doi：10.11838/sfsc.1673-6257.19197

不同施锌量对酿酒葡萄“赤霞珠”锌含量及其品质的影响

张丽萍，周喜荣，张筠筠，王 锐，孙 权*

（宁夏大学农学院，宁夏 银川 750021）

摘 要：以4年生“赤霞珠（*Cabernet Sauvignon*）”葡萄为研究对象，进行连续2年滴灌［0 kg/hm^2（CK）、24.5 kg/hm^2（T_1）、34.0 kg/hm^2（T_2）、43.5 kg/hm^2（T_3）、53.0 kg/hm^2（T_4）、62.5 kg/hm^2（T_5）］和转色期叶面喷施［0 kg/hm^2（CK）、0.5 kg/hm^2（T_1）、1.0 kg/hm^2（T_2）、1.5 kg/hm^2（T_3）、2.0 kg/hm^2（T_4）、2.5 kg/hm^2（T_5）］两种方式配合施EDTA-Zn的田间试验，探讨强碱性灰钙土（pH>8.5）补充锌肥对酿酒葡萄锌含量、生长和品质的影响。结果表明：与不施锌肥（CK）相比，施锌肥处理酿酒葡萄锌含量、粒径、穗长、百粒重和产量分别增加了42.1% ~ 78.7%、2.6% ~ 28.2%、10.1% ~ 22.3%、3.0% ~ 8.8%和17.2% ~ 216.6%。同时，与不施锌（CK）相比，酿酒葡萄的单宁含量降低42.0% ~ 67.9%，花色苷、总酚、可溶性固形物和可溶性糖含量分别提高了0.7% ~ 71.9%、5.0% ~ 80.6%、9.3% ~ 24.0%和10.4% ~ 29.4%，而可滴定酸含量除T_4外没有显著增加。相关分析表明，锌含量与穗长、百粒重、粒径、产量、总酚和可溶性糖均显著相关。综合酿酒葡萄锌含量和品质分析得出T_3处理效果最好。在宁夏贺兰山东麓石灰性土壤条件下，EDTA-Zn施用量45 kg/hm^{2}左右对于提高酿酒葡萄的锌含量、产量和品质较为适宜。

关键词：酿酒葡萄；EDTA-Zn；锌含量；品质

宁夏回族自治区贺兰山东麓地理位置优越，光照充足，昼夜温差极大，有利于酿酒葡萄中糖分的积累，因而是最适宜种植酿酒葡萄的黄金地带之一。但该区土壤类型为灰钙土[1]，碳酸钙含量高达5%以上，pH值超过8.5，微量元素含量低且移动性差，加之半干旱气候特征，降水量少，微量元素极度缺乏，尤其土壤锌含量更是低于全国平均值[2-4]，严重影响了酿酒葡萄的品质，从而限制了酿酒葡萄产业的发展。

充足的养分供应是保证作物高产的关键因素，但在酿酒葡萄的栽培中，传统施肥主要注重大量元素的施用，却忽略了中微量元素的重要性[5-7]。前人报道适量中微肥能提高葡萄的产量和品质，但这些研究主要集中在镁钙硅等中量元素[8-11]，关于微量元素对其影响的研究却相对较少。尽管酿酒葡萄对微量元素需求量较少，但微量元素对酿酒葡萄的产量和果实的品质却产生着重要影响，喷施微量元素能提高叶绿素含量，增强光合作用，提高坐果率和含糖量，促进果实着色，从而提高产量，改善酿酒葡萄的品质[12-13]。

微量元素锌虽然是一种重金属元素，但对人体的健康和葡萄的生长发育是必不可少的。锌与人体某些疾病的发生、发展都有密切的关系，因此锌与人体健康的关系现已引起医学界的广泛重视[14-15]。同时缺锌会影响酿酒葡萄多种代谢活动，从而影响酿酒葡萄的品质[16]。锌还是氧化还原过程中的催化剂，对酿酒葡萄产量的增加和品质的提高都有显著的效果[17]。在前人的研究基础上，拟通过距根部30 cm处滴灌和叶面施肥两种方式配合施用锌肥，探究不同施锌量对灰钙土上的酿酒葡萄“赤霞珠”锌含量、产量和品质的影响，对宁夏贺兰山东麓酿酒葡萄合理施锌肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验区为立兰酒庄葡萄基地，位于宁夏贺兰山东麓葡萄核心产区永宁县（106°24′E，38°28′N），地势平缓，地面坡度约为1%，平均海拔高度为1 060 m。该区域气候属典型的温带大陆性气候，光照充足，年日照率65%以上，全年日照时数为2 851 ~ 3 106 h，

