

doi:10.11937/bfyy.20171476

叶面喷施硼钙营养对葡萄叶片 生理生化特性的影响

杨 阳, 尹向田, 韩晓梅, 王咏梅, 吴新颖, 杨立英

(山东省葡萄研究院 山东省葡萄栽培与精深加工工程技术研究中心, 山东 济南 250100)

摘 要:以“贵妃玫瑰”葡萄为试材,于幼果期叶面喷施 0.3% H_3BO_3 、0.5% $Ca(NO_3)_2$ 、0.3% H_3BO_3 +0.5% $Ca(NO_3)_2$ 、0.5% 氨基酸钙、0.3% H_3BO_3 +0.5% 氨基酸钙和清水 CK 处理,分析叶面喷施硼钙营养对葡萄叶片生理生化特性的影响及交互作用。结果表明:B、Ca 营养对各指标的影响程度不同, $Ca(NO_3)_2$ 和氨基酸钙处理的叶片生物积累量(干质量、鲜质量)、叶片 Ca、K 含量、叶绿素 a 及 a/b 值均显著高于其它处理,其中 $Ca(NO_3)_2$ 处理的叶片 Ca、K 含量分别提高了 7.2% 和 23.0%,叶绿素 a 含量增加了 16.4%;B 处理的叶片具有较高的 P 含量,是 CK 的 1.74 倍;而 H_3BO_3 + $Ca(NO_3)_2$ 和 H_3BO_3 +氨基酸钙处理在增加叶片干物质比例,降低叶片含水量,提高叶片 B、N、Mg 含量和叶绿素总量上具有明显效果,其中 H_3BO_3 + $Ca(NO_3)_2$ 处理的叶片 B、N、Mg 含量分别增加了 343%、111% 和 19%,叶绿素总量提高了 21.2%。钙素化合物形态对抗氧化酶活性影响较大,氨基酸钙处理的 SOD 活性较高, H_3BO_3 + $Ca(NO_3)_2$ 和 $Ca(NO_3)_2$ 处理的 POD、CAT 活性则显著高于其它处理。综上,B、Ca 营养配合施用的综合效果较好,但由于外源 B、Ca 影响葡萄生理生化指标变化的程度存在差异,B 与不同钙化合物联合应用对葡萄生理生化指标的影响上也略有不同,因此建议在葡萄生产上可根据树体管理的需要,合理的施用 B、Ca 营养。

关键词:硼;钙;葡萄;生理生化;叶面喷施

中图分类号:S 663.106⁺.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)22-0025-07

硼、钙是植物必需的矿质养分,大量研究表明,在大田作物、蔬菜和烟草生产上,微量元素硼具有明显的增产提质效果^[1-3],近年来越来越多的果树研究人员将硼应用于猕猴桃^[4]、龙眼^[5]、杨山酥梨^[6]、柑桔^[7]等多年生果树上,研究发现合理应

用硼可有效改善果树营养,提高果实产量,提升果品质量,但其作用方式及作用机理还不十分明确。而钙是植物生长中较为重要的中量营养元素,在果树生长过程中具有重要作用^[8],其生理功能和作用机制已有大量研究结果^[9-10]。在果树营养研究中,硼、钙具有多种营养生理功能,可影响果树一系列生理生化变化^[11],影响柑桔糖代谢^[12],有效提高苹果叶片 SOD、CAT 等抗性相关酶活性^[13],增加植物抗逆性。

葡萄为多年生藤本植物,是需硼多、需钙量大的果树,具有较高的营养及经济价值。研究表明,硼、钙营养是生产上常用的叶面营养^[14-15],在增加酿酒葡萄“梅鹿辄”产量,提升果实品质上具有

第一作者简介:杨阳(1982-),女,黑龙江拜泉人,硕士,农艺师,现主要从事葡萄栽培生理及葡萄营养生理等研究工作。E-mail:feixiang0507@126.com

责任作者:王咏梅(1963-),女,高级工程师,现主要从事葡萄与葡萄酒等研究工作。E-mail:wangym228@126.com

基金项目:山东省农业重大应用技术创新资助项目;山东省农业科学研究院创新工程资助项目(CXGC2016D01)。

收稿日期:2017-07-14

重要作用^[16]。而硼对葡萄生理生化作用的影响报道较少,硼钙营养交互效应的生理作用机理还不明确,有关硼与不同钙化合物的交互效应及作用还鲜见报道。该研究旨在分析叶面喷施硼酸、2种钙化合物以及硼酸分别与2种钙化合物混合后,对葡萄叶片一些生理生化指标变化的影响,以探讨硼、钙影响葡萄生长的生理生化作用,阐明硼酸与不同钙素化合物的作用效果,为葡萄生产上硼、钙营养的合理施用提供理论依据,为研究葡萄

