

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.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.13.031

增施中微量元素对酿酒葡萄和葡萄酒品质的改善效应

高陆旭,王 锐,李 磊,孙 权

(宁夏大学农学院,宁夏银川 750021)

摘要:贺兰山东麓碱性石灰性土壤中微量元素匮乏,有效性差。为研究中微量元素在酿酒葡萄和葡萄酒品质上的应用效果,以 5 年生酿酒葡萄蛇龙珠为试验材料,研究在相同水肥条件下增施钙(Ca)、镁(Mg)、锌(Zn)、硼(B)、铁(Fe)元素后,酿酒葡萄和葡萄酒单宁、花色苷、可溶性固形物含量等品质的变化。结果表明,增施 Fe 元素处理显著提高酿酒葡萄和酿造葡萄酒的花色苷含量;增施 B 元素处理酿酒葡萄总酚、单宁含量相对其他处理最高,同时明显降低酿造葡萄酒总酸含量;增施 Ca 元素处理显著提高酿酒葡萄的可溶性固形物含量,葡萄酒总酚含量明显高于其他处理;增施 Zn 元素葡萄酒单宁含量显著提高。由结果可知,增施中微量元素可显著改善酿酒葡萄和葡萄酒品质。

关键词:酿酒葡萄;蛇龙珠葡萄酒;中微量元素;品质

中图分类号: S663.106 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)13-0131-04

宁夏贺兰山东麓酿酒葡萄产区地理位置优越,气候、土壤特征突出,特别适宜生产优质酿酒葡萄原料。但是在碱性石灰性土壤条件下,土壤有机质较为贫瘠,矿质营养元素有效性较低,中微量营养元素亏缺^[1]。加上盲目地追求经济产量,人为投入大量氮磷钾肥而忽视了中微肥的配施,从而导致酿酒葡萄出现明显的缺素症状,严重抑制酿酒葡萄向高产、优质方向的提升^[2]。营养状况是酿酒葡萄栽植生长的基础和关键,充足的养分供应是实现葡萄高产及提高葡萄酒品质的重

要保证。因此,改变传统施肥模式,合理施用中微量元素是改善酿酒葡萄品质的关键措施。中微量营养元素能提高叶片的叶绿素含量,增强光合作用,增强树势,提高坐果率、单果质量以及产量,促进果实着色、早熟,提高含糖量,改善果实品质^[3]。钙(Ca)元素主要促进植株根系以及叶片的生长发育,可通过控制外部介质使植株的生理处于平衡,提升果实风味,增强抗病性。镁(Mg)元素可以促进植物对磷的吸收,有利于提升果实糖分含量。在干旱区沙质强碱性土壤中,Ca 元素可以减轻钠离子(Na^+)的毒害,促进植物体内铵的转化,从而调节其 pH 值^[4-6]。锌(Zn)元素参与生长素的合成,影响酿酒葡萄可溶性固形物含量,在施用氮磷钾的基础上配施微量元素 Zn 能够促进糖酸比的提高^[7-8]。硼(B)元素可促进花粉粒的萌发和子房的发育,主要参与植物体内糖的合成以及运输,在植物糖代谢中起到重要作用,并且有利于根的生长及愈伤组织形成,提高果实品质^[9]。刘昌岭等通过在大泽山葡萄产地中试验,认为钾(K)与 B 元素最有利于葡萄产量与品质

收稿日期:2017-02-16

基金项目:宁夏重点研发(编号:2015BFP02、2016WG02);宁夏科技支撑计划重大专项(编号:2015BY11101);现代农业产业技术体系建设专项(编号:nycyt-30)。

作者简介:高陆旭(1993—),女,陕西榆林人,硕士研究生,主要从事干旱区土肥水管理研究。E-mail:1017503177@qq.com。

通信作者:孙 权,博士,教授,主要从事干旱区土肥水高效利用研究。E-mail:sqnxu@sina.com。

[6] Fujioka S, Yamane H, Phinney B O, et al. The dominant non-gibberellin responding dwarf mutant (D8) of maize accumulates native gibberellins [J]. Proceedings of The National Academy of Sciences of The United States of America, 1998, 85(23): 9031-9035.

