

# 不同灌水量对风沙土葡萄园土壤全磷、速效磷淋洗作用的影响

董业雯, 田晓燕, 裴 帅, 王振平

(宁夏大学 农学院, 宁夏 银川 750021)

**摘 要:**针对宁夏贺兰山东麓地区风沙土中的养分含量较低且容易随水分流失等问题, 采用大田试验和小水流自流微灌带, 研究灌水量每 667 m<sup>2</sup> 为 177、211、244、277 m<sup>3</sup> 4 个不同梯度处理对风沙土 0~80 cm 土壤全磷、速效磷含量的影响。结果表明:全磷、速效磷集中分布在 0~40 cm 土壤, 随土层深度增加逐渐减少, 深层土壤磷素含量极低;灌水使得土壤的全磷、速效磷含量空间分布发生变化, 表层土壤磷元素会被淋洗到深层土壤;在不同灌水量条件下, 灌水量越大, 表层土壤被淋洗到下层磷元素越多, 且会被淋洗到越深层次土层中;灌水量为 244 m<sup>3</sup> 处理最优。

**关键词:**灌水量;土壤;全磷;速效磷;淋洗

**中图分类号:**S 663.106<sup>+</sup>.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)13-0063-06

土壤是果树栽培的基础, 土壤磷素是重要营养元素, 影响果树产量和果实品质, 土壤全磷的积累能够提高土壤磷的供应能力, 从而维持土壤磷素水平, 是作物高产优质的基础<sup>[1]</sup>。速效磷是指在短期内(当季作物)土壤能供给作物吸收利用的磷素, 能反映土壤磷素的供应水平<sup>[2-3]</sup>。磷肥施入土壤后, 主要以水溶性形态存在于土壤溶液中, 而分布于土层中的磷元素相对较少, 施肥后水分管理不当就会造成养分的流失<sup>[4]</sup>。贺兰山东麓种植酿酒葡萄的土壤多为风沙土, 疏松透气, 但肥水流失严重, 养分供应能力差, 营养元素常处于亏缺状态, 不利于酿酒葡萄的生产<sup>[5]</sup>。

水分影响植物生存和生长发育, 宁夏贺兰山

东麓属于半干旱荒漠区, 其灌溉主要依赖于黄河水和地下水<sup>[6]</sup>, 灌溉方式多为漫灌, 水分利用率低, 对土壤营养元素淋洗严重。小水流自流微灌作为干旱地区普遍采用的节水灌溉技术, 成为旱区提高作物产量和品质的必然选择。

目前, 葡萄节水灌溉的研究大部分集中于葡萄的需水规律和水分胁迫方面, 对土壤磷素的研究主要局限于土壤普查或专门研究土壤剖面理化性质等方面<sup>[7]</sup>, 多采用模拟大型排水采集器(Lysimeter)<sup>[8]</sup>、土柱法等方法测定, 因而在大田测定灌溉对土壤磷素淋洗规律的研究较少。因此, 为了改变传统灌溉方式, 节约灌溉用水, 该试验研究了不同灌溉量对不同深度土壤全磷、速效磷淋洗的影响, 以期为促进酿酒葡萄产业的可持续发展提供技术支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地在宁夏农垦集团玉泉营农场国家葡萄产业技术体系栽培生理与调控岗位实验基地(东

**第一作者简介:**董业雯(1992-), 女, 硕士研究生, 研究方向为葡萄栽培生理。E-mail:465204285@qq.com.

**责任作者:**王振平(1965-), 男, 博士, 研究员, 研究方向为葡萄栽培生理。E-mail:dr.wangzhp@163.com.

**基金项目:**国家葡萄产业技术体系建设专项资助项目(CARS-30-zp-08);国家自然科学基金资助项目(31360463)。

**收稿日期:**2017-02-03

经  $38^{\circ}14'25''$ , 北纬  $106^{\circ}01'43''$ )。该地属中温带干旱气候区, 具有大陆性气候特点, 昼夜温差大, 干旱少雨(表 1)。土壤养分均属于低肥力水平,  $\text{pH} > 8.0$  偏碱性, 土壤田间持水量低, 保水保肥能力有限。土壤属风沙土类。土壤理化性质见表 2。

