

干旱荒漠绿洲区酿酒葡萄滴灌控水灌溉试验研究

纪学伟, 成自勇, 张 芮, 赵 霞

(甘肃农业大学工学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 以13 a生酿酒葡萄梅鹿辄(Merlot)为试材, 研究滴灌条件下水分调控对梅鹿辄耗水规律、产量与品质的影响。结果表明, 浆果生长期耗水强度达 $2.64 \sim 3.66 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$, 耗水模数占到50%以上, 该阶段亏水减产幅度高达61.2%, WUE降低38.5%, 同时导致总糖和可溶性固形物含量降低, 可滴定酸含量升高; 新梢生长期和开花座果期重度亏水对产量影响较小, WUE可提高10%左右; 浆果成熟期重度亏水可以显著提高酿酒葡萄总糖和可溶性固形物含量, 降低可滴定酸含量, 但同时减产幅度为44.7%, WUE降低23%。综合分析认为, 本试验中新梢生长期和开花座果期重度亏水、浆果生长期充分供水、浆果成熟期适度亏水是提高酿酒葡萄产量、WUE以及改善果实品质总体最优的水分调控模式。

关键词: 酿酒葡萄; 滴灌; 调亏灌溉; 耗水规律; 果实; 产量; 品质; 荒漠绿洲区

中图分类号: S275.6 **文献标志码:** A

Experimental research on drip irrigation by water controlling for wine grape in arid desert oasis

Ji Xue-wei, Cheng Zi-yong, Zhang Rui, Zhao Xia

(College of engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: This experiment studied the effect of water regulate and control on water consumption regularity, yield and quality of wine grape (Merlot, 13 a) under drip irrigation. The results showed that water consumption intensity in berry growth period reached $2.64 \sim 3.66 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$, the water consumption modulus accounted more than 50%. Meanwhile, the yield reduced 61.2% and water use efficiency dropped 38.5% in this period, the total sugar and soluble solids content lessened, and the titratable acid content rised under deficit irrigation in this period. In new shoot growing period and flowering fruit-set period, the severe water deficit had little influence on yield, and the water use efficiency can be increased 10%. While in berry maturity period, the severe water deficit could enhanced the total sugar and soluble solids content, reduced the titratable acid content. But the yield reduced 44.7%, the water use efficiency can be dropped 23%. Through the comprehenve analysis, it was the optimal water regulating and controlling model for increasing wine grape yield and water use efficiency, and improving fruit qualities as severe water deficit in new shoot growing period and flowering fruit-set period, full water supply in berry growth period, and moderate water deficit in berry maturity period.

Keywords: wine grape; drip irrigation; regulated deficit irrigation; water consumption regularity; fruit; yield; quality; desert oasis

酿酒葡萄为高产高效果业, 单位面积经济效益可达 $3.23 \text{ 万元} \cdot \text{hm}^{-2}$, 是小麦的6.14倍, 玉米的3.47倍^[1]。目前, 酿酒葡萄已成为甘肃荒漠绿洲区的特色产业。但是, 水资源短缺严重制约该区酿酒葡萄产业的健康发展。

葡萄酒的品质70%取决于酿酒葡萄品质, 30%取决于工艺和设备^[2]。影响酿酒葡萄品质的因素很多, 如土质、气象条件、栽培技术、灌溉等。其中, 灌溉对酿酒葡萄品质起着重要作用^[3-6]。如何对酿酒葡萄进行科学合理的灌溉以达到节水、丰产、优质、

收稿日期: 2014-03-10

基金项目: 国家自然科学基金资助项目“河西地区酿造葡萄酒水分调控品质机理与控水调质制度研究”(51369002); 甘肃省科技支撑计划“河西灌区酿造葡萄需水规律及微灌调质型灌溉制度研究”(1204NKCA086)

