

宁夏设施枇杷主要中微量元素苗期施肥优化

黄岳¹, 季莉², 蒋际谋³, 邓朝军³, 雷龔³, 岳海英¹, 冯学梅¹,
李阿波¹, 梁玉文¹

¹宁夏农林科学院园艺研究所, 宁夏 银川

²宁夏农产品质量标准与检测技术研究所, 宁夏 银川

³福建省农业科学院果树研究所, 福建 福州

收稿日期: 2021年11月14日; 录用日期: 2021年12月27日; 发布日期: 2022年1月6日

摘要

为了明确宁夏设施枇杷苗期主要中微量元素Ga、Mg、Fe、Mn对苗期叶绿素增量的影响及最佳施肥区间, 采用均匀设计法以二年生大营养袋枇杷实生苗为试材, 应用回归和频数分析法对施肥前后叶绿素含量增量变化及因素效应进行了相关分析, 建立了数学回归模型和相应施肥区间频率估计, 结果表明: Ga、Fe、Mn单因素效应为正相关, Mg为负相关; Ga/Fe、Ga/Mn、Mg/Mn、Mg/Fe两因素交互效应为正相关, Ga/Mg、Mg/Fe为负相关; 经频率分析后得到各主要中微量元素的¹最佳施用范围分别为: Ga为241.66~277.78mg/L, Mg为75.8~86.85 mg/L, Fe为25.14~29.63 mg/L, Mn为5.55~6.34 mg/L。

关键词

苗期, 设施, 中微量元素

Optimization of Fertilization in Seedling Stage of Loquat in Facilities in Micronutrient of Ningxia

Yue Huang¹, Li Ji², Jimou Jiang³, Chaojun Deng³, Yan Lei³, Haiying Yue¹, Xuemei Feng¹,
Abo Li¹, Yuwen Liang¹

¹Horticulture Research Institute, Ningxia Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Yinchuan Ningxia

²Quality Standard and Testing Technology Research Institute, Ningxia Agricultural Products, Yinchuan Ningxia

³Fruit Research Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou Fujian

Received: Nov. 14th, 2021; accepted: Dec. 27th, 2021; published: Jan. 6th, 2022

文章引用: 黄岳, 季莉, 蒋际谋, 邓朝军, 雷龔, 岳海英, 冯学梅, 李阿波, 梁玉文. 宁夏设施枇杷主要中微量元素苗期施肥优化[J]. 植物学研究, 2022, 11(1): 13-21. DOI: 10.12677/br.2022.111003

Abstract

In order to find out the effect of Ga, Mg, Fe and Mn on chlorophyll increment and the optimum fertilizing range of 2-year-old loquat seedlings in large nutrition bags in Ningxia Greenhouse, a uniform design method was used, and regression and frequency analysis were used to analyze the change of chlorophyll content increment and the effect of factors before and after fertilization. Mathematical regression model and interval frequency estimation were established. The results show that the single factor effect of Ga, Fe, Mn is positive correlation, Mg is negative correlation, the interaction effect of Ga/Fe, Ga/Mn, Mg/Mn, Mg/Fe is positive correlation, and the interaction effect of Ga/Mg, Mg/Fe is negative correlation. The results of frequency analysis showed that the optimum application ranges of micronutrients were as follows: Ga 241.66~277.78 mg/L, Mg 75.8~86.85 mg/L, Fe 25.14~19.63 mg/L, Mn 5.55~6.34 mg/L.

