随灌水和降水而淋失到深层土壤,导致根系无法吸收,进一步限制了产量的形成;氮肥施用量适中,虽然保证了酿酒葡萄产量和植株对氮素的吸收,但酿酒葡萄收获后和第二年萌芽期土层也出现了较为明显的硝态氮残留。综合考虑各施肥量处理下酿酒葡萄产量、植株氮素吸收及收获后和第 2 a 萌芽期土层氮素含量,本试验认为凉州灌区 240 kg/hm² 的氮肥施用量较为合适。关于作物氮肥的施用,李生秀^[20]认为,用一定深度土壤硝态氮含量可以作为当季作物的供 N 指标进行推荐施肥,曹寒冰等^[21]利用土层硝态氮进行推荐施肥〔施氮量=作物目标产量需氮量+收获期土壤硝态氮安全阈值(55.0 kg/hm²)—收获期 1 m 深土壤硝态氮。或 施氮量=作物目标产量需氮量+播前期土壤硝态氮安全阈值(110.0 kg/hm²)—播前期 1 m 深土壤硝态氮〕,均取得明显效果。据此,可根据下一年酿酒葡萄目标产量需氮量、0—100 cm 土层硝态氮含量进行氮肥的推荐施用,进而提高氮肥利用率,减少氮肥资源浪费。

4 结论

本试验条件下,受土壤质地及传统沟灌的影响,10 和 30 cm 氮肥施用深度对酿酒葡萄产量、收获期果实、叶片和叶柄含氮量、收获期及第 2 a 萌芽期 0—200 cm 土层硝态氮含量影响效果不明显,240 kg/hm² 虽为酿酒葡萄较为合适的氮肥施用量,但也存在氮素损失风险。所以,凉州灌区酿酒葡萄实际生产过程中还需改变传统灌水方式并进一步进行氮肥的推荐施用。

[参 考 文 献]

- [1] 巨晓棠,古保静.我国农田氮肥施用现状、问题及趋势[J].植物营养与肥料学报,2014,20(4):783-795.
- [2] 李孝良,程婷婷,方鸿祥,等.水氮耦合对滁菊产量和品质的影响[J].水土保持通报,2014,34(2):111-115.
- [3] Mohsen Jalali. Nitrates leaching from agricultural land in Hamadan, Western Iran. [J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2005, 110(3):210-218.
- [4] Fang Quanxiao, Yu Qiang, Wang Enli, et al. Soil nitrate accumulation, leaching and crop nitrogen use as influenced by fertilization and irrigation in an intensive wheat-maize double cropping system in the North China Plain[J]. Plant Soil, 2006,284(1/2):335-350.
- [5] Bijay-Singh, Yadvinder-Singh, Sekhon G S. Fertilizer-N use efficiency and nitrate pollution of groundwater in developing countries [J]. Journal of Contaminant Hydrology, 1995,20(3/4):167-184.
- [6] 李强,王朝辉,戴健,等.氮肥调控与地表覆盖对旱地冬小麦氮素吸收及残留淋失的影响[J].中国农业科学,2013,46(7):1380-1389.
- [7] 薛莲,井彩巧,张鹏,等.氮磷钾配比对甘蓝产量及养分吸收利用的影响[J].水土保持通报,2017,37(6):80-91.
- [8] 闫湘,金继运,何萍,等.提高肥料利用率技术研究进展[J].中国农业科学,2008,41(2):450-459.
- [9] 白茹.陕西渭北苹果园土壤矿质氮累积及影响因素的研究[J].陕西杨凌:西北农林科技大学,2006.
- [10] 王探魁,吉艳芝,张丽娟,等.不同产量水平葡萄园水肥投入特点及其土壤—树体养分特征分析[J].水土保持学报,2011,25(3):136-141.
- [11] Cui Zhenling, Chen Xinping, Li Junliang, et al. Effect of fertilization on grain yield of winter wheat and apparent N losses[J]. Pedosphere, 2006,16(6):806-812.
- [12] 孙权,王静芳,王素芳,等.不同施肥深度对酿酒葡萄叶片养分和产量及品质的影响[J].果树学报,2007,24(4):455-459.
- [13] 汪新颖.施肥深度对葡萄氮素营养特征及土体硝态氮迁移的影响[D].河北保定:河北农业大学,2015.
- [14] 王朝辉,李生秀,王西娜,等.旱地土壤硝态氮残留淋溶及影响因素研究[J].土壤,2006,38(6):676-681.
- [15] 刘健.三种质地土壤氮素淋溶规律研究[D].北京:北京林业大学,2010.
- [16] 张海军,王振平,王世平,等.灌溉方式对沙漠地土壤水分、葡萄树生长和果实品质的影响[J].中国南方果树,2008,37(5):56-58.
- [17] 杜太生,康绍忠,张霖,等.不同沟灌模式对沙漠绿洲区葡萄生长和水分利用的效应[J].应用生态学报,2006,17(5):805-810.
- [18] 郑睿,康绍忠,胡笑涛,等.水氮处理对荒漠绿洲区酿酒葡萄光合特性与产量的影响[J].农业工程学报,2013,29(4):133-141.
- [19] 胡紫璟.不同氮素水平对酿酒葡萄‘蛇龙珠’植株碳氮代谢影响的研究[D].兰州:甘肃农业大学,2010.
- [20] 李生秀.关于土壤供氮指标的研究(I):对几种测定土壤供氮能力方法的评价[J].土壤学报,1990,27(3):233-241.
- [21] 曹寒冰,王朝辉,师渊超,等.渭北旱地冬小麦监控施氮技术的优化[J].中国农业科学,2014,47(19):3826-3838.