收稿日期：2019-05-08；**录用日期**：2019-06-28

基金项目：宁夏“十三五”重大科技项目（2018BBF02021）；现代农业产业技术体系建设专项资金项目（陈卫平 CARS-29-24）；国家科技改革与发展专项（106001000000150012）。

作者简介：张丽萍（1994-），女，甘肃环县人，硕士研究生，主要从事植物营养与农业资源利用研究。E-mail：2554736317@qq.com。

通讯作者：孙权，E-mail：sqnxu@sina.com。

平均日照时长为 7.8 ～ 8.3 h，太阳总辐射量 6 100 MJ/m^2，年均降水量 200 mm，年均蒸发量 1 580 mm，年平均气温 8.9℃，积温 3 289℃，无霜期 176 d。

1.2　试验材料

供试品种为 4 年生赤霞珠（*Cabernet Sauvignon*），南北行向定植，树形为“厂”字型，株行距 0.8 m × 3 m，灌溉方式为滴灌，氮磷钾施肥方式为沟施（4 月下旬施尿素 120 kg/hm^2，5 月下旬追施尿素和磷酸二铵各 225 kg/hm^2，6 月下旬追施氮磷钾三元复合肥 375 kg/hm^2，8 月追肥硫酸钾 450 kg/hm^2），土壤类型为砾质灰钙土，有效锌含量为 0.48 mg/kg。基本化学性质见表 1。

表 1　土壤基本化学性质

土层深度（cm）	pH 值	有机质（g/kg）	碱解氮（mg/kg）	有效磷（mg/kg）	速效钾（mg/kg）	全氮（g/kg）	全磷（g/kg）
0 ～ 20	8.7 ± 0.04 a	3.5 ± 0.12 a	15.2 ± 0.16 a	7.5 ± 0.13 a	102.7 ± 1.15 b	0.3 ± 0.01 b	0.2 ± 0.01 a
20 ～ 40	8.9 ± 0.04 a	3.4 ± 0.09 ab	10.6 ± 0.19 b	4.4 ± 0.11 b	123.6 ± 0.81 a	0.4 ± 0.01 a	0.2 ± 0.01 a
40 ～ 60	8.9 ± 0.11 a	3.1 ± 0.07 b	4.7 ± 0.06 c	1.0 ± 0.04 c	84.8 ± 2.45 c	0.2 ± 0.01 c	0.2 ± 0.01 a

注：同列数据后不同字母表示差异达 0.05 显著水平（n=5），下同。

1.3　试验设计

本试验采用单因素随机区组设计，共设 6 个处理，在距葡萄根部右侧 30 cm 处滴灌施入，在酿酒葡萄转色期补喷施一次叶面肥，具体施用量如表 2。

表 2　锌肥施用量　（kg/hm^2）

处理	肥料品种	Zn 养分滴灌施用量	Zn 养分叶面喷施量
CK	—	—	—
T_1	EDTA-Zn	24.5	0.5
T_2	EDTA-Zn	34.0	1.0
T_3	EDTA-Zn	43.5	1.5
T_4	EDTA-Zn	53.0	2.0
T_5	EDTA-Zn	62.5	2.5

1.4　测定的项目与方法

1.4.1　土壤性质的测定

pH 值采用酸度计测量；有机质含量采用重铬酸钾容量法；碱解氮采用碱解扩散法测定；有效磷含量的测定采用 0.5 mol/L $NaHCO_3$ 浸提 – 钼锑抗比色法；速效钾的测定采用 0.5 mol/L $NaHCO_3$ 法；全氮含量采用硫酸消煮 – 凯氏定氮法测定；全磷的测定用钒钼黄比色法[18]；土壤有效锌采用 DTPA 浸提，用原子分光光度计测定[19]。

