

Effect of Calcium Magnesium Sulfur Iron on “Pink Lemonade” Blueberry Growth

Zhongyang Liu^{1,2}, Qingfeng Li^{1*}, Guimei Tang¹, Li Zhang¹, Yang Liu¹, Zhilong Yi¹, Chun Yi¹, Juan Liu¹, Heying Zhu³

¹Hunan Horticultural Research Institute, Changsha Hunan

²Shaoyang Academy of Agricultural Sciences, Shaoyang Hunan

³Hunan Xingcheng Mingyue Ecological Agriculture Technology Development Co., Ltd., Changsha Hunan

Email: *lqf16888@126.com

Received: Sep. 24th, 2019; accepted: Oct. 9th, 2019; published: Oct. 16th, 2019

Abstract

Analysis showed that the total calcium increased by 1 mg resulted in a decrease of 0.625 blueberry leaves per plant, 0.505 cm in seedling height, 0.603 cm in leaf length, 0.573 cm in leaf width, 0.335 branches, 0.455 shoots, 0.439 cm in shoot length, 0.585 mm in stem diameter and 0.529% in survival rate. Each increase of 1 mg of total magnesium resulted in a decrease of 0.790 leaves per plant, 0.574 cm in seedling height, 0.685 cm in leaf length, 0.650 cm in leaf width, 0.381 branches, 0.517 shoots, 0.498 cm in shoot length, 0.664 mm in stem diameter and 0.600% in survival rate. The critical value of total magnesium is 4.02 - 5.95 mg, and the amount of fertilizer magnesium per plant is controlled within 4.0 mg to ensure the survival rate. Total sulfur increased by 1 mg, matrix PH decreased by 0.267, EC increased by 0.538, blueberry leaves decreased by 0.679, stem diameter decreased by 0.636 mm, branch number decreased by 0.364 cm, number of new shoots decreased by 0.495, leaf length decreased by 0.655 cm, leaf width decreased by 0.623 cm, and survival rate decreased by 0.574%. Substrate sulfur increased by 1 mg, PH decreased by 0.658, leaf increased by 0.495, stem diameter increased by 0.246 mm. The critical value of total iron was 11.96 mg. Fertilizer iron increased by 1 mg and individual leaf decreased by 0.629 pieces.

Keywords

Gold Level, Waste, Blueberry, Matrix, Calcium, Magnesium, Sulfur and Iron

钙镁硫铁对蓝莓“红粉佳人”生长的影响

刘中阳^{1,2}, 李青峰^{1*}, 唐桂梅¹, 张 力¹, 刘 洋¹, 易志龙¹, 易 春¹, 刘 娟¹, 朱和英³

¹湖南省园艺研究所, 湖南 长沙

²邵阳市农业科学院, 湖南 邵阳

*通讯作者。

文章引用: 刘中阳, 李青峰, 唐桂梅, 张力, 刘洋, 易志龙, 易春, 刘娟, 朱和英. 钙镁硫铁对蓝莓“红粉佳人”生长的影响[J]. 农业科学, 2019, 9(10): 868-881. DOI: 10.12677/hjas.2019.910123

³湖南省星城明月生态农业科技发展有限公司, 湖南 长沙
Email: *lqf16888@126.com

收稿日期: 2019年9月24日; 录用日期: 2019年10月9日; 发布日期: 2019年10月16日

摘要

分析表明, 总钙每增加1 g, 造成单株叶片减少0.625片, 苗高减少0.505 cm, 叶长减少0.603 cm, 叶宽减少0.573 cm。分枝数减少0.335个, 新梢数减少0.455个, 新梢长减少0.439 cm, 茎粗减少0.585 mm, 成活率减少0.529%的后果。肥料钙应控制在43 g/株以内, 后期叶面施用, 以免影响分枝数。通径分析表明, 大多数情况下总镁每增加1 g, 会造成单株叶片减少0.790片, 苗高减少0.574 cm, 叶长减少0.685 cm, 叶宽减少0.650 cm。分枝数减少0.381个, 新梢数减少0.517个, 新梢长减少0.498 cm, 茎粗减少0.664 mm, 成活率减少0.600%的后果。蓝莓总镁临界值4.02~5.95 g, 单株叶片 < 苗高 < 叶长 < 叶宽 < 分枝数 < 新梢数 < 新梢长 < 茎粗 < 成活率, 蓝莓肥料镁临界值3.93~4.80 g, 叶宽 < 单株叶片 < 苗高 < 新梢数 < 分枝数 < 新梢长 < 叶长 < 成活率 < 茎粗, 肥料镁应该后期叶面施用, 每株用量在4.0 g以内, 以免影响成活率。通径分析表明: 总硫直接增加1 g, 基质PH降低0.267, EC增加0.538, 蓝莓单株叶片减少0.679片, 茎粗减少0.636 mm, 分枝数减少0.364 cm, 新梢数减少0.495个, 叶长减少0.655 cm, 叶宽减少0.623 cm, 成活率减少0.574%, 基质硫增加1 g, PH降低0.658, 单株叶片增加0.495片, 茎粗增加0.246 mm。硫应该在蓝莓基质上使用, 可以降低基质PH, 促进肥料溶解, 增加肥料元素有效性。通径分析表明: 肥料铁与单株叶片呈极显著负的通径关系(通径系数-0.629)。肥料铁增加1 g, 单株叶片减少0.629片。总铁与单株叶片回归分析表明, 总铁与单株叶片有极显著三次曲线回归关系。总铁临界值为11.96 g。

关键词

黄金水位, 废弃物, 蓝莓, 基质, 钙, 镁, 硫, 铁

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

蓝莓(*Vaccinium ashei*)是杜鹃花科(Ericaceae)越橘属(*Vaccinium*)植物, 浅根性植物, 其果实为蓝色小浆果, 在世界范围内, 越橘属植物 400 余种, 其广泛分布于北半球[1]。蓝莓是优质的水果品种之一, 其营养价值非常丰富, 果肉中含有大量的矿物质、微量元素以及天然的抗氧化剂, 对延缓衰老、抑制癌症、清除人体内的自由基、减脂和保护心血管等都有重要的作用[2]。我国对蓝莓的引种栽培源自上世纪 80 年代[3], 近年来, 蓝莓在我国的种植规模逐渐扩大、推广速度非常快[4]。蓝莓栽培基质的选用、营养元素的施用是蓝莓种植过程中的关键环节之一, 均会对植株的生长发育产生重要作用[5] [6] [7]。在蓝莓种植过程中做到科学、合理地使用基质和施用肥料, 可促进蓝莓营养吸收, 提高蓝莓产量, 使有限的资源得到最大程度的经济效益[8] [9]。

