

杨 阳,韩晓梅,陈迎春,等. 叶面喷施硼钙对贵妃玫瑰葡萄产量、品质及硼、钙含量的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(7):144-147.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.07.035

叶面喷施硼钙对贵妃玫瑰葡萄产量、品质及硼、钙含量的影响

杨 阳,韩晓梅,陈迎春,杨立英,吴新颖

(山东省葡萄研究院,山东济南 250000)

摘要:在贵妃玫瑰葡萄幼果期至果实转色期,对葡萄叶面分别喷施硼(B)、硝酸钙[Ca(NO₃)₂]、Ca(NO₃)₂+B、氨基酸钙、氨基酸钙+B,以喷清水为对照(CK),分别测定分析葡萄果实单粒质量、穗质量、总糖含量、可滴定酸含量及不同部位的硼、钙含量等,计算钙硼比(Ca/B)。结果表明,葡萄幼果期喷施硼、钙可改善和提高葡萄的产量及品质,其增产高低顺序为Ca(NO₃)₂+B>氨基酸钙+B>B>氨基酸钙>Ca(NO₃)₂,品质提升顺序为氨基酸钙+B>Ca(NO₃)₂+B>氨基酸钙>Ca(NO₃)₂>B,其中以硼钙联合施用的效果相对最佳;喷硼可促进葡萄叶片对硼的吸收,但会抑制果皮中钙的积累,喷B、Ca(NO₃)₂+B、氨基酸钙+B处理的叶片硼含量分别是CK的2.43、4.43、2.50倍,而果皮中的钙含量却分别降低19.3%、20.5%、37.3%;喷钙有利于葡萄叶片对钙的吸收,Ca(NO₃)₂、氨基酸钙处理的叶片钙含量分别是CK的1.07、1.06倍,但会抑制叶片对硼的积累,2个处理的叶片硼含量均低于CK。

关键词:硼;钙;叶面喷施;贵妃玫瑰葡萄;产量;品质

中图分类号: S663.106 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)07-0144-04

我国鲜食葡萄品质问题突出,一方面体现在果穗不整齐,

收稿日期:2016-11-25

基金项目:山东省人才计划资金支持现代农业产业体系创新团队建设专项(编号:SDAIT-06-21)。

作者简介:杨 阳(1982—),女,黑龙江拜泉人,硕士,农艺师,主要从事葡萄栽培、营养生理研究。E-mail:feixiang0507@126.com。

通信作者:吴新颖,高级农艺师,主要从事葡萄品种与栽培、病虫害综合防治研究。E-mail:echomoon0622@163.com。

同以及受试植物的种类不同。

3.4 不同 Hg²⁺ 浓度处理下萝卜幼苗根际土壤微生物与土壤酶活性的相关关系

本研究表明,在不同浓度的 Hg²⁺ 处理下,萝卜幼苗根际细菌、真菌、放线菌数量均与所测土壤酶活性呈极显著正相关关系(除萝卜幼苗根际细菌数量与土壤蔗糖酶活性呈不显著正相关外),说明 Hg²⁺ 的处理改变了土壤微生物区系,进而影响土壤酶活性,使得土壤环境条件向着不利于萝卜植株的生长方向演变。本研究结果同时也证实了 Aon 等的理论,即特定的土壤酶活性与细菌、真菌等类群密切相关^[13]。

参考文献:

- [1] 钟士传. 汞胁迫对花生种子发芽及生理生化特性的影响[J]. 种子,2009,28(12):89-90,101.
- [2] 尚爱安,刘玉荣,梁重山,等. 土壤中重金属的生物有效性研究进展[J]. 土壤,2000,32(6):294-300.
- [3] 杨肖娥,龙新宪,倪吾钟. 超积累植物吸收重金属的生理及分子机制[J]. 植物营养与肥料学报,2002,8(1):8-15.
- [4] 廖自基. 微量元素的环境化学及生物效应[M]. 北京:中国环境科学出版社,1992:324-358.