1.4.2　酿酒葡萄中锌含量的测定

锌含量的测定方法在苏德奇等[20]和宋长征[21]的方法的基础上进一步改进，取各个处理的葡萄样品用超纯水洗净，80℃下烘干至恒重，粉碎，过 0.35 mm 筛去除大颗粒，置于干燥的玻璃瓶中备用。

称取上述备用样品 1.000 0 g 置于消煮管中，加入硫酸 + 高氯酸（4 : 1）混合溶液 20 mL，摇匀，静止过夜。在管口上放置弯颈漏斗，置可控温消煮炉上消化（消煮过程中酸雾的高度以消煮管的三分之二为宜），至样品完全溶解，溶液透亮，最后继续加热至近干，最后无损转移至 50 mL 容量瓶中并用去离子水定容。空白溶液的制备除不加样品外其他条件保持一致。消解液中的 Zn 元素浓度用原子吸收分光光度计（361 MC）测定。

1.4.3　酿酒葡萄形态指标的测定

果实成熟后在每个处理中随机选取具有代表性的果穗，用 50 分度的游标卡尺测量粒径，用卷尺测量穗长；从每个监测位置所取每串葡萄上随机摘取 5 个果粒，采用精度为万分之一的电子天平测量每 100 个果粒的重量即为百粒重。

1.4.4　酿酒葡萄品质的测定

单宁、总酚、花色苷含量测定前先将葡萄粒在液氮中速冻，然后在超低温冰箱中于 –80℃的温度下保存备用，单宁含量采用福林 – 丹尼斯法测定；花色苷的含量采用 pH 值示差法测定；总酚的含量采用福林 – 肖卡法测定。可溶性固形物含量用手持糖量计测定；可溶性糖用苯酚法测定；可滴定酸含量采用 NaOH 滴定法测定[22-24]。

1.5　数据处理

对所测定的数据用 WPS 2019 及 SPSS 20.0 统计软件进行统计分析，并对各处理下酿酒葡萄的各指标进行显著性检验，显著性水平为 $P<0.05$，n=5。

2　结果与分析

2.1　不同施锌处理对酿酒葡萄锌含量的影响

由图 1 可知，施锌后各处理酿酒葡萄锌含量均较 CK 增加，其中 T_3 锌含量最高，较 CK 提高了 78.7%，其次是 T_2 和 T_4 处理，较 CK 分别提高了 64.8% 和 64.3%。说明施锌能显著提高酿酒葡萄的锌含量。

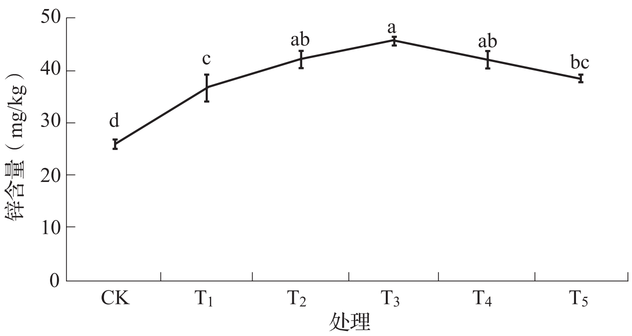

图 1　不同施锌处理对酿酒葡萄锌含量的影响

2.2　锌元素对酿酒葡萄形态指标和产量的影响

由表 3 可知，随着施锌量的增加，酿酒葡萄的粒径、穗长、百粒重呈现先升高后降低的趋势。T_1 ~ T_5 酿酒葡萄粒径长度较 CK 分别增加了 2.6%、21.9%、28.2%、16.1% 和 6.7%，　且 T_2、T_3、T_4 与 CK 均达显著性差异。T_3 处理下穗长最长，较 CK 增加了 22.3%，其次是 T_4，较 CK 增加了 19.1%。各处理百粒重较 CK 均无显著差异。从表 4 可以看出，

表 3　锌元素对酿酒葡萄形态指标的影响

处理	粒径（mm）	穗长（cm）	百粒重（g）
CK	10.4 ± 0.24 c	13.4 ± 0.28 b	114.4 ± 6.11 a
T_1	10.7 ± 0.23 c	14.8 ± 0.73 ab	117.8 ± 6.91 a
T_2	12.7 ± 0.36 ab	15.1 ± 0.49 ab	123.4 ± 5.88 a
T_3	13.4 ± 0.41 a	16.4 ± 0.74 a	124.5 ± 4.27 a
T_4	12.1 ± 0.28 b	16.0 ± 0.90 a	121.5 ± 7.75 a
T_5	11.1 ± 0.26 c	15.1 ± 1.07 ab	119.4 ± 6.87 a