作者简介: 纪学伟(1986—), 男, 河北廊坊人, 硕士研究生, 主要从事农业水土工程方面的研究。E-mail: jxwj007@126.com。

通信作者: 成自勇(1956—), 男, 甘肃秦安人, 教授, 博导, 主要从事农业水土工程方面的研究。E-mail: chengzy@gsau.edu.cn。

高效的目的,是酿酒葡萄生产中亟待解决的科学问题。目前有关灌溉对于旱区葡萄产量和品质的影响已有大量研究报道,如杜太生^[7]等研究发现,隔沟交替灌溉方式下总灌水量由 315 mm 下降到 210 mm 时葡萄产量没有明显下降;刘洪光^[8]等研究得出砂壤土上调亏灌溉的下限为土壤含水率的 40% 可使葡萄增产 4.6%;苏学德^[9]等研究证明了适宜的灌水量既能稳定葡萄产量又能提高果实品质,但最佳灌水量尚未确定;李昭楠^[10]等通过开展酿酒葡萄覆膜滴灌试验研究得出,葡萄产量和含糖量在总灌水量为 240 mm 时达到最优组合;房玉林^[11]等也研究得出全生育期内滴灌水量控制在常规滴灌(每株灌水量为 26 L·次⁻¹)的 60%~80% 内,酿酒葡萄赤霞珠和黑比诺的糖酸比随调亏程度的加剧而增大。但是,有关滴灌条件下不同生育期不同控水模式对酿酒葡萄果实品质的影响及水分品质响应机理的研究相对较少,导致多数葡萄园酿酒葡萄滴灌缺乏依据,灌水粗犷,出现“三高三低”(高水量-高投入-高产

量-低品质-低价格-低效益)的恶性循环问题。本试验将通过在滴灌条件下,不同生育期不同控水模式对酿酒葡萄耗水规律、产量及品质的影响研究,确定出酿酒葡萄各生育期适宜的土壤水分调控范围,以期当地酿酒葡萄生产提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2013 年 4—9 月在甘肃省武威皇台葡萄基地进行,试验区处于世界酿酒葡萄种植的“黄金地带”(北纬 30°~50°),属于典型的内陆荒漠气候区,平均年降雨量 164.4 mm,平均年蒸发量 2 000 mm,太阳辐射年总量 577.4 kJ·cm⁻²,≥10℃年有效积温 3 100℃,年平均气温 8℃,无霜期 160 d。试验区土壤质地为沙质壤土,各层土壤物理性质见表 1,地下水埋深 25~30 m。葡萄架式为单篱架,置于葡萄树北,沿葡萄行每隔 6 m 竖立水泥支柱,其上拉 3 道镀锌铁丝,葡萄架高约 1.5 m。

表 1 试验区土壤物理性质

Table 1 Soil physical properties in the experimental zone

土壤物理性质 Soil physical properties	土层深度 Soil depth/cm					平均 Mean
	0~20	20~40	40~60	60~80	80~100	
干容重 Dry density/(g·cm ⁻³)	1.24	1.32	1.33	1.45	1.39	1.35
饱和含水率/(cm ⁻³ ·cm ⁻³) Saturated water capacity	0.44	0.49	0.51	0.53	0.50	0.49
田间持水率/(cm ⁻³ ·cm ⁻³) Field capacity	0.27	0.36	0.38	0.43	0.41	0.37

1.2 试验材料与设计

供试品种为酿酒葡萄梅鹿辄(Merlot),树龄为 13 a 生,东西行向,行株距为 2.8 m×1.0 m。在前人研究^[8-10,12-13]的基础上并参照皇台葡萄基地多年的灌水记录,将试验设 5 个处理,每个处理 3 次重复,随机区组设计,共 15 个小区,每个小区面积为 12 m×2.8 m(每个小区 1 行葡萄,共计 13 株),试验布置详细情况见表 2。试验区均布设滴灌带,采用一行两管控制模式(即 2 条 Φ=16 mm 的滴灌带控制 1 行葡萄,滴灌带为内镶式滴灌带,管壁厚 0.2 mm,滴孔间距 0.5 m,滴头流量 1.38 L·h⁻¹)。