[7] Aranzana M J, Kim S, Zhao K, et al. Genome-wide association mapping in *Arabidopsis* identifies previously known flowering time and pathogen resistance genes [J]. PLoS Genetics, 2005, 1(5): 60.

[8] Agrama H A, Eizenga G C, Yan W. Association mapping of yield and its components in rice cultivars [J]. Molecular Breeding, 2007, 19(4): 341-356.

[9] 张 军,赵团结,盖钧镒. 大豆育成品种农艺性状 QTL 与 SSR 标记的关联分析 [J]. 作物学报, 2008, 34(12): 2059-2069.

[10] 潘一乐,张 林,刘 利,等. 桑树种质资源描述规范和数据标准 [M]. 北京:中国农业出版社, 2006: 26-41.

[11] 赵卫国. 桑种质资源的遗传多样性及分子系统学研究 [D]. 镇江:中国农业科学院蚕业研究所, 2005: 36-37.

[12] Pritchard J K, Stephens M, Falush D. Inference of population structure using multilocus genotype data: linked loci and correlated allele frequencies [J]. Genetics, 2000, 155(2): 945-959.

[13] Pritchard J K, Stephens M, Rosenberg N A. et al. Association mapping in structured populations [J]. Am J Hum Genet, 2000, 67(1): 170-181.

[14] Liu K, Muse S V. PowerMarker: an integrated analysis environment for genetic marker analysis [J]. Bioinformatics, 2005, 21(9): 2128-2129.

[15] 赖恭梯,赖钟雄,刘炜嫒,等. 福建中部 3 个野生蕉自然居群基于 NTSYS 和 STRUCTURE 软件的 ISSR 分析 [J]. 热带作物学报, 2014, 35(2): 223-231.

[16] Hardy O J, Vekemans X. SPAGeDi: a versatile computer program to analyse spatial genetic structure at the individual or population levels [J]. Mol Ecol Notes, 2002, 2(4): 618-620.

[17] 黄 莉,任小平,张晓杰,等. ICRISAT 花生微核心种质农艺性状和黄曲霉抗性关联分析 [J]. 作物学报, 2012, 38(6): 935-946.

的提高^[10]。铁(Fe)元素影响叶绿素构成,参与植物光合作用,有利于植物干物质积累,从而提升酿酒葡萄可溶性糖含量。本试验在前人有关中微量元素对葡萄产量及品质影响的研究基础上,进一步探讨中微量元素在酿酒葡萄及葡萄酒上的应用效果,为提高贺兰山东麓产区酿酒葡萄和葡萄酒品质及促进区域化经济发展提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验于 2016 年 4—10 月在宁夏玉泉营南大滩试验基地东北—西南方向进行,该区域位于 38° 14′ 21″ N,

106°01′ 38″E,属中温带干旱气候区,无霜期 160~170 d,年降水量 198 mm 左右,光照资源丰富,气候年较差平均为 31.5℃,日较差平均为 13.6℃,有利于有机物质的合成和积累,适宜优质葡萄生长。土壤剖面(0~20、20~40、40~60、60~80 cm)具体理化性质参见表 1。

1.2 试验设计

本试验采用多因素随机区组设计,共设 6 个处理,3 次重复,采用水肥一体化管理,具体设计见表 2。全生育期施肥采用文丘里施肥器,于萌芽期、花期、膨大期和果实着色期随水供给作物。灌溉定额为 5 250 m³/hm²,根据田间持水量的 50%~80% 酌情滴灌。

表 1 风沙土土壤基本理化性质

土层深度 (cm)	容重 (g/cm ³)	田间持水量 (%)	pH 值	全盐含量 (g/kg)	有机质含量 (g/kg)	碱解氮含量 (mg/kg)	有效磷含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)
0~20	1.48	13.27	8.76	0.45	2.39	9.85	8.47	80.25
20~40	1.45	12.46	8.74	0.48	2.97	16.92	7.85	67.36
40~60	1.48	11.15	8.62	0.36	2.94	12.84	16.96	93.78
60~80	1.51	12.28	8.65	0.39	3.11	7.82	12.71	75.56