## 1.2 试验材料

供试材料为种植 7 年酿酒葡萄“美乐”(‘Merlot’)的葡萄园 0~80 cm 土壤。

## 1.3 试验方法

葡萄定植行间开沟深 20 cm, 宽 40 cm, 在沟

内铺设小水流自流微灌带, 沟两侧 30 cm 处铺设垂直塑料薄膜, 深度约为 60 cm 以排除干扰。试验处理前行间统一灌溉改良霍格兰营养液, 灌溉量为  $0.18 \text{ m}^3$ 。试验采用单因素多水平随机区组设计, 小区面积  $3 \text{ m}^2 (1 \text{ m} \times 3 \text{ m})$ , 重复 3 次, 设置 4 个灌水定额处理, 小水流自流微灌方式, 春灌和冬灌多采用大水漫灌, 不做处理, 在葡萄的萌芽期(5 月 10 日)、开花期(5 月 25 日)、幼果期(6 月 10 日)、果实膨大期(7 月 1 日)、转色期(7 月 25 日)分别灌溉 1~2 次, 试验设计见表 3。

表 1 试验期间降水量及温度

Table 1 Precipitation and temperature during the experiment

月份 Month	4 月 April	5 月 May	6 月 June	7 月 July	8 月 August
降雨量 Rainfall/mm	11	19	22	41	50
温度 Temperature/ $^{\circ}\text{C}$	4~19	10~24	15~28	18~30	16~28

表 2 土壤基本理化性质

Table 2 Basic physicochemical property of soil

深度 Depth /cm	有机质含量 Organic matter content /( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	全磷含量 Total phosphorus content /( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	速效磷含量 Rapidly-available phosphorus content/( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	速效钾含量 Rapidly-available potassium content/( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	pH	容重 Unit weight /( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )	田间持水量 Field capacity /%	土壤类型 Type of soil
0~20	3.79	0.36	15.71	189.80	8.18	1.47	17.51	砂壤土
20~40	1.62	0.42	11.92	147.13	8.28	1.48	12.57	砂壤土
40~60	0.87	0.26	6.32	62.33	8.45	1.48	11.65	砂土
60~80	0.68	0.21	5.14	34.75	8.55	1.52	11.24	砂土

表 3 试验设计

Table 3 Experiment design

处理	667 m <sup>2</sup> 灌水定额 Irrigating water quota per 667 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>					667 m <sup>2</sup> 总灌水定额
Treatment	05-10	05-25	06-10	07-01	07-25	Total irrigating water quota per 667 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
w1	40	15.7	15.2	60.0	46.1	177
w2	40	24.5	24.5	68.5	53.5	211
w3	40	31.0	33.0	80.0	60.0	244
w4	40	37.5	42.2	91.1	66.2	277

## 1.4 项目测定

全磷含量采用  $\text{HClO}_4\text{-H}_2\text{SO}_4$  消煮法-钼锑抗比色法测定; 速效磷含量采用  $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   $\text{NaHCO}_3$  法测定<sup>[9]</sup>。前处理参考国家《土壤分析技术规范》和中国农业出版社《土壤分析法》<sup>[10]</sup>。

## 1.5 数据分析

采用 Excel 2007、SPSS 17.0 软件进行数据处理及分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同灌水量对土壤全磷含量的影响

#### 2.1.1 对 0~20 cm 土壤全磷含量的影响

由图 1 可以看出, 5 月 10 日处理 w1 土壤全磷含量最高, 为  $0.5654 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 与其它处理差异显著; 随后各处理全磷含量呈先降低后升高再降低趋势, 至 7 月 1 日各处理全磷含量达峰值, 但各处理间均差异不显著; 7 月 25 日, 处理 w4 全磷