口感风味淡,整体果实品质差;另一方面,化肥、农药、生长调节剂使用不合理,果品安全存在隐患。硼(B)、钙(Ca)是植物必需的中微量营养元素,在果实品质形成过程中具有重要作用^[1],硼、钙营养在葡萄上的合理应用,可安全有效地提高葡萄产量,改善果实品质。有研究表明,叶面喷施硼肥可提高梅鹿辄葡萄、砀山酥梨、葡萄柚、苹果、猕猴桃的糖酸比^[2-6],使果实品质得到改善;喷施外源钙可提高红地球葡萄果实的硬度^[7],增加苹果果肉密度,提高苹果果实的储藏性能及风

- [5] 曹 毅,陆 宁,孟建玉,等. 汞胁迫对烤烟生理特性的影响[J]. 2011,24(6):2152-2155.
- [6] 过昱辰,刘莹莹,王 赛,等. 汞胁迫对两种暖季型草坪草生理生化特征的影响[J]. 天津农业科学,2016,22(2):22-26.
- [7] 李春龙. 水花生不同部位水浸液对豇豆种子萌发的影响[J]. 种子,2013,32(7):72-73.
- [8] 韩春梅,李春龙,叶少平,等. 生姜水浸液对生姜幼苗根际土壤酶活性、生物群落结构及土壤养分的影响[J]. 生态学报,2012,32(2):489-498.
- [9] 关松荫. 土壤酶及其研究方法[M]. 北京:中国农业出版社,1983:48-156.
- [10] Visser S, Parkinson D. Soil biological criteria as indicators of soil quality: soil microorganisms[J]. American Journal of Alternative Agriculture,1992,7(1):33-37.
- [11] 高大翔,郝建朝,金建华,等. 重金属汞、镉单一胁迫及复合胁迫对土壤酶活性的影响[J]. 农业环境科学学报,2008,27(3):903-908.
- [12] 荆延德,何振立,杨肖娥. 稻菜轮作制下汞胁迫的土壤微生物学和酶学效应[J]. 水土保持学报,2009,23(3):144-147.
- [13] Aon M A, Colaneri A C. Temporal and spatial evolution of enzymatic activities and physico-chemical properties in an agricultural soil[J]. Applied Soil Ecology,2001,18(3):255-270.

味品质^[8-9];由于硼、钙在吸收、运转及部分生理功能上具有相似性^[10],这两者之间的交互效应一直成为研究热点,幼果期联合施用硼、钙营养,可调节柑橘、龙眼、山胡柚等果实的发育、糖积累及糖酸代谢,有利于果实品质的提升^[11-13]。

在葡萄生产上,硼主要施用于开花前后^[14],钙则在果实膨大期、采前喷施或采后蘸果用^[7,15-16],而硼、钙在葡萄幼果期的联合施用效果鲜见报道,另外,钙素化合物种类较多,可分为无机钙和有机钙,而有关硼与不同钙素化合物的联合施用效果也未见报道。本试验通过叶面喷施硼、不同钙素化合物及硼与不同钙素化合物联用,研究其对葡萄产量、品质及硼、钙含量的影响,探讨硼、钙在葡萄生产上的营养效应及交互作用,为葡萄生产中硼、钙营养的合理施用提供理论依据,

表 1 济南市仲官镇试验基地葡萄园区土壤养分情况

土层 (cm)	pH 值	土壤养分含量					
		有机质(g/kg)	水解氮(mg/kg)	有效磷(mg/kg)	速效钾(mg/kg)	交换性钙(mg/kg)	有效硼(mg/kg)
0~20	8.1	10.8	60.7	20.9	237	1 494.27	0.34
20~40	8.4	12.5	56.6	12.2	162	1 363.93	0.21

