

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.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.05.052

# 中微量元素对黄冠梨叶片生长发育及果实品质的影响

周继芬<sup>1,2</sup>, 王秀琪<sup>2</sup>, 李兴发<sup>2</sup>, 刘新强<sup>1</sup>, 杨雅婷<sup>2</sup>, 胡肖盼<sup>2</sup>

(1. 四川省达州职业技术学院, 四川达州 635000; 2. 西南大学园艺园林学院, 重庆 400712)

**摘要:**以黄冠梨为材料,探讨中微量元素不同配比组合对黄冠梨果实品质的影响,为梨生产上平衡施肥提供参考。通过将中量元素 Ca、Mg 肥与微量元素 Fe、Zn、B 肥,按 5 因素 4 水平正交设计方案喷施黄冠梨,探索其不同配比组合在黄冠梨树体生长发育期间的动态变化趋势,以及对黄冠梨叶片叶绿素含量及果实品质的影响。结果表明:在 3—5 月,黄冠梨叶片中 Fe 元素含量呈线性增长,之后总体上趋于稳定;Zn 元素含量总体上呈“升—降—升—降”变化趋势;B 元素含量呈“升—缓—降”变化趋势;Mg 元素含量总体上呈“升—降”变化趋势;Ca 元素含量总体上呈上升趋势,至 7 月时含量最高。果实中的 5 种中微量元素含量在果实发育过程中总体均呈下降趋势。相关分析结果表明,叶片中 B 与 Mg、Mg 与 Ca 含量均呈极显著正相关;叶片中 Zn 与果实中 Zn 呈显著正相关。主成分分析结果表明,在施肥时应优先考虑喷施能提高果实内在品质(含糖量)为主的 Fe 0.4%、Zn 0.4%、B 0%、Mg 0.25%、Ca 1.0% 或 Fe 0.4%、Zn 0.5%、B 0.2%、Mg 0%、Ca 0.7% 组合;如单纯追求以产量指标为主,则喷施 Fe 0.3%、Zn 0.3%、B 0%、Mg 0.75%、Ca 0.7% 组合。但在实际生产上果实内在品质常为第一考虑因素,产量指标为第二考虑因素。结合主成分分析和人们对水果的食用习惯(喜甜恶酸),以处理 11(即 Fe 0.4%、Zn 0.4%、B 0%、Mg 0.25%、Ca 1.0%)为最佳水平。

**关键词:**黄冠梨;叶绿素;矿质营养;品质;营养平衡;主成分分析

**中图分类号:** S661.204 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)05-0155-07

果树产业化生产体系中,栽培管理是最重要的环节之一,而合理施肥又是栽培管理的重要措施,其核心内容是使树体在整个生长发育过程中保持营养平衡。西南地区的早熟黄冠梨栽培已形成一定的规模,但由于果农文化水平低等原因致使其缺乏平衡施肥技术,生产上过多施用氮、磷、钾等大量元

素肥,忽视中微量元素肥的施用,致使树势偏弱,锈果、黑斑果较多,特别是“鸡爪梨”等现象大量出现,果实品质下降。中微量元素对于植物生长发育以及产量和品质的形成有着重要的影响,张发宝等研究表明施用中微量元素肥可使龙眼增产 40% 左右,而且果实品质也明显提高<sup>[1]</sup>;赵维峰等研究表明施用中微量元素肥可使菠萝的可溶性糖和维生素 C 含量明显提高<sup>[2]</sup>;冯文清等研究表明施用中微量元素肥可使西瓜增产 20% 左右,而且可溶性固形物含量提高 2.0 百分点<sup>[3]</sup>;吕慧峰等研究表明施用中微量元素肥可明显增加马铃薯淀粉含量,提高可溶性糖含量、粗蛋白质含量<sup>[4]</sup>。在梨生产上对中

收稿日期:2014-07-26

基金项目:国家梨产业技术体系重庆试验站项目(nycytx-29-34)。

作者简介:周继芬(1971—),女,四川达州人,硕士,副教授,主要从事园艺学教学及果树栽培生理方面的研究。E-mail:190335776@qq.com。

[7] Gossett D R, Millhollon E P, Lucas M C. Antioxidant response to NaCl stress in salt-tolerant and salt-sensitive cultivars of cotton [J]. *Crop Science*, 1994, 34(3): 706-714.

[8] 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: 115.

[9] 刘晓忠, 李建坤, 王志霞, 等. 涝渍逆境下玉米叶片超氧化物歧化酶和过氧化氢酶活性与抗涝性的关系[J]. *华北农学报*, 1995, 10(3): 29-32.

[10] 陈龙, 李季平, 杨光宇, 等. 灌浆期涝渍胁迫对小麦生理生化特性的影响[J]. *河南农业科学*, 2002(6): 8-9.

[11] Chen L Z, Wang W Q, Lin P. Photosynthetic and physiological responses of *Kandelia candel* L. Druce seedlings to duration of tidal immersion in artificial seawater[J]. *Environmental and Experimental Botany*, 2005, 54: 256-266.

[12] 唐罗忠, 程淑婉, 徐锡增, 等. 涝渍胁迫对杨树苗期叶片生长及其生理性状的影响[J]. *植物资源与环境*, 1999, 8(1): 16-22.

[13] Ahmed S, Nawata E, Hosokawa M, et al. Alterations in photosynthesis and some antioxidant enzymatic activities of mungbean subjected

to waterlogging[J]. *Plant Science*, 2002, 163(1): 117-123.

[14] Simova-Stoilova L, Demirevska K, Kingston-Smith A, et al. Involvement of the leaf antioxidant system in the response to soil flooding in two *Trifolium* genotypes differing in their tolerance to waterlogging[J]. *Plant Science*, 2012, 183: 43-49.

[15] 晏斌, 戴秋杰. 外源活性氧清除剂对玉米植株涝害的缓解[J]. *华北农学报*, 1995, 10(1): 51-55.

[16] 吴永成, 郑佳秋, 郭军, 等. 涝害对辣椒幼苗生理活性的影响[J]. *江苏农业科学*, 2013, 41(12): 156-157.