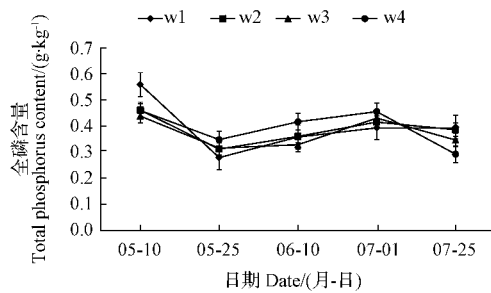


图 1 不同灌水量下 0~20 cm 土壤全磷含量

Fig. 1 Content of total phosphorus under different irrigation in 0—20 cm soil

含量最低,并与处理 w1、w2 差异显著。与 5 月 10 日相比,7 月 25 日土壤全磷含量均有所降低,处理 w4 含量最低,各处理间均差异不显著。分析可得,在 0~20 cm 土层,处理 w4 对土壤全磷的淋洗量最大。

#### 2.1.2 对 20~40 cm 土壤全磷含量的影响

由图 2 可以看出,5 月 10 日 20~40 cm 处理 w3、w4 土壤全磷含量较高,但各处理间差异不显著;5 月 25 日,处理 w3 全磷含量显著高于其它各处理;6 月 10 日,处理 w2、w3 全磷含量较高,并与处理 w1、w4 间差异显著;7 月 1 日,处理 w3 全磷含量最高,与其它各处理间差异显著。纵观试验期土壤淋洗过程,处理 w3 全磷含量平稳升高,综上所述,随灌水量增加,20~40 cm 土壤全磷含量均有所增加,其中处理 w3 表现最佳。

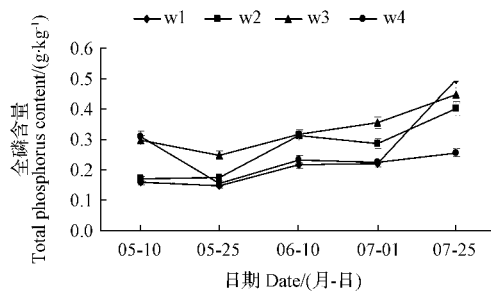


图 2 不同灌水量下 20~40 cm 土壤全磷含量

Fig. 2 Content of total phosphorus under different irrigation in 20—40 cm soil

#### 2.1.3 对 40~60 cm 土壤全磷含量的影响

由图 3 可知,不同灌溉日期 40~60 cm 土壤全磷含量均呈先升高后降低再升高的趋势。5 月 10 日,处理 w4 全磷含量最高,与其它各处理间差异显著;5 月 25 日,处理 w4 全磷含量显著高于其

它处理,为  $0.2491 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;随后全磷含量先降后升,至 7 月 25 日,处理 w4 含量最高且与其它处理间差异显著。由此分析可得,随着灌水量的增加,磷元素被淋洗到更深层的土壤,40~60 cm 土层全磷含量显著增加,其中处理 w4 增幅最大,为 47.52%。

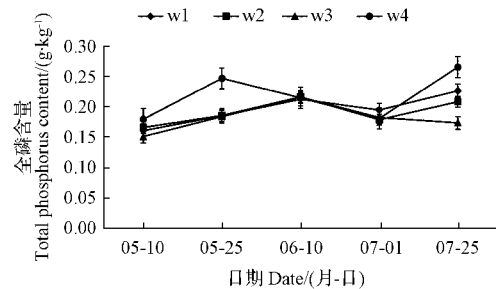


图 3 不同灌水量下 40~60 cm 土壤全磷含量

Fig. 3 Content of total phosphorus under different irrigation in 40—60 cm soil

#### 2.1.4 对 60~80 cm 土壤全磷含量的影响

由图 4 可以看出,不同灌溉日期 60~80 cm 土层各处理全磷含量均呈先增加后减少趋势,变化量均较小。5 月 10 日和 5 月 25 日,处理 w4 全磷含量显著高于其它各处理;6 月 10 日,处理 w1 全磷含量最高,为  $0.2418 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,与处理 w2、w3 差异显著,与处理 w4 差异不显著;与 5 月 10 日相比,7 月 25 日,各处理全磷含量分别提高 13.80%、52.57%、15.89%、5.50%。说明随灌溉量的增加,土壤全磷含量均有所增加,其中以处理 w2 效果最为显著。

