

# 半干旱区酿酒葡萄合理灌水周期的研究

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:**以贺兰山东麓酿酒葡萄主栽品种“赤霞珠”为试材,研究了滴灌条件下灌水周期对酿酒葡萄生长发育、产量及品质的影响,以及不同灌水周期下土壤水分动态变化。结果表明:灌水周期为 8 d 处理显著提高新梢长和 SPAD 值,而灌水周期为 6 d 处理促进养分积累,产量相比灌水周期为 4 d 处理增产 29.65%,同时该处理降低总酸、单宁含量,总酚较高;不同灌水周期下土壤水分运移规律明显,侧渗区域主要集中在 20~50 cm 根区活动范围。

**关键词:**贺兰山东麓;酿酒葡萄;滴灌;灌水周期;水分

**中图分类号:**S 663.107<sup>+</sup>.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)24-0001-05

贺兰山东麓拥有独特的地理位置、气候类型以及灌溉条件便利优势,同时该地区土壤类型适合大面积酿酒葡萄优质栽培,不与粮食作物争地,因此被认为是我国发展酿酒葡萄的最佳种植生态区<sup>[1]</sup>。然而该地区常年干旱少雨,年均蒸发量为降雨量的 8 倍左右,供需矛盾日益突出,长期以来,该地区葡萄种植均采用黄河水漫灌,水资源浪费严重<sup>[2]</sup>。因此研究认为运用滴灌技术可以最大限度减少多余水分损耗,同时提高水分有效利用率,积累更多营养物质。

酿酒葡萄园区存在土壤贫瘠、持水能力较差、水分供应往往与适应酿酒葡萄生长发育的水分需求规律不一致等瓶颈问题,因此掌握合理灌水周期显得尤为重要。酿酒葡萄不同生育期对水分需要有很大差异,萌芽期适当水分有利于葡萄营养物质积累,适度胁迫抑制新梢生长<sup>[3-4]</sup>,随着灌水周期加大,适度干旱逆境提高了可溶性糖和花色苷含量,产量有一定的下降趋势<sup>[5-8]</sup>,因此,实施有效灌水周期对产业园区酿酒葡萄优质高产的发展起着关键作用。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验于 2015 年 4 月在宁夏永宁县玉泉营葡萄基地

**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:**2016-07-19

进行,该基地隶属宁夏农垦集团国营农场,温带大陆性半干旱气候,年均气温 8.8℃,昼夜温差大,有利于酿酒葡萄色素沉淀与糖分积累,年均降水量在 188~200 mm,但东有引黄灌区横穿而过,灌溉条件相对便利,全年日照时数在 2 800 h 以上,是全国光照充足地区之一。试验区土壤类型为干旱土土纲,灰钙土土类,淡灰钙土亚类,葡萄根系主要分布在 0~80 cm 内,表层土壤容重为 1.42 g·cm<sup>-3</sup>,60 cm 以下容重达到 1.5 g·cm<sup>-3</sup>,限制葡萄根系生长,田间持水量基本保持在 15.80% 左右。

### 1.2 试验材料

供试材料为当地主栽酿酒葡萄品种“赤霞珠”(4 年生)。

### 1.3 试验方法

采用单因素随机区组设计,统一水肥一体化管理,小区面积 240 m<sup>2</sup>,重复 3 次,设置 4 个不同灌溉周期,即灌水周期 4、6、8、10 d,分别用 T1、T2、T3、T4 表示。灌溉用水为抽取地下水,灌水量通过水表控制;施用滴灌肥 750 kg·hm<sup>-2</sup>,根据生育期需肥特征确定施肥时期,结合前期研究结果,滴肥 8 次,除去春、冬灌水 1 500 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup> 外,具体灌水参见表 1。

表 1 试验设计

Table 1 The design of test

处理 Treatment	灌水量 Irrigation water amount /(m <sup>3</sup> ·hm <sup>-2</sup> )	灌水周期 Irrigation cycle /d	灌水频次 Irrigation frequency	单次灌水量 Single irrigation quota /(m <sup>3</sup> ·hm <sup>-2</sup> )
T1	5 250	4	30	175.0
T2	5 250	6	20	262.5
T3	5 250	8	15	350.0
T4	5 250	10	12	437.5