[17] Pezeshki S R, Pardue J H, Delaune R D. The influence of soil oxygen deficiency on alcohol-dehydrogenase activity, root porosity, ethylene production and photosynthesis in *spartina-patens* [J]. *Environmental and Experimental Botany*, 1993, 33: 565-573.

[18] 孙建炜. 水涝胁迫对玉米细胞保护酶同工酶的影响[J]. *江苏农业科学*, 2013, 41(4): 83-84.

[19] 张祖新, 姜华武, 魏中一, 等. 淹水胁迫下不同耐渍性玉米自交系根系中的酶学研究[J]. *湖北农业科学*, 2003(3): 25-27.

量元素或微量元素的配比平衡施肥研究较少,而将多种中量元素和微量元素相结合进行不同配比、平衡施肥的研究更是鲜见报道。本研究以中量元素 Mg、Ca 肥与微量元素 Fe、Zn、B 肥组合的形式,采用正交组合试验,探讨喷施不同配比的 Mg、Ca、Fe、Zn、B 肥组合对黄冠梨叶片 Mg、Ca、Fe、Zn、B 元素含量的动态变化及叶片光合作用、果实品质的影响,以期优化 Mg、Ca、Fe、Zn、B 肥配比水平,为西南地区黄冠梨科学施肥、平衡施肥提供理论依据,推动西南地区梨产业发展。

## 1 材料与与方法

### 1.1 试验材料和试验地概况

试验材料选择 7 年生早熟黄冠梨,栽培规格为株行距 3 m × 4 m,株高 2.5 m 以内。试验地位于重庆永川黄瓜山梨产业基地。试验面积为 13.34 hm<sup>2</sup>,供试梨园海拔高度在 600 m 左右,缓坡,土壤为黄壤,pH 值 6.54,土壤中有有机质 20.35 g/kg,有效氮 4.61 g/kg,速效磷 30.21 mg/kg,速效钾 7.09 g/kg,速效铁 7.35 mg/kg,速效锌 0.891 mg/kg,速效钙 3.39 g/kg,速效镁 75.29 mg/kg,有效硼 0.139 mg/kg。

### 1.2 试验设计

从试验园中随机选取生长健硕且树势基本一致的植株 48 株,16 个处理,3 次重复,按正交试验进行设计。正交试验采用 5 因素、4 水平正交设计方案,按 L<sub>16</sub>(4<sup>5</sup>) 正交设计表编码(表 1),共 16 个处理(表 2)。

表 1 试验元素编码值和对应的元素量

元素编码值	Fe (%)	Zn (%)	B (%)	Mg (%)	Ca (%)
1	0	0	0	0	0
2	0.3	0.3	0.2	0.25	0.5
3	0.4	0.4	0.3	0.5	0.7
4	0.5	0.5	0.4	0.75	1.0

表 2 梨树 5 种矿质元素叶面喷施试验方案

处理	Fe	Zn	B	Mg	Ca
1	1(0)	1(0)	1(0)	1(0)	1(0)
2	1	2(0.3)	2(0.2)	2(0.25)	2(0.5)
3	1	3(0.4)	3(0.3)	3(0.5)	3(0.7)
4	1	4(0.5)	4(0.4)	4(0.75)	4(1.0)
5	2(0.3)	1	2	3	4
6	2	2	1	4	3
7	2	3	4	1	2
8	2	4	3	2	1
9	3(0.4)	1	3	4	2
10	3	2	4	3	1
11	3	3	1	2	4
12	3	4	2	1	3
13	4(0.5)	1	4	2	3
14	4	2	3	1	4
15	4	3	2	4	1
16	4	4	1	3	2

注:表中括号外数值为编码值,括号内数值为施肥浓度(%)。

试验所用肥料钙肥选用 CaSO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O (含 CaO 量 32%); 锌肥用 ZnSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O (含 Zn 量 22%); 镁肥用 MgSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O (含 Mg 量为 9.7%); 硼肥用 H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (含 B 量为

17.4%); 铁肥用 FeSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O (含 Fe 量 20%)。各个试剂均为分析纯。各处理的叶面肥中添加 0.05% 吐温-20 作展着剂,按试验处理方案分别于晴天 16:00 后周密均匀地喷施在果实和叶片上,直到滴液为止。从 2013 年 3 月 12 日开始,每隔 30 d 喷 1 次,共喷 5 次。其他栽培管理按正常田间管理进行。

### 1.3 分析测试方法

1.3.1 取样 采叶从 2013 年 3 月 26 日开始,每月 1 次,共采摘 5 次。采果从 4 月 23 日开始,每隔 24 d 采 1 次,共 5 次。从树冠外围 4 个方位中上部随机采摘中短果枝上方位、大小、成熟度等指标基本一致的叶片和果实,每个处理共采 60 张叶片和 30 个果实。每次将采摘的样品置于带有冰块的泡沫保温箱带回,叶片用于测定叶绿素和矿质营养元素,果实用于测定矿质营养元素和果实品质。按庄伊美的方法<sup>[5]</sup>进行清洗、果实切片、杀酶、烘干、研磨、密封、贴签备用。

1.3.2 叶绿素和矿质营养元素含量的测定 叶绿素 a、叶绿素 b 含量的测定参照孙俊宝等的方法<sup>[6]</sup>,用 95% 乙醇浸提 24 h 后用紫外可见分光光度计在 665 nm、649 nm 下进行比色测定。硼采用国际标准方法干灰化法<sup>[7]</sup>,用 TU-1901 紫外可见分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司)在 430 nm 波长下测定。Mg、Ca、Fe、Zn 元素按庄伊美的方法<sup>[5]</sup>测定,硝酸-高氯酸消解后,用 AA-800 原子吸收分光光度计(Perkin Elmer 公司)测定。

1.3.3 果实品质的测定 用游标卡尺测定果实的纵、横径,用天平测果实质量(SFW),用阿贝折射仪测可溶性固形物含量(TSS),NaOH 中和滴定法测可滴定酸含量(TA),采用蒽酮法测可溶性糖(WSS)含量<sup>[8]</sup>。可溶性蛋白质含量参照郝建军等的考马斯亮蓝法<sup>[9]</sup>,在 595 nm 波长下比色测定。

