

# 不同养分供应量对“霞多丽”葡萄 N, P, K 吸收量及果实品质的影响

马丹阳, 李双岑, 胡宏远, 孙 美, 王振平

(宁夏大学 农学院, 教育部葡萄与葡萄酒工程中心, 宁夏 银川 750021)

**摘 要:**以 4 年生“霞多丽”葡萄为试材, 设置改良霍格兰营养液正常、0.5 倍、2 倍 3 个浓度, 探讨了不同养分供应量对“霞多丽”葡萄 N、P、K 吸收量, 光合特性, 果实品质的影响。结果表明: “霞多丽”葡萄在各个时期改良霍格兰营养液 2 倍浓度处理下叶片 N 含量最高, 盛花期比 0.5 倍浓度下 N 含量高  $3.02 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , 膨大期正常浓度处理下果实 N 含量最高, 为  $10.26 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , 其它时期 2 倍浓度下 N 含量最高; 2 倍浓度下叶片 P 含量在各个时期均为最高, 膨大期时达到最大值, 比最低的 0.5 倍浓度处理高  $0.5 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , 正常浓度下各个时期果实 P 含量最高, 膨大期时为最大值  $3.41 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ; 正常浓度下叶片 K 含量在各个时期高于 0.5 倍处理, 成熟期 2 倍浓度处理下 K 含量最高; 膨大期和转色期的果实 K 含量 2 倍浓度下最高, 均为  $6.00 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , 2 倍浓度下 K 含量在成熟期为最高。综合考虑净光合速率、气孔导度、蒸腾速率和胞间二氧化碳浓度等指标, 2 倍浓度处理下葡萄的光合效率最高, 且果实品质较其它处理优, 其中可溶性固形物含量分别比 0.5 倍浓度处理和正常处理高 2.1 个百分点和 0.534 个百分点, 可滴定酸为 0.165%, 单宁和总酚含量较高。

**关键词:**养分供应量; “霞多丽”葡萄; N 含量; P 含量; K 含量; 果实品质

**中图分类号:**S 663.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)19-0013-05

葡萄在生长发育过程中对矿质元素存在一定的需求量<sup>[1]</sup>, 尤其是 N、P、K 作为葡萄必需的矿质元素, 在植物生长发育过程中参与呼吸作用、光合作用以及物质的转化等<sup>[2-3]</sup>。葡萄是重要的经济果树, 正确施用肥料可以有效缓解营养生长过旺, 树体抗性差以及果实品质降低等问题<sup>[4-5]</sup>。基于前人对蝴蝶兰<sup>[6]</sup>、辣椒<sup>[7]</sup>、黄瓜<sup>[8-9]</sup>、猕猴桃<sup>[10]</sup>等植物的矿质元素吸收规律研究, 该试验以 4 年生“霞多丽”葡萄为材料, 栽植于蛭石、珍珠岩和草炭混合的栽培基质中。自动实时循环供给改良 Hoagland 营养液, 探讨了不同营养液浓度条件下对“霞多丽”葡萄 N、P、K 吸收量、光合作用以及对果实品质的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料为 4 年生“霞多丽”“赤霞珠”“玫瑰香”葡

萄, 分别栽植于规格为 2.4 m(长)×0.8 m(宽)×0.5 m(高)的长方形木槽中, 栽培基质为蛭石: 珍珠岩: 草炭=1: 1: 1(体积比), 木槽底部铺有防水塑料膜防营养液外渗, 槽底部连接 PVC 管将多余的营养液引流至密封塑料桶中, 使用自动定时滴灌系统循环利用营养液。

### 1.2 试验方法

配置改良 Hoagland 营养液, 设置 3 个浓度: 正常、0.5 倍、2 倍。不同品种每个浓度种植 4 株“霞多丽”葡萄, 株距 0.5 m, 每株留梢 6 条。采用自动控制计时系统进行营养液的浇灌, 每天 1 次, 每次 6 min。

