

王 竞,李 磊,王 锐,等. 不同生育期水分亏缺对酿酒葡萄光合特性、产量及品质的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(22):149-152.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.22.034

# 不同生育期水分亏缺对酿酒葡萄光合特性、产量及品质的影响

王 竞<sup>1</sup>,李 磊<sup>1</sup>,王 锐<sup>1</sup>,周丽娜<sup>2</sup>,孙 权<sup>1</sup>

(1. 宁夏大学农学院,宁夏银川 750021; 2. 宁夏农林科学院,宁夏银川 750002)

**摘要:**以贺兰山东麓 4 年生酿酒葡萄品种赤霞珠为材料,研究不同生育期水分亏缺对赤霞珠葡萄光合特性、产量及品质的影响。结果表明,萌芽期、花期进行适度水分亏缺处理可提高酿酒葡萄的水分利用率,使葡萄能充分利用水分、减少水分损耗;膨大期进行水分亏缺处理可促进酿酒葡萄果实可溶性固形物含量的增加及花色苷、单宁、总酚含量的累积;着色期进行水分亏缺处理既可提升酿酒葡萄品质,又能使产量得到显著上升,可达到最大产量,为 12 048.60 kg/hm<sup>2</sup>。因此,在水资源短缺的半干旱葡萄种植区进行适度水分亏缺,可有效促进植株对水分的吸收,改善果实品质,提高葡萄产量。

**关键词:**生育期;水分亏缺;酿酒葡萄;产量;品质;赤霞珠

**中图分类号:** S663.107 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)22-0149-04

宁夏回族自治区贺兰山东麓酿酒葡萄产区地势平坦、干燥少雨、土地肥沃、光热资源充足,拥有和世界酿酒葡萄产区法国相近的自然气候条件,被称作“法国的波尔多”,是中国酿酒葡萄适宜生态区之一<sup>[1-3]</sup>。然而,贺兰山东麓酿酒葡萄产区土壤多为风沙土,砾石较多,保水、保肥性差,其水分的供应能力与该产区酿酒葡萄适应生长发育对水分的需求规律不一致,这严重影响了酿酒葡萄的产量和品质。

水分利用效率是反映植物光合与蒸腾之间关系的重要指标<sup>[4]</sup>。一方面,宁夏回族自治区大部分酿酒葡萄园区补水方式仍采用大水漫灌,田间水分利用率仅为 54%<sup>[5]</sup>;另一方面,随着我国人口增加和经济的发展,水资源出现了匮乏,人们所能利用的淡水资源正逐步减少,用于农田灌溉的水已不足以供给农作物生产,目前,贺兰山东麓酿酒葡萄的种植面积有 47 万 hm<sup>2</sup>,而用于酿酒葡萄的灌溉量为 1.2 万~1.8 万 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,水资源供给不足严重影响和制约了当地酿酒葡萄产业的发展<sup>[6]</sup>。酿酒葡萄在生长发育期间,充足的水分对其营养生长和生殖生长极其重要,不但有利于促进其新陈代谢,使其增产,同时还可以提升其品质<sup>[7-8]</sup>。有研究表明,作物生育期进行适度控水以给予不同的水分亏缺,对其本身生长发育影响不大,而在关键生育期进行适当水分胁迫,会加速光合产物从营养器官向生殖器官转移,进而实现产量的增加<sup>[9-10]</sup>。葡萄从萌芽期开始耗水量逐渐增大,直至膨大期时达到最大,进入成熟期时又缓慢减小,而适量的水分胁迫有助于果实品质的

改善,但在葡萄生长早期给予胁迫则可能会影响果皮延展性发育<sup>[11-12]</sup>。此外,实现定期控水,可降低果实硬度,营养物质得到累积,有助于提升口感<sup>[13]</sup>。为提高贺兰山东麓酿酒葡萄水分利用率,获得高品质、高产量葡萄,本试验研究生育期水分亏缺对酿酒葡萄的光合特性、品质及产量的影响,以期科学指导贺兰山东麓酿酒葡萄生产中的水肥管理,为酿酒葡萄产业稳定发展奠定良好的基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