### 1.4 数据分析与处理

用 Excel 2003、SPSS 19.0 和 Statistica 6.0 对测试数据进行统计分析。其中用 SPSS 19.0 软件中的 ANOVA 作差异显著性分析(邓肯氏多重比较法),显著水平为  $P < 0.05$ ,用 Statistica 6.0 软件进行主成分分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同中微量元素对黄冠梨叶片叶绿素含量的影响

由图 1 可知,处理 1(即对照,下同)的叶绿素 a 含量最低,处理 9 最高,处理 7、8、9 分别比对照高 37.27%、38.65% 和 39.44%,差异均达显著水平( $P < 0.05$ )。从表 3 的邓肯氏新复极差分析结果可知,对叶片中叶绿素 a 含量的影响力大小为 Fe > Zn > B > Ca > Mg,说明 Fe 元素在叶片光合作用中有着极其重要的作用。

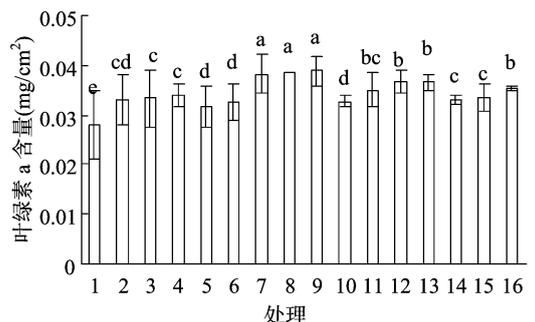


图 1 不同中微量元素处理下黄冠梨叶片叶绿素 a 含量

表3 不同中微量元素对黄冠梨叶片叶绿素 a、叶绿素 b 和叶绿素 (a+b) 含量的影响

元素	叶绿素 a 含量(mg/cm <sup>2</sup> )					叶绿素 b 含量(mg/cm <sup>2</sup> )					叶绿素(a+b)含量(mg/cm <sup>2</sup> )				
	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>	k <sub>4</sub>	R	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>	k <sub>4</sub>	R	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>	k <sub>4</sub>	R
Fe	0.032 0	0.035 2	0.035 7	0.034 7	0.003 7	0.011 6	0.012 5	0.012 7	0.012 2	0.001 1	0.043 6	0.047 7	0.048 4	0.046 9	0.004 8
Zn	0.033 6	0.032 8	0.035 0	0.036 2	0.003 4	0.012 0	0.011 6	0.012 7	0.012 8	0.001 1	0.045 5	0.044 5	0.047 7	0.049 0	0.004 5
B	0.032 7	0.033 7	0.036 0	0.035 3	0.003 3	0.011 5	0.012 0	0.013 2	0.012 4	0.001 6	0.044 2	0.045 7	0.049 1	0.047 7	0.004 9
Mg	0.03 4	0.035 8	0.033 2	0.034 6	0.002 6	0.012 1	0.012 7	0.012 0	0.012 4	0.000 7	0.046 0	0.048 5	0.045 2	0.047	0.003 2
Ca	0.033 2	0.036 3	0.034 8	0.033 4	0.003 1	0.011 6	0.012 9	0.012 5	0.012 1	0.001 3	0.044 8	0.049 1	0.047 3	0.045 5	0.004 3

从图2可以看出,处理1的叶绿素 b 最低,处理9最高。处理7、8、9 叶片中叶绿素 b 含量分别比对照高 37.94%、40.40% 和 43.86%,且与其他处理呈显著差异。从表3中可以看出,对叶片叶绿素 b 含量的影响力大小为 B > Ca > Fe = Zn > Mg。

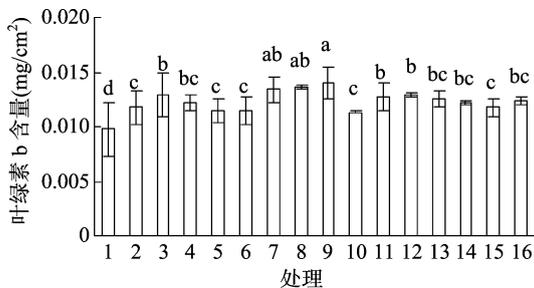


图2 不同中微量元素处理下黄冠梨叶片叶绿素 b 含量

从图3可以看出,处理1最低,处理9最高,处理7、8、9 叶片叶绿素(a+b)的含量分别比对照高 37.44%、39.69% 和 40.00%,达到显著差异水平。从表3可知,对叶片叶绿素(a+b)含量的影响力大小为: B > Fe > Zn > Ca > Mg。

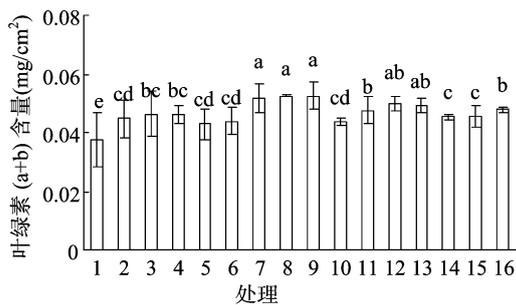


图3 不同中微量元素处理下黄冠梨叶片叶绿素(a+b)含量

## 2.2 黄冠梨叶片主要矿质元素含量变化趋势

从图4可看出,叶片 Fe 含量从3月26日到5月26日呈线性增长,由 55.68 mg/kg 逐步上升到 261.28 mg/kg,增至3月份含量的5倍左右,5月26日达最高峰。从5月26日到7月26日 Fe 含量先稍下降后又上升。从3月26日至7月26日叶片 Zn 含量变化是“升—降—升—降”的总趋势,分别在4月26日和6月26日各有1个高峰,分别为 109.69 mg/kg 和 114.62 mg/kg。叶片中 Zn 含量在4月26日时是3月26日的3倍左右。叶片中 B 的含量在3月份到4月份呈线性增长,在4—6月含量趋于稳定,且达到最高值,在6月26日含量最高,值为 47.60 mg/kg,在7月份出现下降趋势,整个趋势为“升—缓—降”。叶片 Mg 含量从3月26日至5月26日呈上升趋势,到5月26日含量达到最大值,为 5.65 mg/kg,以后叶片中 Mg 含量均呈下降趋势,在7月26日含量为 4.45 mg/kg,整个趋势为先上升后下降的趋势。叶片 Ca 含量