### 1.3 项目测定

试验采取盛花期、膨大期、转色期、成熟期的叶片和膨大期后的果实, 花后 20 d 后每隔 20 d 测 1 次光合特性指标。全氮用全自动凯氏定氮仪测定, 用火焰分光光度计测定钾含量, 钼蓝法测磷含量。净光合速率、气孔导度、蒸腾速率和胞间二氧化碳浓度用 GFS3000 光合仪测定。可溶性固形物含量采用手持糖度计测定。果实可滴定酸(以酒石酸计)含量采用 NaOH 滴定法测定<sup>[11-12]</sup>。花色苷含量参照 HE 等<sup>[13]</sup>的方法测定。总酚含量采用 Follin-Ciocalteu 法测定<sup>[14]</sup>。单宁含量采用 Follin-Danies 法测定<sup>[15]</sup>。

**第一作者简介:**马丹阳(1991-), 女, 硕士研究生, 研究方向为葡萄栽培与酿造。E-mail:18795215173@163.com.

**责任作者:**王振平(1965-), 男, 陕西绥德人, 教授, 硕士生导师, 研究方向为葡萄栽培与酿造。E-mail:dr.wangzhp@163.com.

**基金项目:**国家现代产业体系技术体系资助项目(CARS-30-zp-8); 国家自然科学基金资助项目(31360463)。

**收稿日期:**2016-04-19

## 1.4 数据分析

采用 Excel 2003、SPSS 等软件进行统计分析。采用 LSD 最小显著差数法在  $P \leq 0.05$  水平下比较差异显著性。

## 2 结果与分析

## 2.1 不同养分供应量对葡萄干物质含量的影响

干物质是葡萄完全烘干后有机物的含量,是衡量营养物质多寡的指标之一。由表 1 可知,“霞多丽”葡萄叶片在盛花期和膨大期时,正常浓度和 0.5 倍浓度处理下

的干物质含量均存在显著性差异,0.5 倍浓度下叶片干物质为处理间最大值,分别为盛花期 26.43%、膨大期 27.05%、转色期和成熟期叶片干物质则为 2 倍浓度处理下最大,分别为 26.43%和 26.72%;叶片干物质明显高于果实干物质,果实干物质含量在成熟期的正常浓度和 0.5 倍浓度处理下达到显著性差异水平,2 倍浓度下果实干物质含量在膨大期时为同处理间最大 6.88%。叶片和果实的干物质与养分供应的高低并不成正比。

表 1

养分供应量对“霞多丽”葡萄干物质质量的影响

Table 1

Effect of different nutrient supply on dry matter in 'Chardonnay' grape

%

处理 Control	叶片 Leaf				果实 Fruit		
	盛花期 Anthesis	膨大期 Expansion	转色期 Verasion	成熟期 Maturation	膨大期 Expansion	转色期 Verasion	成熟期 Maturation
正常	21.09b	23.11b	25.58a	25.66a	6.57a	10.42a	15.60b
0.5 倍	26.43a	27.05a	25.11a	25.72a	6.79a	11.68a	17.87a
2 倍	21.55b	25.98ab	26.43a	26.72a	6.88a	10.55a	16.26ab

注:不同小写字母表示 LSD 检验差异显著( $P < 0.05$ ),以下同。

Note: Different letters indicate significant differences under LSD in the table( $P < 0.05$ ), the same below.

## 2.2 不同养分供应量对“霞多丽”葡萄 N 含量的影响

由图 1 可知,0.5 倍浓度处理下和 2 倍浓度处理下的“霞多丽”葡萄叶片 N 含量达到显著性差异;2 倍处理下的叶片 N 含量在各个时期均为最高,转色期的叶片 N 含量为各个时期最高,达到  $28.49 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ,各处理间在不同时期叶片 N 含量的变化均为:2 倍浓度 > 正常浓度 > 0.5 倍浓度;各处理下果实的 N 含量在膨大期达到最大值,在成熟期降到最低,膨大期时正常浓度下果实 N 含量最高为  $10.26 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ,转色期、成熟期时 2 倍浓度下果实 N 含量最高,分别为  $4.25$ 、 $3.70 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ,不同处理下果实 N 含量在各个时期均未达到显著性差异。