当试验小区土壤含水量达到表 2 中土壤含水量下限时,即进行灌水,灌水定额为 300 m³·hm⁻²,用水表严格控制水量,试验中每次灌水延续时间为 4.5 h 左右,具体灌水日期见表 3。将酿酒葡萄生育期划分为新梢生长期(5 月 10 日-5 月 30 日)、开花座果期(5 月 31 日-6 月 15 日)、浆果生长期(6 月 16 日

-8 月 15 日)和浆果成熟期(8 月 16 日-9 月 25 日)。2013 年 4 月 23 日沟灌(灌水定额为 900 m³·hm⁻²)之后,从新梢生长期开始进行滴灌。试验期间除灌水外,各处理锄草、施肥、修剪等田间管理均保持一致。

表 2 试验设计方案

Table 2 The experimental design scheme

处理 Treatments	各阶段土壤含水量下限(占田间持水量的百分比)/% The lower limit of soil moisture content in every stage (Percentage of field capacity)			
	新梢生长期 New shoot growing period	开花座果期 Flowering fruit-set period	浆果生长期 Berry growth period	浆果成熟期 Berry maturity period
T1	45~55	75	75	55~65
T2	45~55	45~55	75	55~65
T3	45~55	45~55	75	45~55
T4	45~55	45~55	55~65	45~55
CK	75	75	75	75

表 3 各处理灌水日期表

Table 3 The irrigation schedule for each treatment

处理 Treatments	灌水时间(月-日) Irrigation date(M-d)					
T1	04-23	05-27	06-28	07-11	08-03	08-31
T2	04-23	06-05	06-19	07-11	08-05	09-01
T3	04-23	06-14	06-27	07-20	08-11	09-07
T4	04-23	06-14	07-08	07-30	08-25	
CK	04-23	05-18	06-05	06-27	07-20	
	08-03	08-30				

1.3 测定项目与方法

1.3.1 土壤水分测定 采用 RYGCM3000S 型节灌数据采集系统(自带 5 支土壤水分传感器、5 支土壤温度传感器)进行土壤水分监测。同时采用取土烘干法,酿酒葡萄全生育期内每隔 10 d 取土 1 次,萌芽前,各灌水前后,收获后加测。测定深度为 0~100 cm,每隔 20 cm 为 1 层,最后用平均值法计算土壤含水量。

1.3.2 产量测定 酿酒葡萄成熟期(9月25日),各小区单独采摘,用精度为 0.1 g 电子称称量各小区所有葡萄重量,并统计各小区标准株(5 株/小区)的单株穗数、单穗粒数、单穗重和百粒重。

1.3.3 品质测定 酿酒葡萄品质测定主要考虑感官和理化两类指标,感官指标包括果粒重、果粒干物重、果粒纵径和果粒横径;理化指标包括总糖、可滴定酸、可溶性固形物、单宁、花色苷和总酚。

1.3.4 计算方法

1) 酿酒葡萄耗水量计算:采用水量平衡法计算,计算公式为

$$ET_{I-II} = 10 \sum_{i=1}^n r_i H_i (W_{i_I} - W_{i_{II}}) + M + P + K - D$$

式中, ET_{I-II} 为酿酒葡萄阶段耗水量(mm); i 为土层序号; n 为土层总数; r_i 为第 i 层土壤干容重($g \cdot cm^{-3}$); H_i 为第 i 层土壤厚度(cm); W_{i_I} 、 $W_{i_{II}}$ 分别为第 i 层土壤在阶段始末的质量含水量(%); M 、 P 分别为阶段内灌水量和降雨量(mm); K 为阶段内地下水补给量(mm), 试验区地下水埋深大于 10 m, 故 $K = 0$; D 为阶段内排水量(mm), 试验区为干旱区, 故 $D = 0$ 。