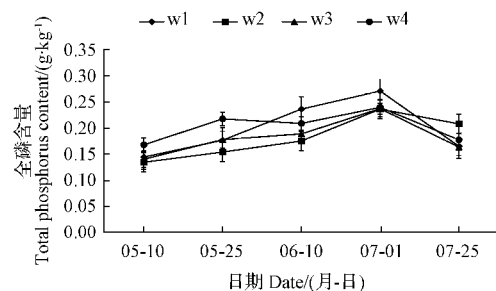


图 4 不同灌水量下 60~80 cm 土壤全磷含量

Fig. 4 Content of total phosphorus under different irrigation in 60—80 cm soil

## 2.2 不同灌水量对土壤速效磷含量的影响

### 2.2.1 对 0~20 cm 土壤速效磷含量的影响

由图 5 可知,5 月 10 日 0~20 cm 处理 w2 与

w4 土壤速效磷含量差异不显著,但分别与处理 w1 和 w3 差异显著;随后各处理速效磷含量逐渐降低,至 6 月 10 日,各处理间均差异显著,其中处理 w4 速效磷含量最高,为  $14.43 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;7 月 1 日以后,速效磷含量回升,在 7 月 25 日,处理 w4 速效磷含量升至峰值,为  $15.24 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,比 w1、w2、w3 处理分别高出 33.40%、8.91%、5.32%。说明表层土壤灌水量增加,速效磷含量升高。

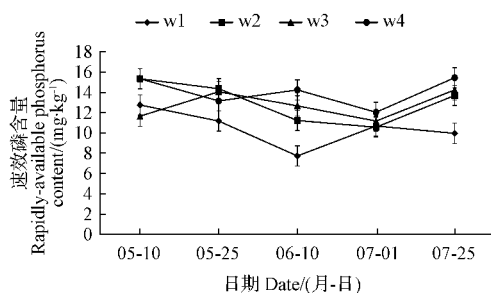


图5 不同灌水量下 0~20 cm 土壤速效磷含量

Fig. 5 Content of rapidly-available phosphorus under different irrigation in 0—20 cm soil

#### 2.2.2 对 20~40 cm 土壤速效磷含量的影响

由图 6 可知,5 月 10 日 20~40 cm 处理 w1 速效磷含量最低,与其它处理差异显著,随后处理 w1、w2 速效磷含量升高,处理 w3、w4 速效磷含量降低,至 5 月 25 日,处理 w2 速效磷含量显著高于其它处理,达到  $13.0448 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;随后速效磷含量呈降低趋势,至 7 月 1 日,处理 w2 速效磷含量显著高于其它处理。综上所述,20~40 cm 土壤速效磷含量在不同灌水量下均有所降低,但处理 w3 土壤速效磷含量最高。

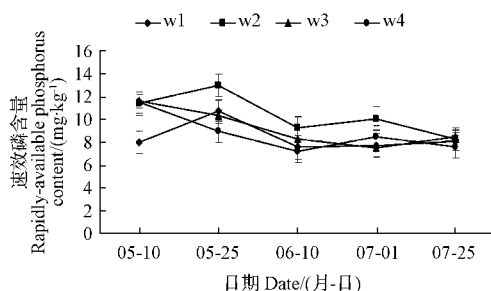


图6 不同灌水量下 20~40 cm 土壤速效磷含量

Fig. 6 Content of rapidly-available phosphorus under different irrigation in 20—40 cm soil