虽在6月26日时稍有下降,含量为 11.69 mg/kg,但总体上是呈上升趋势,在7月26日达到高峰,为 15.60 mg/kg。

## 2.3 黄冠梨果实主要矿质元素含量变化趋势

由图5可知,果实中 Fe 含量从4月23日到7月26日一直呈下降趋势,7月份含量下降至4月份的1/3左右。4月份到5月份下降较快,5月份之后下降速度放缓。果实中 Zn 含量从4月到7月也呈现出持续下降趋势,下降至原来的1/3,7月下旬含量有所上升,但是上升幅度不明显。果实中 Mg 含量从4月份到7月份也呈持续下降的趋势,下降至原来的1/3

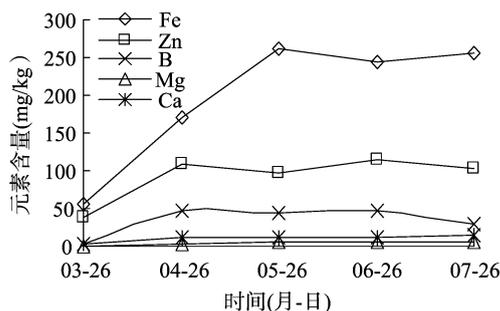


图4 叶片生长过程中5种矿物质营养元素在不同时间的含量变化

左右,7月份月初至月末含量趋于稳定。果实中 Ca 含量从4月到5月含量呈下降趋势,从5月到7月末呈现先下降再上升的趋势,7月末含量较5月份稍高。

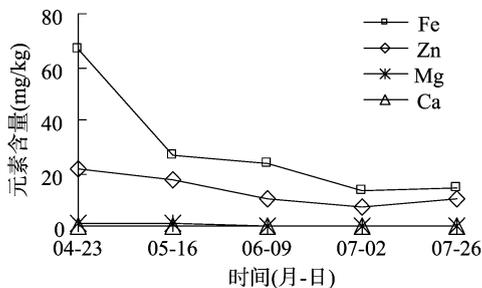


图5 果实生长过程中4种矿物质营养元素在不同时间的含量变化

## 2.4 树体中主要矿质营养元素相关关系分析

由表4可知,叶片中的 Fe 与叶片中的 B、Mg、Ca 和果肉中的 Zn、Mg、Ca 之间具有正相关性,与叶片中的 Zn 和果肉中的 Fe 之间呈负相关关系;叶片中的 Zn 与果实中的 Zn、Mg 之间呈正相关关系,其中叶片中的 Zn 与果实中的 Zn 之间的相关性达到显著水平 ( $P < 0.05$ ),叶片中的 Zn 与叶片中的 B、Mg、Ca 和果实中的 Ca 之间呈负相关关系;叶片中的 B 与叶片中的 Mg、Ca 和果实中的 Zn、Mg、Ca 之间呈正相关关系,其中叶片中的 B 与叶片中的 Mg 之间的相关性达到极显著水平 ( $P < 0.01$ ),叶片中的 B 与果实中的 Fe 之间呈负相关关系,但相关性极弱;叶片中的 Mg 与叶片中的 Ca 和果实中的 Zn

之间呈正相关关系,其中叶片中的 Mg 与叶片中的 Ca 之间的相关性达到极显著水平 ( $P < 0.01$ ),叶片中的 Mg 与果实中的 Fe、Mg、Ca 之间呈负相关;叶片中的 Ca 与果实中的 Zn 之间呈正相关,与果实中的 Fe、Mg、Ca 之间呈负相关,但相关性极弱;

果实中的 Fe 与 Zn 之间呈正相关,与果实中的 Mg、Ca 之间呈负相关;果实中的 Zn 与 Mg 之间呈正相关,与 Ca 呈负相关,但相关性较弱;果实中的 Mg 与 Ca 之间呈正相关,但相关性极弱。

表4 黄冠梨主要矿质元素间含量的相关性分析

元素	相关关系								
	Fe(叶片)	Zn(叶片)	B(叶片)	Mg(叶片)	Ca(叶片)	Fe(果实)	Zn(果实)	Mg(果实)	Ca(果实)
Fe(叶片)	1.000								
Zn(叶片)	-0.236	1.000							
B(叶片)	0.482	-0.005	1.000						
Mg(叶片)	0.308	-0.083	0.662**	1.000					
Ca(叶片)	0.163	-0.202	0.436	0.850**	1.000				
Fe(果实)	-0.386	0.412	-0.072	-0.135	-0.143	1.000			
Zn(果实)	0.397	0.588*	0.271	0.323	0.224	0.182	1.000		
Mg(果实)	0.438	0.204	0.146	-0.328	-0.260	-0.168	0.332	1.000	
Ca(果实)	0.453	-0.150	0.001	-0.023	-0.177	-0.320	-0.018	0.060	1.000

注:采用 Pearson 相关分析模式,\*和\*\*分别表示在 0.05 和 0.01 水平显著相关。

## 2.5 不同处理对黄冠梨果实主要品质的影响

### 2.5.1 不同中微量元素对黄冠梨果实平均单果质量的影响

从图 6 可看出,处理 6 平均单果质量最高,达 391.90 g,其他处理依次为处理 10、13、4、12,均达 356 g 以上。处理 1 果实平均单果质量最低,为 312.08 g,处理间最大相差 79.82 g,呈显著差异水平。由表 5 可知,不同营养元素对平均单果质量的影响大小分别为 Fe > Ca > B > Zn > Mg。说明 Fe 元素对产量的形成有极重要的作用。

