

## 灌溉管理措施对贺兰山东麓半干旱区酿酒葡萄的影响

李 磊<sup>1</sup>, 纪立东<sup>2</sup>, 王 锐<sup>1</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:**贺兰山东麓酿酒葡萄产区存在的土壤瘠薄、水分利用率低、产量不稳定等问题, 制约着产业的发展。以酿酒葡萄“蛇龙珠”为试材, 通过田间试验和室内分析, 分别设置不同灌溉定额、不同灌溉梯度, 研究不同灌溉管理措施对葡萄生长发育、品质以及光合作用的影响。结果表明: 增加灌溉定额与灌溉频次有利于促进株高、新梢、副梢数的生长以及提高水分有效利用率; 灌溉频次 10 次、灌溉定额  $4\,950\text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$  处理可以有效地改善品质, 而灌溉频次 20 次、灌溉定额  $5\,850\text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$  处理下可溶性糖、总酸、单宁、花色苷含量显著降低; 在酿酒葡萄生长期适当增加灌溉有利于产量和单粒重的增加, 而水分过多会抑制果穗的生长, 灌溉频次 10 次、灌溉定额  $4\,950\text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$  最适宜该地区酿酒葡萄的优质高效栽培。

**关键词:**贺兰山东麓; 酿酒葡萄; 管理措施; 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)12-0007-05

宁夏贺兰山东麓是我国酿酒葡萄最适宜种植区域, 光照充足, 活动积温较大, 为酿酒葡萄生长创造良好条件。但是, 该地区降雨量较少, 水资源有限, 蒸发量大, 实施合理有效灌溉技术对贺兰山东麓酿酒葡萄产区的发展起着重要作用。

在作物生长发育某个阶段, 一定程度的水分胁迫可以增加作物的抗旱能力, 改善作物品质, 提高经济产量, 起到节水、优质、高效的作用<sup>[1]</sup>。限量控灌方式下, 单次灌水量为 20 mm 显著降低酿酒葡萄新梢长度与产量, 而调亏灌溉处理对其产量和果粒大小影响并不大<sup>[2-3]</sup>。通过对设施葡萄的研究发现, 萌芽期适度亏缺、其余生育期充分供水是提高酿酒葡萄产量及水分利用效率最高的调亏模式, 同时节水灌溉处理能降低可滴定酸含量, 显著增加葡萄的可溶性固形物、可溶性糖含量以及花色苷含量, 在一定程度上改善品质, 并且直接或间接地影响到植物的蒸腾速率、胞间  $\text{CO}_2$  浓度、气孔导度和水分利用率<sup>[4-7]</sup>。

在宁夏半干旱区, 水资源短缺制约着酿酒葡萄产业的发展, 该试验主要分析研究了半干旱区酿酒葡萄的水分需求规律, 包括灌溉定额、灌溉频次、灌溉周期, 进而对酿酒葡萄园水分进行综合管理, 建立最适宜灌溉制度, 以达到优质、高产、节水的目的。

## 1 材料与方法

## 1.1 试验地概况

试验地位于宁夏永宁县玉泉营南大滩基地, 属中温带干旱气候区, 光照充足, 昼夜温差大, 有效积温  $1\,500\text{ }^\circ\text{C}$ , 年日照时数为  $2\,800\text{ h}$  以上, 年均温为  $8.8\text{ }^\circ\text{C}$ , 无霜期  $160\sim 170\text{ d}$ , 年均降水量  $180\sim 200\text{ mm}$ 。土壤类型以风沙土为主, 土壤 pH 8.5 左右, 呈碱性, 根区基本物理性状参见表 1。

表 1 根区基本物理性状

Table 1 The basic physical properties of root zone

深度	机械组成 Mechanical composition/%			容重	田间持水量
Depth	砂粒	粉粒	粘粒	Bulk density	Field capacity
/cm	Sand	Silt	Clay	/( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )	/%
0~20	99.27	0.45	0.28	1.48	13.27
20~40	99.45	0.34	0.21	1.45	12.46
40~60	99.61	0.23	0.16	1.48	11.15
60~80	99.69	0.20	0.11	1.51	12.28