注：同列不同字母表示差异显著（P<0.05），下同。

表 4　锌元素对酿酒葡萄产量的影响

处理	产量（kg/hm^2）	增产率（%）
CK	2 492 d	—
T_1	5 476 c	119.7
T_2	6 635 b	166.2
T_3	7 889 a	216.6
T_4	6 825 b	173.9
T_5	2 921 d	17.2

各处理产量均较 CK 显著提高，其中 T_3 处理下产量最高，较 CK 增产 216.6%；其次是 T_4 和 T_2 处理，分别增产 173.9% 和 166.2%。

2.3　锌元素对酿酒葡萄品质的影响

由表 5 可知，施用 Zn 元素可显著降低酿酒葡萄单宁含量，其中 T_1 和 T_5 处理对单宁含量降低作用最明显，分别降低 67.9% 和 66.2%。T_2、T_3 和 T_4 处理对酿酒葡萄总花色苷含量均显著提高，其中 T_3 处理总花色苷含量最高，提高了 71.9%；其次为 T_2 和 T_4 处理，分别提高了 18.4 和 11.9%。各处理总酚含量均较 CK 显著提高，分别提高了 5.5%、57.6%、80.7、41.2% 和 23.6%。各处理可溶性固形物含量均较 CK 显著增加，其中 T_2 处理最高，提高了 24.0%，其次为 T_3 处理，提高了 21.0%。可溶性糖含量随着施锌量的增加呈先升高后降低变化，但各处理均显著高于 CK，其中 T_3 处理含量最高，相比 CK 提高了 29.4%，其次为 T_4 处理，提高了 18.2%。对于可滴定酸含量 T_4 对可滴定酸显著降低，其他处较 CK 均无显著差异。

表 5　锌元素对酿酒葡萄品质的影响

处理	单宁含量（mg/g）	花色苷含量（mg/g）	总酚含量（mg/g）	可溶性固形物（%）	可溶性糖（%）	可滴定酸（%）
CK	18.9 ± 0.33 a	8.6 ± 0.11 d	1.7 ± 0.34 d	21.1 ± 0.21 d	10.3 ± 0.13 c	0.8 ± 0.08 a
T_1	6.1 ± 0.29 d	8.6 ± 0.04 d	1.7 ± 0.03 d	24.2 ± 0.53 bc	12.0 ± 0.13 b	0.7 ± 0.02 ab
T_2	7.1 ± 0.26 d	10.2 ± 0.03 b	2.6 ± 0.05 ab	26.1 ± 0.24 a	11.7 ± 0.54 b	0.7 ± 0.03 ab
T_3	10.9 ± 0.75 b	14.8 ± 0.13 a	3.0 ± 0.07 a	25.5 ± 0.55 ab	13.4 ± 0.09 a	0.7 ± 0.03 ab
T_4	8.6 ± 0.50 c	9.6 ± 0.16 c	2.3 ± 0.07 bc	23.0 ± 0.86 c	12.2 ± 0.47 b	0.6 ± 0.02 b
T_5	6.4 ± 0.60 d	8.7 ± 0.17 d	2.0 ± 0.09 cd	25.3 ± 0.48 ab	11.4 ± 0.40 b	0.8 ± 0.03 ab

2.4　酿酒葡萄锌含量与品质的相关性分析和主成分分析

相关性分析表明，锌含量与穗长、百粒重呈极显著正相关，与粒径、产量、总酚和可溶性糖呈显著相关；产量与粒径、穗长、百粒重呈显著正相关；百粒重与粒径、总酚呈极显著正相关，与可溶性糖、穗长呈显著正相关（表 6）。从表 7 可以看出，T_3 处理综合得分最高，为 0.741 5，其次为 T_2 和 T_4 处理，分别为 0.731 9 和 0.307 3。故最佳施 EDTA-Zn 量为 45 kg/hm^2。