试验于 2016 年在宁夏回族自治区永宁县玉泉营酿酒葡萄栽培园区进行,该园区位于 38°16'12"N、106°3'59"E,海拔 1 119 m,属温带大陆性半干旱气候,有效积温为 1 500 ℃,年日照时数为 2 800 h,平均日照时长为 7.8~8.3 h;年降水量为 200 mm,其中 8、9 月降水量分别仅有 61.9、24.4 mm;年均蒸发量 2 550 mm,昼夜温差 10~15 ℃,无霜期 180 d;土壤质地为沙土,容重为 1.4 g/cm<sup>3</sup>,土壤养分和有机质含量较低;田间持水量为 17%,凋萎系数为 5%。

### 1.2 试验材料

供试葡萄品种为 4 年生赤霞珠,南北行向定植,株行距为 0.5 m×3.0 m,单篱架,独立龙干形整形,灌溉方式为滴灌,施肥采用文丘里施肥器随水施入。

### 1.3 试验设计

试验按照不同生育期设置不同水分亏缺即不同灌水间隔,灌溉定额为 4 200 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,春灌 600 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,冬灌 600 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,仅在 4 月 20 日至 8 月 20 进行灌水,共设 8 个处理(表 1),分别为:CK(对照),大田常规水分管理,整个生育期灌水周期为 8~10 d,单次灌水量为 200~250 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,灌水 12~15 次;T1,萌芽期灌水周期为 6~8 d,单次灌水量为 162~215 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,其他生育期灌水周期为 8~10 d,灌水量同 CK,灌水 13~16 次;T2,萌芽期灌水周期为 10~12 d,单次灌

收稿日期:2017-07-18

基金项目:宁夏自然科学基金(编号:NZ15119);宁夏重点研发项目(编号:2016BZ0602,2015BFP02);宁夏重大专项(编号:2015BY11101)。

作者简介:王 竞(1992—),女,宁夏固原人,硕士研究生,从事干旱区土肥水管理研究。E-mail:601687869@qq.com。

通信作者:孙 权,博士,教授,从事干旱区农业资源高效利用研究。E-mail:sqnxu@sina.com。

水量为 350~400 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,其他生育期灌水周期为 8~10 d,灌水水量同 CK,灌水 11~14 次;T3,花期灌水周期为 6~8 d,单次灌水水量为 162~215 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,其他生育期灌水周期为 8~10 d,灌水水量同 CK,灌水 13~16 次;T4,花期灌水周期为 10~12 d,单次灌水水量为 350~400 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,其他生育期灌水周期为 8~10 d,灌水水量同 CK,灌水 11~14 次;T5,膨大期灌水周期为 6~8 d,单次灌水水量为 162~215 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,其他生育期灌水周期为 8~10 d,灌水水量同 CK,灌水 13~16 次;T6,膨大期灌水周期为 10~12 d,单次灌水水量为 350~400 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,其他

生育期灌水周期为 8~10 d,灌水水量同 CK,灌水 11~14 次;T7,着色期灌水周期为 6~8 d,单次灌水水量为 162~215 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,其他生育期灌水周期为 8~10 d,灌水水量同 CK,灌水 13~16 次;T8,着色期灌水周期为 10~12 d,单次灌水水量为 350~400 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,其他生育期灌水周期为 8~10 d,灌水水量同 CK,灌水 11~14 次。试验采用单因素随机区组设计,进行水肥一体化管理,施用滴灌肥 720 kg/hm<sup>2</sup>,根据生育期需肥特征确定施肥时期,结合实际经验,滴肥 8 次,单次滴肥 90 kg/hm<sup>2</sup>。每个处理小区面积为 240 m<sup>2</sup>,重复 3 次。

表 1 试验灌溉制度

处理	灌溉周期												灌溉次数 (次)
	萌芽期			花期			膨大期			着色期			
	6~8 d	8~10 d	10~12 d	6~8 d	8~10 d	10~12 d	6~8 d	8~10 d	10~12 d	6~8 d	8~10 d	10~12 d	
CK		+			+			+			+		12~15
T1	+				+			+			+		12~16
T2			+		+			+			+		11~14
T3		+		+				+			+		12~16
T4		+				+		+			+		11~14
T5		+			+		+				+		12~16
T6		+			+				+		+		11~14
T7		+			+			+		+			12~16
T8		+			+			+				+	11~14