1.2 试验方法

选择树势基本一致、无病虫害、生长健壮的植株,分别于 6 月 9 日、6 月 24 日、7 月 10 日 09:00 喷施 B、Ca(NO₃)₂、Ca(NO₃)₂+B、氨基酸钙、氨基酸钙+B 溶液,以喷施清水为对照(CK),共计 6 个处理。每个处理重复 3 次,每个重复喷施 7 株。B 使用浓度为 0.3% 的硼酸(H₃BO₃)溶液,Ca(NO₃)₂、氨基酸钙使用浓度为 0.5%。

1.3 采样测定

7 月 28 日葡萄果实成熟期,每个处理随机采集 60 张中部功能叶片,蒸馏水清洗,105℃杀青,80℃烘干,采用不锈钢粉碎机进行粉碎。每个处理随机选取果穗 15 个,称果穗质量。从果穗上、中、下部采摘果实 30 粒,称单粒质量;分离果皮,将果皮杀青、烘干、粉碎。采用 Optima 2100DV 等离子体发射光谱仪测定叶片、叶柄和果皮的硼、钙含量^[18];分别采用斐林试剂滴定法、酸碱滴定法、手持糖度计测定果实总糖、可滴定酸、可溶性固形物含量^[19]。

1.4 数据统计分析

采用 Excel 2007、SPSS 13.0 软件对试验数据进行统计分

析;采用 Duncan's 新复极差法进行差异显著性检验。

1 材料与方法

1.1 材料

本试验于 2015、2016 年 5—7 月连续 2 年在山东省葡萄研究院济南市仲官镇试验基地进行,试材为 11 年生贵妃玫瑰葡萄,篱架栽培,株行距为 1.2 m×2.5 m,产量约为 1.8 t/hm²。葡萄园为壤土,肥力水平中等(表 1),常规管理。参照山东果园土壤养分分级标准^[17],园区土壤中有效硼含量属于低水平。硝酸钙[Ca(NO₃)₂]、氨基酸钙由韩国翱得思株式会社生产,前者为分析纯,后者批号为 20150330030136。

2 结果与分析

2.1 叶片喷施硼、钙对葡萄产量性状的影响

由表 2 可见,葡萄叶片喷施硼、钙可显著提高贵妃玫瑰葡萄果实的生物量,干物质质量有显著增加,果实含水量有显著降低($P<0.05$);硼、钙联合施用的效果明显优于硼、钙单独施用的,以 Ca(NO₃)₂+B 处理的效果相对最佳,其单粒鲜质量、穗质量分别较 CK 提高 28.1%、17.2%,含水量降低 1.45 百分点,氨基酸钙+B 处理次之,单粒鲜质量、穗质量分别较 CK 提高 19.1%、16.6%,含水量降低了 1.48 百分点;硼、钙单独施用,B 处理要优于 Ca(NO₃)₂、氨基酸钙处理,B、Ca(NO₃)₂、氨基酸钙处理的葡萄单粒鲜质量分别提高 17.7%、12.6%、7.5%,穗质量分别较 CK 增加 9.3%、4.5%、6.0%,含水量则分别较 CK 降低 0.96、0.31、0.44 百分点;各处理增产高低顺序为 Ca(NO₃)₂+B>氨基酸钙+B>B>氨基酸钙>Ca(NO₃)₂。综合果实生物量各指标数据来看,增施硼更有利于降低果实的含水量,增加果实的干物质积累量。

表 2 贵妃玫瑰葡萄叶片喷施硼、钙对葡萄果实产量性状的影响

处理	单粒鲜质量 (g)	单粒干质量 (g)	含水量 (%)	穗质量 (g)
B	10.06±0.07bc	1.59±0.01b	84.21±0.05bc	605.74±3.89b
Ca(NO ₃) ₂	9.63±0.53cd	1.46±0.01c	84.86±0.06b	579.60±7.12bc
Ca(NO ₃) ₂ +B	10.95±0.12a	1.78±0.02a	83.72±0.03c	649.99±6.32a
氨基酸钙	9.19±0.13d	1.40±0.01c	84.73±0.04b	587.79±8.41bc
氨基酸钙+B	10.18±0.06b	1.66±0.02a	83.69±0.04c	646.60±5.78a
清水(CK)	8.55±0.09e	1.27±0.03e	85.17±0.14a	554.42±7.81c