#### 1.4 项目测定

1.4.1 土壤物理指标测定 采用常规分析方法,环刀法测定容重和田间持水量<sup>[9]</sup>,利用德国 TDR 水分仪测土壤含水量。

1.4.2 酿酒葡萄生长指标及产量测定 酿酒葡萄修剪外形前,用卷尺测量新梢长,SPAD-502 型叶绿素仪测量成熟叶片的叶绿素以及实验室内测定叶柄中全氮、全磷、全钾含量,全氮含量用消煮蒸馏法测定,全磷含量用钒钼黄比色法测定,全钾含量用火焰光度计法测定<sup>[10]</sup>,葡萄收获时记录每个处理小区内的葡萄结果数、单株产量折算为 667 m<sup>2</sup> 产量。

1.4.3 酿酒葡萄形态指标及品质测定 在酿酒葡萄采摘后随机采集各个处理 10 串具有代表性果穗上的 30 果葡萄测定形态指标以及品质。形态指标包括单果质量、粒径、果穗长,采用天平、游标卡尺、直尺测定;品质指标包括可溶性固形物、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(以酒石酸计)用 NaOH 滴定法测定;可溶性糖含量用蒽酮法测定;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>[11-12]</sup>。

#### 1.5 数据分析

试验数据以 Excel 2003 软件整理数据和作图,同时采用 SPSS 17.0 软件进行统计分析,对相关性指标进行显著性检验( $P < 0.05$ ,  $n = 5$ )。

### 2 结果与分析

#### 2.1 灌水周期对酿酒葡萄新梢长与 SPAD 值的影响

由图 1 可以看出,初果期增大灌水间隔可增加新梢长,T3 新梢长最高达到 89.84 cm,相比 T1、T2 分别增加了 21.77%、13.61%,T4 显著降低了新梢生长,表明在营养生长时期适度延长灌水间隔,顶端生长优势较强,而灌水周期 10 d 间隔过长,水分不足已胁迫植株正常生长,同时灌水间隔太少,反而会造成水分的大量无效蒸发,而不利于植株的营养生长。由图 2 可以看出,随着

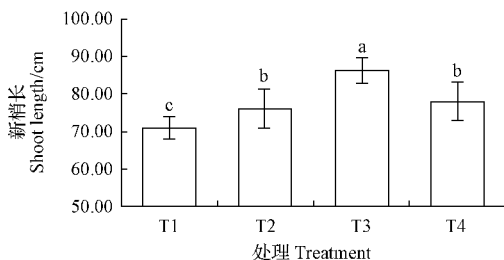


图 1 灌水周期对酿酒葡萄初果期新梢长的影响

Fig. 1 Effect of irrigation cycle on shoot length of wine grape at primary fruit period

酿酒葡萄生育期的延长,灌水周期增大,SPAD 值也发生着相应的变化,膨大期相比初果期叶绿素含量呈增加趋势,T3 显著提高 SPAD 值,相比 T1、T2、T4 分别增加了 6.12%、4.02%、3.90%。表明膨大期酿酒葡萄树体对营养物质和水分的吸收迅速,叶片合成产物增加,另外适度控水能够改善叶片发育程度。

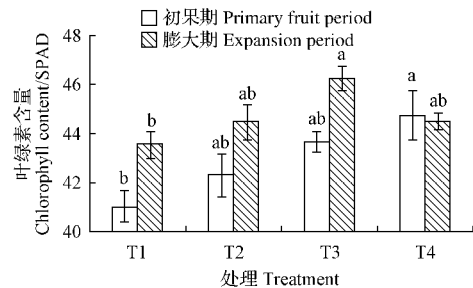


图 2 灌水周期对酿酒葡萄 SPAD 值的影响

Fig. 2 Effect of irrigation cycle on SPAD value of wine grape between primary fruit period and expansion period

#### 2.2 灌水周期对成熟酿酒葡萄叶柄养分的影响

由图 3 可以看出,叶柄养分含量能够很好地指示葡萄的营养状况,T3、T4 显著降低叶柄全氮含量,相比 T2 分别降低了 24.04%、12.06%,但是对全磷有促进吸收作用,T3 最大含量为 5.13 g · kg<sup>-1</sup>,全钾含量维持在 9~10 g · kg<sup>-1</sup>,各处理间无显著性差异,表明适当灌水周期有利于葡萄养分运输,增加干物质积累。