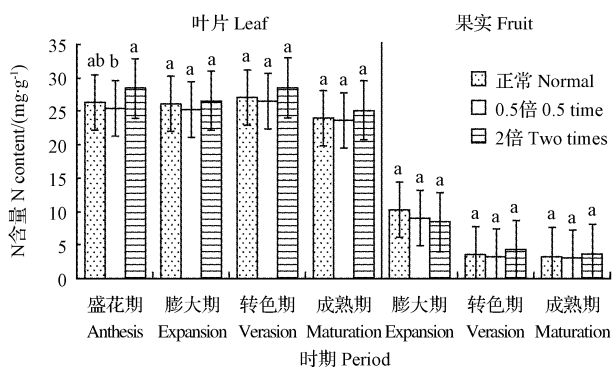


图 1 养分供应量对“霞多丽”葡萄 N 含量的影响

Fig. 1 Effect of different nutrient supply on N content in 'Chardonnay' grape

## 2.3 不同养分供应量对“霞多丽”葡萄 P 含量的影响

磷(P)元素作为植物必需元素,在光合作用、糖类脂类代谢中起到重要作用。由图 2 可以看出,正常浓度下和 2 倍浓度下的“霞多丽”葡萄叶片 P 含量与 0.5 倍下

叶片 P 含量在膨大期均达到显著性差异,2 倍处理下的叶片 P 含量在各个时期均为最高,其中在膨大期达到最大,为  $2.27 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ,各个时期叶片 P 含量变化均为:2 倍浓度 > 正常浓度 > 0.5 倍浓度;果实中,膨大期和转色期时 2 倍浓度和正常浓度的 P 含量与 0.5 倍浓度下果实 P 含量达到显著性差异,成熟期 3 个处理间的果实 P 含量均达到显著性差异水平,果实中 P 含量在各个时期均为:正常浓度 > 2 倍浓度 > 0.5 倍浓度。

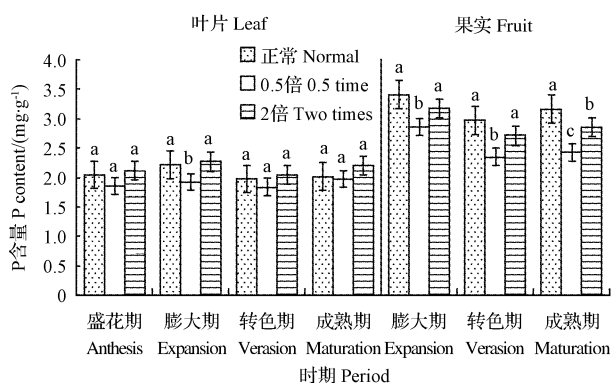


图 2 养分供应量对“霞多丽”葡萄 P 含量的影响

Fig. 2 Effect of different nutrient supply on P content in 'Chardonnay' grape

## 2.4 不同养分供应量对“霞多丽”葡萄 K 含量的影响

如图 3 所示,“霞多丽”葡萄在成熟期之前各处理间的叶片 K 含量均未达到显著性差异,成熟期时 0.5 倍浓度和 2 倍浓度处理间达到显著性差异水平,在整个生长期叶片 K 含量呈增大趋势,转色期正常浓度下叶片 K 含量为处理间最高  $7.00 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ,其它时期均为 2 倍浓度 > 正常浓度 > 0.5 倍浓度;各处理间的果实 K 含量随