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。下表同。

2.2 叶片喷施硼、钙对葡萄果实品质性状的影响

由表 3 可见,叶片喷施硼、钙可不同程度改善贵妃玫瑰葡萄的品质,以氨基酸钙处理的效果相对最好,其可溶性固形物含量较 CK 增加 10.1%,氨基酸钙+B 处理次之,较 CK 增加 4.7%,单喷 B 处理的可溶性固形物含量略高于 CK,较 CK 仅

增加 0.4%,而 Ca(NO₃)₂、Ca(NO₃)₂+B 处理的葡萄可溶性固形物含量与 CK 差异不显著($P>0.05$);叶片喷施硼、钙可显著提高葡萄果实的总糖含量,以氨基酸钙处理相对最高,较 CK 提高 22.3%,氨基酸钙+B 处理次之,较 CK 提高 10.3%,B 处理的果实总糖含量较 CK 提高 6.6%,而 Ca(NO₃)₂+B

处理的果实总糖含量与 CK 差异不显著 ($P>0.05$) ;施用硼、钙可显著降低果实中的可滴定酸含量,以硼、钙联合施用的效果相对最佳,降酸幅度也相对最大, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{B}$ 、氨基酸 + B 处理的果实可滴定酸含量分别较 CK 降低 48.5%、44.7% ,单施氨基酸钙处理次之, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 、氨基酸钙处理的果实可滴定酸含量分别较 CK 降低 34.2%、38.0% ,B 处理的效果相

对较差;喷施硼、钙处理的固酸比、糖酸比均显著高于 CK ($P<0.05$) ,且变化趋势一致,其中以硼钙联合施用效果相对较好,单施钙处理次之。综合来看,喷施硼钙对葡萄品质的提升顺序为氨基酸钙 + B > $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{B}$ > 氨基酸钙 > $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ > B。

表 3 贵妃玫瑰葡萄叶片喷施不同硼、钙组合对果实品质的影响

处理	可溶性固形物含量 (%)	总糖含量 (g/L)	可滴定酸含量 (g/L)	固酸比	糖酸比
B	14.93 ± 0.12c	134.38 ± 0.89c	4.28 ± 0.32b	3.49 ± 0.31d	31.51 ± 1.67c
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	14.67 ± 0.11cd	132.81 ± 2.34cd	3.31 ± 0.21c	4.43 ± 0.37c	40.12 ± 1.42b
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{B}$	14.33 ± 0.41d	129.69 ± 1.01de	2.59 ± 0.19d	5.52 ± 0.21a	50.03 ± 1.12a
氨基酸钙	16.37 ± 0.21a	154.17 ± 1.21a	3.12 ± 0.24c	5.24 ± 0.12b	49.38 ± 2.13a
氨基酸钙 + B	15.57 ± 0.32b	139.06 ± 1.08b	2.78 ± 0.37d	5.59 ± 0.15a	50.05 ± 1.09a
清水(CK)	14.87 ± 0.17cd	126.04 ± 1.29e	5.03 ± 0.12a	2.91 ± 0.12e	25.07 ± 2.45d

