

叶面施硼矫正杨梅缺硼的研究

孟赐福^{1,3}, 曹志洪², 姜培坤¹, 徐秋芳¹, 周国模¹

(1. 浙江林学院 环境科技学院, 浙江 临安 311300; 2. 浙江林学院-中国科学院土壤研究所 森林土壤与环境联合实验室, 浙江 临安 311300; 3. 浙江省农业科学院 环境资源与土壤肥料研究所, 浙江 杭州 310021)

摘要: 杨梅 *Myrica rubra* 是对硼最敏感的果树之一。叶面施硼是矫正果树缺硼最有效的方法。试验结果表明, 杨梅叶面施硼不但可以促进杨梅春夏梢的发生, 而且还能显著增加果实产量, 提高果实品质。叶面施硼的最佳时间在花前或盛花期。不同施硼方法对当年杨梅的枝梢生长、坐果率及产量的影响, 以土施加叶面喷施最好, 叶面喷施其次, 土施最差。与单喷施硼砂溶液相比, 在硼砂溶液中加入尿素或尿素和磷酸二氢钾, 不但可以增加杨梅对硼的吸收, 而且增强硼肥的增产效应。表 5 参 18

关键词: 园艺学; 杨梅; 缺硼; 叶面喷肥; 喷硼浓度; 喷硼时期; 施硼方法

中图分类号: S677.6; S606 文献标志码: A 文章编号: 1000-5692(2008)05-0543-05

Foliar-applied boron (B) to prevent B-deficiency in red bayberry (*Myrica rubra*)

MENG Ci-fu^{1,3}, CAO Zhi-hong², JIANG Pei-kun¹, XU Qiu-fang¹, ZHOU Guo-mo¹

(1. School of Environmental Science and Technology, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. Institute of Soil Science, Chinese Academy of Science and Zhejiang Forestry College Joint Laboratory of Forest, Soil and Environment, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 3. Institute of Environmental Sciences, Resources, Soil and Fertilizers, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, Zhejiang, China)

Abstract: Red bayberry (*Myrica rubra*), a fruit tree, is very sensitive to boron (B)-deficiency. Three trials were conducted in Zhejiang Province to study the response of red bayberry to foliar B application and to determine the optimum period of application. Treatments included application to: soil + foliar B, foliar B, and soil; foliar-applied: 1) B and B plus: 2) urea, or 3), urea and KH_2PO_4 ; and timing of the spray: autumn (5 August of 2002), before blossoming (5 March of 2003) or full flowering day (20 April of 2003). Each treatment had four replications. After treatment, fruit setting rate, fruit weight, length of branch sprouted in spring, concentration of N, P, K, and B in leaf were determined. Results showed that foliar-applied B not only significantly ($P < 0.05$) improved sprouting of spring and summer shoots, but also significantly ($P < 0.05$) increased fruit yield and improved fruit quality. Different B applications on fruit yield and quality of red bayberry showed: soil application + foliar B application > foliar B application > soil application. Urea or urea + KH_2PO_4 added to a foliar B application not only significantly ($P < 0.05$) increased tree uptake of B, but also significantly ($P < 0.05$) increased yield. Overall, foliar-applied B was found to be an effective method to correct B-deficiency of fruit trees with the optimum growth stage (before blossoming or full flowering days) for application being at full bloom. [Ch, 5 tab. 18 ref.]

Key words: horticulture; red bayberry (*Myrica rubra*); boron deficiency; foliar application; boron spray

收稿日期: 2008-01-28; 修回日期: 2008-05-01

基金项目: 浙江省科学技术攻关项目(2003C32029)

作者简介: 孟赐福, 研究员, 从事红壤改良和植物营养等研究。E-mail: cifu@21cn.com。通信作者: 曹志洪, 研究员, 从事土壤质量与环境安全研究。E-mail: zhcao@zjfc.edu.cn