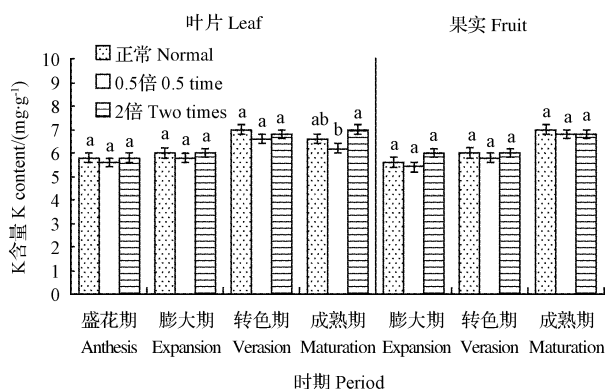


图3 养分供应量对“霞多丽”葡萄K含量的影响

Fig. 3 Effect of different nutrient supply on K content in 'Chardonnay' grape

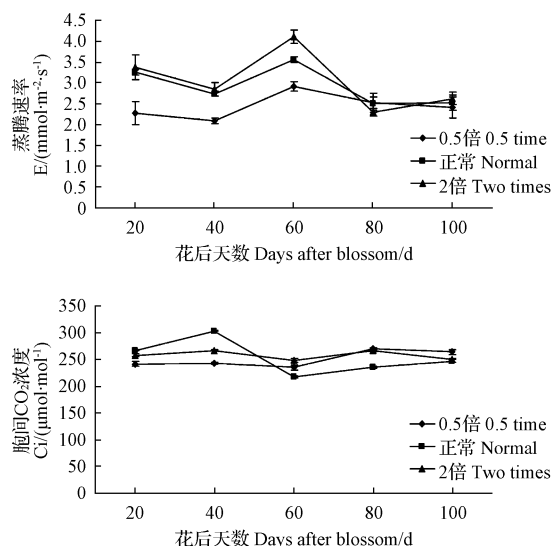
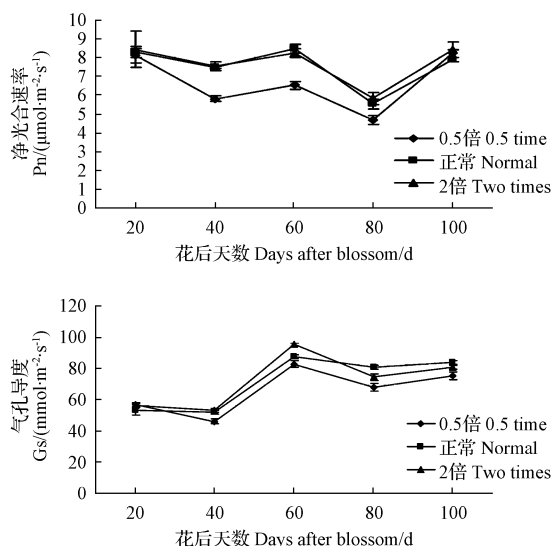
图4 “霞多丽”葡萄净光合速率(Pn)、蒸腾速率(E)、气孔导度(Gs)、胞间CO<sub>2</sub>浓度(Ci)的变化

Fig. 4 Change of Pn, E, Gs, Ci variation of 'Chardonnay' grape

常浓度下胞间CO<sub>2</sub>浓度变化不明显,2倍浓度下胞间CO<sub>2</sub>浓度变化为先上升后下降再上升,花后60d各处理均为最低值。

## 2.6 不同养分供应量对葡萄果实品质的影响

“霞多丽”葡萄果实在2倍浓度下可溶性固形物含量为各处理中最高,达到21.967%,0.5倍浓度和2倍浓度下可滴定酸含量与正常浓度下均达到显著性差异;

表2 养分供应量对“霞多丽”葡萄果实品质的影响

Table 2 Effect of different nutrient supply on berry quality variation of 'Chardonnay' grape

营养液浓度 Concentration	可溶性固形物含量 Total soluble solid content/%	可滴定酸含量 Acidity content/%	总酚含量 Total phenols content/(mg·g <sup>-1</sup> )	单宁含量 Tannin content (mg·g <sup>-1</sup> )
0.5倍	19.867a±1.10	0.160b±0.02	0.425a±0.15	17.700a±1.39
正常	21.433a±0.64	0.230a±0.01	1.279b±0.40	15.144b±5.95
2倍	21.967a±0.80	0.165b±0.03	0.999b±0.43	17.700b±1.26

果实生长也呈增大趋势,正常浓度和2倍浓度下的果实K含量在各个时期均高于0.5倍浓度处理,不同时期各处理间均未达到显著性差异。

## 2.5 不同供应量对“霞多丽”葡萄光合特性的影响

“霞多丽”葡萄的净光合速率、蒸腾速率和气孔导度的变化趋势相似,花后20d2倍浓度下净光合速率为处理间最低,为8.44 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>,0.5倍和正常浓度处理在花后60d净光合速率均达到最大值;2倍浓度下“霞多丽”葡萄蒸腾速率较高,在花后60d达到最大值,约为4.0 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>,0.5倍处理下蒸腾速率变化趋势为先下降后上升再下降,花后20~60d蒸腾速率低于其它处理;0.5倍浓度下的气孔导度在花后40d后为同处理间最低,为46.11 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>,3个处理的变化趋势均为花后60d最高,花后40d最低;0.5倍和正