2) 果粒干物重(%): 果粒干物质 = 烘干样品重 / 样品重 $\times 100$ 。

3) 总糖($g \cdot L^{-1}$): 采用斐林试剂滴定法(GB/T15038-2006 法)。

4) 可滴定酸($g \cdot L^{-1}$): 采用酸碱滴定法(GB/T15038-2006 法)。

5) 可溶性固形物(%): 采用 ATAGO-PAL-1 型手持糖量计测定。

6) 总花色苷($mg \cdot kg^{-1}$): 参照翦伟(2012)法, 利用公式 $A = \Delta A \times MW \times DF \times 10^3 / (\epsilon \times l)$ 计算, 式中 A 为总花色苷(以锦葵色素-3-葡萄糖苷计)含量; DF = 稀释倍数(该实验中 $DF = 50$); $\Delta A = (A_{521nm} - A_{700nm})_{pH1.0} - (A_{521nm} - A_{700nm})_{pH4.5}$ (A_{521nm} 、 A_{700nm} 分别为在 521、700 nm 波长处测定提取的吸光值); MW (分子量) = 493.2 $g \cdot mol^{-1}$ (锦葵色素-3-葡萄糖苷); l = 光程的厘米数; $\epsilon = 28\ 000$ 摩尔消光系数(锦葵色素-3-葡萄糖苷), 单位为 ($L \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}$)。

7) 单宁($g \cdot kg^{-1}$): 参照冒秋丹(2012)法, 利用单宁标准曲线 $Y = 0.1045X + 0.0021$ ($R^2 = 0.9995$) 计算, 式中 Y 为单宁含量; X 为在 760 nm 波长处测定提取的吸光值。

8) 总酚($g \cdot kg^{-1}$): 参照崔日宝(2013)法。利用总酚标准曲线 $Y = 0.1167X + 0.0129$ ($R^2 = 0.9993$) 计算, 式中 Y 为总酚含量; X 为在 765 nm 波长处测定提取的吸光值。

1.3.5 统计及分析方法 数据采用 Excel 和 SPASS (17.0) 统计分析软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 不同控水处理对酿酒葡萄耗水规律的影响

2.1.1 耗水强度变化规律 从图 1 可以看出, 酿酒葡萄自新梢生长至成熟各生育期耗水强度近似表现为单峰曲线, 即由于花期持续短, 除 CK 耗水强度略有降低(2.15~1.74 $mm \cdot d^{-1}$) 外, 其它处理在新梢生长期和开花座果期耗水强度相当, 分别在 1.17~1.32、1.13~1.48 $mm \cdot d^{-1}$ 间变化; 浆果生长期为需水关键期, 耗水强度也达到峰值 2.64~3.66 $mm \cdot d^{-1}$; 浆果成熟期逐步降为 1.03~2.54 $mm \cdot d^{-1}$ 。从总体来看, 各处理随灌水量增加, 耗水强度也随之增加, 其中以 CK 最大。

在各生育期内, 各亏水处理在亏水阶段的耗水强度均较低(表 4)。新梢生长期各亏水处理耗水强度较 CK 降低 38.6%~45.6%; 在开花座果期亏水的 T2~T4 耗水强度较 CK 降低 28.2%~35.1%, 且该期 CK 耗水强度有所下降, 这可能与该生育期进行的打顶等农艺措施有关($P < 0.01$)。浆果生长期亏水的 T4 耗水强度最低, 仅为 2.64 $mm \cdot d^{-1}$, 较 CK 降低了 27.9%, 而其它各复水处理的耗水强度较 CK 也降低约 20%, 这可能与葡萄前期水分胁迫有关; 在浆果成熟期轻度亏水的 T1、T2 耗水强度较 CK 分别降低了 27.6%、29.1%, 而该期重度亏水的 T3、T4