表 2 试验养分设计

处理	养分分配比
CK	157.5 kg/hm ² N+82.5 kg/hm ² P ₂ O ₅ +135 kg/hm ² K ₂ O
T _{Ca}	157.5 kg/hm ² N+82.5 kg/hm ² P ₂ O ₅ +135 kg/hm ² K ₂ O+90 kg/hm ² Ca(NO ₃) ₂
T _{Mg}	157.5 kg/hm ² N+82.5 kg/hm ² P ₂ O ₅ +135 kg/hm ² K ₂ O+90 kg/hm ² MgSO ₄
T _{Zn}	157.5 kg/hm ² N+82.5 kg/hm ² P ₂ O ₅ +135 kg/hm ² K ₂ O+45 kg/hm ² EDTA-Zn
T _B	157.5 kg/hm ² N+82.5 kg/hm ² P ₂ O ₅ +135 kg/hm ² K ₂ O+45 kg/hm ² Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O
T _{Fe}	157.5 kg/hm ² N+82.5 kg/hm ² P ₂ O ₅ +135 kg/hm ² K ₂ O+45 kg/hm ² EDTA-Fe

1.3 酿酒葡萄及酿造葡萄酒品质测定

1.3.1 酿酒葡萄品质测定 在酿酒葡萄生育期间,每个小区选取长势一致的 30 株,挂牌作标记,收获时在标记植株中部选 1 个果穗,每次取样时在果穗的上中下部各取 1 个果粒,共 90 粒。用搅拌机打成匀浆后测定品质。单宁、花色苷、总酚含量在液氮中保存 24 h 后再进行测定,用手持糖量计测定酿酒葡萄可溶性固形物含量;用 NaOH 滴定法测定总酸含量(以酒石酸计);用斐林试剂滴定法测定还原糖含量(以葡萄糖计);用福林-丹尼斯法测定单宁含量(以单宁酸计);用 pH 值示差法测定花色苷含量(以二甲花翠素-3-葡萄糖苷计);用福林-肖卡法测定总酚含量(以没食子酸计)^[11-13]。

1.3.2 酿造葡萄酒品质测定 葡萄成熟时在预期选定的植株上筛选摘取 5 kg 酿酒葡萄果实,剪掉梗并挤压破皮后,倒入 2.5 L 发酵罐内,并添加 20 mg/L 果胶酶,50 mg/L 偏重亚硫酸钾。在 25~30℃ 下进行发酵,3 周后发酵完成,将葡萄酒与葡萄皮渣分离,过滤澄清后装瓶即可。酿造葡萄酒 pH 值用 pH 计测定,随后采用比重法测其乙醇度;采用密度瓶法测葡萄酒干浸出物;用分光光度计法测色度;用斐林试剂热滴定法测定还原糖含量;用氢氧化钠标准溶液滴定法测定可滴定酸含量;用福林酚法测定总酚含量;用福林-丹尼斯法测定单宁含量;用 pH 值示差法测定花色苷含量(以车菊色素-3-葡萄糖苷计)^[14-15]。

1.4 数据分析

采用 Excel 2003 软件进行试验数据整理和作图,用 SPSS 17.0 软件进行统计分析,并对相关指标进行显著性检验,显

著性水平为 0.05, *n* = 5。

2 结果与分析

2.1 中微量元素对酿酒葡萄糖、酸含量的影响

由表 3 可知,除了 Ca 元素外,其他中微量元素对酿酒葡萄可溶性固形物含量影响不显著,增施 Ca 元素的果实可溶性固形物含量与 CK 相比,提高了 8.0%,可溶性固形物含量是对酿酒葡萄总糖含量的反映,而糖分含量决定酿造葡萄酒的乙醇度。中微量元素可显著增加还原性糖含量,其中 B 元素效果最为显著,相比 CK 增加了 24.7%,除增施 Zn、Fe、Mg 元素外,其他处理间还原性糖含量均存在显著差异。中微量元素均能降低酿酒葡萄果实的酸度,且降低趋势明显,酿酒葡萄酸度决定着酿造葡萄酒的口味,增施 Ca、B 元素效果最佳,可滴定酸含量降幅分别为 17.5%、20.6%。增施 B 元素后糖酸比达到了 40.81,适当的糖酸比可以提高酿造葡萄酒的风味,显著提高葡萄酒品质。