2. 材料与方法

2.1. 试验材料

基质(表 1):

育苗基质：自配，由珍珠岩、菌渣、谷壳等废弃物组成。

松树皮：来自湖南省张家界市。

生物有机肥：湖南浩博生物科技有限公司生产。

牛粪：来自湖南省畜牧兽医研究所。

试验容器：为防止水肥流失，试验采用第二代黄金水位栽培容器进行，专利授权号：ZL201420541865.4，其主要特征就是试验容器植物的灌排水孔设计在花盆高度从上往下的 0.618 位置[10]。并在该平面位置设有打孔隔板。

Table 1. Nutrient composition of matrix and fertilizer

表 1. 基质与肥料营养成分表

| 基质 | 总氮% | 总磷% | 总钾% | 总养分% | pH | 水分% | 钙(%) | 镁(%) | 硫(%) | 铁(%) |
|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|
| 育苗基质 | 0.84 | 0.25 | 1.18 | 2.27 | 5.74 | 26.86 | 0.40 | 0.32 | 0.20 | 2.19 |
| 松树皮 | 0.42 | 0.01 | 0.63 | 1.06 | 6.47 | 50.49 | 0.93 | 0.23 | 0.08 | 0.84 |
| 生物肥 | 2.08 | 2.32 | 2.63 | 7.03 | 6.80 | 2.15 | 12.14 | 1.12 | 1.07 | 0.98 |
| 牛粪 | 1.29 | 1.24 | 1.92 | 4.45 | 7.60 | 33.85 | 1.26 | 0.63 | 0.28 | 0.19 |

2.2. 试验方法

处理 1~5 由育苗基质和生物有机肥组成，重复 9~10 次，处理 6~10 由松树皮、牛粪和生物有机肥组成，重复 3~4 次(表 2)，蓝莓移植前牛粪和生物有机肥放入花盆隔板上，育苗基质和松树皮放入牛粪和生物有机肥上面。试验在湖南省园艺研究所大棚中进行。大棚由保温系统、内外遮荫网和水帘降温系统组成，最低温度 5℃~10℃，最高温度 30℃~35℃，湿度 60%~80%。所有样品检测化验由湖南省土壤肥料研究所根据相关项目国家标准进行。用意大利 HANNAHI99121 便携式土壤酸度计测试基质 pH 值。用便携式 EC 测定计直接测试基质下部储水层溶液 EC 和 PPM 值。试验数据根据徐向宏何明珠主编《试验设计与 Design Expert SPSS 应用》[11]和张琪等“通径分析在 Excel 和 SPSS 中的实现[12]”一文中介绍的方法采用 SPSS15.0 软件和 Excel 进行。

Table 2. Test design of blueberry fertilizer

表 2. 红粉佳人肥料试验设计

| 处理 | 基质 | 生物有机肥 | | |
|----------|------|---------|---------|-----------|
| 1 | 育苗基质 | 0 | | |
| 2 | 育苗基质 | 0.5 | | |
| 3 | 育苗基质 | 1.0 | | |
| 4 | 育苗基质 | 2.0 | | |
| 5 | 育苗基质 | 1.5 | | |
| 6 | 树皮基质 | 0 + 0 牛 | 0 + 1 牛 | 0 + 0.5 牛 |
| 7 | 树皮基质 | 0.5 + 0 | 0.5 + 1 | 0.5 + 0.5 |
| 8 | 树皮基质 | 1.0 + 0 | 1.0 + 1 | 1.0 + 0.5 |
| 9 | 树皮基质 | 1.5 + 0 | 1.5 + 1 | 1.5 + 0.5 |
| 10 | 树皮基质 | 2.0 + 0 | 2.0 + 1 | 2.0 + 0.5 |
| 重复 3~4 次 | | A | B | C |

3. 结果与分析

3.1. 钙镁硫铁营养元素对单株叶片 Y_1 的影响

由表 3 通径分析可以看出：以单株叶片 Y_1 为指标分析蓝莓生长，主要影响因子为基质钙 X_9 、总钙 XCa、基质镁 X_{10} 、总镁 X_4 、基质硫 X_{11} 、总硫 XS、肥料铁 X_{12} 。总钙和基质钙与单株叶片呈极显著负的通径关系。总钙增加 1 g，单株叶片减少 0.625 片。基质钙增加 1 g，单株叶片减少 0.233 片。总镁增加 1 g，单株叶片减少 0.709 片。基质镁与单株叶片呈极显著正的通径关系，基质镁增加 1 g，单株叶片增加 0.565 片。总硫与单株叶片呈极显著负的通径关系。总硫增加 1 g，单株叶片减少 0.679 片。基质硫与单株叶片呈极显著正的通径关系，基质硫增加 1 g，单株叶片增加 0.495 片。肥料铁与单株叶片呈极显著负的通径关系。肥料铁增加 1 g，单株叶片减少 0.629 片。总铁与单株叶片无显著通径关系。

Table 3. Path analysis of Ca, Mg, S and Fe on individual plant leaves

表 3. 钙镁硫铁营养元素对单株叶片 Y_1 影响的通径分析

| Variables | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|----------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|-------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| (Constant) | 3236.524 | 995.472 | | 3.251 | 0.002 |
| 钙 基质钙 X_9 | -1946.209 | 645.270 | -0.233 | -3.016 | 0.003 |
| 总钙 XCa | -8.857 | 1.097 | -0.625 | -8.074 | 0.000 |
| (Constant) | 167.664 | 23.988 | | 6.989 | 0.000 |
| 镁 基质镁 X_{10} | 164.066 | 25.498 | 0.565 | 6.434 | 0.000 |
| 总镁 X_4 | -96.001 | 11.890 | -0.709 | -8.074 | 0.000 |
| (Constant) | 181.752 | 20.829 | | 8.726 | 0.000 |
| 硫 基质硫 X_{11} | 190.941 | 32.433 | 0.495 | 5.887 | 0.000 |
| 总硫 XS | -100.487 | 12.446 | -0.679 | -8.074 | 0.000 |
| (Constant) | 147.760 | 33.450 | | 4.417 | 0.000 |
| 铁 肥料铁 X_{12} | -79.536 | 24.481 | -0.629 | -3.249 | 0.005 |
| 总铁 XFe | 8.081 | 5.493 | 0.285 | 1.471 | 0.160 |

从表 4 可以看出，肥料钙 X_1 、总钙 XCa、肥料镁 X_3 、总镁 XMg、肥料硫 X_5 、总硫 XS、肥料铁 X_7 、总铁 XFe 与单株叶片 Y_1 都有极显著回归关系，获得最多单株叶片 Y_1 的肥料钙 X_1 、总钙 XCa、肥料镁 X_3 、总镁 XMg、肥料硫 X_5 、总硫 XS、肥料铁 X_7 、总铁 XFe 分别为 23.8563 g、25.2907 g、2.3070 g、3.8023 g、2.3443 g、3.0849 g、2.4211 g、0.5297~9.7297 g。