concentration; boron spray timing; boron application method

杨梅 *Myrica rubra* 是我国的特产果树, 耐酸耐瘠, 适于我国长江以南的低山和丘陵地区栽种。近年来, 杨梅在我国南方发展极为迅速, 仅浙江省杨梅栽种面积由 1985 年的 1.75 万 hm^2 增加到 2004 年的 6.21 万 hm^2 , 产量由 1984 年的 4.2 万 t 增加到 2004 年的 27.47 万 t。微量元素的叶面施肥通常是成功的。硼对花芽形成、花粉粒的产生和花粉管的生长都是必要的。缺硼不但降低坐果率, 影响果实的生长发育, 严重降低果实的品质和产量, 而且会导致部分枝条的坏死。硼素营养的主要作用是影响果树的坐果。叶面施硼的主要目的是增加花芽中的硼, 因其方便和反应迅速而广泛应用于果树作物中, 如葡萄 *Vitis vinifera*^[4], 杏仁 *Prunus dulcis*^[5], 橄榄 *Olea europaea*^[6,7], 洋李脯 *Prunus domestica*^[8], 欧洲樱桃 *Prunus cerasus*^[9] 等。杨梅是对硼最敏感的果树之一, 因为杨梅缺硼不但严重抑制其生长, 甚至还可导致树体的死亡^[10]。杨梅缺硼与种植杨梅树的土壤主要发育于缺硼的凝灰岩、流纹岩和花岗岩等母质有关^[11]。虽然已有若干施硼矫正杨梅缺硼的研究^[12-14], 但杨梅对叶面施硼的吸收、响应和可能产生的毒害方面的研究十分有限, 为此, 作者进行了叶面施硼时间和不同施硼方法的比较研究。

1 材料与方法

1.1 试验地点与土壤性质

本研究共设 3 个田间试验, 均于 2003 年在浙江省临海市东鲁乡进行, 供试的杨梅品种均为水梅, 树龄为 16 a。杨梅园的种植密度为 5 m × 6 m。田间试验的土壤均为发育于花岗岩的黄泥沙土, 供试土壤的化学性质列于表 1。

表 1 供试土壤的化学性质

Table 1 Selected physical and chemical properties of the initial soil used in the experiment

试验类型	pH	有机质/ ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	有效养分/($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)				不同质地土粒/($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)		
			氮	磷	钾	硼	砂粒	粉沙	黏粒
喷硼时期	5.5	23.4	90	2.1	95	0.24	519	316	160
叶肥试验	5.8	18.9	82	2.2	91	0.20	504	332	157
施硼方法	6.0	33.6	183	4.6	91	0.25	449	355	193

1.2 试验设计

1.2.1 叶面喷硼时期试验 设 4 个处理, 即 对照(不喷硼); 秋季喷硼(2002 年 8 月 5 日); 花前喷硼(2003 年 3 月 5 日); 盛花期喷硼(2003 年 4 月 20 日)。硼砂质量浓度为 $2\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

1.2.2 叶肥试验 设 4 个处理, 即 对照(喷水); 叶面喷施 $2\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 硼砂; 叶面喷施 $2\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 硼砂 + $4\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 尿素; 叶面喷施 $2\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 硼砂 + $4\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 尿素 + $5\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 磷酸二氢钾。4 个处理的叶面喷施均在盛花期(2003 年 4 月 18 日)进行。

1.2.3 施硼方法试验 设 4 个处理, 即 对照(不施硼砂); 土施 $50\text{g}\cdot\text{株}^{-1}$ 硼砂; 叶面喷施 $2\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 硼砂; 土施 $50\text{g}\cdot\text{株}^{-1}$ 硼砂 + 叶面喷施 $2\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 硼砂。土施于 2002 年 8 月 5 日进行, 叶面喷施在盛花期(2003 年 4 月 18 日)进行。

试验均采用随机完全区组设计, 重复 4 次。试验中所采用的均为含 $112\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 硼的工业硼砂。每株杨梅树于 2003 年 4 月 3 日分别土施 0.5 kg 尿素、0.5 kg 过磷酸钙和 1.0 kg 氯化钾作为底肥。叶面喷施硼砂水溶液以杨梅叶片开始滴水为度。

1.3 春夏梢发生率和坐果率的测定

在春梢发生前(2月底)每株杨梅数中部标记 10 个老梢, 春夏梢发生后计算每个老梢上发生的春梢或夏梢, 然后按公式计算春梢或夏梢发生率(%) = 10 个老梢上春梢或夏梢数 × 100 / 10。在始花期(4月2日)每株杨梅数中部标记 10 个结果枝, 并计算其上的花数, 再在果实采收前(6月10日)计算其上的果数, 然后公式计算坐果率(%) = 10 个老梢上果数 × 100 / 10 个老梢上的花数。

1.4 取样与分析

试验前采集 0 ~ 30 cm 原始土样, 杨梅采收结束后采集每小区 0 ~ 30 cm 土壤。土壤有机质用重铬酸钾消化法测定, 土壤速效氮磷钾分别用扩散吸收法、Bray-1 法和醋酸铵提取-火焰光度法测定, 土壤质地用管法测定, 土壤 pH(土 水 = 1 5)用玻璃电极法测定, 土壤有效硼用热水提取-姜黄素比色法测定^[15]。