Keywords

Seeding Stage, Facilities, Micronutrient

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

枇杷(*Eriobotrya japonica* Lindl.)原产我国, 别名芦橘, 是蔷薇科苹果亚科枇杷属植物, 为亚热带常绿小乔木, 是我国南方特有的珍稀水果[1]。枇杷果实外观艳丽, 果肉多汁, 酸甜可口, 含有多种营养成分, 果实可食率 65%~75%, 可溶性固形物 8%~19%。果实除鲜食外, 还可加工制成罐头、果酒、果汁等产品, 其果、叶、枝、花具有较高的药用价值[2]。施肥管理是枇杷栽培管理中的重要环节之一, 目前生产上往往注重大量元素施用而忽视了中微量元素的合理施用。中微量元素对树体的生长发育具有重要影响[3], 大多为酶、辅酶的组成成份或活化剂[4], 对树体叶绿素和蛋白质的合成、光合等具有促进和调节作用。同时, 不同土壤 pH 值影响着树体根系对各种矿质元素的吸收, 多项研究结果表明, 中微量元素缺乏易导致树势弱、果实品质下降等多种生理性病害的发生[5] [6] [7] [8]。本试验从枇杷苗期 Ga、Mg、Fe、Mn 等四个中微量元素施用角度出发, 采用均匀试验设计对施用量与叶绿素含量变化进行了分析比较, 进一步明确宁夏日光温室枇杷苗期中微量元素合理施用范围, 为今后宁夏日光温室亚热带特色果树枇杷优质高效栽培提供技术支撑。

2. 材料与方

2.1. 试验材料及地点

试验材料选择二年生长势、大小基本一致的营养袋枇杷实生苗, 于 2019~2020 年在园林厂试验示范基地日光温室内进行。试验用主要中微量元素肥料为硝酸钙、硫酸镁、EDTA-铁、硫酸锰等化学试剂。

2.2. 试验设计

采用 U_n^* 表, 选用均匀设计表 U_n^* (13^4), 均匀设计偏差 $D = 0.1442$, 试验方案见表 1 所示, 其中硝酸钙浓度范围为 50~600 mg/L、硫酸镁 25~250 mg/L、EDTA-铁 5~40 mg/L、硫酸锰 2~10 mg/L。施肥试验

从 2019 年 10 月份开始至 2020 年 6 月份结束, 每月施肥一次, 每株用水量均为 1L。试验设单株小区, 随机区组, 各施肥处理 3 次重复, 以施肥试验前后叶绿素含量增量变化为因变量(Y)进行分析。叶绿素含量使用手持式叶绿素测定仪 SPAD520 进行测定, 试验数据分析采用 Office (Excel)、SPSS20.0, 绘图采用 Origin9 等软件进行。

Table 1. Results of Ga, Mg, Fe, Mn fertilization rate at seedling stage of Loquat and optimal uniform design scheme
表 1. 枇杷苗期主要中微量元素施肥优化均匀设计方案及结果

处理 Treatments	(X1) 硝酸钙/g Calcium nitrate	(X2) 硫酸镁/g Magnesium sulfate	(X3) EDTA-铁/g Ethylenediaminetetraacetic acid monosodium ferric	(X4) 硫酸锰/g Manganese sulfate	(Y) 叶绿素增量值 Chlorophyll increment
1	508.30	25.00	16.67	7.33	0.94
2	370.80	43.75	31.25	4.00	3.38
3	233.30	62.50	5.00	10.00	1.80
4	95.83	81.25	19.58	6.67	1.01
5	600.00	100.00	34.17	3.33	4.10
6	462.50	118.80	7.92	9.33	3.36
7	325.00	137.50	22.50	6.00	2.49
8	187.50	156.30	37.08	2.67	3.56
9	50.00	175.00	10.83	8.67	3.72
10	554.00	193.80	25.42	5.33	4.00
11	416.70	212.50	40.00	2.00	4.37
12	279.20	231.30	13.75	8.00	4.38
13	141.70	250.00	28.33	4.67	4.10

3. 结果与分析

3.1. 回归模型建立与检验

根据表 1 中的数据结果进行多项式逐步回归分析, 在置信度 $\alpha = 0.01$ 水平下得出枇杷实生苗叶绿素含量增量值 Y 与各因素施肥量的数学回归方程模型为 $Y = -12.21 + x_1 * 0.002 - x_2 * 0.01 + x_3 * 0.4 + x_2 * x_4 * 0.004 + x_4 * x_4 * 0.1$, 对该回归方程进行方差分析可知, 模型的决定系数 $R^2=0.88$, 回归方程检验的 F 值 = 19.66, 临界值 $p = 0.0005 \leq 0.01$ 显著水平, 表示方程的拟合度极好, 该方程能够较好的反映出叶绿素含量增量值 Y 与各因素之间的关系, 可以进一步进行后续的预测分析。