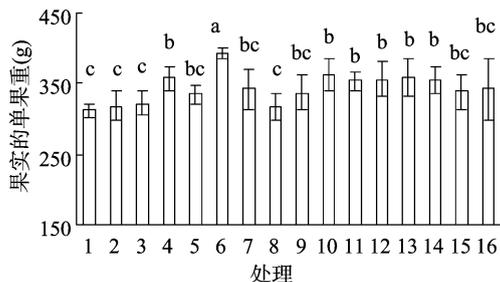


图6 不同中微量元素处理下黄冠梨果实平均单果质量

表5 不同中微量元素对黄冠梨平均单果质量的影响

元素	单果质量(g)				
	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$	R
Fe	327.322 4	346.444 5	352.653 8	348.965 3	25.331 3
Zn	335.770 9	357.219 3	339.250 0	343.145 8	21.448 4
B	349.944 4	337.067 5	333.152 8	355.221 3	22.068 5
Mg	341.376 0	336.809 5	340.708 3	356.492 1	19.682 5
Ca	333.055 5	334.983 2	357.174 6	350.172 6	24.119 1

### 2.5.2 不同中微量元素对黄冠梨果实纵、横径的影响

由图 7 可知,对照组纵径为 78.76 mm,处理 2 果实纵径略低于对照组,其他处理组果实纵径均大于对照组。其中处理 6 最高,达 85.68 mm,其后依次为处理 16、12、14、4,均达 84.31 mm 以上。处理间最大相差 8.18 mm,呈显著差异水平。由图 8 可知,对照组果实横径为 81.82 mm,处理 2 至处理 16 果实横径均大于对照组。其中以处理 6 最大,达 88.36 mm。其后依次为处理 14、4、16、10,均达 86.60 mm 以上。处理间最大相差 6.54 mm,呈显著差异水平。

综合上述结果看,果实纵、横径均以处理 6 值最大,且呈显著差异水平。由表 6 可知,影响黄冠梨果实纵径和横径的元素影响力的大小分别为 Fe > Mg > Ca > Zn > B 和 Fe > Zn > Mg > Ca > B。

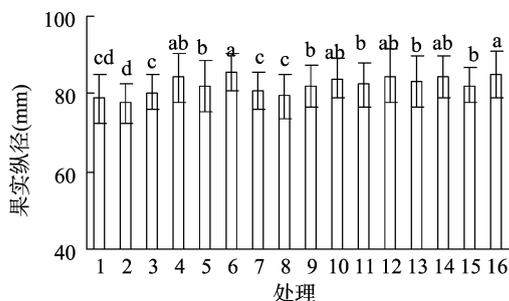


图7 不同中微量元素处理下黄冠梨果实的纵径

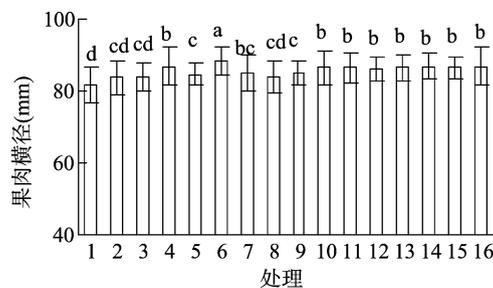


图8 不同中微量元素处理下黄冠梨果实的横径

### 2.5.3 不同中微量元素对黄冠梨果实可溶性固形物(TSS)含量的影响

由图 9 可知,果实的 TSS 含量以处理 12 最高,达 13.3%,其后依次为处理 8、6、11、9、5,其 TSS 含量均达 13.05% 以上,处理 1 最低,为 12.42%。处理间最高相差 0.88 个百分点,达显著差异水平。由表 7 可知,对黄冠梨果实 TSS 含量的影响力大小为 Fe > Ca = Zn > Mg > B。说明 Fe 元素对果实品质的形成有极重要的作用。

### 2.5.4 不同中微量元素对黄冠梨果实可滴定酸(TA)含量的影响

由图 10 可知,果实 TA 含量以处理 12 最高,达 0.25%,其后依次为处理 1、16、6、11,均达 0.21% 以上。以处理 8 最低,含量仅为 0.17%,处理间最大相差 0.08 个百分点,

表6 不同中微量元素对黄冠梨果实纵径、横径的影响

元素	果实纵径(mm)					果实横径(mm)				
	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>	k <sub>4</sub>	R	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>	k <sub>4</sub>	R
Fe	80.266 9	81.977 7	83.259	83.662 4	3.395 5	84.00 4	85.500 4	86.073 8	86.671 1	2.667
Zn	81.532 2	82.910 7	81.452 4	83.270 8	1.818 4	84.488 7	86.392 9	85.453 8	85.913 9	1.904 2
B	82.967 5	81.503 1	81.576 1	83.119 4	1.616 3	85.853 4	85.312 7	84.866 7	86.216 5	1.349 7
Mg	82.119 7	80.609	82.901 1	83.536 3	2.927 3	84.993 4	85.147 4	85.436 4	86.672	1.678 5
Ca	81.043 6	81.381 9	83.450 7	83.289 9	2.407 1	84.733 1	85.113 9	86.193 8	86.208 5	1.475 4

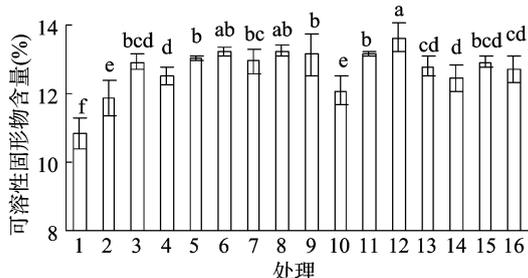


图9 不同中微量元素处理下黄冠梨果实的可溶性固形物含量

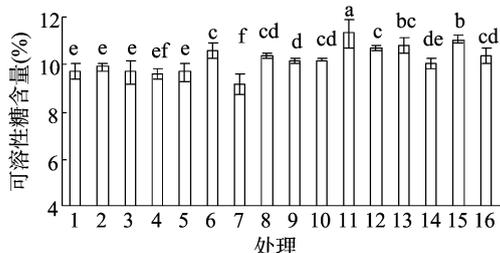


图11 不同中微量元素处理下黄冠梨果实的可溶性糖含量

表7 不同中微量元素对黄冠梨果实可溶性固形物含量的影响

元素	可溶性固形物含量(%)				
	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>	k <sub>4</sub>	R
Fe	12.708 3	13.116 7	13.041 7	12.725 0	0.408 3
Zn	12.850 0	12.741 7	12.991 7	13.008 3	0.266 7
B	12.875 0	13.000 0	12.941 7	12.775 0	0.225 0
Mg	12.779 2	12.979 2	12.820 8	13.012 5	0.233 3
Ca	12.795 8	12.879 2	13.062 5	12.854 2	0.266 7