2.2 中微量元素对酿酒葡萄总酚、花色苷、单宁含量的影响

由表 4 可知,增施中微肥均能显著提高酿酒葡萄果实中的总酚含量,施用 Ca、Mg、Zn、B、Fe 元素处理的酿酒葡萄果实总酚含量分别比 CK 提高 29.4%、21.7%、36.4%、47.9%、25.9%,其中 B 元素处理的总酚含量可达到 13.18 mg/g,显著高于其他处理,说明 B 元素对总酚含量的累积效果最佳。Zn 元素处理的果实花色苷含量比对照提高 44.4%;增施 Fe 元素处理下花色苷含量最高,达到 7.6 mg/g,比 CK 提高 111.1%,说明 Fe 元素能显著提高酿酒葡萄果实中花色苷含

表 3 中微量元素对酿酒葡萄糖、酸含量的影响

处理	可溶性固形物含量 (%)	还原性糖含量 (%)	可滴定酸含量 (%)	糖酸比
CK	22.13 ± 0.86b	16.31 ± 0.85c	0.63 ± 0.01a	25.88 ± 0.77d
T _{Ca}	23.90 ± 0.74a	18.33 ± 0.12b	0.52 ± 0.02bc	35.05 ± 0.96b
T _{Mg}	22.66 ± 0.86b	17.19 ± 0.34bc	0.57 ± 0.04ab	30.45 ± 2.55c
T _{Zn}	22.03 ± 1.06b	19.32 ± 0.04ab	0.55 ± 0.02b	35.38 ± 1.31b
T _B	23.46 ± 1.24ab	20.34 ± 0.23a	0.50 ± 0.01c	40.81 ± 3.46a
T _{Fe}	22.85 ± 0.36b	19.74 ± 0.34ab	0.54 ± 0.03b	36.69 ± 3.05ab

注:同列数据后标有不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。下表同。

量;增施 Ca、B 元素处理的花色苷含量则降低,增施 Ca 元素处理比 CK 降低 11.1%,增施 B 元素处理比 CK 降低 16.7%。单宁含量的变化与总酚含量的变化高度相关,增施中微肥可显著提高葡萄果实中单宁的含量,其中增施 Ca、Mg、Zn、Fe 元素处理间的单宁含量差异不显著,增施 B 元素相比其他处理效果最为明显,比 CK 提高了 34.8%。

表 4 中微量元素对酿酒葡萄总酚、花色苷、单宁含量的影响

处理	总酚含量 (mg/g)	花色苷含量 (mg/g)	单宁含量 (mg/g)
CK	8.91 ± 0.23c	3.6 ± 0.00c	18.56 ± 0.06c
T _{Ca}	11.53 ± 0.02b	3.2 ± 0.01c	22.21 ± 0.11b
T _{Mg}	10.84 ± 0.25b	3.6 ± 0.02c	21.32 ± 0.13b
T _{Zn}	12.15 ± 0.26b	5.2 ± 0.02b	24.35 ± 0.05b
T _B	13.18 ± 1.42a	3.0 ± 0.01c	25.02 ± 0.24a
T _{Fe}	11.22 ± 0.12b	7.6 ± 0.02a	22.25 ± 0.21b