## 1.2 试验材料

供试材料为 4 年生酿酒葡萄“蛇龙珠”(‘Cabernet Gemischt’)。

**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:**孙权(1965-), 男, 博士, 教授, 现主要从事干旱区土肥水高效利用等研究工作。E-mail: sqnxu@sina.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:**2016-03-02

## 1.3 试验方法

设置 7 个处理,其具体灌溉定额、频次、周期见表 2,每处理 3 次重复,根据生育期需肥特征确定施肥时期,结合前期研究结果,统一施用滴灌肥  $750 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,滴肥 8 次。

表 2 试验方案设计

Table 2 The design of test project

处理 Treatment	灌溉管理措施 Irrigation management		
	灌溉定额 Irrigation quota/ $(\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2})$	灌溉频率 Irrigation frequency/次	灌溉周期 Irrigation cycle/d
T1	2 550	5	30
T2	3 000	6	30
T3	3 450	7	30
T4	3 900	8	20
T5	4 350	9	15
T6	4 950	10	15
T7	5 850	20	15

## 1.4 项目测定

1.4.1 酿酒葡萄生长指标及产量测定 葡萄整枝前,使用卷尺统一测量株高、新梢长、副梢长,并记录副梢数,用 SPAD-502 型叶绿素仪测量成熟叶片的叶绿素,葡萄收获时采摘成熟叶片求得叶面积,且记录每个处理小区内的葡萄结果数、单株产量折算为每公顷产量。

1.4.2 酿酒葡萄形态指标及品质测定 在酿酒葡萄收获后,随机采集各处理具有代表性果穗,选取适量葡萄粒测定形态指标以及品质。形态指标包括单粒重、粒径、果穗长,粒径用游标卡尺测得横、纵径求得平均值。品质包括可溶性固形物、可溶性糖、单宁、花色苷、总酚、总酸,其中可溶性固形物含量用手持糖量计测定;总酸含量用 NaOH 滴定法测定;可溶性糖含量用蒽酮法测

表 3 灌溉管理措施对酿酒葡萄生长发育的影响

Table 3 Effect of irrigation management on growth and development of wine grapes

处理 Treatment	株高 Plant height/cm	新梢长 Shoots length/cm	副梢长 Axillary shoots length/cm	副梢发生数 Axillary shoots number	叶面积 Leaf area/ $\text{cm}^2$	叶绿素含量 Chlorophyll content/SPAD
T1	135.88±9.26c	77.79±3.42c	31.68±0.52a	12.70±0.20b	108.72±1.84ab	40.13±2.69c
T2	137.21±3.79c	83.49±2.08b	31.90±0.73a	12.63±0.34b	110.88±1.64ab	41.45±1.75ab
T3	132.33±8.61c	76.44±1.63c	31.53±0.79a	12.26±0.63b	116.07±0.88a	40.77±1.40bc
T4	156.45±10.49b	88.62±3.44ab	33.78±1.88a	12.69±0.24b	115.99±5.15a	41.00±0.49b
T5	163.47±9.04ab	91.88±0.51ab	33.20±1.26a	13.10±0.44b	109.01±2.90ab	42.34±1.47ab
T6	166.45±5.82ab	95.69±4.43a	34.73±1.70a	13.61±0.60ab	98.31±2.31c	42.74±1.00a
T7	176.74±11.94a	93.64±0.90a	27.97±0.12b	14.18±0.46a	107.91±0.59b	41.29±3.05ab

## 2.2 灌溉管理措施对酿酒葡萄光合指标的影响

由表 4 可以看出,在酿酒葡萄成熟期,随着灌溉定额、灌溉频次增加以及灌溉周期的减少,净光合速率总体表现出先升高后降低的趋势,T6 最高,为  $15.67 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,与 T5、T7 间无显著性差异。蒸腾速率总体表现出先升高后降低的趋势,T5 最高,为  $5.24 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。水分有效利用率 T3 最高,与其它处理间存在显著性差异,说明该处理下可以充分利用