表9 不同中微量元素对黄冠梨果实可溶性糖含量的影响

元素	可溶性糖(%)				
	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>	k <sub>4</sub>	R
Fe	9.705 8	9.937 5	10.591 8	10.556 4	0.885 9
Zn	10.091 3	10.162 1	10.285 3	10.252 8	0.194 0
B	10.492 7	10.33	10.035 9	9.932 9	0.559 8
Mg	9.897 9	10.582 4	9.968 9	10.342 3	0.684 5
Ca	10.318 8	9.889 4	10.441 5	10.141 8	0.552 2

大小为 Fe > Mg > B > Ca > Zn。

2.5.6 不同中微量元素对黄冠梨果实可溶性蛋白含量的影响

由图 12 可知,果实可溶性蛋白含量以处理 9 最高,达 91.34 μg/g,其后依次为处理 2、1、13,均达 79.35 μg/g 以上。处理 14 最低,仅为 51.61 μg/g。处理间最大相差 39.73 μg/g,呈显著差异。由表 10 可知,对黄冠梨果实可溶性蛋白含量的影响力大小为 Fe > Zn > Mg > Ca > B。

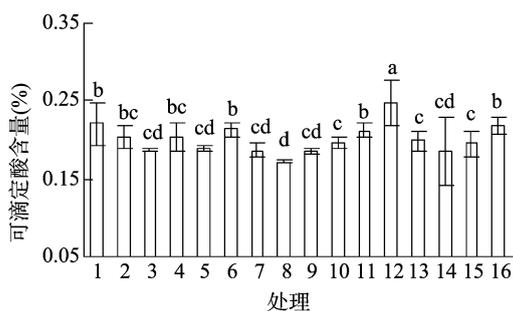


图10 不同中微量元素处理下黄冠梨果实的可滴定酸含量

呈显著差异水平。由表 8 可知,对黄冠梨果实 TA 含量的影响力大小为 B > Fe > Zn > Ca > Mg。

表8 不同中微量元素对黄冠梨果实可滴定酸含量的影响

元素	可滴定酸含量(%)				
	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>	k <sub>4</sub>	R
Fe	0.204 0	0.190 1	0.211 2	0.199 7	0.021 1
Zn	0.198 7	0.200 0	0.195 1	0.211 1	0.016 1
B	0.216 4	0.209 2	0.182 9	0.196 5	0.033 5
Mg	0.210 4	0.197 0	0.198 0	0.199 6	0.013 4
Ca	0.196 3	0.199 3	0.212 0	0.197 3	0.015 6

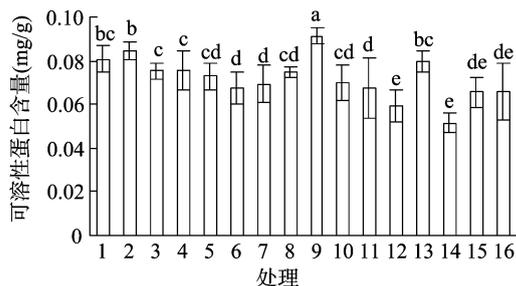


图12 不同中微量元素处理下黄冠梨果实的可溶性蛋白含量

表10 不同中微量元素对黄冠梨果实可溶性蛋白含量的影响

元素	可溶性蛋白含量(μg/g)				
	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>	k <sub>4</sub>	R
Fe	0.079 1	0.071 2	0.072 1	0.065 6	0.013 5
Zn	0.081 1	0.068 5	0.069 4	0.069 0	0.012 6
B	0.070 4	0.070 7	0.073 3	0.073 6	0.003 2
Mg	0.065 3	0.076 5	0.071 0	0.075 1	0.011 2
Ca	0.072 9	0.077 7	0.070 5	0.066 9	0.010 9

2.5.5 不同中微量元素对黄冠梨果实可溶性糖(WSS)含量的影响 由图 11 可知,果实的 WSS 含量以处理 11 最高,达 11.30%,其后依次为处理 15、13、12、6,均达 10.58% 以上。最低为处理 7,含量为 9.15%,处理间最大相差 2.15 百分点,呈显著差异。由表 9 可知,对黄冠梨果实 WSS 含量的影响力

2.5.7 不同中微量元素对黄冠梨果实还原糖含量的影响

由图13可知,果实中还原糖以处理14最高,达0.07%,其后依次为处理12、15、13。最低为处理1,仅为0.05%。处理间最大相差0.02个百分点,呈显著差异。由表11可知,对影响果实还原糖含量的影响力大小为 Fe > B > Zn > Ca > Mg。

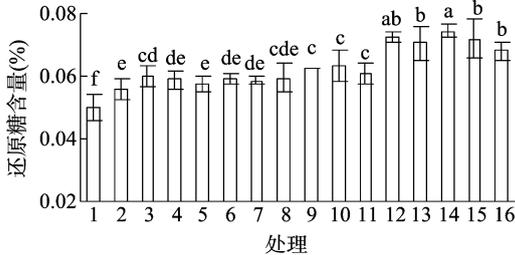


图13 不同中微量元素处理下黄冠梨果实的还原糖含量

表11 不同中微量元素对黄冠梨果实还原糖含量的影响

元素	还原糖含量(%)				
	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>	k <sub>4</sub>	R
Fe	0.056 1	0.058 6	0.064 7	0.071 3	0.015 2
Zn	0.060 2	0.063 1	0.062 7	0.064 7	0.004 5
B	0.059 4	0.064 4	0.064 0	0.062 9	0.005 1
Mg	0.063 8	0.061 6	0.062 2	0.063 0	0.002 2
Ca	0.061 0	0.061 4	0.065 4	0.062 9	0.004 4