Table 4. Systematic analysis table of significant influence on individual plant leaves (Sig. $f < 0.001$)

表 4. 显著影响单株叶片 Y_1 因子的系统分析表(Sig. $f < 0.001$)

| 影响因子 | 鲜重 Y_1 | Y_1 最大时影响因子取值 |
|-----------|-------------------------------------|-----------------|
| 肥料钙 X_1 | $248.582 - 17.959X_1 + 0.3764X_1^2$ | 23.8563 g |
| 总钙 XCa | $277.670 - 19.226X_2 + 0.3801X_2^2$ | 25.2907 g |
| 肥料镁 X_3 | $220.842 - 95.724X_3$ | 2.3070 g |

Continued

| | | |
|--------------------|---|-------------------|
| 总镁 XMg | $227.407 - 59.807 X_4$ | 3.8023 g |
| 肥料硫 X ₅ | $248.582 - 203.76 X_5 + 48.4577 X_5^2$ | 2.3443 g |
| 总硫 XS | $221.654 - 71.852 X_6$ | 3.0849 g |
| 肥料铁 X ₇ | $173.194 - 71.455 X_7$ | 2.4211 g |
| 总铁 XFe | $433.721 - 305.29 X_8 + 75.8394 X_8^2 - 4.9379 X_8^3$ | 9.7297 - 0.5297 g |

3.2. 钙镁硫铁营养元素对苗高 Y₂ 的影响

由表 5 通径分析可以看出：以单苗高 Y₂ 为指标分析蓝莓生长，总钙 XCa、基质镁 X₁₀、总镁 XMg、基质硫 X₁₁、总硫 XS 对苗高 Y₂ 有极显著影响。总钙与苗高呈极显著负的通径关系。总钙增加 1 g，苗高减少 0.505 cm。基质钙与苗高的通径关系未达显著水平。总镁与苗高呈极显著负的通径关系。总镁增加 1 g，苗高减少 0.547 cm。基质镁与苗高呈极显著正的通径关系，基质镁增加 1 g，苗高增加 0.417 cm。总硫与苗高呈极显著负的通径关系。总硫增加 1 g，苗高减少 0.549 cm，基质硫与苗高呈极显著正的通径关系，基质硫增加 1 g，苗高增加 0.360 cm。总铁、肥料铁与苗高无显著通径关系。

Table 5. Path analysis of Ca, Mg, S and Fe on seedling height Y₂表 5. 钙镁硫铁营养元素对苗高 Y₂ 影响的通径分析

| Variables | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|---------------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|-------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| (Constant) | 595.904 | 301.741 | | 1.975 | 0.051 |
| 钙 | | | | | |
| 基质钙 X ₉ | -329.696 | 195.590 | -0.149 | -1.686 | 0.095 |
| 总钙 XCa | -1.905 | 0.332 | -0.505 | -5.729 | 0.000 |
| (Constant) | 75.391 | 7.271 | | 10.368 | 0.000 |
| 镁 | | | | | |
| 基质镁 X ₁₀ | 32.191 | 7.729 | .417 | 4.165 | 0.000 |
| 总镁 X ₄ | -20.647 | 3.604 | -0.574 | -5.729 | 0.000 |
| (Constant) | 77.780 | 6.313 | | 12.320 | 0.000 |
| 硫 | | | | | |
| 基质硫 X ₁₁ | 36.953 | 9.831 | 0.360 | 3.759 | 0.000 |
| 总硫 XS | -21.611 | 3.772 | -0.549 | -5.729 | 0.000 |
| (Constant) | 65.395 | 9.610 | | 6.805 | 0.000 |
| 铁 | | | | | |
| 肥料铁 X ₁₂ | -13.088 | 7.033 | -0.418 | -1.861 | 0.080 |
| 总铁 XFe | 1.595 | 1.578 | 0.227 | 1.010 | 0.326 |

回归分析表明(表 6)，肥料钙 X₁、总钙 XCa、肥料镁 X₃、总镁 XMg、肥料硫 X₅、总硫 XS、总铁 XFe 与苗高 Y₂ 都有极显著回归关系，获得最大苗高 Y₂ 的肥料钙 X₁、总钙 XCa、肥料镁 X₃、总镁 XMg、肥料硫 X₅、总硫 XS、总铁 XFe 分别为 22.6406 g、24.0700 g、4.0976 g、6.4314 g、2.3443 g、3.0758 g、23.9774 g。

Table 6. Systematic analysis table of significant influence on seedling height Y_2 (Sig. $f < 0.001$)**表 6.** 显著影响苗高 Y_2 因子的系统分析表(Sig. $f < 0.001$)

| 影响因子 | 苗高 Y_2 | Y_2 最大时影响因子取值 |
|-----------|--|-----------------|
| 肥料钙 X_1 | $91.0611 - 4.0889X_1 + 0.0903X_1^2$ | 22.6406 g |
| 总钙 XCa | $97.7277 - 4.4000X_2 + 0.0914X_2^2$ | 24.0700 g |
| 肥料镁 X_3 | $84.4105 - 20.600X_3$ | 4.0976 g |
| 总镁 XMg | $87.1131 - 13.545X_4$ | 6.4314 g |
| 肥料硫 X_5 | $248.582 - 203.76X_5 + 48.4577X_5^2$ | 2.3443 g |
| 总硫 XS | $221.654 - 71.852X_6$ | 3.0758 g |
| 肥料铁 X_7 | / | / |
| 总铁 XFe | $104.593 - 51.332X_8 + 14.9249X_8^2 - 1.0468X_8^3$ | 23.9774 g |

3.3. 钙镁硫铁营养元素对叶长 Y_3 的影响

由表 7 通径分析可以看出：以叶长 Y_3 为指标分析蓝莓生长，主要影响因子为总钙 XCa、基质镁 X_{10} 、总镁 XMg、总硫 XS、肥料铁 X_{12} 与叶长呈极显关系。总钙增加 1 g，叶长减少 0.603 cm。基质钙与叶长的通径关系未达显著水平。总镁与叶长呈极显著负的通径关系。总镁增加 1 g，叶长减少 0.685 cm。基质镁与叶长呈显著正的通径关系，基质镁增加 1 g，叶长增加 0.203 cm。总硫与叶长呈极显著负的通径关系。总硫增加 1 g，叶长减少 0.655 cm，基质硫与叶长通径关系不显著。肥料铁与叶长有显著通径关系，总铁与叶长无显著通径关系。肥料铁增加 1 g，叶长减少 0.493 cm。