2.3 喷施硼、钙对葡萄不同部位硼、钙含量的影响

2.3.1 对硼含量的影响 由表 4 可见,单独喷施硼或硼钙联合施用,可促进叶片对硼的吸收,在叶片、叶柄和果皮中与 CK 相比均有显著积累 ($P<0.05$) ,其中,叶片中的积累量相对较多,说明在葡萄幼果期喷施硼对树体有明显的补硼效果,叶片吸收的硼可通过叶柄向果实运输; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{B}$ 、氨基酸钙 + B 处理的叶片硼含量分别是 CK 的 4.43、2.50 倍,叶柄硼含量分别为 CK 的 1.89、1.79 倍;B 处理效果次之,叶片、叶柄中的硼含量分别是 CK 的 2.43、1.51 倍; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 、氨基酸钙处理的叶片硼含量略低于 CK,叶柄中的硼含量略高于 CK,说明单施钙处理会降低叶片对硼的积累,但不影响叶柄中硼含量的增加;B 处理有利于果皮中硼含量的增加,与 CK 相比增加 94.5% ,硼钙联合施用次之, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{B}$ 、氨基酸钙 + B 处理的果皮中硼含量分别较 CK 增加 83.2%、58.2% ;与 CK 相比,单施钙对果皮中的硼含量影响不显著 ($P>0.05$) 。

2.3.2 对钙含量的影响 由表 4 可见,与 CK 相比,喷施钙显著提高葡萄叶片的钙含量 ($P<0.05$) ,其中以 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 、氨基酸钙处理的叶片钙含量相对较高,分别是 CK 的 1.07、1.06 倍,硼钙联合施用次之;单施硼会降低叶片中的钙含量,与 CK 相比,B 处理的叶片钙含量降低 2.6% ;与 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 处理相比, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{B}$ 处理的叶片钙含量降低 1.7% ;与氨基酸钙相比,氨基酸钙 + B 处理的叶片钙含量降低 1.9% ;葡萄叶片喷施硼、钙,叶柄中的钙含量以硼钙联合施用处理的相对较高,单施钙处理次之,B 处理相对最小,但均显著高于 CK ($P<0.05$) ; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 、氨基酸钙处理的果皮中钙含量显著高于 CK ($P<0.05$) ,分别是 CK 的 1.31、1.22 倍;与 CK 相比,施硼可显著降低果皮中的钙含量 ($P<0.05$) ,B、 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{B}$ 、氨基酸钙 + B 处理的果皮中钙含量分别是 CK 的 80.7%、79.5%、62.7% 。

表 4 喷施硼钙对贵妃玫瑰叶片、叶柄和果皮中硼、钙含量的影响

处理	B 含量 (mg/kg)			Ca 含量 (g/kg)		
	叶片	叶柄	果皮	叶片	叶柄	果皮
B	53.65 ± 1.02b	33.77 ± 1.34c	47.19 ± 1.07a	32.04 ± 0.57e	29.17 ± 0.13c	1.30 ± 0.09c
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	18.07 ± 2.03d	25.74 ± 1.56d	24.12 ± 1.32c	35.26 ± 0.31a	31.10 ± 0.11b	2.11 ± 0.14a
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{B}$	97.85 ± 1.41a	42.23 ± 1.23a	44.45 ± 2.89ab	34.65 ± 0.25bc	31.64 ± 0.02a	1.28 ± 0.08c
氨基酸钙	21.05 ± 1.01cd	24.93 ± 2.89de	24.15 ± 1.46c	34.94 ± 0.11b	31.22 ± 0.09b	1.96 ± 0.23a
氨基酸钙 + B	55.15 ± 0.04b	40.15 ± 0.92b	38.37 ± 4.37b	34.27 ± 0.28c	31.58 ± 0.09a	1.01 ± 0.05d
清水(CK)	22.08 ± 1.11c	22.37 ± 1.34e	24.26 ± 1.39c	32.88 ± 0.21d	24.84 ± 0.42d	1.61 ± 0.12b

2.3.3 对钙/硼值的影响 由表 5 可见,与 CK 相比,单施钙处理提高了贵妃玫瑰葡萄叶片、叶柄和果皮中的钙/硼值,而单施硼、硼钙联合施用处理则明显降低了叶片、叶柄和果皮中的钙/硼值。

3 结论与讨论

“植物难离硼,离硼少收成”。硼不仅可以影响作物的开花、结实,充足的硼供应还可有效提高果树产量,改善果实品质。本试验结果表明,葡萄幼果期喷施硼素营养不仅具有一定的增产效果,还可提高果实可溶性固形物、总糖含量,降低可滴定酸含量,具有调节葡萄固酸比和糖酸比的作用,这可能与硼可以促进植物体内碳水化合物的运输及代谢,改善植物