耗水强度仅为 1.39、1.03 $\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$, 较 CK 分别降低 45.3%、59.4%, 且均与 CK 存在极显著差异 ($P < 0.01$)。酿酒葡萄在新梢生长期经历亏水锻炼后在开花座果期耗水强度恢复较快, 表现出较强的复水补偿效应; 开花座果期亏水对该期耗水强度影响较小, 而对浆果生长期耗水强度有一定影响。

2.1.2 耗水模数变化规律 耗水模数反映了作物各生育期耗水量占总耗水量的权重程度。由表 4 可知, 酿酒葡萄不同生育期耗水模数基本呈现出浆果生长期 > 浆果成熟期 > 新梢生长期 > 开花座果期规律。在浆果生长期, 各处理耗水模数均达到最高值 54.00% ~ 61.61%, T1、T2、T3、T4 处理耗水模数较 CK 分别提高了 4.3%、5.9%、11.5%、14.1%。

表 4 酿酒葡萄各生育期耗水特征

Table 4 Water consumption characteristics of wine grape in different growing periods

生育期 Growth period	耗水参数 Water consumption parameter	处理 Treatments				
		T1	T2	T3	T4	CK
新梢生长期(20d) New shoot growing period	耗水量 Water consumption/mm	26.35	25.02	26.21	23.42	43.06
	耗水强度 Water consumption intensity/ $(\text{mm} \cdot \text{d}^{-1})$	1.32aA	1.25aA	1.31aA	1.17aA	2.15aA
	耗水模数 Water consumption modulus/%	8.34	8.23	8.95	9.10	10.60
开花座果期(15d) Flowering fruit-set period	耗水量 Water consumption/mm	22.18	17.01	18.77	17.89	26.17
	耗水强度 Water consumption intensity/ $(\text{mm} \cdot \text{d}^{-1})$	1.48aA	1.13aA	1.25aA	1.19aA	1.74aA
	耗水模数 Water consumption modulus/%	7.02	5.60	6.41	6.76	6.44
浆果生长期(60d) Berry growth period	耗水量 Water consumption/mm	178.02	173.76	176.32	158.56	219.33
	耗水强度 Water consumption intensity/ $(\text{mm} \cdot \text{d}^{-1})$	2.97bB	2.90bB	2.94bB	2.64bB	3.66aA
	耗水模数 Water consumption modulus/%	56.34	57.16	60.20	61.61	54.00
浆果成熟期(40d) Berry maturity period	耗水量 Water consumption/mm	73.54	71.97	55.72	41.35	101.45
	耗水强度 Water consumption intensity/ $(\text{mm} \cdot \text{d}^{-1})$	1.84bAB	1.80bB	1.39bcBC	1.03cC	2.54aA
	耗水模数 Water consumption modulus/%	23.28	23.68	19.02	16.07	24.98

注: 小写字母表示 $P < 0.05$ 的显著水平, 大写字母表示 $P < 0.01$ 的极显著水平。

Note: Different small letters mean significant difference at $P < 0.05$, while capital letters mean significant difference at $P < 0.01$.

2.2 不同控水处理对酿酒葡萄产量的影响

由表 5 可以看出, 各亏水处理产量较 CK 均有所降低。与 CK 相比, T1、T2、T3、T4 处理产量分别降低了 19.7%、19.1%、44.7%、61.2%; 不同亏水处理单株穗数与 CK 不存在显著差异; T3、T4 处理单穗重均显著低于其它处理, 且与 CK 存在极显著差异 ($P < 0.01$); T1、T2 处理穗粒数明显高于其他处理, 且与 CK 存在显著差异 ($P < 0.05$); T1、T2、T3、T4 处理的百粒重较 CK 降低 34.8% ~ 37.0%, 且均与 CK 存在极显著差异 ($P < 0.01$); 此外, T2 处理 WUE 达到最高值 $3.94 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, 较 CK 提高 10.1%; T3、T4 处理 WUE 均低于 CK。这表明, 在新梢生长期和浆果成熟期适度亏水对酿酒葡萄产量影响较小; 开花座果期适度亏水可以提高穗粒数; 浆果生长期是酿酒葡