硼钙营养的交互作用及机理奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

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,667 m²产量约1 200 kg,葡萄园为壤土,肥力水平中等(表1),常规管理。

表 1

园区土壤养分含量

Table 1

Soil nutrient contents of different soil depth

土层深度 Soil depth/cm	pH	有机质 Organic matter /(g·kg ⁻¹)	碱解氮 Alkali solution nitrogen /(mg·kg ⁻¹)	有效磷 Available phosphorus /(mg·kg ⁻¹)	速效钾 Available potassium /(mg·kg ⁻¹)	交换性钙 Exchangeable calcium /(mg·kg ⁻¹)	有效硼 Available boron /(mg·kg ⁻¹)
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

试验于2015—2016年连续2年(5—7月)在济南市仲宫镇的山东省葡萄研究院试验基地进行,选择树势基本一致、无病虫害、生长健壮的树体,设置喷施H₃BO₃、Ca(NO₃)₂、H₃BO₃+Ca(NO₃)₂、氨基酸钙、H₃BO₃+氨基酸钙、清水,共计5个处理和1个清水对照,分别标记为B、Ca1、B+Ca1、Ca2、B+Ca2以及CK,每处理3次重复,每个重复7株。B处理为浓度0.3%(w/v)的H₃BO₃溶液,Ca(NO₃)₂、氨基酸钙(韩国翱得思株式会社,生产批号:20150330030136)的处理浓度均为0.5%(w/v)。分别于6月9日、6月24日、7月10日09:00喷施,共喷施3次。于7月17日进行植株样品采集。

1.3 项目测定

每处理随机采集100片中部功能叶片,取50片剪取叶片同一部位,液氮处理后放在液氮灌中带回试验室用于酶活的测定;剩余叶片用冰盒带回试验室后,用蒸馏水清洗叶片,吸水纸吸干水分,称量单叶鲜质量后,105℃杀青,80℃烘干,称量干质量,然后采用不锈钢粉碎机进行粉碎,用于各种矿质养分的测定。叶绿素含量采用比色法测定^[17];超氧化物歧化酶(SOD)活性的测定采用氮蓝四唑法^[17];过氧化物酶(POD)活性的测定采

用愈创木酚法^[17];过氧化氢酶(CAT)活性的测定采用紫外吸收法^[17]。植物样品消解后,氮含量采用凯氏定氮法测定^[18];磷含量采用钼锑抗比色法测定^[18];钾含量采用原子吸收分光光度计法测定^[18];硼、钙和镁含量采用Optima2100DV等离子体发射光谱仪测定^[19]。

1.4 数据分析

试验数据采用Microsoft Excel 2007软件进行处理。采用SPSS 13.0软件进行方差分析,Duncan新复极差法进行结果的显著性检验。

2 结果与分析

2.1 喷施硼钙对葡萄叶片生物积累量及含水量的影响

表2数据表明,叶面喷施硼钙处理后,与CK相比,硼、钙营养处理均显著提高了叶片生物积累量(鲜质量和干质量)降低了叶片含水量。其中,喷施Ca(Ca1和Ca2)有利于提高葡萄叶片鲜物质质量,增加叶片干物质积累,小幅度降低叶片含水量,Ca1和Ca2处理的叶片鲜质量均提高了25%,干质量均提高了36%,含水量分别降低了4.4%和3.5%,且Ca1和Ca2处理间叶片生物量指标无显著性差异。

喷施B、B+Ca1和B+Ca2处理的叶片生物

积累量显著高于 CK,但显著低于喷施 Ca 处理,且较大幅度的降低了叶片含水量,增加了叶片中干物质质量的比列,与 CK 相比,各处理的叶片含水量分别降低了 6.0%、7.7%和 7.5%。说明与喷

Ca 相比,B 的增加虽然降低了叶片生物量的积累,但有利于提高叶片中干物质质量的比列,且硼钙混合处理的效果优于单施硼处理。

表 2 硼钙处理对葡萄单叶(叶片+叶柄)生物量及水分含量的影响

Table 2 Effects of the boron and calcium foliar application on biomass and water content of grape leaf