表 5 喷施硼、钙对贵妃玫瑰葡萄不同部位钙硼比的影响

处理	Ca/B 值		
	叶片	叶柄	果皮
B	342	864	28
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	1 951	1 208	87
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{B}$	251	749	29
氨基酸钙	1 660	1 252	81
氨基酸钙 + B	326	786	26
清水(CK)	1 489	1 110	66

各器官有机物质的供应,促进果实膨大,有利于干物质的积累有关^[20],这与冯丽丹等的研究结果^[2]一致,说明硼在葡萄生产上的应用有很大潜力。

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 和氨基酸钙作为无机和有机 2 种钙肥,其共同特点是都具有 Ca 和 N 营养。有研究认为,不同钙素化合物作用于植物的效果不同^[21],红地球葡萄幼果膨大期叶面喷施 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 的产量和品质要优于糖醇钙^[7]。本试验结果表明,叶面喷施氨基酸钙的产量及品质性状等于或高于 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$,与管雪强等的研究结论^[7] 有所不同,可能与葡萄品种特性有关。关于 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 、氨基酸钙作为叶面肥可提升葡萄品质,可能与其含有 N 营养有关。氨基酸钙中的 N 为有机氮,植物吸收利用相对更快一些,故氨基酸钙更有利于早熟葡萄品种品质的提升。

在葡萄生产上,为省时省工,常把多种营养元素放在一起施用,而硼和钙有相似的生理功能,市场上出现多种硼钙联合施用的叶面肥。本研究表明,葡萄幼果期在叶面联合喷施硼钙可有效增加葡萄产量,改善果实品质,优于同期单独施用硼、钙,这与邱超等的研究结果^[13] 一致,说明硼钙营养在葡萄生产上的联合施用具有一定的正效应。

在硼、钙吸收问题上,有人认为二者为“相互抑制”关系^[22],也有人认为二者为“相互促进”关系^[23],究竟是何关系,可能与钙硼的施用浓度和试验材料有关^[24]。王纪忠等研究认为,梨幼果期叶面喷施 0.3% 硼酸,可促进梨果实对硼、钙的吸收^[25]。本研究表明,葡萄幼果期叶面喷施 0.3% 硼酸可促进叶片对硼的吸收,增加果皮中硼的积累,但抑制了叶片对钙的吸收,降低了果皮中钙的积累;当硼钙联合施用时,明显抑制了果皮中钙的积累,这可能与葡萄自身生理特性有关,也有可能与园区土壤缺硼有关,叶面补充硼时,硼的竞争力大于钙;单独喷施钙时,叶片、叶柄及果皮中的钙含量有显著提高($P < 0.05$),但对硼含量的影响不大,仅叶片中硼的积累受到轻微抑制。硼和钙在叶片、果皮组织中易产生拮抗作用,这与韦剑锋等的研究结论^[12] 较为一致。