2.6 品质指标的主成分分析

由表12可知,第1主成分轴贡献率为53.63%,第2主成分轴的贡献率为19.02%,两者的累计贡献率达到72.66%。可保留累计贡献率70%以上的前2个主成分。由表13可知,主成分1与单果质量、纵径、横径呈极显著正相关,与可溶性糖含量呈显著正相关,与可滴定酸含量呈弱正相关。主成分2与可溶性固形物含量呈显著正相关。

表12 因素分析表

因素	特征值	贡献率(%)	累计特征值	累计贡献率(%)
1	3.218 053	53.634 220	3.218 053	53.634 200
2	1.141 340	19.022 330	4.359 393	72.656 600
3	0.934 477	15.574 610	5.293 870	88.231 200
4	0.528 261	8.804 350	5.822 130	97.035 500
5	0.125 133	2.085 560	5.947 264	99.121 100
6	0.052 736	0.878 940	6.000 000	100.000 000

单果质量、纵径、横径属产量指标,通过各指标的主成分分析(图14、图15)可知,处理6与产量指标呈极显著正相关。横轴向右代表产量,越向右产量越高。可溶性糖、可滴定酸、可溶性固形物属果实内在品质指标,由图14、图15可知,处理11、12与可溶性糖、可溶性固形物含量呈极显著正相关。

表13 因素-变量相关分析

变量	因素1	因素2	因素3	因素4	因素5	因素6
单果重	0.924 193	-0.230 265	-0.114 854	0.105 437	0.242 779	-0.097 952
纵径	0.907 641	-0.302 344	-0.030 326	0.111 753	-0.255 11	-0.079 823
横径	0.943 249	-0.187 681	-0.185 24	-0.081 928	0.013 67	0.183 965
可溶性固形物	0.297 567	0.782 752	-0.402 076	0.369 646	-0.020 295	0.006 117
可滴定酸	0.422 422	0.213 989	0.843 155	0.251 801	-0.018 928	0.033 108
可溶性糖	0.619 194	0.550 627	0.116 083	-0.545 803	-0.012 398	-0.043 353

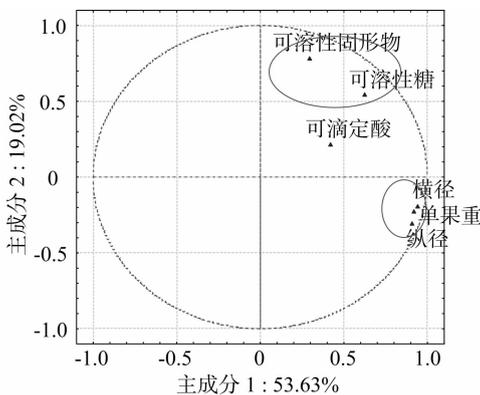


图14 各指标主成分分析图

纵轴向上代表含糖量,越向上含糖量越高。主成分综合指标分析结果与前面相关的分析结果一致。

3 讨论

通过对黄冠梨树体主要矿质营养元素的动态趋势分析可看出,树体在同一时间段对每种营养元素的需求量不一样;同一元素在不同的时间段呈现出不同的趋势。从这些方面说明,树体对各种营养的需求是一个动态的复杂的过程。

通过对树体中矿质营养元素的相关性分析可看出,叶片

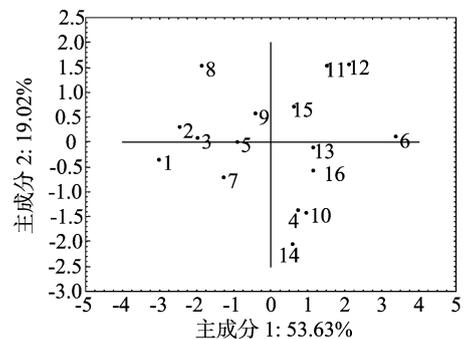


图15 各处理主成分分析散点图

中的 Zn 与果实中的 Zn 显著相关,叶片中的 B 与 Mg 之间及叶片中的 Mg 与 Ca 之间呈极显著相关。说明树体中某些元素表现出相互协同的作用,这与潘海发在对杨山酥梨叶面喷施不同水平的 B 肥、Mg 肥,可在一定浓度范围内分别增加叶片中 B、Mg 含量的研究结果<sup>[10]</sup>一致。另外从相关性分析可知,叶片中的 Fe 与果肉中的 Fe 之间,叶片中的 Mg 与果实中的 Fe、Mg、Ca 之间,叶片中的 Ca 与果实中的 Fe、Mg、Ca 之间,叶片中的 Zn 与叶片中的 B、Mg、Ca 之间,叶片中的 Zn 与果实中的 Ca 之间,叶片中的 B 与果实中的 Fe 之间表现为拮抗作用。这些结果表明,相同元素在黄冠梨不同器官表现出来的

相互作用不尽相同。

叶绿素直接影响着作物有机物质的合成,从而对产量和品质产生重要影响。本研究的结果表明,5种元素配比处理均可提高黄冠梨叶片叶绿素a、叶绿素b和叶绿素(a+b)的含量。其中叶片叶绿素a、叶绿素b和叶绿素(a+b)含量均以处理9(即Fe 0.43%、Zn 0%、B 0.3%、Mg 0.75%、Ca 0.5%)为最高。这与潘海发<sup>[10]</sup>、王姐<sup>[11]</sup>对于叶面喷B肥或CaCl<sub>2</sub>均能提高梨叶片中叶绿素含量的观点一致。从研究结果可知,影响叶片叶绿素a含量的主要元素有Fe、Zn,影响叶绿素b含量的主要元素有B、Ca、Fe,影响叶绿素(a+b)含量的主要元素有B、Fe、Ca。发现Fe在提高黄冠梨叶片叶绿素含量上起着重要作用。