正常浓度处理下的总酚含量为各个处理间最高达到1.279 mg·g<sup>-1</sup>,0.5倍浓度的总酚含量与其它2个处理达到显著性差异;正常浓度下单宁含量为各处理间最低15.144 mg·g<sup>-1</sup>,0.5倍浓度处理下的单宁含量与其它2个处理存在显著性差异。

## 3 讨论与结论

马文娟等<sup>[16]</sup>对“红地球”葡萄各个器官氮素含量在不同生长发育时期进行了研究,叶片N含量高于果实,且在新梢生长期和果实膨大期对N的需求量较大。在对“峰后”葡萄叶片营养元素含量变化的研究中,葡萄叶片中的N含量高于K含量和P含量,随着果实的不断发育,N、P、K含量均有所下降,K含量在6—8月较低,需要补充钾肥<sup>[17]</sup>。刘爱玲等<sup>[18]</sup>在对“峰后”葡萄在不同营养液浓度下的生长发育和肥水吸收规律的试验中发现,果实中的干物质质量和N含量低于叶片,营养液浓度



越高,葡萄叶片和果实中的 N 含量和 K 含量越高,在果实品质方面,中浓度处理下的果实花色苷含量要高于其它处理,果实可溶性固形物含量随营养液浓度的提高而上升。高的营养液浓度并不能使果实品质有所提高<sup>[19]</sup>,营养液浓度过高会导致花色苷含量降低,影响果皮颜色和果实商品性<sup>[20]</sup>。该试验结果表明,“霞多丽”葡萄叶片和果实的 N 含量随葡萄的生长发育而不断下降,成熟期时叶片和果实的最低;各个时期的叶片 P 含量为:2 倍>正常>0.5 倍,果实中 P 含量为:0.5 倍>2 倍>正常;叶片和果实中的 K 含量随时间的增长呈缓慢上升趋势;且营养液浓度增大并不能保证果实品质最优,与前述研究一致。

试验中不同处理下的净光合速率均呈“W”曲线变化,2 倍浓度和正常浓度下的光合效率优于 0.5 倍浓度处理。谭博等<sup>[21]</sup>在对葡萄施肥方式和光合效率关系的研究中表明施肥可以有效提高葡萄的光合效率,并且会使可溶性固形物含量上升。“赤霞珠”葡萄浆果膨大期至着色期,合适的 NPK 比例会促进可溶性固形物、可溶性糖和花色苷含量的积累<sup>[22]</sup>。合适的营养液浓度下葡萄的营养生长和生殖生长相平衡,果实品质较高<sup>[23]</sup>。该研究是在无营养胁迫条件下进行的,但在实际生产中则需要根据葡萄各个生长期的生长需要对 NPK 的施肥量进行调控,使肥料的施用更高效,从而保证树体正常生长,提高果实品质。

“霞多丽”葡萄在各个时期 2 倍浓度处理下叶片 N 含量最高,盛花期比 0.5 倍浓度下 N 含量高  $3.02 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ,不同处理下果实 N 含量均呈下降趋势,膨大期正常浓度处理果实 N 含量最高,为  $10.26 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ,其它时期 2 倍浓度下 N 含量最高;2 倍浓度下叶片 P 含量在各个时期均为最高,膨大期时达到最大值  $2.267 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ,正常浓度下各个时期果实 P 含量最高,膨大期时为最大值  $3.41 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ;正常浓度下叶片 K 含量在各个时期高于 0.5 倍处理,成熟期 2 倍浓度处理下 K 含量最高,为  $7.00 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ,膨大期和转色期的果实 K 含量 2 倍浓度下最高,均为  $6.00 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ,成熟期 2 倍浓度下 K 含量最高,为  $7.00 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。2 倍浓度处理下葡萄的光合效率最高。强的光合作用有利于提高果实品质,2 倍浓度下果实品质较其它处理优,其中可溶性固形物含量为 21.967%,可滴定酸较低,为 0.165%,总酚和单宁含量较高,分别为  $0.999 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  和  $17.700 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