3.2. 单因素效应分析

利用已拟合好的回归模型, 在保留某单一因素的条件下, 使其它因素取值为 0 时, 即可得到某因素施用量与叶绿素增量 Y 之间的关系方程, 可以用来分析评价各单因素效应。经降维分析后, 获得的各单因素方程如下: (Ga) $Y_1 = -12.21 + X_1 * 0.002$, $X_1 \in [50, 600]$ mg; (Mg) $Y_2 = -12.21 - X_2 * 0.01$, $X_2 \in [25 \sim 250]$ mg; (Fe) $Y_3 = -12.21 + X_3 * 0.4$, $X_3 \in [5 \sim 40]$ mg; (Mn) $Y_4 = -12.21 + X_4 * X_4 * 0.1$, $X_4 \in [2 \sim 10]$ mg。由图 1 可以看出硝酸钙在施用浓度范围内, 叶绿素增量值与施用浓度呈正相关, 叶绿素增量值随施用浓度增大而增大。由图 2 可以看出硫酸镁在施用浓度范围内, 叶绿素增量值与施用浓度呈负相关, 叶绿素增量值随施用浓度增大而减小。由图 3 可以看出 EDTA-铁在施用浓度范围内, 叶绿素增量值

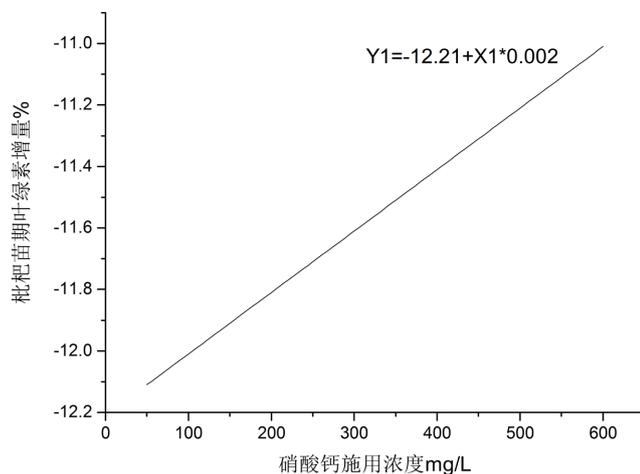


Figure 1. Analysis of single factor effect of calcium nitrate
图 1. 硝酸钙单因素效应分析

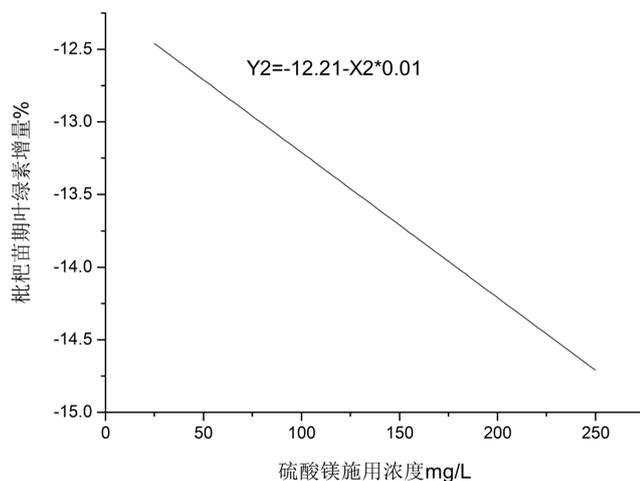


Figure 2. Single factor effect analysis of magnesium sulfate
图 2. 硫酸镁单因素效应分析