定;单宁含量用福林—丹尼斯法测定;花色苷含量用 pH 示差法测定;总酚含量用福林—肖卡法测定<sup>[8-9]</sup>。

1.4.3 酿酒葡萄光合指标测定 采用 CI-340 手持光合测量系统测定光合指标,包括净光合速率(Pn)、蒸腾速率(E)、胞间  $\text{CO}_2$  浓度(Int  $\text{CO}_2$ )和气孔导度(C)。测定时间在 9 月 3 日 09:00—11:00,该时间段保证光合有效辐射大于  $900 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,每个处理分别选取发育正常的果穗以上 1~2 节位成熟叶片,并保证该叶片充满叶室,垂直于光照。

## 1.5 数据分析

试验数据以 Excel 2003 软件整理和作图,同时采用 SPSS 17.0 软件进行统计分析,采用邓肯多重极差对不同处理下酿酒葡萄长势、产量及品质进行显著性检验,显著性水平为( $P < 0.05$ )。

## 2 结果与分析

## 2.1 灌溉管理措施对酿酒葡萄生长发育的影响

由表 3 可以看出,随着灌溉次数、灌溉定额的增加和灌溉周期降低,新梢的长度整体呈现增长的趋势,T6 的新梢最长为 95.69 cm,T6 与 T1、T2、T3 间存在显著性差异。说明水分对新梢生长有促进作用,而且在一定的范围内水分越多对新梢生长促进作用越明显;T7 副梢长最短,为 27.97 cm,与其它处理间存在显著性差异,但是副梢数较多,与 T6 无显著性差异,但与其它处理差异显著;较多灌溉定额对株高有一定的促进作用,T7 株高达到 176.74 cm,提高植株的整齐度;频繁干湿交替对叶片发育不利,叶面积反而减小;SPAD 总体呈现上升趋势,T6 最高,与 T1、T3、T4 间存在显著性差异。

水分,减少过多水分损耗。水分在调节气孔导度中起重要作用,气孔导度总体表现出升高趋势,T6 最高,有利于酿酒葡萄叶片对  $\text{CO}_2$  的吸收;胞间  $\text{CO}_2$  浓度总体表现均一,T5 略高,除与 T4 外与其它处理间存在显著性差异。

## 2.3 灌溉管理措施对酿酒葡萄形态指标以及产量的影响

由表 5 可以看出,随灌溉频次、灌溉定额的增加以及灌溉周期的减少,产量出现一定的上升趋势,相比之

下,T6 产量最高,最高达到 5.62 t·hm<sup>-2</sup>,比 T1 增加了 21.12%,表明水分促进果实养分的积累,从而提高葡萄产量;果穗长呈现先增加后降低趋势,T1 果穗长大于其它处理,与 T2、T3 差异性不显著,灌溉定额的增加显著降低果穗长度;在单粒质量方面,整体表现为增加趋势,

T7 单粒质量增长最为明显,为 2.20 g,比 T1、T2 分别提高了 18.27%、17.02%,表明在葡萄生长期适当增加灌溉有利于酿酒葡萄单粒质量的增加;而粒径总体呈现增加趋势,T4、T5、T6、T7 间无显著性差异。