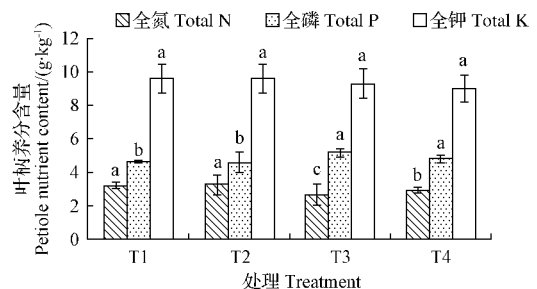


图 3 灌水周期对成熟酿酒葡萄叶柄养分的影响

Fig. 3 Effect of irrigation cycle on petiole nutrient content of mature wine grape

#### 2.3 灌水周期对酿酒葡萄形态指标与产量的影响

由表 3 可以看出,不同灌水周期下果实发育形态指标与产量差异显著,T2 显著增加单果质量,相比 T4 增加了 12.92%,与 T1、T3 间无显著性差异,同时该处理降低粒径;灌水周期对果穗长无显著性影响;T2 产量最大,与其它处理间均存在显著性差异,相比 T1、T3、T4 增产 29.65%、12.54%、26.06%,增产效果明显,说明适当的灌水周期有利于协调生殖生长与营养生长关系,促进更多养分向果实中输送。

表 3 灌水周期对酿酒葡萄形态指标与产量的影响

Table 3 Effect of irrigation cycle on shape index and yield of wine grape

处理 Treatment	单果质量 Single fruit weight /g	粒径 Particle size /mm	果穗长 Ear length /cm	产量 Yield /(t·hm <sup>-2</sup> )
T1	1.89±0.06ab	12.24±0.59b	14.10±0.23a	9.14±0.47c
T2	2.01±0.36a	12.75±0.84b	13.56±0.78a	11.85±0.32a
T3	1.95±0.25ab	13.45±1.04a	13.36±1.08a	10.53±0.85b
T4	1.78±0.25b	12.26±0.63b	13.89±1.56a	9.40±0.78c

表 4

灌水周期对酿酒葡萄品质的影响

Table 4 Effect of irrigation cycle on quality of wine grape

处理 Treatment	可溶性固形物含量 Soluble solids content/%	可滴定酸含量 Titratable acidity content/%	可溶性糖含量 Soluble sugar content/%	总酚含量 Total phenols content /(mg·g <sup>-1</sup> )	单宁含量 Tannins content /(mg·g <sup>-1</sup> )	花色苷含量 Anthocyanins content /(mg·g <sup>-1</sup> )
T1	23.16±0.68a	0.67±0.01a	14.23±1.23b	10.49±0.29b	29.81±0.31b	0.29±0.01c
T2	24.20±0.11a	0.58±0.02c	14.56±1.01b	11.27±0.28a	28.52±0.21b	0.31±0.02b
T3	23.46±0.32a	0.60±0.00b	15.64±1.94a	9.00±0.13c	34.42±0.11a	0.49±0.03a
T4	23.33±0.21a	0.65±0.01ab	14.43±1.23b	9.36±0.23c	36.52±0.02a	0.53±0.02a

质,以 T2 为宜。

## 2.5 灌水周期处理下土壤水分变化规律

由图 4 可知,灌水周期 4 d 土壤水分动态表现有规律变化,灌水前 1 d 土壤次层含水量高于表层,主要由于蒸腾作用表层水分散失较为严重,灌水之后,表层含水量达到 12% 左右,随着水分下渗表现为次层含水量较高,更深层次下渗则含水量逐渐降低,过多的水分可直接被植株吸收利用,灌水后 4 d 土壤水分平均保持在 9% 左右,相当于田间持水量的 58%,达到灌水下限。

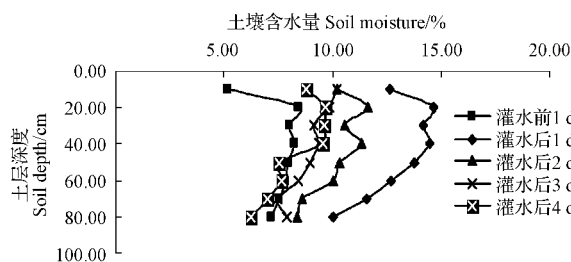


图 4 灌水周期 4 d 土壤水分动态变化

Fig. 4 Dynamic changes of soil moisture in 4 days of irrigation cycle

由图 5 可以看出,灌水周期 6 d 土壤水分在总体表现为随着土层深度水分降低趋势,灌水前 1 d 土壤含水量平均只有 8% 左右,相当于田间持水量的 50%,需要及时灌水;灌溉当天土壤水分下渗明显,表现为逐层下渗水分减少,0~40 cm 层含水量在灌水后 6 d 保持 8% 左右,予以适当的水分亏缺,这样有利于根系充分吸收营养物质,更好的促进植株生长。