6 月 25 日每小区从 4 株杨梅树中部枝稍上采集 80 片叶。叶片用蒸馏水洗 1 min, 在 65 °C 的烘箱中烘干 72 h, 磨碎后过 30 目筛。用硫酸-硒粉-硫酸铜消化植株样品, 分别用扩散吸收法、钒钼酸铵比色法和火焰光度计法测定植株的氮磷钾, 叶片硼在 500 °C 干灰化, 溶于 0.1 mol·L⁻¹ 氯化氢后用姜黄素比色法测定^[15]。

2 结果与分析

2.1 不同喷硼时期对杨梅生长、产量和品质的影响

不同喷硼时期都显著地促进了杨梅生长, 而且喷硼时间愈早, 增加春梢发生率和春梢长度的作用愈大, 即增加春梢发生率和春梢长度的作用按如下次序递减: 秋季叶面喷硼大于花前或盛花期。杨梅叶面喷硼显著地增加了坐果率和果实产量, 但这种作用花前或盛花期叶面喷硼大于秋季叶面喷硼。秋季、花前或花期叶面喷硼分别增加果实产量 18.8%, 46.6%和 45.0%。不同时期叶面喷硼都显著提高了杨梅的果实品质, 即显著增加了果实可溶性固形物含量, 而显著降低了果实的总酸度。3 个喷硼时期都显著增加了叶片硼质量分数, 且花前或盛花期叶面喷硼的处理稍高于秋季叶面喷硼(表 2)。

表 2 不同喷硼时期对杨梅生长、产量和品质的影响

Table 2 Effect of spraying boron periods on growth, yield, and quality of red bayberry

喷施时期	春梢 发生率/%	春梢 长度/cm	坐果率/%	单果质量/g	可溶性固形 物/(g·kg ⁻¹)	总酸度/ (g·kg ⁻¹)	果实产量/ (kg·株 ⁻¹)	叶硼质量分数/ (mg·kg ⁻¹)
对照	130 c	8.4 d	3.9 d	10.5 b	96.1 b	11.3 a	54.7 c	16.5 c
秋季	183 a	13.1 a	6.8 bc	11.6 a	106.6 a	9.8 ab	65.0 b	20.4 ab
花前	157 b	10.2 bc	7.4 ab	11.3 a	106.7 a	10.3 a	80.2 a	23.4 a
盛花期	170 ab	10.7 b	7.9 a	11.2 a	105.9 a	10.2 a	79.3 a	24.1 a

说明: 同列平均数后注有不同小写字母者表示差异达到 0.05 显著水平。

2.2 不同叶面肥对杨梅生长、产量和品质的影响

由表 3 可知, 喷施硼肥显著提高了春梢发生率和春梢长度, 但在硼砂溶液中加入尿素或磷酸二氢钾, 其效果更为显著。加入尿素和磷酸二氢钾的效果比只加尿素的更为显著。叶面喷施硼、硼+尿素或硼+尿素+磷酸二氢钾的处理增加坐果率分别为 51.0%, 61.2%和 38.8%, 提高果实产量分别为 33.5%, 40.2%和 46.7%, 与对照比均达到显著水平。与单喷硼相比, 在硼砂溶液中同时加入尿素和磷酸二氢钾的增产作用均达到显著水平, 而只加入尿素未达到显著水平。与对照相比, 在硼砂溶液中加入尿素和磷酸二氢钾的处理对单果质量没有影响, 但却显著提高了果实中可溶性固形物含量, 显著降低了果实中的总酸度, 因此, 总体来说, 提高了果实的品质。与喷施硼砂溶液的处理相比, 在硼砂溶液中

表 3 不同叶面肥对杨梅生长、产量和品质的影响

Table 3 Effect of different foliar fertilizers on growth, yield and quality of red bayberry

处理	春梢 发生率/%	春梢 长度/cm	坐果率/%	单果质量/ g	可溶性固形物/ (g·kg ⁻¹)	总酸度/ (g·kg ⁻¹)	果实产量/ (kg·株 ⁻¹)
对照	130 c	8.4 d	4.9 d	11.5 a	96.1 b	11.3 a	41.8 c
叶面喷施硼	157 b	10.2 bc	7.4 ab	11.3 a	100.7 ab	10.3 b	55.8 b
叶面喷施硼+尿素	170 ab	10.7 b	7.9 a	11.2 a	102.9 ab	10.2 b	58.6 ab
叶面喷施硼+尿素+磷酸二氢钾	183 a	13.1 a	6.8 bc	11.6 a	105.6 a	9.8 b	61.3 a