表 6　产量与品质的相关性分析

	锌含量	粒径	穗长	百粒重	产量	单宁	花色苷	总酚	可溶性固形物	可溶性糖	可滴定酸
锌含量	1										
粒径	0.858*	1									
穗长	0.944**	0.812*	1								
百粒重	0.960**	0.960**	0.878*	1							
产量	0.842*	0.850*	0.823*	0.852*	1						
单宁	−0.677	−0.25	−0.52	−0.509	−0.381	1					
花色苷	0.652	0.844*	0.709	0.737	0.711	0.036	1				
总酚	0.857*	0.994**	0.819*	0.955**	0.808	−0.244	0.871*	1			
可溶性固形物	0.79	0.632	0.583	0.776	0.493	−0.751	0.447	0.657	1		
可溶性糖	0.887*	0.786	0.934**	0.825*	0.877*	−0.452	0.813*	0.792	0.585	1	
可滴定酸	−0.7	−0.677	−0.748	−0.693	0.313	0.313	−0.81	−0.619	−0.182	−0.614	1

注：* 表示显著相关（$P<0.05$）；** 表示极显著相关（$P<0.01$）。

表 7　主成分得分与综合得分

处理	主成分得分（F1）	主成分得分（F2）	主成分贡献率（%）	综合得分（F）	排名
CK	−0.81	−1.84	60.25	−2.084 0	6
T_1	−0.77	0.62	86.79	0.074 3	5
T_2	0.27	0.65		0.731 9	2
T_3	1.63	−0.28		0.741 5	1
T_4	0.53	−0.02		0.307 3	3
T_5	−0.85	0.86		0.229 0	4

3　讨论

锌元素是植物和人体必需的微量元素之一，但传统施肥盲目追求大量元素的投入，养分不平衡施用导致土壤锌元素严重缺失；土壤锌含量的降低又降低了作物锌含量，从而影响人体对锌元素的摄入，严重威胁人体健康[25-27]。锌元素是酿酒葡萄体内重要酶的组成成分之一，缺锌时多种生理代谢活动受阻，植株的生长发育受到抑制。增施适量锌肥，能使酿酒葡萄的锌含量显著提高，但锌含量仍保持在正常范围，有利于酿酒葡萄正常的生长发育，有效改善酿酒葡萄的产量和品质，从而改善了试验区缺锌的状况。

增施适量锌肥能显著提高酿酒葡萄的产量，改善酿酒葡萄的品质。随着施锌量的增加，酿酒葡萄的产量也随之提高，但锌元素虽然对植物有益，也是一种重金属元素，施锌量过多，易产生毒害作用，对植物根系产生一定程度的伤害，从而影响酿酒葡萄的生长发育和对锌的吸收。T_4 和 T_5 产量较 T_3 降低，可能因为高量的锌对葡萄生长产生毒害而影响了产量；果粒直径是影响葡萄品质的重要指标之一[28-30]。增施适量锌肥后酿酒葡萄的果粒直径与不施锌肥相比均有上升趋势，且酿酒葡萄锌含量与粒径呈显著正相关，说明适量施锌肥能有效改善植物养分的供应状况，而且锌含量的提高有利于生长素的合成，促进酿酒葡萄的生长发育，提高果实的粒径；花色苷、总酚、可溶性固形物、可溶性糖和可滴定酸是反映酿酒葡萄品质的重要指标[31-32]。本次研究中发现在相同基础水肥条件下，适量增施锌肥能有效提高酿酒葡萄花色苷、总酚、可溶性固形物、可溶性糖含量，降低可滴定酸含量，这与宋长征[21]的研究结果一致。说明充足的锌素供应能有效提高光合速率，促进光合产物的积累，有利于糖类物质和酚类物质的合成和运转，降低果实的酸度，对改善酿酒葡萄品质有显著性效果。

高陆旭等[33]的研究结果表明，增施锌肥能显著提高单宁含量，并且单宁含量的变化与总酚含量的变化高度相关。但此次研究结果显示各处理与对照相比单宁含量显著性降低，并且两者并无明显相关性，这与前人研究结果不一致，出现此种差异的原因可能与酿酒葡萄的品种或者试验区土壤的理化性质有关。但单宁含量降低后，酿酒葡萄的单宁含量保持在适宜的浓度，协调了酸、酒精和单宁的平衡，有利于改善葡萄酒的口感。

4 结论

施用锌肥提高了酿酒葡萄的粒径、穗长和产量；提高了葡萄锌含量、花色苷含量、总酚含量、可溶性固形物含量和可溶性糖含量；降低了单宁含量。通过酿酒葡萄锌含量和品质的综合分析，最佳 EDTA-Zn 的施用量为 45 kg/hm^2。

参考文献：

[1] 曲潇琳，龙怀玉，谢平，等. 宁夏中部地区典型灰钙土的发育特性及系统分类研究［J］. 土壤学报，2018，55（1）：75-87.