## 参考文献

- [1] 许学宏,王红慧.再论施肥对农产品品质影响研究[J].耕作与栽培,2003(2):55-56.
- [2] 秦磊,王铭,王贵生.山葡萄果实发育及营养物质含量动态的研究[J].特产研究,2008(4):37-39.
- [3] 施明.贺兰山东麓风沙土红地球葡萄水肥耦合效应与协同管理[D].银川:宁夏大学,2014.
- [4] 张磊,张晓煜,亢艳莉,等.土壤肥力对酿酒葡萄品质的影响[J].江西农业大学学报,2008(4):226-234.
- [5] 杨净云,杨霞.几种新型水溶肥料对葡萄产量、品质及经济效益影响[J].北方园艺,2012(7):156-158.
- [6] 陈岩.三种微量元素及营养液浓度对蝴蝶兰生长的影响[D].哈尔滨:东北林业大学,2008.
- [7] MAR N A, RUBIO J S, MART N V, et al. Antioxidant compounds in green and red peppers as affected by irrigation frequency, salinity and nutrient solution composition[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2009, 89(8):1352-1359.
- [8] 陈淑芳,窦锐贤.不同营养液浓度对黄瓜幼苗生长的影响[J].安徽农业科学,2007(34):11056-11057,11064.
- [9] 倪纪恒,罕平,马万征.不同营养液浓度对温室黄瓜叶片光合特性的影响[J].农业工程学报,2011(10):277-281.
- [10] 蔚玉红.‘徐香’猕猴桃生长发育与肥水吸收规律研究[D].上海:上海交通大学,2010.
- [11] VALLEE B L, AULD D S. Zinc coordination, function and structure of zinc enzymes and other protein[J]. Biochemistry, 1990(29):5647-5659.
- [12] 全月澳,周厚基.果树营养诊断法[M].北京:农业出版社,1982.
- [13] HE J J, LIU Y X, PAN Q H, et al. Different anthocyanin in profiles of the skin and the pulp of Yan 73 grape berries[J]. Molecules, 2010, 15(3):1141-1153.
- [14] 王华.葡萄酒指标分析检测[M].西安:西安地图出版社,2004.
- [15] 李静,聂继云,王孝娣. Folin-Ciocalteu 法测定葡萄和葡萄酒中的总多酚[J].中国南方果树,2007,36(6):86-87.
- [16] 马文娟,同延安,高义民.葡萄氮素吸收利用与累积年周期变化规律[J].植物营养与肥料学报,2010,16(2):504-509.
- [17] 张绍铃,杨克文.巨峰葡萄叶片和新梢营养元素含量变化研究[J].北方园艺,1991(4):18-20.
- [18] 刘爱玲,何建军,王磊,等.设施栽培‘峰后’葡萄营养元素和水分吸收规律研究[J].果树学报,2012,29(5):852-860.
- [19] 张丽娟,李彦慧,潘海泉.施肥对水果品质影响的研究进展[J].河北林果研究,1999(2):185-189.
- [20] 刘新社,潘白舒.不同试飞组合对美国杏李生长发育及产量和品质的影响[J].安徽农业科学,2008,36(33):14657-14658.
- [21] 谭博,曹晓艳,刘怀峰,等.不同施肥方式对全球红葡萄光合日变化及品质的影响[J].新疆农业科学,2014,51(3):4100-416.
- [22] 朱小平,王同坤,刘微.不同施钾量对赤霞珠葡萄品质及产量的影响[J].北方园艺,2008(9):24-26.
- [23] 刘爱玲.设施栽培葡萄生长发育与肥水吸收规律研究[D].上海:上海交通大学,2012.