叶片中的 Ca/B 值可以指示植物的硼状态。早在 1943 年,Reeve 等研究认为,不同植物最佳的 Ca/B 值不同^[26],柑橘 Ca/B 值大于 810 时,柑橘出现缺硼症状^[27]。本试验结果表明,喷施硼处理的叶片 Ca/B 值在 251 ~ 342 之间,未喷硼处理的叶片 Ca/B 值在 1 489 ~ 1 951 之间,而有关葡萄 Ca/B 值的研究还未见报道,其最佳 Ca/B 值指标还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 梁 和,马国瑞,石伟勇,等. 钙硼营养与果实生理及耐贮性研究进展[J]. 土壤通报,2000,31(4):187-190.
- [2] 冯丽丹,李 捷,赵宾宾,等. 叶面喷施硼肥对“梅鹿辄”葡萄产量及果实品质的影响[J]. 中国果树,2016(4):21-25.
- [3] 潘海发,徐义流,张 怡,等. 硼对砀山酥梨营养生长和果实品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2011,17(4):1024-1029.
- [4] 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.
- [5] Pawel W. Effect of postharvest sprays of boron and urea on yield and fruit quality of apple trees[J]. Journal of Plant Nutrition,2006,29(3):441-450.
- [6] 龙友华,张 承,吴小毛,等. 叶面喷施硼肥对猕猴桃产量及品质的影响[J]. 北方园艺,2015(5):9-12.
- [7] 管雪强,杨 阳,王恒振,等. 喷钙对红地球葡萄果实钙、果胶含量和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2014,20(1):179-185.
- [8] 关军锋,Saure M. 果树钙素营养与生理[M]. 北京:科学出版社,2005:89-90.
- [9] 车玉红,李丙智,王应刚,等. 钙肥对富士苹果品质及 Ca^{2+} - ATPase 活性影响的研究[J]. 西北植物学报,2005,25(4):803-805.
- [10] Cakmak I, Romheld V. Boron deficiency - induced impairments of cellular functions in plants[J]. Plant and Soil,1997,193(1/2):71-83.
- [11] 梁 和,马国瑞,石伟勇,等. 硼钙营养对不同品种柑橘糖代谢的影响[J]. 土壤通报,2002,33(5):377-380.
- [12] 韦剑锋,梁 和,韦冬萍,等. 钙硼营养对龙眼糖积累及果实发育的影响[J]. 西南农业学报,2006,19(6):1139-1143.
- [13] 邱 超,胡承孝,谭启玲,等. 钙、硼对常山胡柚叶片养分、果实产量及品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2016,22(2):459-467.
- [14] 张瑞娥. 常见植物营养元素在葡萄上的应用[J]. 内蒙古农业科技,2014(3):63-65.
- [15] Ciccicarese A, Stellacci A M, Gentilese G, et al. Effectiveness of pre - and post - veraison calcium applications to control decay and maintain table grape fruit quality during storage[J]. Postharvest Biology and Technology,2013,75(1):135-141.
- [16] 武 杰. 葡萄采后生理生化特征及贮藏保鲜的研究进展[J]. 安徽农业科学,2009,37(23):11183-11185.
- [17] 姜远茂,张宏彦,张福锁. 北方落叶果树养分资源综合管理理论与实践[M]. 北京:中国农业大学出版社,2007:31.
- [18] 贾文庆,尤 扬,刘会超,等. ICP - AES 测定红提葡萄叶片中矿物质元素含量[J]. 光谱实验室,2010,27(5):1837-1839.
- [19] 王 华. 葡萄酒分析检验[M]. 北京:中国农业出版社,2011:122-132.
- [20] 牛 义,张盛林. 植物硼素营养研究的现状及展望[J]. 中国农学通报,2003,19(2):101-104.
- [21] 李燕婷,李秀英,肖 艳,等. 叶面肥的营养机理及应用研究进展[J]. 中国农业科学,2009,42(1):162-172.
- [22] 沈振国,沈 康,张秀省. 油菜幼苗对硼的吸收与运转的影响[J]. 植物学通报,1992,9(4):33-37.
- [23] Matoh T, Kobayashi M. Boron and calcium, essential inorganic constituents of pectic polysaccharides in higher plant cell walls[J]. Journal of Plant Research,1998,111(1):179-190.
- [24] 王火焰. 不同硼效率甘蓝型油菜品种硼钙相互作用机理研究[D]. 武汉:华中农业大学,1999.
- [25] 王纪忠,陶书田,齐开杰,等. 喷硼对梨果硼、钙含量及石细胞形成相关酶活性的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2011,17(5):1250-1255.
- [26] Reeve, Eldrow, John W. Potassium - boron and calcium - boron relationships in plant nutrition[J]. Soil Science,1943,57(1):1-14.
- [27] 丘星初. 柑桔矿质营养中的钙硼比[J]. 中国南方果树,1983(3):27-28.