说明: 同列平均数后注有不同小写字母者表示差异达到 0.05 显著水平。

加入尿素和磷酸二氢钾的处理显著提高了果实产量,但对提高果实品质的作用没有达到显著水平。

由表4可知,单喷硼显著提高了杨梅叶片磷和硼质量分数。与单喷硼处理相比,在硼砂溶液中加入尿素提高了杨梅叶片氮、磷和硼质量分数,但未达到显著水平;当硼砂溶液中同时加入尿素和磷酸二氢钾,杨梅叶片中氮和硼质量分数的提高达到了显著水平。

表4 不同叶面肥对杨梅叶片养分的影响

Table 4 Effect of different foliar fertilizers on nutrient concentrations in the leaves of red bayberry

处理	氮/(g·kg ⁻¹)	磷/(g·kg ⁻¹)	钾/(g·kg ⁻¹)	硼/(mg·kg ⁻¹)
对照	13.6 b	0.31 c	12.7 a	16.3 c
叶面喷施硼	13.2 b	0.59 a	12.3 a	18.8 b
叶面喷施硼 + 尿素	13.9 ab	0.62 a	11.6 a	19.5 ab
叶面喷施硼 + 尿素 + 磷酸二氢钾	14.4 a	0.57 ab	12.5 a	22.7 a

说明:同列平均数后注有不同小写字母者表示差异达到0.05显著水平。

2.3 不同施硼方法对杨梅果实产量和品质及叶片养分的影响

杨梅不同硼肥施用方法的试验结果表明(表5),不同施硼方法对当年杨梅的枝梢生长、坐果率及产量的影响,以土施加喷施最好,喷施其次,土施最差。杨梅施硼后果汁可溶性固形物含量显著增加,酸含量显著降低,但对单果质量没有影响,这种提高品质的效应也是土施 + 喷施 > 喷施 > 土施。杨梅施硼增加杨梅叶片硼质量分数的影响也是土施 + 喷施 > 喷施 > 土施。

表5 不同施硼方法对杨梅果实产量和品质及叶片营养的影响

Table 5 Effect of different B application methods on fruit yield, fruit quality, and nutrient uptake of red bayberry

施硼方法	春梢 发生率/%	春梢 长度/cm	坐果率/%	单果质量/g	可溶性固形 物/(g·kg ⁻¹)	总酸度/ (g·kg ⁻¹)	果实产量/ (g·株 ⁻¹)	叶含硼量/ (mg·kg ⁻¹)
对照	107 c	7.3 c	8.9 b	11.6 a	98.8 b	11.1 a	20.3 c	16.8 c
土施	131 b	9.9 ab	9.4 b	12.0 a	107.6 a	9.5 b	24.3 b	19.5 b
叶面喷施	161 a	12.3 a	11.6 a	12.3 a	109.9 a	9.3 b	28.0 ab	22.4 ab
土施 + 叶面喷施	152 ab	12.7 ab	12.7 ab	12.4 a	108.2 a	9.0 b	30.5 a	24.1 a

说明:同列平均数后注有不同小写字母者表示差异达到0.05显著水平。

3 讨论

3.1 叶面施硼时期

果树的叶面施硼通常在收获后的早秋或花期进行。对已含有足够硼素的苹果树 *Malus pumila* 来说,施硼的时间显得并不十分重要^[16]。秋季叶面施硼显著提高了梨树 *Pyrus communis* 冬季花芽和盛花期花簇中的硼质量分数^[17]。在梨和苹果等落叶果树上进行的叶面施硼研究显示,秋季叶面施硼效果优于花期。这可能是由于硼更早地进入生殖组织,特别是蛰伏的花芽中。本研究的结果则表明,杨梅叶面施硼的最佳时期在盛花期。盛花期或花芽萌动期叶面施硼对提高杨梅生长、产量、果实品质及促进树体硼吸收的效果优于秋季叶面施硼。造成这种差异的原因有二:其一,梨和苹果是落叶果树,而杨梅是常绿果树;其二,杨梅的花量要比梨和苹果多得多,因此,在盛花期或花芽萌动期叶面施硼更有利于提高花中的硼质量分数。

硼在某些作物中的移动受到限制,而在另一些作物中的移动却是自由的^[18]。本研究土施硼肥当年对杨梅的生长和产量有明显的效果表明,硼在杨梅树体中易于移动和转移,这可能是杨梅对硼非常敏感而又不易出现中毒的重要原因。