表 4 灌溉管理措施对酿酒葡萄光合作用的影响

Table 4 Effect of irrigation management on photosynthesis of wine grapes

处理 Treatment	净光合速率 Pn /(μmol·m <sup>-2</sup> ·s <sup>-1</sup> )	蒸腾速率 E /(mmol·m <sup>-2</sup> ·s <sup>-1</sup> )	气孔导度 C /(mmol·m <sup>-2</sup> ·s <sup>-1</sup> )	胞间 CO <sub>2</sub> 浓度 Int CO <sub>2</sub> /(mg·kg <sup>-1</sup> )	水分有效利用率 WUE/%
T1	4.68±0.02c	1.55±0.03d	26.18±0.31d	334.15±9.52b	0.30±0.03b
T2	4.76±0.06c	1.80±0.04d	30.25±0.85d	334.41±5.86b	0.26±0.32c
T3	8.69±0.85b	2.57±0.04c	55.98±2.13c	335.12±6.54b	0.34±0.02a
T4	4.99±0.02c	1.86±0.02d	32.39±1.24d	339.65±10.23ab	0.27±0.06c
T5	15.42±1.24a	5.24±0.56a	152.51±4.67a	344.45±12.34a	0.29±0.23bc
T6	15.67±0.85a	4.98±0.23b	155.45±5.23a	328.76±11.23c	0.32±0.05b
T7	13.30±0.46ab	4.27±0.29b	98.10±2.34b	321.67±5.89c	0.31±0.06b

表 5 灌溉管理措施对酿酒葡萄形态指标以及产量的影响

Table 5 Effect of irrigation management on production and morphological indicators of wine grape

处理 Treatment	果穗长 Ear length/cm	单粒质量 Single grain weight/g	粒径 Particle size/mm	产量 Yield/(t·hm <sup>-2</sup> )
T1	14.76±0.17a	1.86±0.06b	9.76±0.35d	4.64±0.12c
T2	14.33±0.2ab	1.88±0.05b	11.66±0.54bc	4.87±0.10bc
T3	14.50±0.11ab	2.09±0.19ab	11.10±0.09c	4.92±0.04bc
T4	13.78±0.2bc	2.13±0.20ab	12.15±0.35ab	5.04±0.19b
T5	13.13±0.17c	2.17±0.20ab	12.17±0.38ab	5.56±0.09a
T6	13.45±0.40c	2.17±0.19ab	12.27±0.29ab	5.62±0.04a
T7	13.03±0.41c	2.20±0.05a	12.89±0.44a	5.50±0.10a

2.4 灌溉管理措施对酿酒葡萄品质的影响

由表 6 可以看出,不同灌溉频次、灌溉定额以及灌溉周期对可溶性固形物影响较大,T5 可溶性固形物为 22.35%,除与 T6 外,与其它处理间存在显著性差异;T6 总酸含量较高,除了与 T5 外,与其它处理差异性显著,T5、T6 糖酸比相对较低;随着灌溉定额、灌溉频次的增加和灌溉周期减少,可溶性糖呈先增大后减小的趋势,增大与减小趋势显著,T6 可溶性糖含量最高,达到

20.70%,比 T1 高出 54.94%;T5 单宁含量最高,与 T6 无显著性差异,但与其它处理间存在显著性差异;灌溉定额、灌溉频次以及灌溉周期对花色苷含量与总酚含量作用较大,总酚随着灌溉定额增加而呈现上升的趋势,各处理总酚含量存在显著性差异,而花色苷呈现降低趋势,适当的水分有利于提高葡萄品质,水分过少、植物生长受阻碍,水分过多、植物徒长,不利于养分累积。

表 6 灌溉管理措施对酿酒葡萄品质的影响

Table 6 Effect of irrigation management on wine grape quality

处理 Treatment	可溶性固形物 Soluble solids/%	可溶性糖 Soluble sugar/%	可滴定酸 Titratable acidity/%	糖酸比 Sugar-acid ratio	总酚 Total phenols/(mg·g <sup>-1</sup> )	花色苷 Anthocyanins/(mg·g <sup>-1</sup> )	单宁 Tannins/(mg·g <sup>-1</sup> )
T1	19.51±0.06d	13.36±0.09d	0.50±0.01c	44.25±0.04a	9.33±0.96d	1.02±0.00a	3.21±0.08bc
T2	21.70±0.05b	14.71±1.06c	0.52±0.00bc	35.75±0.18bc	10.33±1.92cd	0.85±0.01b	3.14±0.03c
T3	21.00±0.23c	16.91±0.49b	0.53±0.00b	37.58±0.74b	12.66±0.96c	0.82±0.01b	3.22±0.06bc
T4	21.20±0.23c	18.27±0.96b	0.55±0.00b	37.81±0.19b	13.67±1.92c	0.72±0.00c	3.02±0.04c
T5	22.35±0.08a	16.48±0.23bc	0.59±0.00a	34.12±0.36d	15.22±1.67bc	0.75±0.00bc	4.32±0.01a
T6	22.05±0.08a	20.70±0.08a	0.60±0.00a	35.10±0.36d	17.83±0.86b	0.60±0.00c	4.26±0.00a
T7	21.05±0.14c	14.38±0.62cd	0.54±0.00b	37.17±0.86c	18.33±0.00a	0.61±0.00c	3.46±0.03b