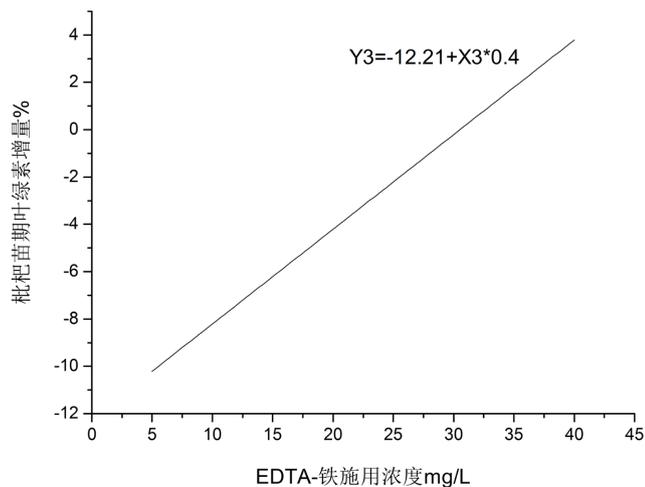


Figure 3. EDTA-iron single factor effect analysis
图 3. EDTA-铁单因素效应分析

与施用浓度呈正相关, 叶绿素增量值随施用浓度增大而增大。由图 4 可以看出硫酸锰在施用浓度范围内, 叶绿素增量值与施用浓度呈指数正相关, 叶绿素增量值随施用浓度增大而增大。

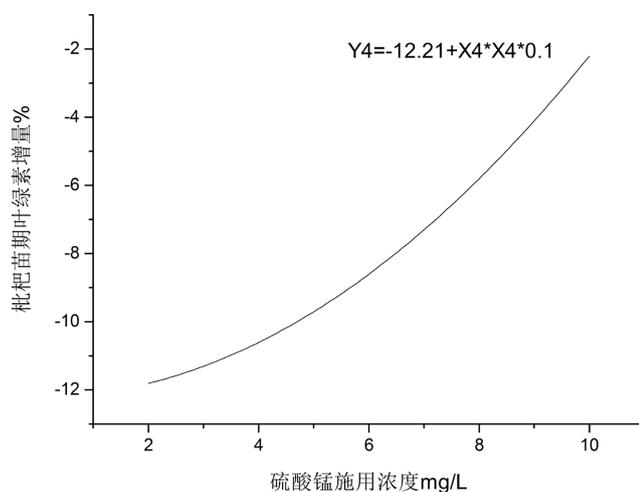


Figure 4. Single factor effect analysis of manganese sulfate

图 4. 硫酸锰单因素效应分析

3.3. 因素互作效应分析

通过降维分析可以得到某两个施肥因素之间的交互效应方程, 分别如下: $Y1Y2 = -12.21 + x1 * 0.002 - x2 * 0.01$, $Y1Y3 = -12.21 + x1 * 0.002 + x3 * 0.4$, $Y1Y4 = -12.21 + x1 * 0.002 + x4 * x4 * 0.1$, $Y2Y3 = -12.21 - x2 * 0.01 + x3 * 0.4$, $Y2Y4 = -12.21 - x2 * 0.01 + x2 * x4 * 0.004 + x4 * x4 * 0.1$, $Y3Y4 = -12.21 + x3 * 0.4 + x4 * x4 * 0.1$ 。由图 5 可以看出, Ga、Mg 交互作用下两因素表现出一定的拮抗作用, 当 Ga 浓度在试验范围内取值时, 枇杷叶绿素增量会随 Mg 浓度的减小而增加; 由图 6 可以看出, Ga、Fe 交互作