果实品质主要分为外在品质和内在品质。果实的外在品质决定了其商品价值和经济效益,外在品质的优劣直接影响着消费者的选择。果实的纵径、横径和平均单果质量是果实外在品质最重要的指标之一。在本试验条件下,处理6(即Fe 0.3% + Zn 0.3% + B 0% + Mg 0.75% + Ca 0.7%)的平均单果质量最大,达到391.89 g,与对照相比差异达极显著水平。果实纵、横径也以处理6的最大,分别比对照大6.91 mm和6.54 mm,差异达显著水平。这与王凤文<sup>[12]</sup>、孙楚等<sup>[13]</sup>研究叶面喷施Ca肥或Fe肥均能增加单果质量的研究结果一致。极差分析表明,影响黄冠梨平均单果质量的主要元素有Fe、Zn、Ca,而且这些元素不同浓度的配比也很重要,B元素对黄冠梨果实平均单果质量的影响较小。这些结果支持苏长青等的观点<sup>[14]</sup>。

黄虹心等研究发现,树冠喷施5种常用钙肥均能提高杨桃果实中可溶性固形物含量<sup>[15]</sup>。王凤文研究报道,喷施Ca肥、Zn肥均可提高草莓可溶性固形物含量,而喷施Fe肥可增加草莓可溶性糖和总酸含量<sup>[16]</sup>。潘海发等研究表明,适量喷施Mg肥可提高砀山酥梨果实中可溶性糖含量,并降低果实含酸量<sup>[17]</sup>。苏长青等指出,喷施叶面肥可以增加黄冠梨果实葡萄糖、果糖和粗纤维含量,降低可滴定酸含量<sup>[14]</sup>。通过方差分析结果可知,果实TSS和WSS含量分别以处理12和处理11最高,这2个处理的Fe、Zn、Ca处于较高水平,表明Fe、Zn、Ca对促进果实可溶性固形物和可溶性糖的含量起着十分重要的作用。果实含酸量以处理8(即Fe 0.3%、Zn 0.5%、B 0.3%、Mg 0.25%、Ca 0%)最低,但该处理对黄冠梨酸含量的影响呈弱相关性。通过对品质指标的主成分分析,获得可溶性固形物和可溶性糖是2个影响果实品质的主要指标,综合两项分析结果,得到处理12和处理11为果实品质最佳组合配比(即Fe 0.4%、Zn 0.5%、B 0.2%、Mg 0%、Ca 0.7%和Fe 0.4%、Zn 0.4%、B 0%、Mg 0.25%、Ca 1.0%)。从元素影响力大小分析可知,Fe、Ca、Zn是影响黄冠梨果实可溶性固形物含量的主要元素,Fe和Mg是影响黄冠梨果实可溶性糖含量的主要元素,Fe和B是影响黄冠梨果实可滴定酸和还原糖含量的主要元素,Fe和Zn是影响黄冠梨果实可溶性蛋白含量

的主要元素。综合各指标来看,Fe元素对黄冠梨品质的影响最大。

#### 4 结论

本研究结果表明,早熟黄冠梨在日常栽培管理的基础上,喷施Fe 0.4% + Zn 0.4% + Mg 0.25% + Ca 1.0%或Fe 0.4% + Zn 0.5% + B 0.2% + Ca 0.7%可提高其果实品质,喷施Fe 0.3% + Zn 0.3% + Mg 0.75% + Ca 0.7%对提高其产量的效果更佳;但在实际生产上果实内在品质常为第一考虑因素,产量指标为第二因素,结合主成分分析和人们对水果的食用习惯(喜甜恶酸),以处理11(即Fe 0.4%、Zn 0.4%、B 0%、Mg 0.25%、Ca 1.0%)为最佳水平。

#### 参考文献:

- [1] 张发宝,陈建生,陈秀道,等. 中微量元素对龙眼产量和品质的影响[J]. 广东农业科学,2000(4):32-34.
- [2] 赵维峰,魏长宾,杨文秀,等. 中微量元素对菠萝品质的影响研究[J]. 安徽农业科学,2009,37(27):13042,13053.
- [3] 冯文清,王旭,哈雪娇,等. 中微量元素对大兴区西瓜产量和品质的影响[J]. 现代农业科技,2010(1):119-120.
- [4] 吕慧峰,王小晶,陈怡,等. 中微量元素肥料对马铃薯产量、品质和土壤肥力的影响[J]. 陕西农业科学,2010(5):21-24.
- [5] 庄伊美. 柑桔营养与施肥[M]. 北京:中国农业出版社,1994:200-216.
- [6] 孙俊宝,王建新. 樱桃叶绿素含量测定方法研究[J]. 山西农业科学,2010,38(3):18-19,33.
- [7] LY/T 1273—1999 森林植物与森林枯枝落叶层全碳的测定[S]. 1999.
- [8] 王强,王秀琪,曾明. 钙处理对纽荷兰脐橙裂果及果实品质的影响[J]. 西南农业学报,2013,26(1):308-311.
- [9] 郝建军,康宗利,于洋,等. 植物生理学实验技术[M]. 北京:化学工业出版社,2007:107-109.
- [10] 潘海发. 矿质营养水平对砀山酥梨营养生长和果实品质的影响[D]. 合肥:安徽农业大学,2008.
- [11] 王姐. 钙处理对苹果梨叶片及果实生理特性的影响[D]. 延吉:延边大学,2009.
- [12] 王凤文. 微量元素Ca、Zn、Fe对草莓产量与品质的影响[J]. 白城师范学院学报,2009,23(3):66-70.
- [13] 孙楚,张桂芬,李明强,等. 强力树干注射铁肥对缺铁失绿梨树产量的效应[J]. 中国果树,1991,50(4):21-22.
- [14] 苏长青,孙焕顷,徐东明. 叶面肥对黄冠梨果实品质的影响[J]. 北方园艺,2009(3):93-94.
- [15] 黄虹心,杨昌鹏,李健,等. 树冠喷钙对杨桃果实品质的影响[J]. 湖北农业科学,2012,51(1):105-107.
- [16] 王凤文. 微量元素Ca、Zn、Fe对草莓产量与品质的影响[J]. 白城师范学院学报,2009,23(3):66-70.
- [17] 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.