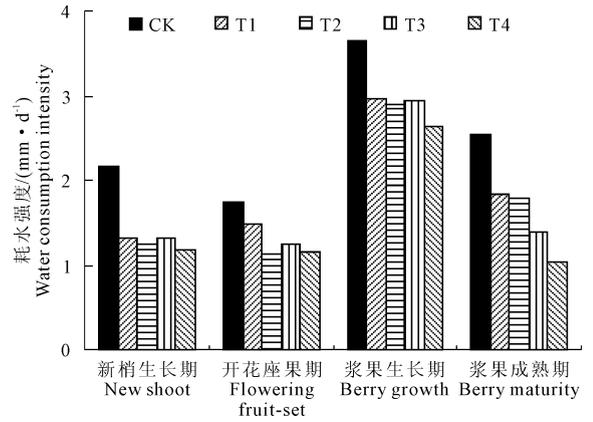


图 1 酿酒葡萄各生育期耗水强度变化动态

Fig. 1 Water consumption intensity change of wine grape in different growing periods

萄需水关键期, 该期亏水严重抑制葡萄膨果而导致大幅减产, 单穗重和百粒重降低; 浆果成熟期重度亏水显著降低酿酒葡萄穗粒数, 这可能与该阶段重度亏水引发葡萄早熟, 出现部分果实干瘪脱落现象有关。

2.3 不同控水处理对酿酒葡萄品质的影响

2.3.1 对感官品质指标的影响 由表 6 可知, T1、T2、T3、T4 处理果粒重较 CK 分别降低了 11.3%、17.7%、22.2% 和 32.8%, 且均与 CK 存在极显著差异 ($P < 0.01$), 说明不同亏水处理均会降低酿酒葡萄果粒重, 且浆果生长期轻度亏水或浆果成熟期重度亏水均会严重抑制酿酒葡萄果粒积重。处理 T3 果粒干物重达最高值 29.11%, 较 CK 提高 1.38%; T4 次之, 较 CK 高 0.57%; T1、T2 相当且最低; 各处

理之间不存在显著差异;可见,不同控水处理对果粒干物质积累影响不大。各亏水处理果粒纵横径较 CK 均有所降低,T1、T2 较 CK 降低了 8.7% 左右,且均与 CK 存在显著差异($P < 0.05$);T3、T4 较 CK 分

别降低了 13.5%、15.5% 左右,且均与 CK 存在极显著差异($P < 0.01$);这表明连续或交替亏水对果粒膨大均有影响,且浆果生长期亏水影响最大,浆果成熟期亏水次之,开花座果期亏水影响最小。

表 5 不同控水处理对酿酒葡萄产量性状和产量的影响

Table 5 The effects of different water treatments on wine grape's yield traits and its yields

处理 Treatment	穗数 Spike numbers /(穗·株 ⁻¹)	穗重 Spike weight /g	穗粒数 Grain number /(粒·穗 ⁻¹)	百粒重 100-kernel weight /g	产量 Yield /(kg·hm ⁻²)	灌水量 Irrigation amount /(m ³ ·hm ⁻²)	耗水量 Water Consumption /(m ³ ·hm ⁻²)	水分生产 效率 WUE /(kg·m ⁻³)
T1	20.3aA	164.0acAB	106aA	140.1bB	11908.3abA	2475	3224.17	3.65aA
T2	21.2aA	158.7acAB	118aA	136.7bB	11995.1abA	2375	3044.85	3.94aA
T3	15.0aA	119.8bB	86bA	139.9bB	8205.0abA	2375	2978.60	2.75abA
T4	14.3aA	112.4bB	83bA	135.4bB	5751.6bA	2175	2608.62	2.20bA
CK	21.5aA	193.2aA	90bA	215.0aA	14832.6aA	2775	4146.59	3.58abA

表 6 不同控水处理对酿酒葡萄感官品质的影响

Table 6 The effects of different water treatments on wine grape's exterior qualities