Table 7. Path analysis of Ca, Mg, S and Fe on leaf length Y_3 **表 7.** 钙镁硫铁营养元素对叶长 Y_3 影响的通径分析

| Variables | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|----------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|-------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| (Constant) | -30.819 | 26.570 | | -1.160 | 0.249 |
| 钙 基质钙 X_9 | 24.664 | 17.223 | 0.117 | 1.432 | 0.155 |
| 总钙 XCa | -0.216 | 0.029 | -0.603 | -7.380 | 0.000 |
| (Constant) | 7.557 | 0.640 | | 11.802 | 0.000 |
| 镁 基质镁 X_{10} | 1.491 | 0.681 | 0.203 | 2.191 | 0.031 |
| 总镁 X_4 | -2.342 | 0.317 | -0.685 | -7.380 | 0.000 |
| (Constant) | 7.380 | 0.556 | | 13.276 | 0.000 |
| 硫 基质硫 X_{11} | 1.320 | 0.866 | 0.135 | 1.525 | 0.131 |
| 总硫 XS | -2.451 | 0.332 | -0.655 | -7.380 | 0.000 |
| (Constant) | 6.650 | 1.020 | | 6.522 | 0.000 |
| 铁 肥料铁 X_{12} | -1.755 | 0.746 | -0.493 | -2.351 | 0.031 |
| 总铁 XFe | -0.105 | 0.167 | -0.131 | -0.626 | 0.539 |

从表 8 可以看出，肥料钙 X_1 、总钙 XCa、肥料镁 X_3 、总镁 XMg、总硫 XS、肥料铁 X_7 、总铁 XFe

与叶长 Y_3 都有极显著回归关系, 获得最大叶长 Y_3 的肥料钙 X_1 、总钙 XCa 、肥料镁 X_3 、总镁 XMg 、总硫 XS 、肥料铁 X_7 、总铁 XFe 分别为 22.6406 g、28.0467 g、2.9387 g、4.0233 g、1.9446 g、1.5008~0.1948 g、3.0213~7.2009 g。

Table 8. Systematic analysis table of significant influence on leaf length Y_3 (Sig. $f < 0.001$)

表 8. 显著影响叶长 Y_3 因子的系统分析表(Sig. $f < 0.001$)

| 影响因子 | 叶长 Y_3 | Y_3 最大时影响因子取值 |
|-----------|---|-------------------|
| 肥料钙 X_1 | $7.4366 - 0.3957X_1 + 0.0074X_1^2$ | 22.6406 g |
| 总钙 XCa | $8.0727 - 0.4207X_2 + 0.0075X_2^2$ | 28.0467 g |
| 肥料镁 X_3 | $6.8916 - 2.3454X_3$ | 2.9387 g |
| 总镁 XMg | $8.0994 - 2.0131X_4$ | 4.0233 g |
| 肥料硫 X_5 | / | / |
| 总硫 XS | $8.073 - 5.822X_6 + 1.497X_6^2$ | 1.9446 g |
| 肥料铁 X_7 | $6.5605 + 4.0347X_7 - 11.720X_7^2 + 4.6184X_7^3$ | 1.5008 - 0.1948 g |
| 总铁 XFe | $13.9826 - 7.8322X_8 + 1.8479X_8^2 - 0.1194X_8^3$ | 3.0213 - 7.2009 g |

3.4. 钙镁硫铁营养元素对叶宽 Y_4 的影响

由表 9 途径分析可以看出: 以叶宽 Y_4 为指标分析蓝莓生长, 主要影响因子总钙 XCa 、总镁 XMg 、总硫 XS 与叶宽呈极显著关系。总钙增加 1 g, 叶宽减少 0.573 cm。基质钙与叶宽的途径关系未达显著水平。总镁与叶宽呈极显著负的途径关系。总镁增加 1 g, 叶宽减少 0.650 cm。基质镁与叶宽途径关系不显著。总硫与叶宽呈极显著负的途径关系。总硫增加 1 g, 叶宽减少 0.623 cm, 基质硫与叶宽途径关系不显著。肥料铁、总铁与叶宽无显著途径关系。

Table 9. Path analysis of Ca, Mg, S and Fe on leaf width Y_4

表 9. 钙镁硫铁营养元素对叶宽 Y_4 影响的途径分析

| Variables | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|--------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|-------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| (Constant) | -14.488 | 11.549 | | -1.254 | 0.213 |
| 钙 | | | | | |
| 基质钙 X_9 | 11.289 | 7.486 | 0.127 | 1.508 | 0.135 |
| 总钙 XCa | -8.691E-02 | 0.013 | -0.573 | -6.829 | 0.000 |
| (Constant) | 3.095 | 0.278 | | 11.122 | 0.000 |
| 镁 | | | | | |
| 基质镁 X_{10} | 0.552 | 0.296 | 0.178 | 1.866 | 0.065 |
| 总镁 X_4 | -0.942 | 0.138 | -0.650 | -6.829 | 0.000 |
| (Constant) | 3.014 | 0.242 | | 12.475 | 0.000 |
| 硫 | | | | | |
| 基质硫 X_{11} | 0.468 | 0.376 | 0.113 | 1.243 | 0.217 |
| 总硫 XS | -0.986 | 0.144 | -0.623 | -6.829 | 0.000 |
| (Constant) | 2.701 | 0.454 | | 5.954 | 0.000 |
| 铁 | | | | | |
| 肥料铁 X_{12} | -0.674 | 0.332 | -0.440 | -2.030 | 0.058 |
| 总铁 XFe | -4.860E-02 | 0.075 | -0.141 | -0.652 | 0.523 |

Table 10. Systematic analysis table of significant influence on leaf width Y_4 (Sig. $f < 0.001$)**表 10.** 显著影响叶宽 Y_4 因子的系统分析表(Sig. $f < 0.001$)

| 影响因子 | 叶宽 Y_4 | Y_4 最大时影响因子取值 |
|-----------|--|-----------------|
| 肥料钙 X_1 | $3.0767 - 0.1812X_1 + 0.0039X_1^2$ | 23.2308 g |
| 总钙 XCa | $3.3690 - 0.1941X_2 + 0.0039X_2^2$ | 24.8846 g |
| 肥料镁 X_3 | $2.7905 - 0.9437X_3$ | 4.0976 g |
| 总镁 XMg | $3.2963 - 0.8203X_4$ | 4.0184 g |
| 肥料硫 X_5 | / | / |
| 总硫 XS | $3.349 - 2.602X_6 + 0.716X_6^2$ | 1.8170 g |
| 肥料铁 X_7 | $2.5484 - 0.7228X_7$ | 3.5287 g |
| 总铁 XFe | $5.4937 - 3.0499X_8 + 0.7317X_8^2 - 0.0478X_8^3$ | |