#### 2.2.3 对 40~60 cm 土壤速效磷含量的影响

由图 7 可知,40~60 cm 土壤速效磷含量呈

先下降后升高的趋势。5 月 25 日,处理 w4 速效磷含量最高,为  $7.1291 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,处理 w4 灌水量最大,上层土壤速效磷淋洗较大导致该土层含量增加;7 月 1 日,处理 w3 速效磷含量最高,处理 w2、w3 与处理 w1、w4 均差异显著;与 5 月 10 日相比,7 月 25 日各处理速效磷含量均有所下降,处理 w2 与处理 w3、w4 差异显著。说明随灌水量增多,土壤速效磷被淋洗到深层土壤,且灌水量越大,淋洗量越大。

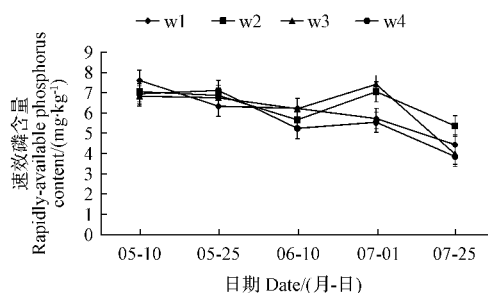


图7 不同灌水量下 40~60 cm 土层速效磷含量

Fig. 7 Content of rapidly-available phosphorus under different irrigation in 40—60 cm soil

#### 2.2.4 对 60~80 cm 土壤速效磷含量的影响

由图 8 可知,60~80 cm 土壤速效磷含量呈先升高后下降再升高又下降的趋势。5 月 25 日,处理 w4 与其它各处理差异显著,但速效磷含量最低,仅为  $5.3785 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;7 月 1 日,处理 w1、w4 与处理 w2、w3 差异显著;与 5 月 10 日相比,7 月 25 日,各处理土壤速效磷含量分别下降了 39.17%、51.70%、56.53%、44.30%;说明随灌水量增多,速效磷被淋洗到深层土壤并积累,后随灌水量增大又被淋洗到更深层次土壤。

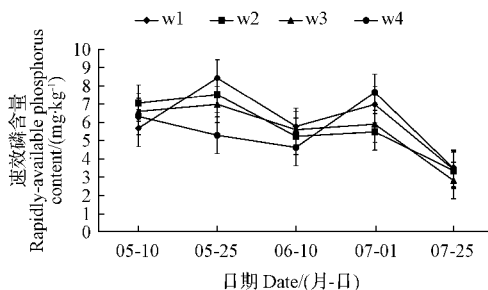


图8 不同灌水量下 60~80 cm 土壤速效磷含量

Fig. 8 Content of rapidly-available phosphorus under different irrigation in 60—80 cm soil

### 3 讨论与结论

土壤全磷含量可以反映土壤的供磷潜力,土壤含磷量受母质类型和成土过程(包括耕作和施肥)的双重影响<sup>[11]</sup>。此外,土壤利用方式与灌溉方式对含磷量也有影响。该试验中,土壤全磷含量在耕层(0~40 cm)较高,而深层土壤(40~80 cm)全磷含量迅速降低,耕层全磷含量高可能是多年施肥的结果,风沙土深层土壤以砂土为主,营养元素易随水分流失。冯小明<sup>[11]</sup>研究表明,全磷是非水溶性的,不会随水分的运动而移动,即全磷无淋溶特性,不会随水分而向下层土壤移动,而该试验结果显示,全磷含量也会随水分被淋洗到下层土壤,其原因可能是全磷有部分成分是水溶性的,所以也有淋溶特性,具体原因还需进一步试验证明。