注:灌溉周期仅设定在葡萄萌芽期、花期、膨大期和着色期,“+”表示各生长阶段灌水周期。

1.4 测定内容和方法

葡萄果实膨大期,测定葡萄叶片净光合速率、蒸腾速率、气孔导度和胞间 CO<sub>2</sub> 浓度,计算水分有效利用率。葡萄果实成熟期,每处理随机选取 20 株葡萄果穗进行称量,计算其单株平均产量、总产量;每处理选择生长势相近、有代表性的葡萄 10 株,每株选取 1 穗葡萄,用卷尺测量穗长,每穗上、中、下部各取 1 粒果实,共计 30 粒,用游标卡尺测量粒径,用电子天平称其单粒质量,另每株上、中、下各取葡萄果穗 1 穗,每穗随机采摘果实 10 粒,分别采用手持糖度计法、蒽酮比色法、3,5-二硝基水杨酸比色法、NaOH 滴定法<sup>[14]</sup>、福林-肖卡法、福林-丹宁斯法、pH 示差法<sup>[15]</sup>测定可溶性固形物、还原糖、可溶性糖、可滴定酸、总酚、单宁、花色苷含量。

1.5 数据处理

采用 Excel 2003 软件整理试验数据并作表,采用 SPSS 17.0 软件进行统计分析,差异显著性检验采用 Duncan's 新复极差法。

2 结果与分析

2.1 生育期水分亏缺对酿酒葡萄光合特性的影响

对酿酒葡萄叶片净光合速率的影响主要集中在膨大期,故研究不同生育期水分亏缺对酿酒葡萄叶片净光合速率的影响只须分析其 7 月 15—30 日膨大期时的变化值。由表 2 可知,在酿酒葡萄膨大期,T1 处理的葡萄叶片净光合速率相对最高,为 22.52 μmol/(m<sup>2</sup>·s),比 CK 显著高 5.86 μmol/(m<sup>2</sup>·s)(*P*<0.05);T7 处理的葡萄叶片蒸腾速率相对最大,为 8.36 mmol/(m<sup>2</sup>·s),比 CK 显著高 3.90 mmol/(m<sup>2</sup>·s),T4 处理的蒸腾速率相对最小,为 5.43 mmol/(m<sup>2</sup>·s),水分有效利用效率相对较低;T2 处理的葡萄叶片水分利用效率相对最低,为 2.17 μmol/mmol,较 CK 显著低 0.57 μmol/mmol;T1 处

理的葡萄叶片水分有效利用率相对最高,为 2.92 μmol/mmol,显著高于 CK 0.18 μmol/mmol,说明适度水分胁迫可以使葡萄植株充分利用水分,减少过多水分损耗;T8 处理的葡萄叶片气孔导度、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度均最高,分别为 401.52 mmol/(m<sup>2</sup>·s)、176.40 mg/kg,比 CK 显著高 297.61 mmol/(m<sup>2</sup>·s)、56.15 mg/kg,这有利于酿酒葡萄叶片对 CO<sub>2</sub> 的吸收;T3 处理的葡萄叶片胞间 CO<sub>2</sub> 浓度为 89.91 mg/kg,显著低于 CK,但其气孔导度大于 CK,可能是因为灌水间隔较短,影响了叶片对 CO<sub>2</sub> 的吸收。

2.2 生育期水分亏缺对酿酒葡萄产量构成的影响

由表 3 可知,萌芽期、膨大期进行水分亏缺处理(T1、T2、T5、T6 处理)对单粒质量的影响与 CK 相比差异不显著,而花期进行水分亏缺(T3、T4 处理)则使果实单粒质量显著降低(*P*<0.05),灌水间隔 6~8 d(T3 处理)、10~12 d(T4 处理)分别较 CK 降低 0.20、0.21 g;与 CK 相比,着色期增大灌水间隔进行水分亏缺处理可明显增加果实单粒质量、粒径,尤其是灌水间隔为 6~8 d(T7 处理),其果实单粒质量、粒径相对最大,分别为 2.02 g、14.31 mm;萌芽期、花期、膨大期对葡萄植株增大灌水间隔进行水分亏缺处理,其果实粒径较 CK 有明显降低,对穗长的影响较为明显;T3、T4、T7 处理的葡萄果穗显著长于 CK,T5、T6、T8 处理的葡萄果穗短于 CK,但与 CK 相比差异不显著(*P*>0.05),说明花期、着色期对灌水时间适度控制有助于穗长的增大;与 CK 相比,着色期进行水分亏缺处理(T7、T8 处理)可显著增加葡萄单株产量、产量,T7、T8 处理分别较 CK 增产 18.78%、11.27%,而其他处理均较 CK 有明显降低。