处理 Treatments	果粒重 Grain weight /g	果粒干物重 Grain dry matter weight /%	果粒纵径 Grain vertical diameter /cm	果粒横径 Grain transverse diameter /cm
T1	1.494bB	26.13aA	1.225bAB	1.220bAB
T2	1.387cBC	26.12aA	1.221bAB	1.219bAB
T3	1.311dC	29.11aA	1.156bB	1.161bB
T4	1.133eD	28.30aA	1.134bB	1.128bB
CK	1.685aA	27.73aA	1.342aA	1.335aA

2.3.2 对理化品质指标的影响 由表 7 可知,T2、T3 处理总糖含量较高,分别达 252.70、265.20 g·L⁻¹,较 CK 分别提高 13.7%、20.3%;T4 总糖含量最低,较 CK 降低 1.65%,这可能与持续亏水有关。不同控水处理间可滴定酸含量差异较大,其中 T3 处理最小,为 7.32 g·L⁻¹,较 CK 降低 13.3%,且与 CK 存在显著差异($P < 0.05$),这对提高葡萄酒的柔顺指数有利;T4 处理可滴定酸含量最高,为 8.78 g·L⁻¹,但与 CK 不存在显著差异,说明持续亏水不利于酿酒葡萄的自然降酸。处理 T3 可溶性固形物较 CK 提高了 5.5%,T4 较 CK 降低 7.0%,且均与 CK 存在显著差异($P < 0.05$)。

表 7 不同控水处理对酿酒葡萄理化指标的影响

Table 7 The effects of different water treatments on wine grape's physicochemical indexes

处理 Treatments	总糖 Total sugar /(g·L ⁻¹)	可滴定酸 Titratable acid /(g·L ⁻¹)	可溶性固形物 Soluble solids /%	单宁 Tannin /(g·kg ⁻¹)	花色苷 Anthocyanin /(mg·kg ⁻¹)	总酚 Total phenols /(g·kg ⁻¹)
T1	223.15aA	8.34abA	21.4bA	2.885aA	626.78aA	3.832aA
T2	252.70aA	7.70bA	21.9bA	2.892aA	637.70aA	3.838aA
T3	265.20aA	7.32cA	22.9aA	3.233aA	646.44aA	4.378aA
T4	216.85aA	8.78aA	20.2cA	3.285aA	610.78aA	4.375aA
CK	220.40aA	8.45abA	21.7bA	2.430aA	642.92aA	3.015bA

酿酒葡萄中单宁决定了葡萄酒的风味、结构和质地,主要来源于葡萄皮、葡萄梗和葡萄籽^[14]。处理 T1 ~ T4 单宁含量较 CK 分别提高了 18.7%、19.0%、33.0% 和 35.2%,但与 CK 差异未达显著水平,且表现出随亏水历时越长、亏水程度越重而提升幅度越大的趋势。花色苷是花色素的糖苷,是葡萄酒的主要呈色物质,同时也具有一定的生理活性功能^[15];由表 7 可知,处理 T3 花色苷比 CK 略高,T1、

T2、T4 较 CK 分别降低 2.5%、0.8%、5.0%,各处理之间不存在显著差异,说明连续或交替亏水对酿酒葡萄总花色苷影响较小。酚类是酿酒葡萄中主要芳香物质之一,与葡萄酒的风味密切相关;各亏水处理总酚含量均高于 CK,且与 CK 均存在显著差异($P < 0.05$),其中 T3、T4 总酚含量最高,T1、T2 次之,分别较 CK 提高 27%、45% 左右,这对改善葡萄酒的风味具有重要意义。

3 结论与讨论

1) 浆果生长期是酿酒葡萄需水关键期,耗水强度达 $2.64 \sim 3.66 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$,耗水模数占到 50% 以上,该期亏水会显著降低产量(减产幅度高达 61.2%),造成果粒偏小,单穗重和百粒重降低,导致 WUE 明显偏低;新梢生长期和开花座果期重度亏水对产量影响较小,WUE 可提高 10% 左右。