## Effect of Different Nutrient Supply on Nitrogen, Phosphorus and Potassium Uptake in ‘Chardonnay’ Grape

MA Danyang, LI Shuangcen, HU Hongyuan, SUN Mei, WANG Zhenping

(Agricultural College, Ningxia University/ Grape and Wine Engineering Research Center for Education Ministry, Yinchuan, Ningxia 750021)

## 贺兰山东麓酿酒葡萄“赤霞珠”合理灌水量的研究

李 磊<sup>1</sup>, 王 锐<sup>1</sup>, 纪立东<sup>2</sup>, 孙 权<sup>1,3</sup>, 许晓瑞<sup>1</sup>, 蒋 鹏<sup>1</sup>

(1. 宁夏大学 农学院, 宁夏 银川 750021; 2. 宁夏农林科学院 农业资源与环境研究所, 宁夏 银川 750002;

3. 葡萄与葡萄酒教育部工程研究中心, 宁夏 银川 750021)

**摘 要:**以4年生酿酒葡萄“赤霞珠”为试材,设置5个不同灌水量处理,研究了滴灌条件下不同灌水量对酿酒葡萄生长指标、光合指标、形态指标、品质以及产量的影响。结果表明:随着灌水量的增加,酿酒葡萄株高、新梢长、副梢数表现为增长趋势,灌水量 $5\,250\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ 显著提高了净光合速率和水分有效利用率;同时,适当灌水有助于叶柄养分积累,改善品质,增加含糖量,对产量有一定的增产效果,当灌水量为 $6\,000\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ 时,酿酒葡萄不会出现明显增产效应,并且对品质产生负效应。

**关键词:**酿酒葡萄;灌水量;品质;产量

**中图分类号:**S 663.107<sup>+</sup>.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)19-0017-05

贺兰山东麓处于世界葡萄种植的黄金地带北纬 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$ ,具备了与世界许多特色优质葡萄产区相似的地源条

**第一作者简介:**李磊(1991-),男,硕士研究生,研究方向为干旱区土肥水管理。E-mail:993275444@qq.com.

**责任作者:**王锐(1981-),男,博士,副教授,现主要从事干旱区农业资源高效利用等研究工作。E-mail:amwangrui@126.com.

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(31160417,31460552);“十二五”国家科技支撑计划资助项目(2013BAD09B02);现代农业产业技术体系建设专项资金资助项目(nycytx-30)。

**收稿日期:**2016-07-19

件,但此区干旱缺水,年均降雨量低于年均蒸发量,且土壤多为砂质类型,土壤瘠薄,保水保肥性差。因此通过运用滴灌技术,确定最适宜灌水制度对酿酒葡萄产区发展具有积极作用。

新梢长可明显反映酿酒葡萄植株生长发育情况,适当的水分协调营养生长与生殖生长的关系,葡萄树体表现为新梢增长,同时促进叶柄养分积累<sup>[1-4]</sup>。葡萄在水分亏缺时,光合作用引起的气孔或非气孔因素的限制影响电子传递速率,从而降低净光合速率,植株通过反馈调节,蒸腾速率随之减弱<sup>[6]</sup>。较低的含水率影响了葡萄

**Abstract:** The four-year-old ‘Chardonnay’ was used as material. Hoagland nutrient solution of normal, half, two times concentrations were set, the effects of different nutrient supply on nitrogen, phosphorus and potassium uptake, photosynthetic traits and fruit quality in grapes were studied. The results showed that the nitrogen uptake of ‘Chardonnay’ leaves in times as compared concentration were the highest in different control, in the period of full-blossom the N uptake of double concentration was higher than the control of 0.5 time about  $3.02\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ . The N uptake of fruit in expand period was the highest with  $10.26\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ , the content about the control of two times was the highest in other period. The P uptake of leaf under two times control was the highest in different period, in expand period the content was the highest, and higher than 0.5 time about  $0.5\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ . Normol concentration control had the highest P uptake in different period, in expand period the highest content of P was  $3.41\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ . The K uptake of normal control in leaf was higher than 0.5 time in different period, in mature period, the two times control was the highest. The content of K in fruit were highest in the period of expand and veraison, both of them were  $6.00\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ , and the K uptake in mature period was highest of two times control. Considering the net photosynthetic rate, stomatal conductance, transpiration rate and intercellular  $\text{CO}_2$  concentration, the photosynthetic efficiency of two times control was the highest. And the fruit quality was better than others. The content of soluble solid was higher than 0.5 time concentration about 2.1 percentage point, and higher than normal concentration about 0.534 percentage point. The content of titratable acid was 0.165%, and the content of tannin and total phenols were rather high.

**Keywords:** nutrient supply; ‘Chardonnay’ grape; nitrogen uptake; phosphorus uptake; potassium uptake; fruit quality