2.3 生育期水分亏缺对酿酒葡萄生育期品质的影响

由表 4 可知,水分亏缺处理对酿酒葡萄果实品质有着明显影响;萌芽期、膨大期增大灌水间隔可显著增加葡萄果实的

表 2 不同生育期水分亏缺对膨大期酿酒葡萄叶片光合特性的影响

处理	净光合速率 [ $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ]	蒸腾速率 [ $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ]	水分利用效率 ( $\mu\text{mol}/\text{mmol}$ )	气孔导度 [ $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ]	胞间 $\text{CO}_2$ 浓度 ( $\mu\text{mol}/\text{mol}$ )
CK	16.66 ± 0.89c	4.46 ± 0.09e	2.74 ± 0.08a	103.91 ± 5.21e	120.25 ± 6.21cd
T1	22.52 ± 1.23a	7.71 ± 0.08b	2.92 ± 0.07b	241.97 ± 12.34c	125.14 ± 5.42cd
T2	16.10 ± 0.74cd	7.41 ± 0.24bc	2.17 ± 0.08d	196.39 ± 8.56cd	142.30 ± 6.28c
T3	17.00 ± 0.45c	6.17 ± 0.58c	2.76 ± 0.05bc	146.40 ± 5.69d	89.91 ± 2.36d
T4	14.25 ± 0.74d	5.43 ± 0.28d	2.62 ± 0.03bc	127.87 ± 6.34e	96.72 ± 4.57d
T5	18.93 ± 0.58b	7.77 ± 0.45b	2.44 ± 0.04d	236.52 ± 10.26c	146.70 ± 6.25c
T6	21.40 ± 0.85ab	8.20 ± 0.24a	2.61 ± 0.08bc	311.61 ± 14.25b	146.30 ± 4.56c
T7	22.50 ± 1.41a	8.36 ± 0.21a	2.69 ± 0.03bc	355.10 ± 23.14ab	156.90 ± 5.76b
T8	18.63 ± 0.62b	8.33 ± 0.16a	2.24 ± 0.18d	401.52 ± 21.03a	176.40 ± 8.64a

表 3 不同生育期水分亏缺对酿酒葡萄生育期生长指标与产量的影响

处理	单粒质量 (g)	粒径 (mm)	穗长 (mm)	单株产量 (kg/株)	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )
CK	1.73 ± 0.41bc	13.62 ± 0.69ab	13.42 ± 2.01c	2.13 ± 0.08b	10 132.35 ± 72.60c
T1	1.64 ± 0.41cd	13.12 ± 1.56ab	12.05 ± 1.41d	1.76 ± 0.08d	8 422.20 ± 189.60e
T2	1.63 ± 0.12cd	12.32 ± 0.78bc	12.83 ± 0.54cd	1.88 ± 0.12cd	8 973.00 ± 159.60d
T3	1.53 ± 0.08d	12.02 ± 1.25c	14.17 ± 1.16ab	1.94 ± 0.13c	9 240.15 ± 57.60cd
T4	1.52 ± 0.11d	11.98 ± 1.29d	14.92 ± 1.02a	1.86 ± 0.12cd	8 880.90 ± 26.10d
T5	1.76 ± 0.13bc	12.56 ± 0.96b	13.38 ± 0.91c	1.89 ± 0.07cd	9 015.90 ± 194.40d
T6	1.67 ± 0.06c	11.78 ± 0.86d	13.17 ± 0.67cd	1.83 ± 0.06cd	8 737.05 ± 111.30d
T7	2.02 ± 0.31a	14.31 ± 0.65a	13.90 ± 0.48b	2.53 ± 0.10a	12 048.60 ± 32.85a
T8	1.82 ± 0.15b	13.15 ± 1.12ab	13.30 ± 0.58c	2.37 ± 0.17ab	11 304.60 ± 48.90b