处理 Treatments	鲜物质质量 Fresh weight/g	干物质质量 Dry weight/g	含水量 Water content/%
B	4.48±0.13c	1.53±0.07b	65.81±0.16c
Ca1	5.31±0.12a	1.73±0.06a	66.96±0.31b
B+Ca1	4.49±0.14c	1.59±0.02b	64.63±0.15d
Ca2	5.30±0.14a	1.72±0.07a	67.57±0.27b
B+Ca2	4.86±0.11b	1.71±0.05a	64.81±0.21d
清水(CK)	4.24±0.13d	1.27±0.01c	70.03±0.17a

注:同列数据后不同字母表示处理间差异达 5%显著水平。

Note: Values followed by different letters in a column are significant among treatment at the 5% level.

2.2 喷施硼钙对葡萄叶片 B、Ca 吸收积累的影响

在叶面喷施硼钙营养后,首先要保证叶片对硼钙营养的吸收、利用及积累,试验数据显示各外源硼钙营养对叶片 B、Ca 含量的影响程度不同(图 1、2),各处理对叶片 B 含量影响程度较大,与 CK 相比,喷施 B、B+Ca1 和 B+Ca2 处理可显著提高叶片 B 含量,而喷施 Ca 处理则降低了叶片 B 含量,但与 CK 无显著性差异,其中,B+Ca1 处理的叶片 B 含量显著高于其它处理,是 CK 的 4.43 倍,B+Ca2 和 B 处理分别是 CK 的 2.50 倍和 2.43 倍,而 Ca1 和 Ca2 则低于 CK,与 CK 相比分别降低了 18.2%和 4.7%。

与叶片 B 含量相比,各处理对叶片 Ca 含量影响程度略低。与 CK 相比,喷 B 显著降低了叶片中 Ca 含量,降低了 2.5%;而喷施 Ca 和 B+Ca 处理可显著提高叶片 Ca 含量,以喷施 Ca 处理效果较好,其中 Ca1 和 Ca2 分别提高了 7.2%和 6.3%,且处理间无显著差异,B+Ca1 和 B+Ca2 处理分别提高了 5.4%和 4.2%,且处理间无显著差异。说明喷 B 可降低叶片中 Ca 的吸收和积累。

2.3 喷施硼钙对“贵妃玫瑰”葡萄叶片 N、P、K、Mg 含量的影响

N、P、K 是植物所需的大量营养元素,在这 3 种元素中,外源喷施硼钙营养对 N 影响较大,且

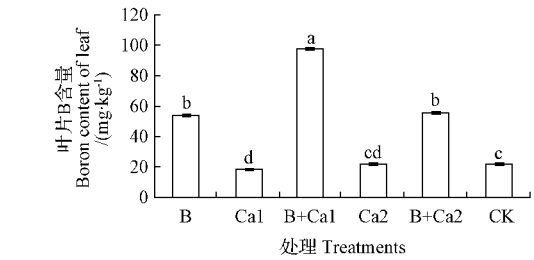


图 1 硼钙处理的叶片 B 含量

Fig. 1 Boron content of boron and calcium treatments

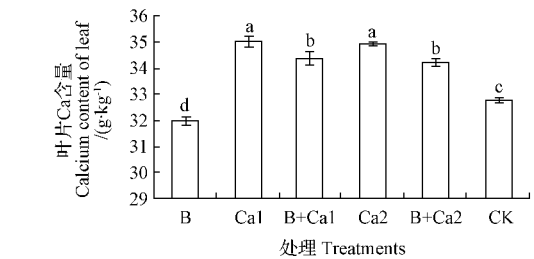


图 2 硼钙处理的叶片 Ca 含量

Fig. 2 Calcium content of boron and calcium treatments

其中 B 对叶片 N 含量的影响大于 Ca,数据显示(表 3),B+Ca1、B+Ca2 和 B 处理分别是 CK 的 2.11、2.08 倍和 1.89 倍;而喷施 Ca1 和 Ca2 处理的叶片 N 含量要低于其它处理,但显著高于 CK。

喷施含 B 处理的叶片 P 含量要显著高于其它处理,其中 B、B+Ca1、B+Ca2 处理分别是 CK 的 1.74、1.56 倍和 1.35 倍;而喷施 Ca1 和 Ca2 对叶片中的 P 含量影响不大,Ca1 和 Ca2 处理的叶片 P 含量还略低于 CK,但与 CK 无显著性差异。