从表 10 可以看出, 肥料钙 X_1 、总钙 XCa、肥料镁 X_3 、总镁 XMg、总硫 XS、肥料铁 X_7 、总铁 XFe 与叶宽 Y_4 都有极显著回归关系, 获得最大叶宽 Y_4 的肥料钙 X_1 、总钙 XCa、肥料镁 X_3 、总镁 XMg、总硫 XS、肥料铁 X_7 分别为 23.2308 g、24.8846 g、4.0976 g、4.0184 g、1.8170 g、3.5287 g。

3.5. 钙镁硫铁营养元素对分枝数 Y_5 的影响

由表 11 通径分析可以看出: 以分枝数 Y_5 为指标分析蓝莓生长, 主要影响因子总钙 XCa、总镁 XMg、总硫 XS 与分枝数 Y_5 呈极显著关系。总钙增加 1 g, 叶宽减少 0.573 cm。基质钙与叶宽的通径关系未达显著水平。总镁与叶宽呈极显著负的通径关系。总镁增加 1 g, 叶宽减少 0.650 cm。基质镁与叶宽通径关系不显著。总硫与叶宽呈极显著负的通径关系。总硫增加 1 g, 叶宽减少 0.623 cm, 基质硫与叶宽通径关系不显著。肥料铁、总铁与叶宽无显著通径关系。

Table 11. Path analysis of Ca, Mg, S and Fe on branch number**表 11.** 钙镁硫铁营养元素对分枝数 Y_5 影响的通径分析

| Variables | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|----------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|-------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| (Constant) | -28.351 | 31.821 | | -0.891 | 0.375 |
| 钙 基质钙 X_9 | 22.599 | 20.627 | 0.106 | 1.096 | 0.276 |
| 总钙 XCa | -0.121 | 0.035 | -0.335 | -3.456 | 0.001 |
| (Constant) | 6.932 | 0.767 | | 9.041 | 0.000 |
| 镁 基质镁 X_{10} | 0.531 | 0.815 | 0.072 | 0.652 | 0.516 |
| 总镁 X_4 | -1.314 | 0.380 | -0.381 | -3.456 | 0.001 |
| (Constant) | 6.770 | 0.666 | | 10.169 | 0.000 |
| 硫 基质硫 X_{11} | 0.335 | 1.037 | 0.034 | 0.323 | 0.747 |
| 总硫 XS | -1.375 | 0.398 | -0.364 | -3.456 | 0.001 |
| (Constant) | 5.919 | 1.046 | | 5.657 | 0.000 |
| 铁 肥料铁 X_{12} | -0.452 | 0.766 | -0.143 | -0.590 | 0.563 |
| 总铁 XFe | -9.688E-02 | 0.172 | -0.137 | -0.564 | 0.580 |

从表 12 可以看出, 肥料钙 X_1 、总钙 XCa 、肥料镁 X_3 、总镁 XMg 、总硫 XS 、肥料铁 X_7 、总铁 XFe 与分枝数 Y_5 都有极显著回归关系, 获得最大分枝数 Y_5 的肥料钙 X_1 、总钙 XCa 、肥料镁 X_3 、总镁 XMg 、总硫 XS 、肥料铁 X_7 、总铁 XFe 分别为 0.3469 g、0.9896 g、4.8003 g、5.9555 g、3.8434 g、1.6307 - 0.1874 g、3.0213 - 7.2009 g。

Table 12. System analysis table of significant influence on branch number Y_5 (Sig. $f < 0.001$)

表 12. 显著影响分枝数 Y_5 因子的系统分析表(Sig. $f < 0.001$)

| 影响因子 | 分枝数 Y_5 | Y_5 最大时影响因子取值 |
|-----------|--|-------------------|
| 肥料钙 X_1 | $5.9623 - 0.034X_1 - 0.0049X_1^2$ | 0.3469 g |
| 总钙 XCa | $5.9642 + 0.0095X_2 - 0.0048X_2^2$ | 0.9896 g |
| 肥料镁 X_3 | $6.3211 - 1.3168X_3$ | 4.8003 g |
| 总镁 XMg | $7.1258 - 1.1965X_4$ | 5.9555 g |
| 肥料硫 X_5 | / | / |
| 总硫 XS | $6.232 - 0.922X_6 - 0.182X_6^2$ | 3.8434 g |
| 肥料铁 X_7 | $6.5605 + 4.0347X_7 - 11.720 X_7^2 + 4.6184 X_7^3$ | 1.6307 - 0.1874 g |
| 总铁 XFe | $13.9826 - 7.8322X_8 + 1.8479X_8^2 - 0.1194X_8^3$ | 3.0213 - 7.2009 g |

3.6. 钙镁硫铁营养元素对新梢数 Y_6 的影响

由表 13 通径分析可以看出: 以新梢数 Y_6 为指标分析蓝莓生长, 主要影响因子基质钙 X_9 、总镁 XMg 、总硫 XS 与新梢数 Y_6 呈极显著关系。总钙与新梢数呈极显著负的通径关系。总钙增加 1 g, 新梢数减少 0.455 个。基质钙与新梢数的通径关系未达显著水平。总镁与新梢数呈极显著负的通径关系。总镁增加 1 g, 新梢数减少 0.517 个。基质镁与新梢数通径关系不显著。总硫与新梢数呈极显著负的通径关系。总硫增加 1 g, 新梢数减少 0.495 个, 基质硫与新梢数通径关系不显著。肥料铁、总铁与新梢数无显著通径关系。

Table 13. Path analysis of Ca, Mg, S and Fe on new pin number

表 13. 钙镁硫铁营养元素对新梢数 Y_6 影响的通径分析

| Variables | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|--------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|-------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| (Constant) | -85.123 | 110.477 | | -0.770 | 0.443 |
| 钙 | | | | | |
| 基质钙 X_9 | -0.604 | 0.122 | -0.455 | -4.959 | 0.000 |
| 总钙 XCa | 69.621 | 71.612 | 0.089 | 0.972 | 0.333 |
| (Constant) | 23.214 | 2.662 | | 8.720 | 0.000 |
| 镁 | | | | | |
| 基质镁 X_{10} | 4.141 | 2.830 | 0.153 | 1.463 | 0.147 |
| 总镁 X_4 | -6.544 | 1.320 | -0.517 | -4.959 | 0.000 |
| (Constant) | 22.717 | 2.312 | | 9.827 | 0.000 |
| 硫 | | | | | |
| 基质硫 X_{11} | 3.657 | 3.599 | 0.101 | 1.016 | 0.312 |
| 总硫 XS | -6.850 | 1.381 | -0.495 | -4.959 | 0.000 |
| (Constant) | 19.848 | 3.904 | | 5.084 | 0.000 |
| 铁 | | | | | |
| 肥料铁 X_{12} | -3.820 | 2.857 | -0.311 | -1.337 | 0.199 |
| 总铁 XFe | -0.316 | 0.641 | -0.115 | -0.492 | 0.629 |