可溶性固形物含量,着色期增大灌水间隔可使可溶性固形物含量有显著降低;着色期灌水间隔 6 ~ 8 d(T7 处理)时,葡萄可溶性固形物含量相对最高,为 24.31%,膨大期、着色期灌水间隔 10 ~ 12 d(T6、T8 处理)时次之,葡萄可溶性固形物含量为 24.05%,均显著高于 CK( $P < 0.05$ );萌芽期、膨大期、着色期增大灌水间隔可显著降低葡萄果实的可滴定酸含量,其中萌芽期灌水间隔 10 ~ 12 d(T2 处理)、膨大期灌水间隔 6 ~ 8 d(T5 处理)的果实可滴定酸含量相对最小,为 0.59%,显著低于 CK 处理;萌芽期、膨大期、着色期增大灌水间隔可显著降低果实的可溶性糖含量,花期进行水分亏缺处理对果实可溶性糖含量影响差异不显著;膨大期灌水间隔周期 10 ~ 12 d(T6 处理)、着色期灌水间隔周期 6 ~ 8 d(T7 处理)有助于提

高葡萄可溶性固形物含量,增加可溶性糖、总酚、花色苷的积累;花期、膨大期增加灌水间隔周期,可增大葡萄果实单宁含量,萌芽期、着色期增大灌水间隔周期可明显降低果实单宁含量,萌芽期灌水间隔 6 ~ 8 d(处理 T1)的果实单宁含量相对最高,为 23.29 mg/g,显著高于 CK 处理;花期增大灌水间隔可显著增加果实总酚含量,但与 CK 相比差异不显著;膨大期灌水间隔 6 ~ 8 d 处理(T5 处理)的果实总酚含量相对最高,为 16.68 mg/g,显著高于 CK,着色期灌水间隔 6 ~ 8 d 也有利于总酚含量的积累;萌芽期、花期、膨大期增大灌水间隔对花色苷影响不显著,着色期增大灌水间隔可显著增加果实花色苷含量,达到 7.00 mg/g,比 CK 增加 25.0%。

表 4 不同生育期水分亏缺对酿酒葡萄品质的影响

处理	可溶性固形物含量 (%)	可滴定酸含量 (%)	可溶性糖含量 (%)	单宁含量 (mg/g)	总酚含量 (mg/g)	花色苷含量 (mg/g)
CK	23.26 ± 0.85c	0.66 ± 0.01b	14.12 ± 0.12d	20.79 ± 3.21d	15.21 ± 0.26bc	5.60 ± 0.30c
T1	22.04 ± 0.09e	0.70 ± 0.01a	16.32 ± 0.12bc	23.29 ± 1.07a	14.42 ± 0.48d	5.10 ± 0.10d
T2	22.70 ± 0.06d	0.59 ± 0.00d	12.25 ± 1.06e	23.25 ± 4.04a	14.10 ± 0.24d	5.00 ± 0.00d
T3	23.02 ± 0.23c	0.60 ± 0.00cd	16.91 ± 0.49b	22.72 ± 2.06b	14.32 ± 0.24d	5.60 ± 0.10bc
T4	23.20 ± 0.23c	0.64 ± 0.00c	16.35 ± 0.96bc	22.79 ± 3.10b	15.52 ± 0.13bc	5.80 ± 0.10bc
T5	23.08 ± 0.11c	0.59 ± 0.00d	17.26 ± 0.23a	22.95 ± 4.02ab	16.68 ± 0.36a	5.70 ± 0.10bc
T6	24.05 ± 0.07ab	0.57 ± 0.00b	16.68 ± 0.08b	23.18 ± 5.07a	16.10 ± 0.10b	5.80 ± 0.20bc
T7	24.31 ± 0.08a	0.69 ± 0.00a	15.38 ± 0.62c	21.22 ± 2.13c	16.25 ± 0.20ab	6.00 ± 0.20b
T8	24.05 ± 0.12ab	0.62 ± 0.00c	12.74 ± 0.62e	20.99 ± 2.03d	14.52 ± 0.04c	7.00 ± 0.00a