贺兰山东麓风沙土葡萄园土壤有效磷受表土施肥影响变异性较大,其含量随着土层的加深而显著降低<sup>[12]</sup>。该试验使用改良霍格兰营养液中磷酸二氢钾为速效磷,但施入土壤后速效磷含量并未大幅增加,可能是由于在碱性土壤,磷的专性吸附固定能力较强,使施入土壤的化学磷肥很快转化成其它形态的磷酸盐导致<sup>[13]</sup>。随着灌水量的逐渐增大,同一时期同一土层不同灌水量土壤速效磷含量呈现相反的趋势,刘建玲等<sup>[14]</sup>研究表明土壤湿度会影响磷的有效性,水分充足,磷的有效性高,即速效磷含量较高,这与该研究是一致的。

风沙土中全磷、速效磷集中分布在0~40 cm土壤,随土层深度增加逐渐减少,深层土壤含量极低;灌水使得土壤全磷、速效磷的空间分布发生变化,表层磷元素会被淋洗到深层土壤;在不同的灌水量条件下,灌水量越大,表层土壤被淋洗到下层的磷元素越多,且会被淋洗到越深层次的土层中;

每667 m<sup>2</sup>灌水量为244 m<sup>3</sup>的处理使得磷元素被淋洗到20~40 cm土层较多,而葡萄根系集中分布在10~30 cm土层,有利于植物根系对养分的吸收,每667 m<sup>2</sup>灌水量277 m<sup>3</sup>的处理使土壤养分被淋洗到深层土壤,造成水资源和养分的浪费。

### 参考文献

- [1] 娄运生,李忠佩,张桃林.不同水分状况及施磷量对水稻土中速效磷含量的影响[J].土壤,2006,37(6):640-644.
- [2] 何文寿.宁夏不同农业生态区土壤养分时空变化特征[J].干旱地区农业研究,2004,22(2):25-30.
- [3] 何文寿.宁夏农田土壤耕层养分含量的时空变化特征[J].土壤通报,2004,35(6):710-714.
- [4] 李生秀,曹文元.旱地土壤的合理施肥—Ⅷ.土壤不同层次速效磷与作物对磷肥反应的关系[J].干旱地区农业研究,1993(s1):40-44.
- [5] 王银川,刘效义,汪泽鹏.宁夏贺兰山东麓气候条件及品种区划[J].宁夏科技,2002(1):36.
- [6] 王建国,杨林章,单艳红,等.长期施肥条件下水稻土磷素分布特征及对水环境的污染风险[J].生态与农村环境学报,2006,22(3):88-92.
- [7] 孙权.宁夏主要土壤的磷肥指数及磷肥用量[J].土壤,2003,35(1):83-85.
- [8] 连纲,王德建,林静慧,等.太湖地区稻田土壤养分淋洗特征[J].应用生态学报,2003,14(11):1879-1883.
- [9] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:农业出版社,2000.
- [10] 朱咏莉.黄土高原地区土壤水分变化过程与强度对养分有效性的影响[D].杨凌:西北农林科技大学,2002.
- [11] 冯小明.引洪补源条件下土壤养分淋溶积累规律的试验研究[D].太原:太原理工大学,2006.
- [12] 孙桂芳,金继运,石元亮.土壤磷素形态及其生物有效性研究进展[J].中国土壤与肥料,2011(2):1-9.
- [13] 王锐.贺兰山东麓土壤特征及其与酿酒葡萄生长品质关系研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2016.
- [14] 刘建玲,张风华.土壤磷素化学行为及影响因素研究进展[J].河北农业大学学报,2000,23(3):36-45.