从表 14 可以看出, 肥料钙 X_1 、总钙 XCa 、肥料镁 X_3 、总镁 XMg 、总硫 XS 与新梢数 Y_6 都有极显著回归关系, 获得最大新梢数 Y_6 的肥料钙 X_1 、总钙 XCa 、肥料镁 X_3 、总镁 XMg 、总硫 XS 分别为 35.6008 g、36.3571 g、3.2556 g、4.3908 g、1.6927 g。

Table 14. System analysis table that significantly affects the number of new shoots Y_6 (Sig. $f < 0.001$)

表 14. 显著影响新梢数 Y_6 因子的系统分析表(Sig. $f < 0.001$)

| 影响因子 | 新梢数 Y_6 | Y_6 最大时影响因子取值 |
|-----------|-------------------------------------|-----------------|
| 肥料钙 X_1 | $22.2907 - 0.9185X_1 + 0.0129X_1^2$ | 35.6008 g |
| 总钙 XCa | $23.7724 - 0.9671X_2 + 0.0133X_2^2$ | 36.3571 g |
| 肥料镁 X_3 | $21.3368 - 6.5538X_3$ | 3.2556 g |
| 总镁 XMg | $24.7221 - 5.6304X_4$ | 4.3908 g |
| 肥料硫 X_5 | / | / |
| 总硫 XS | $35.396 - 27.895X_6 + 8.240X_6^2$ | 1.6927 g |
| 肥料铁 X_7 | / | / |
| 总铁 XFe | / | / |

3.7. 钙镁硫铁营养元素对新梢长 Y_7 的影响

由表 15 途径分析可以看出: 以新梢长 Y_7 为指标分析蓝莓生长, 主要影响因子基质钙 X_9 、总钙 XCa 、总镁 XMg 、总硫 XS 对新梢长 Y_7 有极显著影响。总钙与新梢长呈极显著负的途径关系。总钙增加 1 g, 新梢长减少 0.439 cm。基质钙与新梢长呈极显著正的途径关系。基质钙增加 1 g, 新梢长增加 0.276 cm。总镁与新梢长呈极显著负的途径关系。总镁增加 1 g, 新梢长减少 0.498 cm。基质镁与新梢长途径关系不显著。总硫与新梢长呈极显著负的途径关系。总硫增加 1 g, 新梢长减少 0.477 cm, 基质硫与新梢长途径关系不显著。肥料铁、总铁与新梢长无显著途径关系。

Table 15. Path analysis of Ca, Mg, S and Fe on the length of new shoots Y_7

表 15. 钙镁硫铁营养元素对新梢长 Y_7 影响的途径分析

| Variables | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|----------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|-------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| (Constant) | -443.971 | 152.233 | | -2.916 | 0.004 |
| 钙 基质钙 X_9 | 307.653 | 98.678 | .276 | 3.118 | 0.002 |
| 总钙 XCa | -0.831 | 0.168 | -0.439 | -4.957 | 0.000 |
| (Constant) | 37.646 | 3.668 | | 10.262 | 0.000 |
| 镁 基质镁 X_{10} | -1.669 | 3.899 | -0.043 | -0.428 | 0.670 |
| 总镁 X_4 | -9.013 | 1.818 | -0.498 | -4.957 | 0.000 |
| (Constant) | 35.435 | 3.185 | | 11.125 | 0.000 |
| 硫 基质硫 X_{11} | -4.762 | 4.960 | -0.092 | -0.960 | 0.340 |
| 总硫 XS | -9.434 | 1.903 | -0.477 | -4.957 | 0.000 |

Continued

| | | | | | |
|-----------------------|--------|-------|--------|--------|-------|
| (Constant) | 32.680 | 4.983 | | 6.558 | 0.000 |
| 铁 肥料铁 X ₁₂ | -5.689 | 3.647 | -0.330 | -1.560 | 0.137 |
| 总铁 XFe | -1.327 | 0.818 | -0.343 | -1.621 | 0.123 |

从表 16 可以看出, 肥料钙 X₁、总钙 XCa、肥料镁 X₃、总镁 XMg、总硫 XS 与新梢长 Y₇ 都有极显著回归关系, 获得最大新梢长 Y₇ 的肥料钙 X₁、总钙 XCa、肥料镁 X₃、总镁 XMg、总硫 XS 分别为 35.6008 g、36.3571 g、3.2556 g、4.3908 g、1.6927 g。

Table 16. System analysis table of significant influence on the length of new shoots Y₇ (Sig. f < 0.001)

表 16. 显著影响新梢长 Y₇ 因子的系统分析表(Sig. f < 0.001)

| 影响因子 | 新梢长 Y ₇ | Y ₇ 最大时影响因子取值 |
|--------------------|---|--------------------------|
| 肥料钙 X ₁ | $33.4170 - 2.1902X_1 + 0.0559X_1^2$ | 19.5903 g |
| 总钙 XCa | $36.9508 - 2.3701X_2 + 0.0562X_2^2$ | 21.0863 g |
| 肥料镁 X ₃ | $29.3000 - 9.0563X_3$ | 3.2353 g |
| 总镁 XMg | $37.0378 - 9.3809X_4$ | 3.9482 g |
| 肥料硫 X ₅ | / | / |
| 总硫 XS | $35.396 - 27.895X_6 + 8.240X_6^2$ | 1.6927 g |
| 肥料铁 X ₇ | $34.0000 - 29.451X_7 + 11.4463X_7^2$ | 1.2865 g |
| 总铁 XFe | $58.6909 - 28.754X_8 + 6.6695X_8^2 - 0.4348X_8^3$ | 3.0181 - 7.5613 g |

3.8. 钙镁硫铁营养元素对茎粗 Y₈ 的影响

由表 17 通径分析可以看出: 以茎粗 Y₈ 为指标分析蓝莓生长, 主要影响因子基质钙 X₉、总钙 XCa、总镁 XMg、总硫 XS 对茎粗 Y₈ 有极显著影响。总钙与茎粗呈极显著负的通径关系。总钙增加 1 g, 茎粗减少 0.585 mm。基质钙与茎粗没有显著通径关系。总镁与茎粗呈极显著负的通径关系。总镁增加 1 g, 茎粗减少 0.664 cm。基质镁与呈极显著正的通径关系, 总镁增加 1 g, 茎粗增加 0.312 cm。总硫与茎粗呈极显著负的通径关系。总硫增加 1 g, 茎粗减少 0.636 mm。基质硫与茎粗呈极显著正的通径关系, 基质硫增加 1 g, 茎粗增加 0.246 mm。肥料铁与茎粗有显著通径关系。肥料铁增加 1 g, 茎粗减少 0.547 mm。