图 6 表明,灌水周期 8 d 内土壤水分在各土层变化明显,灌水前 1 d 土壤含水量平均只有 6% 左右,相当于

## 2.4 灌水周期对酿酒葡萄品质的影响

由表 4 可知,灌水周期对酿酒葡萄可溶性固形物含量影响不大,基本维持在恒定范围内,T2 显著降低可滴定酸含量,相比 T1 降低了 13.43%,这有利于葡萄酒的酿制,T3 增加了可溶性糖含量。随着灌水周期的加大,总酚含量表现为下降趋势,对花色苷含量有一定的促进作用,T4 处理的花色苷含量最大,相比 T1、T2、T3 增加了 82.76%、70.97%、8.16%。单宁含量随着灌水周期延长呈现增加趋势,T3、T4 含量较高,显著高于 T1、T2,由此可见,适宜的灌水周期能够改善酿酒葡萄的果实品质。

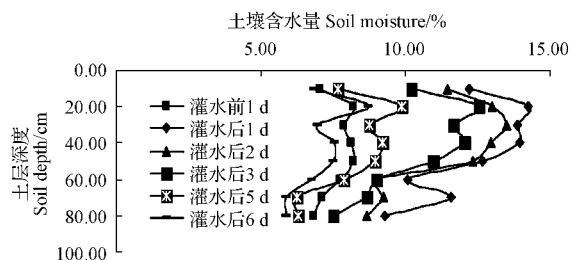


图 5 灌水周期 6 d 土壤水分动态变化

Fig. 5 Dynamic changes of soil moisture in 6 days of irrigation cycle

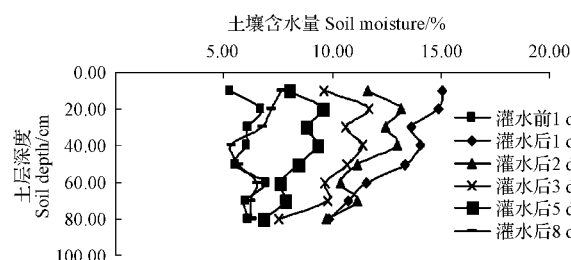


图 6 灌水周期 8 d 土壤水分动态变化

Fig. 6 Dynamic changes of soil moisture in 8 days of irrigation cycle

田间持水量的 37%,达到灌水下限,需要灌水;灌水后土壤水分分布明显,表现为含水量随着土层深度增加而逐渐降低,主要是由于下渗过程中水分迁移与蒸腾以及植株根系的吸收作用。灌水后 8 d 土壤水分接近灌水前土壤含水量,达到灌水下限,需要进行下一轮灌水来补充植株生长所需要的水分。

由图 7 可以看出,灌水周期 10 d 内土壤水分在各土

层变化明显较大,土壤含水量平均只有4%左右,相当于田间持水量的24%,达到灌水下限,需要及时灌溉。灌溉后1 d土壤水分下渗明显,集中分布到40~60 cm深度,0~50 cm土层含水量达到14%左右,60~80 cm土层含水量相对较少。灌水3 d后,含水量减小较缓慢,水分继续渗或侧渗而再分布,随着蒸发和蒸腾的共同作用使得含水量逐渐降低,灌水10 d后土壤水分已经降低到接近灌水前土壤含水量,应及时补水。

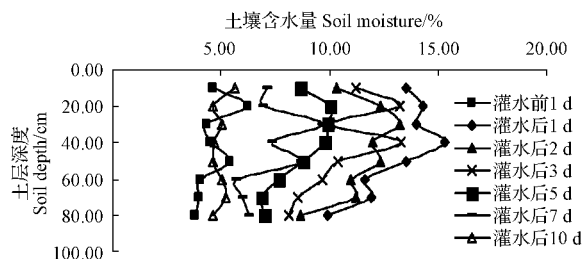


图7 灌水周期10 d土壤水分动态变化

Fig. 7 Dynamic changes of soil moisture in 10 days of irrigation cycle

### 3 讨论与结论

不同的灌水周期对酿酒葡萄各项指标影响不同,在灌水量一定的条件下,灌水周期4 d处理下土壤水分维持在一个较高的水平,周期过短导致水分不能被充分利用,造成水资源浪费。当灌水周期为6 d时发生轻度亏缺,0~40 cm水分保持在8%左右,不影响植株健康生长,40 cm以下水分逐渐降低,已达到灌水下限。当灌水周期延长至10 d下层含水量仅有5%左右,很难供给根部生长需要。适当的灌水周期能协调葡萄植株的营养生长和生殖生长的关系,灌水周期8 d促进膨大期葡萄新梢生长,增加叶片叶绿素的积累,当灌水周期为10 d时降低新梢以及叶绿素含量,这与前人研究结果基本一致<sup>[13-14]</sup>。