[2] 孙权，张学英，王振平，等. 宁夏贺兰山东麓葡萄基地土壤微量元素分布状况［J］. 中外葡萄与葡萄酒，2008，(2)：4-8.

[3] 陈留美，桂林国，吕家珑，等. 应用主成分分析和聚类分析评价不同施肥处理条件下新垦淡灰钙土土壤肥力质量［J］. 土壤，2008，40（6）：971-975.

[4] 李虎，贺婧，刘冲，等. 农田灰钙土中有机质和碳酸钙对 Zn 吸附 - 解吸行为的影响［J］. 中国环境科学，2015，35(6)：1786-1793.

[5] 叶伟建. 中微肥在水稻、柑桔、烤烟上的施用技术与效果［J］. 土壤肥料，2000，(2)：38-40.

[6] Cline，Harry. Potassium balance key to higher wine grape yields［M］. Western Farm Press，2010.

[7] 李青军，李宁，胡国智，等. 微肥对玉米生长发育、养分吸收及产量的影响［J］. 中国土壤与肥料，2013，(4)：83-87.

[8] 马晓丽，刘雪峰，杨梅，等. 镁肥对葡萄叶片糖、淀粉和蛋白质及果实品质的影响［J］. 中国土壤与肥料，2018，(4)：114-120.

[9] 马晓丽，颜秋阳，刘雪峰，等. 镁肥对缺镁葡萄叶片活性氧含量和保护酶活性的影响［J］. 中国土壤与肥料，2018，(6)：154-160.

[10] 张梅，褚贵新. 鲜食葡萄的硅肥施用效应及其安全评价［J］. 中国土壤与肥料，2018，(4)：126-132.

[11] 余俊，赵玉华，白描，等. 钙处理对葡萄果实花青素含量及品质的影响［J］. 果树学报，2018，35（6）：741-746.

[12] 张有富，张爱萍，李刚，等. 不同微肥处理对设施‘红地球’葡萄光合特性的影响［J］. 经济林研究，2015，33(1)：107-110.

[13] Hans-Peter S，Claudia K，Claudio N，et al. Biochar and biochar-compost as soil amendments to a vineyard soil：Influences on plant growth，nutrient uptake，plant health and grape quality［J］. Agriculture Ecosystems and Environment，2014，191：117-123.

[14] Hotz C，Brown K H. Assessment of the risk of zinc deficiency in populations and options for its control［J］. Pood and Nutrition Bulletin，2004，25：99-203.

[15] 郭明，刘咪咪，李铭慧，等. 亲和毛细管电泳法研究锌离子与人血清白蛋白的结合反应机制［J］. 分析化学，2012，40（2）：268-272.

[16] 赵占周. 锌与葡萄生长［J］. 西北园艺（果树），2018，（1）：39-40

[17] 王静芳，孙权，王振平. 宁夏贺兰山东麓酿酒葡萄发展的肥力制约因素与改良措施［J］. 农业科学研究，2007，(1)：24-28.

[18] 鲍士旦. 土壤农化分析（第三版）［M］. 北京：中国农业出版社，2007.

[19] 汪洪，刘新保，褚天铎，等. 锌肥对作物产量、子粒锌及土壤有效锌含量的后效［J］. 土壤肥料，2003，(1)：3-6，9.

[20] 苏德奇，刘涛，马龙，等. 原子吸收光谱法测定琐琐葡萄中的无机元素［J］. 中国食品卫生杂志，2011，23（5）：411-413.

[21] 宋长征. 锌元素对梅鹿辄葡萄果实与葡萄酒质量及幼苗生长的影响［D］. 杨凌：西北农林科技大学，2018.