2.3 中微量元素对酿造葡萄酒基本理化性质的影响

由表 5 可知,中微量元素对酿造葡萄酒的 pH 值影响不大,其中增施 Ca 元素处理的酿造葡萄酒 pH 值略提高,增施 Mg、Zn、B 元素,降低了葡萄酒 pH 值,而增施 Fe 元素提高了酿造葡萄酒 pH 值。除增施 Ca 肥处理外其他处理所酿造葡萄酒乙醇度相比 CK 略有降低,但总体变化不大,差值基本保持在 0.38 ~ 0.53 百分点之间,而增施 Ca 元素处理乙醇度高于 CK 处理 0.5%。增施 Ca 元素处理残糖含量较其他处理最高,为 3.93 g/L,低于 4 g/L,属于干型葡萄酒。5 个处理干浸出物含量总体表现与乙醇度相反,Zn、B 元素处理干浸出物含量较高,分别比 CK 增加 21.6%、33.8%。各处理酿造葡萄酒总酸含量相比 CK 均有所降低,其中 B 元素处理总酸含量最低,比 CK 降低 21.4%。

表 5 中微量元素对酿造葡萄酒基本理化性质的影响

处理	pH 值	乙醇度 (%)	残糖含量 (g/L)	干浸出物含量 (g/L)	总酸含量 (g/L)
CK	3.61	12.85	2.83	22.22	7.25
T _{Ca}	3.62	13.35	3.93	22.58	6.88
T _{Mg}	3.58	12.32	3.22	25.57	6.90
T _{Zn}	3.57	12.33	3.78	27.02	6.79
T _B	3.54	12.47	3.85	29.73	5.70
T _{Fe}	3.69	12.46	3.48	26.52	6.71

2.4 中微量元素对酿造葡萄酒总酚、花色苷、单宁含量的影响

由表 6 可知,增施中微量元素处理可显著提高所酿造葡萄酒总酚含量,其中增施 Ca、Mg、Zn、B 元素处理酿造葡萄酒

总酚含量较高,增施 Ca 元素处理总酚含量比 CK 处理增加 90.9%,相比增施 Fe 元素处理增加 38.0%。增施中微量元素对酿造葡萄酒花色苷含量影响显著,增施 Zn、Fe 元素处理的花色苷含量相比对照增幅较高,分别提高 150.0%、175.0%,其中增施 Fe 元素处理的花色苷含量最高,相比增施 Ca、Mg 元素分别提高 83.3%、69.2%。单宁为多酚类物质,对葡萄酒的口感产生一定的影响,增施中微肥可显著促进单宁含量的积累,其中增施 Ca、B、Fe 元素处理间花色苷含量差异不显著,增施 Zn 元素单宁含量最高,达到 14.35g/L,比对照增加 40.3%。葡萄酒的色度体现了葡萄酒外观质量,总体与花色苷含量呈正比关系。

表 6 中微量元素对酿造葡萄酒总酚、花色苷、单宁含量的影响

处理	总酚含量 (g/L)	花色苷含量 (g/L)	单宁含量 (g/L)	色度
CK	2.32 ± 0.11c	32 ± 0.00d	10.23 ± 0.14d	8.56 ± 0.04b
T _{Ca}	4.43 ± 0.03a	48 ± 0.02c	12.21 ± 0.32b	8.75 ± 0.23b
T _{Mg}	4.36 ± 0.12a	52 ± 0.00c	11.35 ± 0.14c	9.01 ± 0.45a
T _{Zn}	4.24 ± 0.08a	80 ± 0.04b	14.35 ± 0.05a	8.95 ± 0.05a
T _B	4.13 ± 0.12a	48 ± 0.02c	13.40 ± 0.26ab	8.97 ± 0.42a
T _{Fe}	3.21 ± 0.02b	88 ± 0.05a	12.25 ± 0.11b	9.12 ± 0.06a

3 讨论

糖、酸、单宁、色素和芳香物质是决定酿酒葡萄品质高低的重要因素,可溶性固形物是对酿酒葡萄总糖的反映^[16]。增施 Ca 元素可以提高果实硬度和可溶性固形物含量^[17-19]。本研究结果显示,增施 Ca 元素的酿酒葡萄可溶性固形物含量相比对照增加 8.0%,这与前人的研究结果一致,说明硝酸钙可以改善土壤中的钙氮比(Ca/N)关系,提高 Ca²⁺ 的利用率,加强果实的糖代谢,同时降低果实酸度,提高酿造葡萄酒乙醇度。