## Effect of Different Irrigation on Leaching Total Phosphorus and Rapidly-available Phosphorus in Aeolian Sandy Soil of Vineyard

DONG Yewen, TIAN Xiaoyan, PEI Shuai, WANG Zhenping

(School of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021)

**Abstract:** Aiming at the problems of low nutrient content in the aeolian sandy soil with loss of water and other issues existing in Ningxia Helan Mountain area, the automatic weep flow micro-irrigation belt was used, at every 667 m<sup>2</sup> irrigating 177, 211, 244, 277 m<sup>3</sup> were carried out under field

doi:10.11937/bfyy.20170501

## 海拔高度对茅莓果实品质的影响

张志敏<sup>1</sup>, 朱 祥<sup>2</sup>, 董晓庆<sup>3</sup>, 刘针杏<sup>1</sup>, 杨远方<sup>1</sup>

(1. 铜仁学院 农林工程与规划学院, 贵州 铜仁 554300; 2. 杨凌职业技术学院, 陕西 杨凌 712100;

3. 贵州大学 农学院, 贵州 贵阳 550025)

**摘 要:**对梵净山同一山体、同一坡面上 800~2 000 m 不同海拔高度 2 年生茅莓果实品质进行了分析研究, 以期为高海拔地区茅莓栽培选择适宜的生态区提供参考依据。结果表明:可滴定酸含量与海拔高度呈负相关;单果质量、可溶性固形物含量、固酸比、维生素 C 含量、可溶性蛋白质含量在海拔 800~1 800 m 区段, 随着海拔的升高逐渐增加;而在 1 800~2 000 m 区段, 呈下降趋势;在海拔 1 600~1 800 m 区段茅莓的单果质量、可溶性固形物含量、固酸比、维生素 C 含量、可溶性蛋白质含量与其它海拔区段差异显著( $P<0.05$ ), 表现出很好的品质特性, 是适合茅莓优质高产栽培的海拔地带。

**关键词:**海拔高度;茅莓;果实品质;相关性

**中图分类号:**S 663.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)13-0068-05

茅莓(*Rubus parvifolius* L.)属蔷薇科悬钩子属植物, 多生于海拔 400~2 600 m 的向阳山坡、路旁、灌草丛中, 适应性强, 我国大部分地区均

有分布<sup>[1]</sup>。茅莓根、茎、叶、果实均可药用, 具有清热解毒、活血化瘀、散节止痛、利尿消肿、跌打损伤等功效<sup>[2-3]</sup>。同时, 茅莓果可以鲜食, 营养丰富, 含有多人体必需的矿质元素、维生素、无机盐和有机酸;尤其是氨基酸含量是苹果的 12 倍、柑桔的 29 倍。果实中的营养成分、芳香化合物等物质使茅莓果实风味独特、酸甜芳香<sup>[4-6]</sup>。目前, 茅莓还处于未开发状态, 是一种新型保健水果。随着人们保健意识的逐渐增强, 综合开发利用茅莓具有广阔的发展前景。另外, 我国山地资源丰富, 生产实践中应充分重视和利用这些资源优势, 为生产

**第一作者简介:**张志敏(1981-), 女, 河南周口人, 博士, 副教授, 现主要从事果树生理和栽培及育种等研究工作。  
E-mail: zhangzhimin-013@163.com.

**基金项目:**贵州省教育厅特色重点实验室资助项目(黔教合 KY 字[2011]005);野生动植物保护与利用重点学科建设资助项目(黔学位合字 ZDXK[2013]09);铜仁学院博士启动基金资助项目(trxy DH1523)。

**收稿日期:**2017-04-10

experimental condition to investigate the effect of 4 gradient treatments on total phosphorus and rapidly-available phosphorus from 0 to 80 cm layer in aeolian soil. The results showed that the contents of total phosphorus and rapidly-available phosphorus mainly distributed in soil with the depth of the 0-40 cm. With the increase of soil depth, the contents of total phosphorus and rapidly-available phosphorus gradually reduced, and a relatively low level in the deep soil. Irrigation caused the change in the distribution of total phosphorus and rapidly-available phosphorus. Phosphorus element could be leached to deep layer from surface layer. The higher irrigation rate from top soil to depth, the more phosphorus has been leached. The irrigation with 244 m<sup>3</sup> could achieve the best results compared with the other treatments.

**Keywords:** irrigation; soil; total phosphorus; rapidly-available phosphorus; leaching