[22] Jayaprakasha G K，Singh R P，Sakariah K K. Antioxidant activity of grape seed（*Vitis vinifera*）extracts on peroxidation models in vitro［J］. Food Chemistry，2001，73（3）：285-290.

[23] 邹琦. 植物生理学实验指导［M］. 北京：高等教育出版社，2000，25-369.

[24] 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，(3)：287-292.

[25] Ma G S，Jin Y，Li Y P，et al. Iron and zinc deficiencies in China：what is a feasible and cost-effective strategy?［J］. Public Health Nutrition，2008，11（6）：632-638.

[26] WHO. The world health report［Z］. Geneva，Switzerland：World Health Organization，2002.

[27] 刘敦一，庞丽丽，张伟，等. 锌肥施用方式对小麦、玉米产量和籽粒锌含量的影响［J］. 中国土壤与肥料，2014，(4)：76-80，90.

[28] 乐小凤，唐永红，鞠延仑，等. 果实粒径对‘美乐’和‘蛇龙珠’葡萄果实品质的影响［J］. 食品科学，2019，40（5）：1-7.

[29] 乐小凤，唐永红，鞠延仑，等.‘霞多丽’葡萄果粒大小对果实品质的影响［J］. 食品科学，2018，39（21）：31-38.

[30] Zouid I，Siret R，Jourjon F，et al. Impact of grapes heterogeneity according to sugar level on both physical and mechanical berries properties and their anthocyanins extractability at harvest［J］. Journal of Texture Studies，2013，44（2）：95-103.

[31] 于婷. 钙和镁对骏枣果实品质及中微量元素的影响［D］. 乌鲁木齐：新疆农业大学，2012.

[32] 牛生洋，武凌峰，赵瑞香，等. 葡萄果实花色苷合成调控研究进展［J］. 食品科学，2015，36（9）：219-223.

[33] 高陆旭，王锐，李磊，等. 增施中微量元素对酿酒葡萄和葡萄酒品质的改善效应［J］. 江苏农业科学，2018，46（13）：131-134.

Effect of zinc fertilization on zinc content and quality of wine grape 'Cabernet Sauvignon'

ZHANG Li-ping，ZHOU Xi-rong，ZHANG Jun-jun，WANG Rui，SUN Quan*（School of Agronomy Ningxia University，Yinchuan Ningxia 750021）

Abstract：Taking four-year "Cabernet Sauvignon" grape as the research object，two-year continuous applications of EDTA-Zn fertilizer with drip irrigation at five level［0 kg/hm^2（CK），24.5 kg/hm^2（T_1），34.0 kg/hm^2（T_2），43.5 kg/hm^2（T_3），53.0 kg/hm^2（T_4），62.5 kg/hm^2（T_5）］，and combined with foliar spraying at five level［0 kg/hm^2（CK），0.5 kg/hm^2（T_1），1.0 kg/hm^2（T_2），1.5 kg/hm^2（T_3），2.0 kg/hm^2（T_4），2.5 kg/hm^2（T_5）］in field trials were conducted to investigate the effect of supplementing zinc fertilizer on zinc content，growth and quality of wine grapes at strong alkaline limestone soil（pH>8.5）. The results showed that zinc content，grain size，ear length，100-grain weight and yield of wine grapes increased by 42.1% ~ 78.7%，2.6% ~ 28.2%，10.1% ~ 22.3%，3.0% ~ 8.8% and 17.2% ~ 216.6%，compared with no zinc fertilizer（CK）. At the same time，compared with no zinc（CK），the tannin content of wine grapes decreased by 42.0% ~ 67.9%，and the anthocyanins，total phenols，soluble solids and soluble sugar content increased by 0.7% ~ 71.9%，5.0% ~ 80.6%，9.3% ~ 24.0% and 10.4% ~ 29.4%，while the titratable acid content did not increase significantly except T_4. Correlation analysis showed that zinc content was significantly correlated with ear length，100-grain weight，particle size，yield，total phenol and soluble sugar. The analysis of zinc content and quality of synthetic wine grapes showed that T_3 treatment was the best. Under the condition of calcareous soil in Helan mountain，Ningxia，the application rate of about 45 kg/hm^2 EDTA-Zn is suitable for improving the zinc content，yield and quality of wine grapes.

Key words：wine grapes；EDTA-Zn；zinc content；quality