3 结论与讨论

水分是植物进行光合作用的最重要原料之一,当不能及时供给时会抑制植物光合作用的进行,尤其是在增大灌水间

隔的条件下,植物光合作用会显著下降,影响正常生理过程的进行<sup>[16]</sup>。本研究结果表明,当灌水间隔为 10 ~ 12 d 时,酿酒葡萄净光合速率较灌水间隔 6 ~ 8 d 受到抑制、蒸腾速率减缓,水分利用率较低,不利于植株蒸腾作用的进行,这可能是

因为当天气较热时,植物缺水,气孔关闭,叶片净光合速率急剧下降<sup>[17]</sup>,从而抑制光合作用的进行;在灌水间隔为 6~8 d 时,酿酒葡萄的耐旱能力上升,其水分利用效率提高,这与邹原东等的研究结果<sup>[18-19]</sup>基本一致。

影响酿酒葡萄品质的因素有很多,如土壤性状、气象因素、灌水多少、灌水间隔<sup>[20-23]</sup>等,其中灌水间隔对酿酒葡萄品质的好坏起着至关重要的作用,不同生育时期进行水分亏缺处理可明显改善酿酒葡萄的果实品质。酿酒葡萄中含糖量、酚类物质的量是衡量酿酒葡萄品质的重要指标。邓浩亮等研究表明,膨大期增大灌水间隔会降低酿酒葡萄还原糖、单宁、总酚含量,着色期进行水分亏缺可促进酿酒葡萄花青苷和还原糖的积累,分别提高 2.7%、6.6%<sup>[24]</sup>。本试验结果表明,膨大期、花期、着色期进行水分亏缺可不同程度增加可溶性固形物、还原性糖、总酚含量,尤其在膨大期进行中度调亏表现更加明显,这与王开荣等的研究结论<sup>[25]</sup>相近。可溶性糖是植物体内一种重要的具有渗透调节功能的小分子多醇类化合物。本试验中灌水间隔为 6~8 d 时,可溶性糖含量均高于对照处理,但灌水间隔为 10~12 d 时,可溶性糖含量较灌水间隔为 6~8 d 时下降,这与蔡昆争等的研究结论<sup>[26]</sup>吻合。生育期水分亏缺对酿酒葡萄的产量及果粒质量有着至关重要的影响<sup>[27]</sup>。试验结果表明,生育时期灌水间隔不同对酿酒葡萄产量及果粒大小有明显差异,这与 Loveys 等的研究结果<sup>[28]</sup>相似。

总之,对于宁夏回族自治区贺兰山东麓酿酒葡萄赤霞珠而言,着色期灌水间隔为 6~8 d 时可能有利于提升酿酒葡萄的品质,糖酸比、单宁含量分别为 22.3、21.22 mg/g,为一个较适合的值,产量为 12 048.60 kg/hm<sup>2</sup>,相对最高,水分利用率也较好。因此,着色期灌水间隔为 6~8 d、单次灌水量为 162~215 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> 可作为贺兰山东麓酿酒葡萄水分亏缺处理较为合理的一个方案。

#### 参考文献:

- [1] 孙 权,陈 茹,王振平,等. 宁夏贺兰山东麓酿酒葡萄高产栽培的土壤肥力问题与调控途径[J]. 中外葡萄与葡萄酒,2009(9): 69-72.
- [2] 胡博然. 宁夏“贺兰山东麓”葡萄酒香味物质变化规律研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2004:5-9.
- [3] 刘效义,张亚芳,宋长冰,等. “中国的波尔多”初步构想及发展战略[J]. 葡萄栽培与酿酒,1998(1):48-52.
- [4] 江 云,马友华,陈 伟,等. 作物水分利用率的影响因素及其提高途径探讨[J]. 中国农学通报,2007,23(9):269-273.
- [5] 杜 军,沈润泽,马术梅,等. 宁夏贺兰山东麓葡萄滴灌灌溉水肥一体化技术研究[J]. 中国农村水利水电,2013(8):65-69,72.
- [6] 刘团结. 干旱半干旱区水分对酿酒葡萄的影响[J]. 现代农业科技,2013(16):90.
- [7] 孙培博,夏树让. 设施果树栽培技术[M]. 北京:中国农业出版社,2008:78-90.
- [8] 高德凯. 土壤水分和栽培环境对葡萄品质和土壤呼吸的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2016:2-3.
- [9] 李昭楠,李 唯,刘继亮,等. 不同滴灌水量对于干旱荒漠区酿酒葡