3.2 杨梅叶面肥

当尿素加入喷施的硼素时,可以增加硼的吸收^[17]。杨梅是一种枝叶生长繁茂、开花结果甚多的

常绿果树, 故它对硼的需要量和消耗量都比较大。调查和研究表明, 只要供给足够数量的硼素, 即使连续 3 ~ 5 a 不施任何肥料, 仍可维持杨梅树生长和较高水平的产量, 因为杨梅树的菌根能固定大气中的氮素, 且能通过菌丝分泌的有机酸提高土壤中磷、钾及微量元素铜锌等的有效度。因此, 叶面施硼时, 将尿素和磷酸二氢钾加入硼砂溶液中, 对杨梅生长的促进作用和增强养分吸收有更好的效果。

3.3 施硼方法

不同施硼方法对杨梅枝梢生长的促进、产量的提高、果实品质的改善, 均同杨梅叶片的养分含量密切相关^[14]。土施加叶面喷施可以提高杨梅根系和叶面吸收硼素, 因此, 杨梅叶片硼最高, 因而提高产量和增进品质的作用最好; 杨梅吸收土施的硼肥需要较长的时间, 因此, 提高产量和增进品质的作用最差。杨梅施硼的方法应因地制宜: 缺硼症状明显的, 硼肥应土施与叶面喷施相结合; 山高、水源不便的杨梅园应以土施为主, 而且最好在梅雨季节撒施于树冠下, 便于树体更快地吸收; 杨梅树体矮小、取水方便的地方, 可用叶面喷布的方法。这种方法见效快, 成本低。

参考文献:

- [1] 浙江省统计局. 浙江统计年鉴 2005[M]. 北京: 中国统计出版社, 2005: 285.
- [2] NYOMORA A M S, BROWN P H, PINNEY K, et al. Foliar application of boron to almond trees affects pollen quality [J]. *J Amer Soc Hort Sci*, 2000, 125 (2): 265 - 270.
- [3] FAUST M. *Physiology of Temperate Fruit Trees*[M]. New York: Wiley, 1989.
- [4] CHRISTENSEN L P, BEEDE R H, PEACOCK W L. Fall foliar sprays prevent boron-deficiency symptoms in grapes[J]. *Calif Agric*, 2006: 60 (2): 101 - 103.
- [5] NYOMORA A M S, BROWN P H, FREEMAN M. Fall foliar-applied boron increases tissue boron concentration and nut set of almond[J]. *J Amer Soc Hort Sci*, 1997, 122: 405 - 410.
- [6] LAVEE S, SPIEGEL-ROY P. The effect of time of application of two growth substances on the thinning of olive fruits[J]. *J Amer Soc Hort Sci*, 1967, 91: 180 - 196.
- [7] PERICA S, BROWN P H, CONNELL J H, et al. Foliar boron application improves flower fertility and fruit set of olive[J]. *Hort Sci*, 2001, 36 (4): 645 - 814.
- [8] CHAPLIN M H, STEBBINS R L, WESTWOOD M N. Effect of fall-applied boron sprays on fruit set and yield of "italian" prune[J]. *Hort Sci*, 1977, 12 (5): 500 - 501.
- [9] HANSON E J. Sour cherry trees response to foliar boron application[J]. *Hort Sci*, 1999, 26 (9): 1 142 - 1 145.
- [10] 孟赐福, 姜培坤, 曹志洪, 等. 杨梅的硼素营养及施硼技术[J]. *浙江林学院学报*, 2006, 23 (6): 684 - 688.
- [11] 孟赐福, 吴益伟. 浙江省杨梅园土壤特性及适生环境初探[M]. 龚子同. 中国名特优农产品的土宜. 长春: 吉林人民出版社, 1994: 19 - 121.
- [12] 孟赐福, 郑纪慈, 吴益伟. 喷硼对杨梅生长、产量和品质的影响[J]. *上海农业科技*, 1991 (2): 13 - 14.
- [13] 郑纪慈, 孟赐福. 杨梅梢枯病致病原因及防治对策的研究[J]. *浙江农业科学*, 1988 (3): 140 - 142.
- [14] 郑纪慈, 孟赐福, 傅志坚, 等. 杨梅缺硼研究[J]. *科技通报*, 1989, 5 (5): 5 - 10.
- [15] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999: 146 - 226.
- [16] PEYEA F J, NEILSON D, NEILSEN G. Boron maintenance sprays for apple: early-season application and tank-mixing with calcium chloride[J]. *Hort Sci*, 2003, 38 (4): 542 - 546.
- [17] SANCHEZ E, RIGHETTI T, SUGAR D. Partitioning and recycling of fall applied boron in Comice pears[J]. *Acta Hort*, 1998, 475: 347 - 354
- [18] BROWN P H, SHELPS B J. Boron mobility in plants[J]. *Plant Soil*, 1997, 193 (1 - 2): 85 - 101.