3 讨论与结论

植株在生长过程中受到干旱胁迫时,其体内会发生一系列生理代谢变化,导致生长状况也随之变化。干旱胁迫对葡萄新梢长度、叶面积、副梢数等指标有抑制作用<sup>[10-11]</sup>。该试验发现,在一定的范围内水分越多对新梢

生长促进作用越明显,这与前人研究一致,可能由于葡萄处于营养生长,对水分胁迫较为敏感,水分不足时细胞膨压降低,其扩张生长过程受到抑制,造成新梢生长减慢。同时,水分充足可以容纳更多的植株生长调节剂和生长营养物质以及诱导生长激素分泌,促进副梢数的

积累,副梢数增多影响营养物质分配,因此副梢长有所降低。较多灌溉定额显著提高株高,对叶面积有一定的抑制作用,适当的灌溉量有助于叶绿素含量积累,提高植株光合作用。

5年生酿酒葡萄的胞间  $\text{CO}_2$  浓度和气孔导度随着灌溉定额的减少而下降,灌溉定额较小的净光合速率比蒸腾速率降低缓慢,使得水分利用率(WUE)提高<sup>[12]</sup>,而该研究发现,灌溉定额  $4\ 350$ 、 $4\ 950\ \text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$  处理显著提高了净光合速率、蒸腾速率以及气孔导度,灌溉定额  $3\ 450\ \text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$  提高了水分利用效率,胞间  $\text{CO}_2$  浓度整体表现随着灌溉定额增加而降低的趋势。主要由于在水分亏缺的情况下,转化光能的色素含量降低,进而影响一系列酶的活性来降低光合速率,随着灌溉定额增大,蒸腾速率加快,植株除了利用有效水分,其余大部分以蒸腾作用散失,气孔导度对蒸腾速率有着直接作用,水分不足情况下,酿酒葡萄叶片中气孔导度下降,通过降低蒸腾作用来减少植物体内水分的散失,保持较高的水分利用率;灌溉定额对胞间  $\text{CO}_2$  浓度的影响主要通过气孔开闭以及叶片光合作用和呼吸作用的影响间接实现的。当叶片含水量充足时,气孔张开,大气中  $\text{CO}_2$  进入叶内,增强叶片光合作用,此时胞间  $\text{CO}_2$  浓度明显降低,但当叶片含水量不足的情况下,胞间  $\text{CO}_2$  浓度迅速增高。

酿酒葡萄果实中可溶性固形物、总酸、糖酸比、单宁、总酚花色苷等是影响品质的主要因子<sup>[13]</sup>。葡萄果实中可溶性固形物含量与灌溉定额之间有密切关系。适当增加灌溉定额有助于提高总酚、可溶性固形物含量,在水分亏缺时,花色苷含量较大<sup>[14-16]</sup>,该研究认为灌溉定额与灌溉频次可以有效改善酿酒葡萄品质,水分对可溶性糖含量有明显的作用,随着灌溉定额与灌溉频次的增加,可溶性糖呈先增大后减小的趋势,增大与减小趋势明显,灌溉频次 10 次、灌溉定额  $4\ 950\ \text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 、灌水周期 15 d 左右处理下可溶性糖含量最高。灌溉定额与灌溉频次对花色苷、总酚含量作用较大,亏缺灌溉花色苷含量最大,灌水充足增加总酚、单宁含量,这与前人相关研究结论基本一致。适当的灌溉有利于提高葡萄品质,同时,果实膨大期应该及时控水,后期水分影响糖分积累,更为严重会造成裂果现象。灌溉定额  $4\ 950\ \text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$  处理显著提高产量,说明水分促进果实