叶柄的营养水平是人们常用来评价葡萄果实营养水平高低的指标之一<sup>[15]</sup>,灌水周期6 d利于叶柄氮素积累,延长灌水周期更利于叶柄磷素的积累。灌水周期6 d

能够促进葡萄果实发育,达到最高产量 $11.85 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,果实可溶性固形物含量达到24.20%,同时降低可滴定酸、单宁含量,并且提高总酚含量,优化品质,这与王永杰等<sup>[16]</sup>研究结果相似。综合分析,灌水周期6 d是较适宜的灌水周期,水分得到了合理分配与有效利用,能够达到较好的高产优质的效果,应作为贺兰山东麓4年生酿酒葡萄的合理灌溉周期。

### 参考文献

- [1] 陈卫平,周涛,王国珍,等. 贺兰山东麓酿酒葡萄优质高效栽培技术[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2005(1): 23-24.
- [2] 王锐,孙权,郭洁,等. 贺兰山东麓砂质酿酒葡萄园土壤水分分布研究[J]. 灌溉排水学报, 2013, 32(1): 69-73.
- [3] 张大鹏,罗国光. 不同时期水分胁迫对葡萄果实生长发育的影响[J]. 园艺学报, 1992, 19(4): 296-300.
- [4] 蔡伟,翟衡,厉恩茂,等. 部分根区干旱对不同砧木嫁接葡萄光合作用的影响[J]. 园艺学报, 2007, 34(5): 1081-1086.
- [5] 杨阿利. 设施葡萄延迟栽培调亏滴灌试验研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2011.
- [6] 王利军. 酿造葡萄赤霞珠滴灌节水栽培技术研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2010.
- [7] 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.
- [8] 孙伟. 调亏灌溉(RDD)和简约化叶幕管理对酿酒葡萄生长及果实品质的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2012.
- [9] 孙权,何振立,纪立东. 侵蚀退化生态系统恢复的土壤质量指标[J]. 宁夏农学院学报, 2004(2): 15-20.
- [10] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [11] 陈建勋. 植物生理学实验指导[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2002.
- [12] 杨夫臣,吴江,程建徽,等. 葡萄果皮花色素的提取及其理化性质[J]. 果树学报, 2007, 24(3): 287-292.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 王永杰,张江辉,王全九,等. 极端干旱区灌水周期对滴灌葡萄土壤含水率的影响研究[J]. 新疆水利, 2012(5): 1-4.

## Study on Wine Grape of Reasonable Irrigation Cycle in the Semi-arid

LI Lei<sup>1</sup>, WANG Rui<sup>1</sup>, JI Lidong<sup>2</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)

**Abstract:** Main cultivar of wine grape 'Cabernet Sauvignon' were taken as experimental materials at the eastern foot of Helan Mountain, the effect of irrigation cycle on the growth, development, yield and quality of wine grape under drip irrigation were studied, as well as the dynamic changes of soil moisture under different irrigation cycle. The results showed that, irrigation cycle with 8 days increased shoot length and SPAD value significantly, irrigation cycle with 6 days

# 红树莓果实成熟期叶片早衰与矿质元素含量的关系

刘海鹏<sup>1</sup>, 郭芳<sup>1</sup>, 李保国<sup>1</sup>, 张雪梅<sup>1</sup>, 齐国辉<sup>1</sup>, 李迎超<sup>2</sup>

(1. 河北农业大学 林学院, 河北 保定 071000; 2. 中国林业科学院, 北京 100089)