各处理叶片 K 含量的变化幅度小于 N、P,且趋势与 N、P 不同,喷 Ca 更有利于叶片 K 含量的增加,其中 Ca1 和 Ca2 处理分别是 CK 的 1.19 倍和 1.23 倍,B+Ca1、B+Ca2 处理分别是 CK 的

1.09 倍和 1.12 倍;而喷 B 处理虽略高于 CK 但与 CK 无显著性差异。

Mg 为植物必需的中量营养元素,是叶绿素的重要组成成分,表 3 数据显示,喷施外源硼钙营养均可显著提高叶片 Mg 含量,其中喷施硼钙混合营养的 B+Ca1 和 B+Ca2 处理效果较好,分别是 CK 的 1.19 倍和 1.24 倍;喷施 Ca1 和 Ca2 处理效果次之,喷施 B 处理的效果不明显 Mg 含量仅为 CK 的 1.07 倍。

表 3 硼钙处理对葡萄叶片 Mg、N、P、K 含量的影响

Table 3 Effects of the boron and calcium foliar application on Mg, N, P, K contents of grape leaf

处理 Treatments	N 含量 Nitrogen content/%	P 含量 Phosphorus content/%	K 含量 Potassium content/%	Mg 含量 Magnesium content/(g · kg ⁻¹)
B	1.00±0.02b	0.75±0.03a	0.97±0.03c	33.41±1.02c
Ca1	0.86±0.03c	0.36±0.05d	1.13±0.04a	34.99±1.10b
B+Ca1	1.12±0.07a	0.67±0.03b	1.04±0.03b	37.29±1.57a
Ca2	0.75±0.05d	0.42±0.03d	1.17±0.03a	34.65±1.15b
B+Ca2	1.10±0.05a	0.58±0.04c	1.06±0.02b	38.77±1.21a
清水(CK)	0.53±0.08e	0.43±0.03d	0.95±0.04c	31.35 ±1.11d

2.4 喷施硼钙对葡萄叶片叶绿素含量的影响

叶面喷施硼钙营养可有效提高叶绿素 a、b 含量以及总量,影响叶绿素 a/b 值(表 4)。硼钙混合处理的叶绿素总量有显著提高,与 CK 相比,B+Ca1、B+Ca2 处理的叶绿素总量分别提高了 21.2%和 20.2%;单施 Ca 处理次之,Ca2 和 Ca1 处理分别提高了 12.1%和 13.1%;喷施 B 处理的提高幅度较小。

各处理对叶绿素 a、b 含量的影响效果不同,单施 Ca 处理更有利于叶绿素 a 含量的增加,与

CK 相比,Ca2 和 Ca1 处理均增加了 16.4%,而叶绿素 b 含量与 CK 无显著性差异;硼钙混合处理对叶绿素 a、b 含量均有显著提高作用,B+Ca1 处理的叶绿素 a、b 含量分别提高了 23.3%和 15.4%,B+Ca2 处理则分别提高了 21.9%和 19.2%;B 处理对叶绿素 a、b 含量也均有提高作用,但幅度小。

单施 Ca 处理的叶绿素 a/b 值显著高于其它处理,硼钙混合营养次之,单施 B 处理的叶绿素 a/b 值与 CK 无显著性差异。

表 4 硼钙处理对葡萄叶片叶绿素含量的影响

Table 4 Effects of the boron and calcium foliar application on chlorophyll content of grape leaf

处理 Treatments	叶绿素 a 含量 Chlorophyll a content /(mg · g ⁻¹)	叶绿素 b 含量 Chlorophyll b content /(mg · g ⁻¹)	叶绿素总量 Chlorophyll a+b content /(mg · g ⁻¹)	叶绿素 a/b Chlorophyll a/b
B	0.78±0.01c	0.28±0.01b	1.06±0.02c	2.78±0.01de
Ca1	0.85±0.01b	0.26±0.01c	1.11±0.02b	3.27±0.02a
B+Ca1	0.90±0.01a	0.30±0.02a	1.20±0.01a	3.00±0.02c
Ca2	0.85±0.02b	0.27±0.01bc	1.12±0.01b	3.15±0.02b
B+Ca2	0.89±0.02a	0.31±0.02a	1.19±0.01a	2.87±0.05d
清水(CK)	0.73±0.03d	0.26±0.01c	0.99±0.02d	2.81±0.04d