Table 17. Path analysis of Ca, Mg, S and Fe on stem diameter Y₈

表 17. 钙镁硫铁营养元素对茎粗 Y₈ 影响的通径分析

| Variables | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|-----------------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|-------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| (Constant) | 0.673 | 1.941 | | 0.347 | 0.730 |
| 钙 总钙 XCa | -1.490E-02 | 0.002 | -0.585 | -6.963 | 0.000 |
| 基质钙 X ₉ | -1.678E-02 | 1.258 | -0.001 | -0.013 | 0.989 |
| (Constant) | 0.623 | 0.047 | | 13.321 | 0.000 |
| 镁 基质镁 X ₁₀ | 0.163 | 0.050 | 0.312 | 3.269 | 0.002 |
| 总镁 X ₄ | -0.161 | 0.023 | -0.664 | -6.963 | 0.000 |

Continued

| | | | | | |
|-----------------------|-----------|-------|--------|--------|-------|
| (Constant) | 0.623 | 0.041 | | 15.347 | 0.000 |
| 硫 基质硫 X ₁₁ | 0.170 | 0.063 | 0.246 | 2.695 | 0.008 |
| 总硫 XS | -0.169 | 0.024 | -0.636 | -6.963 | 0.000 |
| (Constant) | 0.549 | 0.059 | | 9.280 | 0.000 |
| 铁 肥料铁 X ₁₂ | -0.113 | 0.043 | -0.547 | -2.614 | 0.018 |
| 总铁 XFe | 1.280E-03 | 0.010 | 0.028 | 0.132 | 0.897 |

从表 18 可以看出, 肥料钙 X₁、总钙 XCa、肥料镁 X₃、总镁 XMg、总硫 XS、肥料铁 X₇、总铁 XFe 与茎粗 Y₈ 都有极显著回归关系, 获得最大茎粗 Y₈ 的肥料钙 X₁、总钙 XCa、肥料镁 X₃、总镁 XMg、总硫 XS、肥料铁 X₇、总铁 XFe 分别为 46.50 g、34.75 g、3.8338 g、5.4331 g、2.1835 g、4.9428 g、2.667-7.0827 g。

Table 18. Systematic analysis table of significant influence on stem diameter Y₈ (Sig. f < 0.001)

表 18. 显著影响茎粗 Y₈ 因子的系统分析表(Sig. f < 0.001)

| 影响因子 | 茎粗 Y ₈ | Y ₈ 最大时影响因子取值 |
|--------------------|--|--------------------------|
| 肥料钙 X ₁ | $0.6354 - 0.0186X_1 + 0.0002X_1^2$ | 46.50 g |
| 总钙 XCa | $0.6654 - 0.0139XCa + 0.0002XCa^2$ | 34.75 g |
| 肥料镁 X ₃ | $0.6240 - 0.1615X_3$ | 3.8338 g |
| 总镁 XMg | $0.6824 - 0.1256XMg$ | 5.4331 g |
| 肥料硫 X ₅ | / | / |
| 总硫 XS | $0.685 - 0.345XS + 0.079XS^2$ | 2.1835g |
| 肥料铁 X ₇ | $0.5531 - 0.1119X_7$ | 4.9428 g |
| 总铁 XFe | $0.9310 - 0.4534XFe + 0.1179XFe^2 - 0.0080XFe^3$ | 2.667-7.0827 g |

3.9. 钙镁硫铁营养元素对成活率 Y₉ 的影响

由表 19 通径分析可以看出: 以成活率 Y₉ 为指标分析蓝莓生长, 主要影响因子基质钙 X₉、总钙 XCa、总镁 XMg、总硫 XS 对成活率 Y₉ 有极显著影响。总钙与成活率呈极显著负的通径关系。在 26 g 以下, 总钙增加 1 g, 成活率减少 0.529%。在 2 g 以下, 基质钙与成活率呈极显著正的通径关系, 基质钙增加 1 g, 成活率增加 0.345%。总镁与成活率呈极显著负的通径关系。总镁增加 1 g, 成活率减少 0.6%。基质镁与成活率通径关系不显著。总硫与成活率呈极显著负的通径关系。总硫增加 1 g, 成活率减少 0.574%, 基质硫与成活率通径关系不显著。肥料铁、总铁与成活率无显著通径关系。

Table 19. Path analysis of Ca, Mg, S and Fe on survival rate

表 19. 钙镁硫铁营养元素对成活率 Y₉ 影响的通径分析

| Variables | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|----------------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|-------|
| | B | Std. Error | Beta | | |
| (Constant) | -1550.937 | 386.785 | | -4.010 | 0.000 |
| 钙 基质钙 X ₉ | 1076.521 | 250.715 | 0.345 | 4.294 | 0.000 |
| 总钙 XCa | -2.807 | 0.426 | -0.529 | -6.587 | 0.000 |

Continued

| | | | | | | |
|---|---------------------|---------|--------|--------|--------|-------|
| | (Constant) | 134.468 | 9.320 | | 14.427 | 0.000 |
| 镁 | 基质镁 X ₁₀ | -6.951 | 9.907 | -0.064 | -0.702 | 0.485 |
| | 总镁 X ₄ | -30.429 | 4.620 | -0.600 | -6.587 | 0.000 |
| | (Constant) | 126.731 | 8.093 | | 15.660 | 0.000 |
| 硫 | 基质硫 X ₁₁ | -17.825 | 12.602 | -0.123 | -1.415 | 0.161 |
| | 总硫 XS | -31.851 | 4.836 | -0.574 | -6.587 | 0.000 |
| | (Constant) | 114.559 | 13.753 | | 8.330 | 0.000 |
| 铁 | 肥料铁 X ₁₂ | -19.068 | 10.065 | -0.379 | -1.894 | 0.075 |
| | 总铁 XFe | -4.317 | 2.259 | -0.382 | -1.911 | 0.073 |

从表 20 可以看出, 肥料钙 X₁、总钙 XCa、肥料镁 X₃、总镁 XMg、总硫 XS、肥料铁 X₇、总铁 XFe 与成活率 Y₉ 都有极显著回归关系, 获得最大成活率 Y₉ 的肥料钙 X₁、总钙 XCa、肥料镁 X₃、总镁 XMg、总硫 XS、肥料铁 X₇、总铁 XFe 分别为 26.21 g、27.6652 g、3.4420 g、4.1278 g、2.0764 g、4.2764 g、2.9238 - 7.1952 g。