**摘 要:**以双季红树莓‘海尔特兹’为试材, 采取田间随机取样法, 对比研究了不同时期叶片中主要矿质元素的含量变化, 以探索红树莓果实成熟期影响叶片早衰的因素, 制定相应的调控措施。结果表明: 果实成熟初期、盛期和末期, 正常和早衰植株上部叶片的全 N 含量分别为 22.85、21.74、20.47 mg·g<sup>-1</sup> 和 21.43、19.26、17.35 mg·g<sup>-1</sup>, 差异显著; 正常和早衰植株中部叶片在果实成熟初期、盛期, 全氮(N)含量分别为 24.50、23.32 mg·g<sup>-1</sup> 和 20.71、19.12 mg·g<sup>-1</sup>, 差异显著。果实成熟初期、盛期和末期, 正常和早衰植株上部叶片全磷(P)含量分别为 1.20、1.13、1.13 mg·g<sup>-1</sup> 和 1.05、1.01、0.96 mg·g<sup>-1</sup>, 差异显著。果实成熟初期和盛期, 正常和早衰植株上部叶片全镁(Mg)含量分别为 9.38、10.01 mg·g<sup>-1</sup> 和 8.26、7.90 mg·g<sup>-1</sup>, 差异显著; 正常和早衰植株中部叶片果实成熟盛期、末期, 全 Mg 含量分别为 10.02、11.54 mg·g<sup>-1</sup> 和 8.20、8.91 mg·g<sup>-1</sup>, 差异显著; 正常和早衰植株下部叶片在果实成熟初期和盛期, 全 Mg 含量分别为 10.41、11.06 mg·g<sup>-1</sup> 和 9.11、9.30 mg·g<sup>-1</sup>, 差异显著。果实成熟初期和盛期, 正常和早衰植株上部叶片全铁(Fe)含量分别为 558.41、1 198.22 μg·g<sup>-1</sup> 和 314.94、454.09 μg·g<sup>-1</sup>, 差异显著; 正常和早衰下部叶片在果实成熟初期、盛期和末期, 全 Fe 含量分别为 1 343.82、1 561.57、2 011.20 μg·g<sup>-1</sup> 和 909.03、1 139.30、1 559.66 μg·g<sup>-1</sup>, 差异极显著。

**关键词:**红树莓; 早衰; 植物营养; 矿质元素

**中图分类号:**S 663.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)24-0005-05

红树莓(*Rubus idaeus* L.) 属蔷薇科(Rosaceae)悬钩子属(*Rubus* spp.) 多年生落叶灌木, 俗称托盘、山莓果、悬钩子, 中草药称其为覆盆子<sup>[1]</sup>。红树莓是风靡当今世界的第三代保健水果中的佼佼者, 营养丰富, 含有树莓酮、水杨酸、花青素、鞣花酸<sup>[2-3]</sup>, 深受人们喜爱。红树莓双季莓品种‘海尔特兹’表现优良, 在华北地区迅速推广, 但在结果期部分植株上出现叶片早衰的现象, 严重影响果实产量和品质。对于红树莓叶片早衰发生

的原因, 鲜见前人报道。为此, 2015 年在河北省南和县河北至高点农业科技有限公司的生产基地, 对红树莓叶片早衰与叶片矿质元素含量的关系进行了初步探讨。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地为河北至高点农业科技有限公司树莓示范基地。该地位于河北省邢台市东侧近郊的南和县贾宋镇南师村, 距市区 10 km, 属于太行山山前平原和冀南冲积平原交接地带, 地势平坦, 海拔 33~50 m, 年平均气温 12~14 ℃, 无霜期 196 d。年平均降水量为 530 mm。土壤质地为沙壤土, pH 7.5。

### 1.2 试验材料

供试材料为 2015 年 4 月 5 日栽植的双季红树莓‘海

**第一作者简介:**刘海鹏(1991-), 男, 河北邯郸人, 硕士研究生, 研究方向为经济林栽培生理。E-mail: 214619800@qq.com.

**责任作者:**李保国(1958-), 男, 河北武邑人, 博士, 教授, 博士生导师, 现主要从事经济林栽培生理等研究工作。E-mail: lbg888@163.com.

**基金项目:**河北省十二五科技支撑资助项目(16226806D)。

**收稿日期:**2016-07-21

increased nutrient accumulation and yield increased by 29.65% compared with the irrigation cycle of 4 days, at the same time, the contents of total acid and tannin decreased, and the content of total phenols was higher. The law of soil water movement was obvious under different irrigation cycle, the lateral infiltration area was mainly concentrated in the 20-50 cm of activity range by root zone.

**Keywords:** eastern foot of Helan Mountain; wine grape; drip irrigation; irrigation cycle; moisture