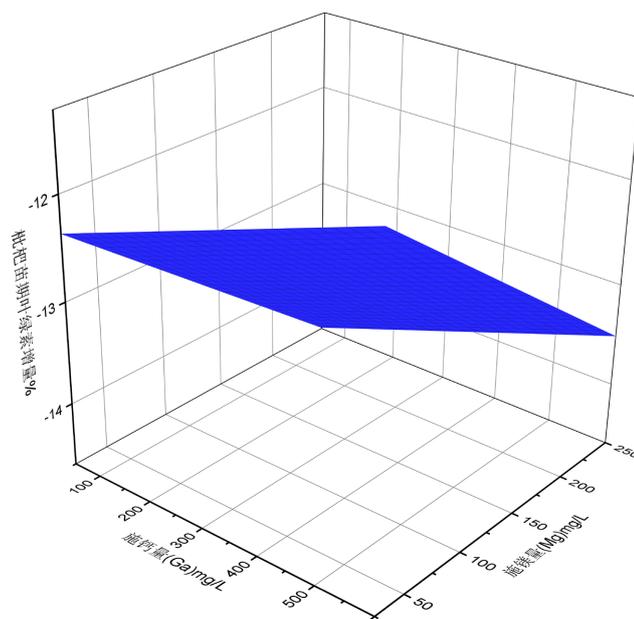


Figure 5. Calcium/Magnesium interaction effect

图 5. 钙镁交互效应

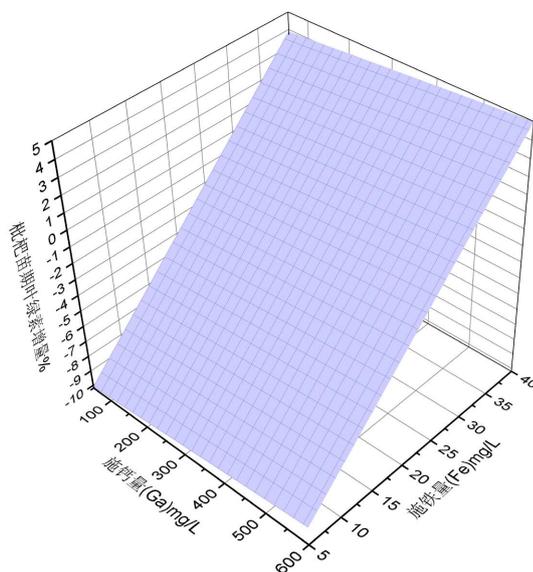


Figure 6. Calcium/Iron interaction effect
图 6. 钙铁交互效应

用下两因素表现出一定的促进作用, 枇杷叶绿素增量会随两因子的浓度增加而增加且 Ga 的高浓度促进效果略高于低浓度; 由图 7 可以看出, Ga、Mn 交互作用下两因素表现出一定的促进作用, 枇杷叶绿素增量会随两因子的浓度增加而增加且 Mn 的高浓度促进效果明显高于低浓度, 而 Ga 的高浓度促进效果仅略高于低浓度; 由图 8 可以看出, Mg、Fe 交互作用下两因素表现出一定的拮抗作用, Mg 的低浓度效果要略好于高浓度, Fe 对枇杷叶绿素增量的促进作用则随着浓度的增加促进效果较为显著; 由图 9 可以看出, Mg、Mn 交互作用下两因素表现出一定的促进作用且 Mn 的促进作用远好于 Mg 的促进作用, Mg 的高浓度区的促进作用略好于低浓度区; 由图 10 可以看出, Fe、Mn 交互作用下两因素表现出明显的促进作用且 Mn 对枇杷叶绿素增量的促进效果远好与 Fe 的促进效果, 两因素均在浓度最大值时有最佳效果。