2) 浆果生长期亏水会导致酿酒葡萄总糖和可溶性固形物含量降低,可滴定酸含量升高,对品质负面影响最大;浆果成熟期重度亏水可以显著提高总糖和可溶性固形物含量,降低可滴定酸含量,但同时也会引发减产(减产幅度为 44.7%),WUE 随之下降 23%,是酿酒葡萄节水栽培中必须注意的问题。

3) 本试验中在新梢生长期和开花座果期重度亏水(土壤含水量下限为 45% ~ 55% 田持)、浆果生长期充分供水(土壤含水量下限为 65% ~ 75% 田持、上限为田持)、浆果成熟期适度亏水(土壤含水量下限为 55% ~ 65% 田持)是酿酒葡萄产量、WUE 最高的控水模式,同时能够提高总糖、可溶性固形物含量,降低可滴定酸含量,保持较高的单宁、花色苷和总酚,果实品质总体最优。

总之,滴灌条件下对酿酒葡萄合理进行控水灌溉能够在保证丰产的基础上,提高 WUE 和果实品质,达到以水促产、以水增效、以水调质的目的,对中国西北荒漠绿洲区酿酒葡萄生产具有重要意义。该试验只进行了水分调控对酿酒葡萄产量和品质影响的相关试验分析,而水肥调控与产量、品质响应机理将是今后研究的重点。

参考文献:

[1] 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.

[2] 张晓煜,亢艳莉,袁海燕,等.酿酒葡萄品质评价及其对气象条件的响应[J].生态学报,2007,27(2):740-745.

[3] 胡博然,李华.葡萄园合理灌溉制度的建立[J].中外葡萄与葡萄酒,2002,(5):15-18.

[4] 张有富.节水条件下综合栽培技术对日光温室红地球葡萄生长发育及生理的影响[D].兰州:甘肃农业大学,2008.

[5] Deluc L G, Quilici D R, Decendit A, et al. Water deficit alters differentially metabolic pathways affecting important flavor and quality traits in grape berries of Cabernet Sauvignon and Chardonnay[J]. BMC Genomics, 2009, (10):212.

[6] 常永义,张有富,朱建兰.半干旱区节水处理对日光温室地温及延迟栽培葡萄品质的影响[J].中外葡萄与葡萄酒,2011,(1):19-23.

[7] 杜太生,康绍忠,张霁,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.

[8] 刘洪光,何新林,王雅琴,等.调亏灌溉对滴灌葡萄生长与产量的影响[J].石河子大学学报(自然科学版),2010,28(5):610-613.

[9] 苏学德,李铭,郭绍杰,等.不同灌水处理对克瑞森无核葡萄光合特性及果实品质的影响[J].安徽农业科学,2011,39(30):18649-18652.

[10] 李昭楠,李唯,刘继亮,等.不同滴灌水量对干旱荒漠区酿酒葡萄光合及产量的影响[J].中国生态农业学报,2011,19(6):1324-1329.

[11] 房玉林,孙伟,万力,等.调亏灌溉对酿酒葡萄生长及果实品质的影响[J].中国农业科学,2013,46(13):2730-2738.

[12] 李雅善,赵现华,王华,等.葡萄调亏灌溉技术的研究现状与展望[J].干旱地区农业研究,2013,31(1):236-241.

[13] Cifre J, Bota J, Escalona J M, et al. Physiological tools for irrigation scheduling in grapevine (*Vitis vinifera* L.): An open gate to improve water-use efficiency[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2005, 106:159-170.

[14] 孙沛杰,孙丽颖.葡萄中单宁对生产葡萄酒的影响[J].酿酒,1999,(3):60-61.

[15] 杜文华,刘忠义.葡萄酒中花色苷的研究进展[J].食品与机械,2011,(4):169-172.