养分的积累,从而提高葡萄产量,在葡萄生长期适当灌溉有利于植株单粒质量与粒径的增加,水分对果穗的紧凑度有一定的促进作用,同时向果实中输送的同化物较多,增加了果实营养物质的积累。

不同灌溉定额、灌溉周期与灌溉频次对作物的各项指标的影响各不相同。综合生长指标、生理指标、产量、品质等方面指标, T6 为最佳处理,即灌溉频次 10 次、灌溉定额  $4\ 950\ \text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 、灌水间隔 15 d 左右为最适宜灌溉制度,值得在实践中推广。

### 参考文献

- [1] 张修宇,潘建波,李斌. 调亏灌溉节水增产效应影响因素的研究进展[J]. 华北水利水电学院学报, 2006, 27(4): 45-48.
- [2] 王守卿,董晓颖,李培环,等. 限量控制灌溉对酿酒葡萄生长发育的影响[J]. 灌溉排水学报, 2007, 26(4): 94-96.
- [3] 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.
- [4] 张芮,成自勇,李毅,等. 小管出流亏缺灌溉对设施延后栽培葡萄产量与品质的影响[J]. 农业工程学报, 2012(20): 108-113.
- [5] 张振文,李华,宋长冰. 节水灌溉对葡萄及葡萄酒质量的影响[J]. 园艺学报, 2002, 29(6): 515-518.
- [6] MITCHELL P D, JERIE P H, CHALMERS D J. The effects of regulated water deficits on pear tree growth, flowering, fruit growth, and yield[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1984, 109(5): 604-606.
- [7] MEDRANO H, ESCALONAA J M, FLEXASA J. 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.
- [8] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [9] 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.
- [10] 蔡伟,厉恩茂,翟衡,等. 部分根区干旱对不同砧木嫁接玛瓦斯亚葡萄生长的影响[J]. 中国农业科学, 2007, 40(4): 794-799.
- [11] 李洪艳. 土壤水分对葡萄植株生长发育的影响[D]. 上海: 上海交通大学, 2009.
- [12] 李昭楠,李唯,刘继亮,等. 不同滴灌定额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.
- [13] 贺普超. 葡萄学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.
- [14] 黄学春,李映龙,单守明,等. 调亏灌溉对“蛇龙珠”葡萄果实生长发育和品质的影响[J]. 北方园艺, 2013(23): 23-26.
- [15] 王正义,王玉平. 灌溉定额对酿酒葡萄生长和品质的影响[J]. 北方园艺, 2014(6): 39-41.
- [16] 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.

## Effect of Irrigation Management on Wine Grapes in the Eastern Foot of Helan Mountain Area

LI Lei<sup>1</sup>, JI Lidong<sup>2</sup>, WANG Rui<sup>1</sup>, SUN Quan<sup>1,3</sup>, XU Xiaorui<sup>1</sup>, JIANG Peng<sup>1</sup>

(1. Agricultural College, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021; 2. Institute of Agricultural Resources and Environment, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Yinchuan, Ningxia 750002; 3. Grape and Wine Engineering Center of Education Ministry, Yinchuan, Ningxia 750021)

# 基于作物水分亏缺指数的云南葡萄 干旱状况时空差异分析

李雅善<sup>1</sup>, 王波<sup>1</sup>, 杨云源<sup>2</sup>, 徐成东<sup>1</sup>, 王振吉<sup>1</sup>, 范树国<sup>1</sup>

(1. 楚雄师范学院 化学与生命科学学院, 云南 楚雄 675000; 2. 楚雄师范学院 地理科学与旅游管理学院, 云南 楚雄 675000)