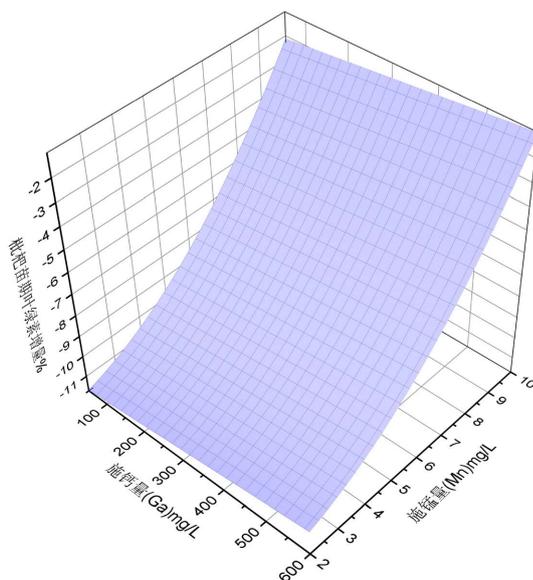


Figure 7. Calcium/Manganese interaction effect
图 7. 钙锰交互效应

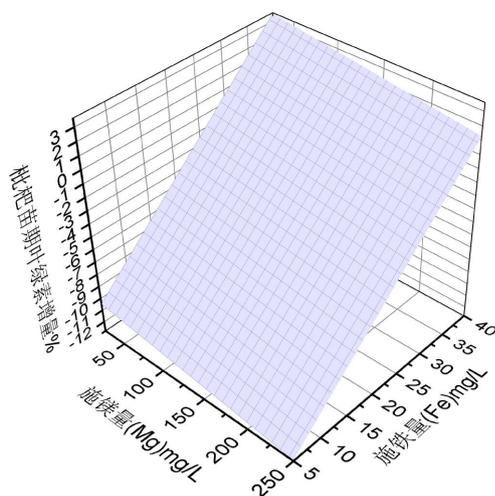


Figure 8. Magnesium/Iron interaction effect
图 8. 镁铁交互效应

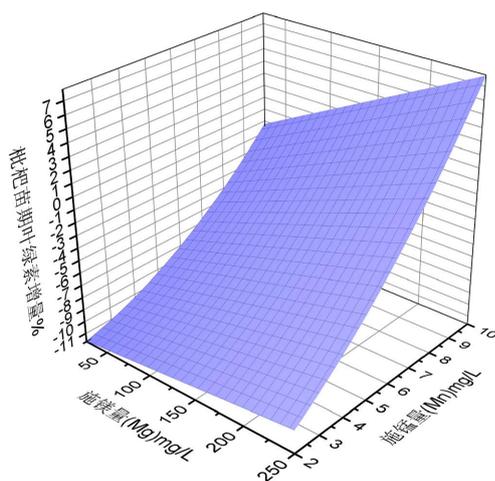


Figure 9. Magnesium/Manganese interaction effect
图 9. 镁锰交互效应

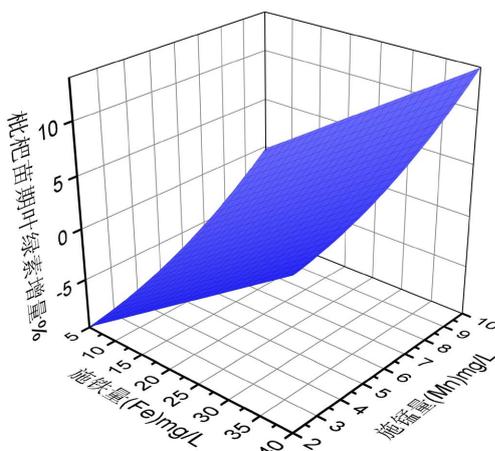


Figure 10. Iron/Manganese interaction effect
图 10. 铁锰交互效应

3.4. 合理施肥量优化

用频数分析法对本试验数学回归模型进行优化处理。依据试验方案中的因素与水平数可知全因素试验共需 $13^4 = 28561$ 个试验处理组合，以叶绿素含量增量 $4 < Y < 5$ 为参照，结合数学模型可以计算出叶绿素含量增量为 $4 < Y < 5$ 时的处理组合共有 1800 个，详细频数分布见表 2。

从表 2 中的分析数据可以明显看出，Ga 元素频数分布相对平均，最佳施肥量为 241.66~277.78 mg/L。Mg 元素频数分布相对集中在前 7 个处理中，最佳施肥量为 75.8~86.85 mg/L。Fe 元素频数分布主要集中在后 5 个处理中，最佳施肥量为 25.14~29.63 mg/L。Mn 元素频数分布主要集中在前 11 个处理中，最佳施肥量为 5.55~6.34 mg/L。

Table 2. Chlorophyll increment $4 < Y < 5$ of frequency distribution and optimization of loquat seedlings
表 2. 枇杷苗期叶绿素增量 $4 < Y < 5$ 时时频数分布及优化