- 萄光合及产量的影响[J]. 中国生态农业学报,2011,19(6): 1324-1329.
- [10] 张有富,汪有奎,张爱萍,等. 不同水分处理对温室栽培红地球葡萄果实发育及品质的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒,2010(9): 24-26.
- [11] Medrano H, Escalona J M, Cifre J, et al. A ten-year study on the physiology of two Spanish grapevine cultivars under field conditions: effects of water availability from leaf photosynthesis to grape yield and quality[J]. Functional Plant Biology, 2003, 30(6): 607-619.
- [12] Ojeda H, Deloire A, Carboneau A. Influence of water deficits on grape berry growth[J]. Vitis, 2001, 40(3): 141-145.
- [13] 王国英,李宪松,齐国辉,等. 不同土壤水分调控技术对土壤含水量和鸭梨果实品质的影响[J]. 河北农业大学学报, 2003, 26(1): 24-27.
- [14] 邹 琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业出版社, 2000:56-78.
- [15] 王 华. 葡萄与葡萄酒实验技术操作规范[M]. 西安:西安地图出版社,1999:90-112.
- [16] 卜令铨,张仁和,常 宇,等. 苗期玉米叶片光合特性对水分胁迫的响应[J]. 生态学报,2010,30(5):1184-1191.
- [17] 郭卫华,李 波,黄永梅,等. 不同程度的水分胁迫对中间锦鸡儿幼苗气体交换特征的影响[J]. 生态学报,2004,24(12): 2716-2722.
- [18] 邹原东,韩振芹. 干旱胁迫对葡萄生理特性的影响[J]. 北京农业职业学院学报,2015,29(6):19-25.
- [19] 常永义,吴 红,牛军强. 干旱胁迫对葡萄叶片生理指标的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒,2005(2):11-14.
- [20] 綦 伟,厉恩茂,翟 衡,等. 部分根区干旱对不同砧木嫁接玛瓦西亚葡萄生长的影响[J]. 中国农业科学,2007,40(4):794-799.
- [21] 纪学伟,成自勇,赵 霞,等. 调亏灌溉对荒漠绿洲区滴灌酿酒葡萄产量及品质的影响[J]. 干旱区资源与环境,2015,29(4): 184-188.
- [22] Matthews M A, Anderson M M. Reproductive development in grape (*Vitis vinifera* L.) - responses to seasonal water deficits[J]. American Journal of Enology and Viticulture, 1989, 40(1): 52-59.
- [23] 李 磊,王 锐,纪立东,等. 贺兰山东麓酿酒葡萄“赤霞珠”合理灌水量的研究[J]. 北方园艺,2016(19):17-21.
- [24] 邓浩亮,孔维萍,张恒嘉,等. 不同生育期调亏灌溉对酿酒葡萄耗水及果实品质的影响[J]. 中国生态农业学报,2016,24(9): 1196-1205.
- [25] 王开荣,李世诚,杨天仪,等. 调亏灌溉对大棚葡萄生长与结实的影响[J]. 江苏农业科学,2008(4):140-143.
- [26] 蔡昆争,吴学祝,骆世明,等. 抽穗期不同程度水分胁迫对水稻产量和根叶渗透调节物质的影响[J]. 生态学报,2008,28(12): 6148-6158.
- [27] Bassoi L H, Correia J D, dos Santos A R, et al. Deficit irrigation in grapevine cv. Syrah during two growing seasons in the Brazilian semiarid[J]. Engenharia Agricola, 2015, 35(3): 430-441.
- [28] Loveys B R, Dry P R, Stoll M, et al. Using plant physiology to improve the water use efficiency of horticultural crops[J]. Acta Horticulturae, 2000(537): 187-197.