2.5 喷施硼钙对“贵妃玫瑰”葡萄叶片 SOD、POD、CAT 活性的影响

外源喷施硼钙营养显著提高了叶片 SOD、POD、CAT 活性,但影响程度不同(表 5),对 SOD 的影响程度要小于 POD 和 CAT。其中,单施 Ca、B 营养更有利于叶片 SOD 活性的增加,其中以 Ca2 处理 SOD 值高,是 CK 的 1.29 倍;B、Ca1 处理次之,均是 CK 的 1.26 倍;硼钙混合营养对 SOD 的影响要小于单施 Ca、B 营养。

钙素化合物形态对叶片 POD、CAT 活性的影响较大,且各处理 POD、CAT 活性的变化趋势一致,B+Ca1 和 Ca1 的 POD、CAT 活性值要显著高于其它处理,B 处理的效果要弱于 Ca1,B+Ca2 和 Ca2 则显著低于其它处理,但显著高于 CK。POD 和 CAT 活性大小顺序为:B+Ca1>Ca1>B>B+Ca2>Ca2,其中 POD 活性依次是 CK 的 3.31、2.61、2.49、1.90、1.63 倍,CAT 活性依次是 CK 的 3.90、3.67、2.58、2.11、1.91 倍。

表 5 硼钙处理对葡萄叶片 SOD、POD、CAT 活性的影响

Table 5 Effects of the boron and calcium foliar application on SOD,POD,CAT activity of grape leaf

处理 Treatments	超氧化物歧化酶活性 SOD activity /(U · g ⁻¹ FW)	过氧化物酶活性 POD activity /(OD ₄₇₀ · min ⁻¹ · g ⁻¹ FW)	过氧化氢酶活性 CAT activity /(U · min ⁻¹ · g ⁻¹ FW)
B	171.64±1.01b	566.67±3.21c	11.08±0.98b
Ca1	170.59±1.34b	594.44±4.23b	15.75±0.89a
B+Ca1	149.91±1.89d	755.56±2.98a	16.71±0.66a
Ca2	175.74±1.21a	372.22±2.11e	8.21±0.43c
B+Ca2	157.63±1.08c	433.33±2.89d	9.04±0.57c
清水(CK)	135.78±1.21e	227.78±4.08f	4.29±0.49d

3 讨论

目前,在大部分葡萄生产上,B 主要施用在花前后^[20],用于提高葡萄坐果率;Ca 则在幼果发育期、采前喷施或采后蘸果^[21-22],用于提高果实品质及耐储性能。而该试验结果表明,于葡萄幼果期叶面喷施硼钙营养后,叶片对外源 B、Ca 有较好的吸收积累效果,具有提高叶片鲜物质质量,增加干物质积累,降低叶片含水量,改善叶片 N、P、K、Ca、Mg、B 营养,增加叶片叶绿素含量,提高抗氧化酶 SOD、POD、CAT 活性的作用,且硼钙不同处理对这些指标的影响程度不同。

在对叶片生物积累量的影响上,Ca 的作用要大于 B,Ca(NO₃)₂ 和氨基酸钙处理的叶片鲜、干质量要显著高于其它处理;B 处理可提高叶片中干物质的比例,其叶片含水量要低于其它处理。这一结果可能与 Ca 可促进果树体内碳水化合物和蛋白质的合成^[23],而 B 有利于碳水化合物的运输,外源 B 处理后,增加了叶片中 B 含量,高 B 环境下加速了叶片中的碳水化合物的运输,减少了叶片中碳水化合物的积累有关。

矿质养分间有着复杂的互作效应,有关 B、Ca 之间的关系,有研究认为二者是“相互抑制”关系,也有人认为是“相互促进”关系,难以定论,多年来一直是高等植物营养学中的研究热点。该研究表明,葡萄叶面喷施 0.3% 的硼酸时,可促进叶片对 B 的吸收,但会抑制 Ca 含量的增加;单独喷施 Ca 时,可显著提高叶片的 Ca 含量,但会轻微抑制叶片中 B 的积累,说明施用单一 B、Ca 钙营养时,会在叶片中产生拮抗,这一结果与韦剑锋等^[5]对龙眼的研究结果一致;而该试验中,Ca(NO₃)₂ 与硼酸混合喷施时更有利于叶片中 B 的吸收积累,增加叶片中 Ca 含量,说明 B 和 Ca 联合施用可改善这种拮抗作用,这一结果可能与作用的植物种类、施用时期、施用浓度有关,具体的作用机理还有待于进一步研究。