编号 Serial number	X1 (Ga)		X2 (Mg)		X3 (Fe)		X4 (Mn)	
	频数	频率%	频数	频率%	频数	频率%	频数	频率%
	Treatments	Frequencies	Treatments	Frequencies	Treatments	Frequencies	Treatments	Frequencies
1	136	7.5	144	8	59	3.3	142	7.9
2	144	8	146	8.1	77	4.3	146	8.1
3	149	8.3	145	8.1	101	5.6	147	8.2
4	141	7.8	146	8.1	112	6.2	144	8
5	133	7.4	145	8.1	117	6.5	146	8.1
6	130	7.2	145	8.1	127	7.1	147	8.2
7	140	7.8	144	8	135	7.5	145	8.1
8	142	7.9	139	7.7	141	7.8	148	8.2
9	140	7.8	134	7.4	156	8.7	143	7.9
10	141	7.8	130	7.2	169	9.4	144	8
11	137	7.6	135	7.5	193	10.7	146	8.1
12	135	7.5	124	6.9	229	12.7	119	6.6
13	133	7.4	123	6.8	184	10.2	83	4.6
平均值 average	6.96		6.8		8.2		6.7	
标准误 Standard error	0.088		0.087		0.083		0.085	
95%置信区间 95% confidence interval	6.87	7.05	6.71	6.89	8.12	8.28	6.62	6.79
最佳施用量 Optimum dosage	241.66	277.78	75.8	86.85	25.14	29.63	5.55	6.34

4. 结论

通过枇杷苗期主要中微量元素数学回归模型明确了单因素效应及某两个因素间的交互效应。在本试验四个主要的元素中，单因素效应呈正相关趋势的主要有 Ga、Fe、Mn 这三个元素，呈负相关趋势的主

要是 Mg 元素。某两个因素交互效应分析结果表明：Ga/Fe、Ga/Mn、Mg/Mn、Mg/Fe 这四类元素组合呈正相关趋势，表现出一定的促进作用；Ga/Mg、Mg/Fe 这两类元素组合呈负相关趋势，表现出一定的拮抗作用。经频数分析后得出四个主要中微量元素的^{最佳施用范围}分别为：Ga 元素最佳施肥量区间为 241.66~277.78 mg/L，Mg 元素最佳施肥量区间为 75.8~86.85 mg/L，Fe 元素最佳施肥量区间为 25.14~29.63 mg/L，Mn 元素最佳施肥量区间为 5.55~6.34 mg/L。

基金项目

宁夏农林科学院科技创新先导资金对外科技合作专项(DWX-2018033)。

参考文献

- [1] 陈宗玲, 陈信友, 屈士友, 等. 北方温室“大红袍”枇杷套袋果实生长发育及品质分析[J]. 北京农业, 2012(36): 16-17.
- [2] 于馨淼, 陈发兴, 卢海芬, 等. 不同品种枇杷果实微量元素分析及综合评价[J]. 热带作物学报, 2019, 40(11): 2227-2235.
- [3] 周继芬, 王秀琪, 李兴发, 等. 中微量元素对黄冠梨叶片生长发育及果实品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(5): 155-161.
- [4] 廉晓娟, 王艳, 梁新书, 等. 不同施肥水平对设施番茄中微量元素吸收的影响[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(16): 197-200.
- [5] 黄霄, 王化坤, 薛松, 等. 大棚栽培对枇杷果实品质和矿质元素吸收与积累的影响[J]. 果树学报, 2020, 37(4): 540-552.
- [6] 张晓玲, 徐义流, 齐永杰, 等. 10年生枇杷树体微量元素的分布特性[J]. 园艺学报, 2014, 41(S): 2647.
- [7] 吕义, 王炳华, 刘秀春. 中微量元素对‘苹果梨’产量、品质及营养生长的影响[J]. 北方果树, 2011(3): 5-7.
- [8] 林万树, 沈金泉, 黄功标, 等. 果园土壤中、微量元素含量及其与 pH 值有机质含量的关系[J]. 河南农业科学, 2015, 44(5): 77-80.