Table 20. Systematic analysis table of significant impact on survival rate Y₉ (Sig. f < 0.001)

表 20. 显著影响成活率 Y₉ 因子的系统分析表(Sig. f < 0.001)

| 影响因子 | 成活率 Y ₉ | Y ₉ 最大时影响因子取值 |
|--------------------|--|--------------------------|
| 肥料钙 X ₁ | $514.779 + 447.482X_1 - 8.5348X_1^2$ | 26.21 g |
| 总钙 XCa | $-198.47 + 474.940XCa - 8.5837XCa^2$ | 27.6652 g |
| 肥料镁 X ₃ | $105.263 - 30.582X_3$ | 3.4420 g |
| 总镁 XMg | $131.937 - 31.963XMg$ | 4.1278 g |
| 肥料硫 X ₅ | / | / |
| 总硫 XS | $-0.154 + 0.652XS - 0.157XS^2$ | 2.0764 g |
| 肥料铁 X ₇ | $100.973 - 23.384X_7$ | 4.2764 g |
| 总铁 XFe | $189.155 - 88.358XFe + 21.2596XFe^2 - 1.4159XFe^3$ | 2.9238 - 7.1952 g |

4. 讨论

4.1. 钙对蓝莓生长的影响

总钙每增加 1 g, 单株叶片减少 0.625 片, 苗高减少 0.505 cm, 叶长减少 0.603 cm, 叶宽减少 0.573 cm。分枝数减少 0.335 个, 新梢数减少 0.455 个, 新梢长减少 0.439 cm, 茎粗减少 0.585 mm, 成活率减少 0.529% 的后果。

4.2. 镁对蓝莓生长的影响

蓝莓需镁很少, 每株在 4~5 g, 通径分析表明, 总镁每增加 1 g, 会造成蓝莓单株叶片减少 0.790 片, 苗高减少 0.574 cm, 叶长减少 0.685 cm, 叶宽减少 0.650 cm。分枝数减少 0.381 个, 新梢数减少 0.517 个, 新梢长减少 0.498 cm, 茎粗减少 0.664 mm, 成活率减少 0.600% 的后果。蓝莓总镁临界值为 4.02~5.95 g,

需镁量单株叶片 Y_1 < 苗高 Y_2 < 叶长 Y_3 < 叶宽 Y_4 < 分枝数 Y_5 < 新梢数 Y_6 < 新梢长 Y_7 < 茎粗 Y_8 < 成活率 Y_9 , 总镁的临界值总镁应控制在 4 g/株以内。蓝莓肥料镁临界值 3.93~4.80 g, 叶宽 Y_4 < 单株叶片 Y_1 < 苗高 Y_2 < 新梢数 Y_6 < 分枝数 Y_5 < 新梢长 Y_7 < 叶长 Y_3 < 成活率 Y_9 < 茎粗 Y_8 , 肥料镁应该后期叶面施用, 每株用量在 4.0 g 以内, 以免影响成活率。

4.3. 硫对蓝莓生长的影响

实验表明, 总硫直接增加 1 g, 蓝莓单株叶片减少 0.679 片, 茎粗减少 0.636 mm, 分枝数减少 0.364 cm, 新梢数减少 0.495 个, 叶长减少 0.655 cm, 叶宽减少 0.623 cm, 成活率减少 0.574%。基质硫增加 1 g, PH 降低 0.658, 单株叶片增加 0.495 片, 茎粗增加 0.246 mm。总硫增加 1 g, PH 降低 0.267, 基质硫增加 1 g, PH 直接降低 0.658。总硫与 EC 有极显著的通径关系。总硫增加 1 g, EC 增加 0.538。说明硫应该在基质上使用, 可以降低基质 PH, 促进肥料溶解, 增加肥料元素有效性。

4.4. 铁对蓝莓生长的影响

本试验肥料铁与单株叶片呈极显著负的通径关系。肥料铁增加 1 g, 单株叶片直接减少 0.629 片, 单株叶片间接减少 71.455 片。单株叶片总铁临界值为 11.96 g。肥料铁增加 1 g, 茎粗减少 0.547 mm。肥料铁与茎粗有显著通径关系。肥料铁增加 1 g, 茎粗减少 0.547 mm。肥料铁与叶长有显著通径关系, 总铁与叶长无显著通径关系。肥料铁增加 1 g, 叶长减少 0.493 cm。总铁与 PH 有极显著关系。总铁增加 1 g, PH 减少 0.845。在基质铁含量充足的前提下, 不用追施铁肥。

基金项目

2017LM03-10 湖南农业科技创新资金创新联盟项目: 农业废弃物资源利用研究与示范; 2018 湖南省农业委一化四体系三产联合项目: 高档小水果蓝莓新品种引进与示范。

参考文献

- [1] 王艳, 王莹, 刘兵. 蓝莓的生理生态学研究进展[J]. 吉林师范大学学报(自然科学版), 2015(2): 122-124.
- [2] 曾荣, 梁晶. 不同肥料对蓝莓营养生长的影响分析[J]. 乡村科技, 2018, 194(26): 110-111.
- [3] 李双双, 王德炉, 赵迪. 水肥耦合对蓝莓果实产量及品质的影响[J]. 西北林学院学报, 2017(6): 137-145.
- [4] 唐立刚. 蓝莓栽培中土壤改良的方法及作用研究[J]. 农村经济与科技, 2018(10): 34.
- [5] 尤毅, 刘金梅, 邱笏阳. 不同配方栽培基质对盆栽蓝莓生长的影响[J]. 广东农业科学, 2018, 45(12): 44-49.
- [6] 庞薇. 土肥管理对蓝莓生长、产量及果实品质的影响[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京林业大学, 2012.
- [7] 徐德冰, 屈新宇, 王立峰, 等. 中国蓝莓引种栽培现状分析[J]. 中国园艺文摘, 2017, 33(11): 54-57.
- [8] 吴文和, 湛金吾. 有机蓝莓栽培技术[J]. 耕作与栽培, 2017(6): 78.
- [9] 王少希, 杨伟, 周丽恒. 蓝莓的生物学特征及水肥一体化栽培技术[J]. 现代农业科技, 2018(2): 75-76.
- [10] 李青峰, 刘建华, 李丽辉. 黄金水位栽培法在设施育苗上的应用研究[J]. 长江蔬菜, 2012(6): 46-49.
- [11] 徐向宏, 何明珠. 试验设计与 Design Expert Spss 应用[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [12] 张琪, 丛鹏, 彭励. 通径分析在 Excel 和 SPSS 中的实现[J]. 农业网络信息, 2007(3): 109-110, 91.