适当的糖酸比是判断葡萄果实是否成熟的重要指标,赵冰等研究表明,增施 Mg 元素后,番茄内单宁、维生素 C 等物质转化率降低,可滴定酸含量减少,果实中的糖酸比提高^[20]。本研究表明增施 Mg 元素酿酒葡萄的总糖含量增加,酿造葡萄酒色度增加,表明 Mg 元素可以加强植物的光合作用,促进光合产物向蛋白质的转化,从而促进果实的色素形成,为提高酿酒葡萄品质打好物质基础。郭晓月等研究表明,增施 B 元素能改善植株各器官有机物的供应状况,促进植物生长发育,加速植物体内糖的合成与运转,使可溶性糖含量提高,极显著地提高果实品质^[21]。本研究发现,增施 B 元素可显著提高酿酒葡萄还原糖含量,相比 CK 增加了 24.7%。增施 B 元素处理的酿酒葡萄总酚、单宁含量与其他处理相比均最高,明显降

低葡萄酒中总酸含量,提升了口感。

花色苷是酿酒葡萄与葡萄酒中一种重要的酚类化合物,主要存在于酿酒葡萄浆果中,能清晰地表现葡萄酒的质量和色调^[22]。Hardie 等研究表明,增施中微量元素提高花色苷含量^[23-24],而本研究表明,增施 Fe 肥酿酒葡萄花色苷含量与对照相比增加 111.1%,这与前人研究结果基本一致,分析原因是 Fe 元素通过与乙二胺四乙酸(EDTA)螯合,提高了植物对 Fe 的吸收和利用,促进叶绿素合成,促进光合作用,将更多的营养物质积累在果实中^[25]。Zn 是植物体许多酶的组分和活化剂,在植物的代谢过程中发挥重要作用,本试验增施 Zn 元素提高了酿酒葡萄花色苷含量,相比 CK 增加了 44.4%,增施 Fe 元素处理下花色苷含量最高,为 7.6 mg/g,增施 Zn 元素处理比增施 Fe 元素处理的花色苷含量低,这与耿慧的研究结果一致^[26]。

酿酒葡萄的优劣决定了葡萄酒的质量,中微量元素通过葡萄的根系对土壤中水分以及养分进行吸收而进入果实中,最终体现在酒中^[27-29]。中微量元素对葡萄酒 pH 值影响不大,基本保持在 3.54~3.69 之间,符合葡萄酒酿造标准。增施 Ca 元素处理下葡萄酒乙醇度较高,同时提高了酒中总酚含量,对葡萄酒的颜色、氧化水平等特征有一定的作用,此外,总酚含量的提升,增强了葡萄酒香气。增施 B 元素有助于降低葡萄酒总酸含量,改善风味,优化口感。增施 Fe 元素的葡萄明显提高葡萄酒色度、花色苷含量,有助于促进葡萄酒酒体清亮透明。可见,增施的中微量元素参与植株整个生理代谢,能将有效的光合产物以及营养物质输送至果实器官,通过合理的酿造技术即可酿造优质的葡萄酒。

4 结论

在相同基础水肥条件下,增施 Ca 元素可提升酿酒葡萄可溶性固形物含量,提高葡萄酒乙醇度以及总酚含量;增施 B 元素可显著提高酿酒葡萄糖酸比、总酚含量、单宁含量;增施 Zn 元素葡萄单宁含量最高;增施 Fe 元素对提升酿酒葡萄以及葡萄酒品质有显著效果,可促进酿酒葡萄花色苷积累,明显提高葡萄酒色度、花色苷含量。

参考文献:

- [1]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,2007,28(1):24-28.
- [2]岳桂英,赵晓键,卢贵宏,等. 微肥对葡萄产量与品质的影响[J]. 北方果树,2005(1):52.
- [3]侍朋宝,陈海菊,张振文. 山地酿酒葡萄园土壤养分与葡萄品质的关系[J]. 中外葡萄与葡萄酒,2007(3):15-18,24.
- [4]杨 雪,杨朝辉. 宁夏葡萄酒产业发展现状的研究[J]. 山东社会科学,2015(12):154-156.
- [5]李玉鼎,刘廷俊,赵世华. 宁夏酿酒葡萄产业发展与回顾[J]. 宁夏农林科技,2006(3):38-41.
- [6]周 涛,梁锦绣,尚红莺,等. 宁夏酿酒葡萄产业科研进展与对策[J]. 宁夏科技,2002(6):26-27.
- [7]施 明,孙 权,王 锐,等. 贺兰山东麓酿酒葡萄园土壤微量营养元素及微肥施用进展[J]. 中外葡萄与葡萄酒,2013(2):59-63.
- [8]那艳斌. 氨基酸与钙镁配施对番茄产量,品质影响初探[D]. 北京:中国农业科学院,2011.

- [9]曹 恭,梁鸣早. 镁-平衡栽培体系中植物必需的中量元素[J]. 土壤肥料,2003(3):1-4.
- [10]刘昌岭,任宏波,朱志刚,等. 土壤中营养元素对葡萄产量与品质的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒,2005(4):17-20.
- [11]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.
- [12]陈建勋,王晓峰. 植物生理学实验指导[M]. 广州:华南理工大学出版社,2002:102-103.
- [13]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.
- [14]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,1999:180-181.
- [15]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.
- [16]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,2012:44-45.
- [17]陈黎明. 氯化钙喷施对番茄产量和品质影响的研究[D]. 延吉:延边大学,2007:31-32.
- [18]李中勇,高东升,王 闯,等. 土壤施钙对设施栽培油桃果实钙含量及品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2010,16(1):191-196.
- [19]周开兵,梁 柱,黄海林. 叶面喷施磷、钾、钙对三月红荔枝果实品质和着色的影响[J]. 亚热带植物科学,2007,36(1):27-30,35.
- [20]赵 冰,毛小云,廖宗文. 几种镁肥对番茄肥效的比较研究[J]. 土壤通报,2006,37(4):830-832.
- [21]郭晓月,史正军,邓 佳,等. 叶面喷施硼肥对葡萄柚果实品质的影响[J]. 现代园艺,2015(17):5-6.
- [22]于 贞,赵光鳌,李记明. 葡萄皮中的酚类物质对葡萄酒中酚含量的影响[J]. 酿酒科技,2010(4):46-47,51.
- [23]Hardie W J, Obrien T P, Jaudzems V G. Morphology, anatomy and development of the pericarp after anthesis in grape, *Vitis vinifera* L. [J]. Australian Journal of Grape & Wine Research, 1996, 2(2):97-142.
- [24]Jensen J S, Demiray S, Egebo M, et al. Prediction of wine color attributes from the phenolic profiles of red grapes (*Vitis vinifera*) [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008, 56(3):1105-1115.
- [25]冯 密,王 平,李振轮. 新型叶面铁肥对葡萄叶片叶绿素及果实品质的影响[J]. 中国南方果树,2016,45(4):132-134.
- [26]耿 慧. 张宣葡萄产区土壤铜、锌分布特征及与葡萄品质的关系[D]. 保定:河北农业大学,2011:56-58.
- [27]张云峰,李 艳,严 斌,等. 葡萄园土壤中4种金属元素的测定及其对葡萄和葡萄酒的影响[J]. 食品科学,2010,31(24):374-379.
- [28]Nicolini G, Larcher R, Pangrazzi P, et al. Changes in the contents of micro- and trace- elements in wine due to winemaking treatments [J]. Vitis, 2004, 43(1):41-45.
- [29]Hu L C, Huang H X. Determination of the content of trace elements in red wine from different producing area by flame atomic absorption spectrometry[J]. Studies of Trace Elements & Health, 2014(3):34-35.