**摘要:**选取云南省4个代表性葡萄产区,以1982—2011年30年间的气象资料为基础,利用FAO推荐的Penman-Monteith方法及其提供的基础作物系数计算作物需水量,结合生育期内降雨量计算作物水分亏缺指数(CWDI)并对其进行分析;利用线性倾向估计方法对不同生育阶段内CWDI的年际变化趋势进行了研究;结合农业干旱等级,对葡萄不同生育阶段不同程度干旱发生频率进行了统计和分析,以研究云南葡萄产区的干旱时空分布特征。结果表明:4个产区的CWDI走势均呈倾斜的“Z”型,且宾川、元谋、弥勒3个地区5月中旬以前CWDI值均较高,葡萄生长中期CWDI值较低;4个地区葡萄生长末期的CWDI值呈上升趋势,而其它时段大部分呈下降趋势,但升降趋势大多不显著;生长前期的特旱发生频率较高,生长中后期不同干旱程度发生频率均较低。

**关键词:**云南;葡萄;作物需水量;作物水分亏缺指数;干旱频率

**中图分类号:**S 663.107<sup>+</sup>.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)12-0011-05

云南省气候多样,立体气候明显,光热资源充足,冬季无需埋土防寒,具有栽培葡萄的独特优势。云南省干热区是全国葡萄成熟最早的区域,露地栽培的鲜食葡萄比北方产区早成熟2~4个月<sup>[1]</sup>;以迪庆高原产区和干热

河谷产区为代表的云南高原特色酿酒葡萄栽培已初具规模,所酿葡萄酒屡获国内外大奖<sup>[2]</sup>。目前,云南省的葡萄种植面积多达3.3万hm<sup>2</sup>,其中鲜食葡萄3万hm<sup>2</sup>,酿酒葡萄333.3hm<sup>2</sup>;总产量为91万t,其中鲜食葡萄86万t,酿酒葡萄5万t,总产值约135亿元<sup>[3]</sup>。尽管葡萄产业发展势头强劲,成绩喜人,但是自20世纪90年代开始,云南旱灾频发、影响范围广、持续时间长、灾害损失重,尤其是2010年所发生的百年一遇的特大干旱为历史罕见,对葡萄产业的发展产生了巨大的负面影响<sup>[4-5]</sup>。因此,研究云南葡萄产区干旱发生规律对葡萄产业的发展具有重要的意义。

目前用于分析农业干旱的指标较多,有降雨量、土

**第一作者简介:**李雅善(1987-),男,河南鲁山人,硕士,助教,现主要从事葡萄生理生态等研究工作。E-mail:liyashan@cxtc.edu.cn。  
**基金项目:**云南省高校特色植物资源研究与开发科技创新团队支持计划资助项目(IRTSTYN);云南省省级重点学科建设“生物学”和楚雄师范学院校级重点学科建设“生物学”资助项目(05YJJSXK03);云南省高校应用生物学重点实验室基地建设资助项目;楚雄师范学院学术后备人才资助项目(14XJRC21)。

**收稿日期:**2016-02-14

**Abstract:** Wine grape production areas exist many questions, such as soil barren, low utilization rate of water, unstable production restricts the development of industry in the eastern foot of Helan Mountain. Through field experiment and laboratory analysis, different irrigation quota, different irrigation gradient were set to study the influence of regulated irrigation on the growth and development of wine grape ('Cabernet Gemischt'), as well as quality and photosynthesis. The results showed that, the increase of irrigation quota and irrigation frequency could promote plant height, shoots length, deputy shoot number and increase the number of effective utilization of water, watered 10 times, irrigation water with 4 950 m<sup>3</sup> · hm<sup>-2</sup> could improve the quality effectively, but watered 20 times, irrigation water with 5 850 m<sup>3</sup> · hm<sup>-2</sup> reduced the soluble sugar, total acid, tannins, anthocyanins significantly. Increasing irrigation was helpful for production and single grain weight increased in the growing period of wine grape. Instead, too much water would restrain the growth of the ear. Watered 10 times, irrigation water with 4 950 m<sup>3</sup> · hm<sup>-2</sup> was suitable for the region's high quality wine grape cultivation.

**Keywords:** eastern foot of Helan Mountain; wine grape; management; fruit quality; production