而有关 B、Ca 与 N、P、K、Mg 的关系更为复杂,大量研究人员围绕 B 和 N,B 和 K,Ca 和 N,Ca 和 K,Ca 和 Mg 等进行大量研究,但结果不尽一致,且作用机理还一直在讨论中,这与养分互作的复杂性,物种间对养分吸收的差异性有关。近期研究表明,B、Ca 配施可显著提高常山胡柚叶片

中除 P、Zn 外的矿质养分含量,包括 N、K、Ca、Mg 等^[24]。而该试验认为,外源喷施 B、Ca 营养均可提高叶片 N、P、K、Mg 含量,只是影响程度不同,喷施 B 对叶片中 N、P 的影响要大于对 K 的影响,对 Mg 的影响不大;喷施 Ca 对叶片中 K 的影响要大于 N、P,对 Mg 的影响大于 B;而喷施 B、Ca 混合营养更有利于叶片 N、Mg 含量的增加。

叶绿素在光合碳同化过程中具有重要作用,叶绿素 a、叶绿素 b 是光合作用中重要的捕光色素。大量研究表明,B、Ca 营养均具有增加叶绿素含量,提高叶片净光合速率的作用^[25-26]。该试验中,B、Ca 混合营养显著提高了叶片叶绿素总量,单施 Ca 处理更有利于叶绿素 a 和叶绿素 a/b 值的提高,而 B 的作用要小于 Ca,一方面这可能与喷施 Ca 以及 B、Ca 混合营养可有效提高叶片 Mg 含量,而 Mg 是叶绿素的重要组成成分,进而加速了叶绿素的合成有关;另一方面与 B、Ca 营养增加了叶片碳水化合物的积累,改善了叶片营养,降低了叶绿素降解速率有关。

SOD、POD、CAT 与植物抗逆性密切相关,其酶活性是评价植物抗逆性的重要指标,植物在三者的协同作用下,维持氧自由基在一个较低的水平,防止自由基伤害。不同钙素化合物处理后,均可提高贵妃玫瑰葡萄 SOD、POD、CAT 活性,但 3 种抗氧化酶对不同钙素化合物的反应存在差异^[27]。该试验结果表明,单施 Ca、单施 B 处理对叶片 SOD 活性的影响较大,Ca 化合物形态对 POD、CAT 活性的影响显著,且 B、Ca 混合处理的效果优于单施 Ca。这一结果说明,B、Ca 营养影响 SOD、POD、CAT 活性的程度存在差异,可能与 B、Ca 作用于葡萄的影响机理不同,引起了一系列不同程度的生理生化反应有关,且 B 在葡萄上的影响作用以及 B、Ca 营养在葡萄上的互作机理,还有待进一步研究。

参考文献

- [1] 郑春风,朱慧杰,朱云集,等.冬小麦小花发育及结实特性对叶面喷硼的响应[J].植物营养与肥料学报,2016,22(2):550-556.
- [2] 马欣,石桃雄,武际,等.不同硼肥对油菜产量和品质的影响及其在油菜轮作中的后效[J].植物营养与肥料学报,2011,17(3):761-766.
- [3] 杨波,祖朝龙,李斌,等.锌、硼对烟草生长发育及其他矿质元素积累的影响[J].中国农学通报,2014(10):218-222.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 潘海发,徐义流,张怡,等.硼对杨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.
- [7] 温明霞,聂振朋,林媚,等.钙硼营养对柑桔果实生长的影响[J].南方园艺,2010,21(4):59-61.
- [8] 罗志军,田秀英.果树钙素营养研究进展[J].北方园艺,2006(1):56-58.
- [9] 王玲利,曾明,刘超.钙素营养对果实衰老调控的研究进展[J].中国南方果树,2014,43(3):47-53.
- [10] 温明霞,石孝均.锦橙裂果的钙素营养生理及施钙效果研究[J].中国农业科学,2012,45(6):1127-1134.
- [11] 刘磊超,姜存仓,董肖昌,等.不同施肥方式对枳橙砧木生理生化特性的影响[J].华中农业大学学报,2016(1):69-73.
- [12] 梁和,马国瑞.硼钙营养对不同品种柑桔糖代谢的影响[J].土壤通报,2002,33(5):377-380.
- [13] 龚新明.钙、硼和 1-MCP 对黄冠梨果实品质和贮藏性的影响[D].杨凌:西北农林科技大学,2009.
- [14] 车俊峰,郭春会,苏婷,等.叶面肥组配喷施对克瑞森无核葡萄产量和品质的影响[J].干旱地区农业研究,2011,29(3):174-179.
- [15] 李娟娟,赵刚,张永涛.不同硼肥在红地球葡萄上的应用效果[J].新疆农垦科技,2015,38(8):52-53.
- [16] 冯丽丹,李捷,赵宾宾,等.叶面喷施硼肥对“梅鹿瓠”葡萄产量及果实品质的影响[J].中国果树,2016(4):21-25.
- [17] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000.
- [18] 王静芳,孙权,王振平.宁夏贺兰山东麓酿酒葡萄叶部氮磷钾生长季动态研究[J].北方园艺,2007(5):22-25.
- [19] 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.
- [20] 张瑞娥.常见植物营养素在葡萄上的应用[J].内蒙古农业科技,2014(3):63-65.
- [21] CICCARESE A, STELLACCI A M, GENTILESCO G, et al. Effectiveness of pre-and post-veraison calcium applications to control decay and maintain table grape fruit quality during storage[J]. Postharv Biol Tech, 2013, 75: 135-141.
- [22] 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.
- [23] 任轶.植物营养中钙的功能及其在土壤改良中的作用[J].现代农业科技,2013(12):202.
- [24] 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.
- [25] 王路红.板栗花期喷硼对其光合特性和结实情况的影响[D].长沙:中南林业科技大学,2014.
- [26] 郑秋玲,谭伟,马宁,等.钙对高温下巨峰葡萄叶片光合作用

和叶绿素荧光的影响[J]. 中国农业科学, 2010, 43(9): 1963-1968.

[27] 杨阳, 王咏梅, 吴新颖, 等. 钙素化合物对贵妃玫瑰葡萄光合

作用及 SOD、POD、CAT 活性的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2014(4): 23-26.

Effects of Foliar Boron and Calcium Spraying on Physiological and Biochemical Characteristics of Grape Leaf

YANG Yang, YIN Xiangtian, HAN Xiaomei, WANG Yongmei, WU Xinying, YANG Liying

(Shandong Academy of Grape, Shandong Engineering Research Center for Grape Cultivation and Deep-processing, Jinan, Shandong 250100)

Abstract: To discuss the physiological and biochemical effects and interactions of exogenous B and Ca nutrition on grape growth, taking ‘Guifeimeigui’ grape as the experimental material, sprayed in young fruit period with 0.3% H_3BO_3 , 0.5% $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, 0.3% $\text{H}_3\text{BO}_3 + 0.5\%$ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, 0.5% amino acid calcium, 0.3% $\text{H}_3\text{BO}_3 + 0.5\%$ amino acid calcium and treated with fresh water CK, analyzed a series of physiological and biochemical indexes. The results showed that B and Ca nutrition had different influential degrees, the biological amassing capacity (dry weight, fresh weight), Ca and K contents, chlorophyll a and a/b values of the leaves treated with $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ and amino acid calcium were strikingly higher than those of the leaves with other treatments, the Ca and K content of the leaves treated with $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ increased respectively by 7.2% and 23.0% and chlorophyll a increased by 16.4%; the leaves treated with B had relatively high P content, 1.74 times CK; while $\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ and $\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{amino acid calcium}$ treatment showed obvious effects in increasing leaf dry material proportion, reducing leaf water content and increasing B, N, Mg contents and the total chlorophyll content, and the B, N, Mg contents of leaves treated with $\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ increased respectively by 343%, 111% and 19%, with the total chlorophyll content increasing by 21.2%. Calcium compounds forms showed great influences on antioxidant enzyme activities, SOD of amino acid calcium treatment was relatively high, and POD and CAT activities values of $\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ and $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ treatments were significantly higher than those of other treatments. In summary, the comprehensive effects of the combined application of B and Ca nutrition were quite good, but since the physiological and biochemical impacts of exogenous B and Ca on grapes vary and so does that of the combined application of B and different calcium compounds. It suggested that the B and Ca nutrition should be properly applied based on the management demands of grape trees and production.

Keywords: boron; calcium; grape; physiological and biochemical; foliar spraying