

# ‘巨峰’葡萄不同生育期植株矿质元素需求规律

史祥宾, 王孝娣, 王宝亮, 王志强, 冀晓昊, 王小龙, 刘凤之, 王海波

(中国农业科学院果树研究所/农业部园艺作物种质资源利用重点实验室/辽宁省落叶果树矿质营养与肥料高效利用重点实验室, 辽宁兴城 125100)

**摘要:**【目的】矿质元素的均衡供应是实现葡萄优质高效栽培的前提, 研究‘巨峰’葡萄的矿质营养需求规律, 为葡萄的合理施肥与精准施肥提供理论依据。【方法】本研究于2012—2018年连续7年在‘巨峰’葡萄的关键生育期进行整株取样, 测定树体的各矿质元素含量, 计算不同生育阶段各矿质元素的需求量与比例, 研究葡萄的矿质营养需求规律。【结果】‘巨峰’葡萄在整个生长期不同生育阶段各矿质元素的需求规律有所差异。萌芽期至始花期对氮、钾、铁、锰、锌、钼的需求量均超过了全年总需求量的15%, 磷、钙、镁、铜、硼的需求比率也均超过了10%。始花期至末花期, 氮、铁、钼的需求比率均超过15%, 磷、钾、钙、镁、锌的需求比率均超过10%。末花期至转色期, 各矿质元素的需求比率分别为氮41.7%、磷47.44%、钾44.83%、钙45.88%、镁44.92%、铁39.75%、锰27.40%、锌30.28%、铜60.20%、硼38.72%、钼41.59%。转色期至采收期对钾、锰和硼的需求量较大, 分别占比21.76%、22.19%和20.17%, 其次磷、镁、钙、锌的需求比率分别为17.12%、16.76%、16.34%、14.72%, 氮、铁、铜和钼的需求比率均低于10%。采收期至落叶期, 锰和锌的需求比率分别为28.71%和23.57%, 铁和硼的需求比率均超过15%, 氮、钙、镁和钼的占比也均超过了10%, 磷、钾和铜占比分别为9.72%、4.78%和8.69%。【结论】‘巨峰’葡萄施肥需要重视各生育阶段各种矿质养分的供给。生产1 000 kg果实各矿质元素的需求量为氮5.67 kg、磷2.37 kg、钾5.66 kg、钙5.70 kg、镁1.02 kg、铁153.45 g、锰53.14 g、锌36.25 g、铜7.28 g、硼41.84 g、钼0.47 g。‘巨峰’葡萄各矿质元素占干物质重的平均含量分别为氮0.92%、磷0.36%、钾0.66%、钙0.84%、镁0.15%、铁269.27 mg·kg<sup>-1</sup>、锰57.24 mg·kg<sup>-1</sup>、锌49.64 mg·kg<sup>-1</sup>、铜12.66 mg·kg<sup>-1</sup>、硼66.35 mg·kg<sup>-1</sup>、钼1.09 mg·kg<sup>-1</sup>。

**关键词:** ‘巨峰’葡萄; 必需元素; 矿质营养; 需求规律; 合理施肥

## Requirement Characteristics of Mineral Elements in Different Developmental Phases of Kyoho Grapevine

SHI XiangBin, WANG XiaoDi, WANG BaoLiang, WANG ZhiQiang, JI XiaoHao,  
WANG XiaoLong, LIU FengZhi, WANG HaiBo

(Fruit Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Germplasm Resources Utilization of Horticultural Crops, Ministry of Agriculture/Key Laboratory of Mineral Nutrition and Efficient Fertilization for Deciduous Fruits, Liaoning Province, Xingcheng 125100, Liaoning)

**Abstract:** 【Objective】Balanced supply of mineral elements is the prerequisite for the high quality and efficient cultivation of grapes. This study was carried to investigate the mineral nutrient requirement of Kyoho grape, so as to provide a theoretical basis for rational fertilization and precise fertilization of grapes. 【Method】Kyoho was used as test material. The whole plant was sampled at different growth stages in 7 consecutive years from 2012 to 2018. The contents of mineral elements in tree were determined, and the

收稿日期: 2019-03-04; 接受日期: 2019-04-26

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项资金项目 (nycyx-30-zp)、国家重点研发计划 (2018YFD0201301)、中国农业科学院创新工程 (CAAS-ASTIP-2015-RIP-04)

联系方式: 史祥宾, E-mail: shixiangbin@163.com. 通信作者刘凤之, Tel: 0429-3598237; E-mail: liufengzhi6699@126.com. 通信作者王海波, E-mail: haibo8316@163.com

demand and proportion of mineral elements in different growth stages were calculated. 【Result】The absorption of mineral elements in Kyoho grapes varied during different growth stages throughout the growing season. The demand for nitrogen, potassium, iron, manganese, zinc and molybdenum from the germination to the initial flowering period exceeded 15% of the total annual demand, and the demand ratio of phosphorus, calcium, magnesium, copper and boron also exceeded 10%. From the beginning of flowering to the end of flowering period, the demand ratio of nitrogen, iron and molybdenum exceeded 15%, and the demand ratio of phosphorus, potassium, calcium, magnesium and zinc exceeded 10%. From the end of flowering to the veraison stage, the demand ratio of each mineral element was 41.7% nitrogen, 47.44% phosphorus, 44.83% potassium, 45.88% calcium, 44.92% magnesium, 39.75% iron, 27.40% manganese, 30.28% zinc, 60.20% copper, 38.72% boron, and 41.59% molybdenum. The demand for potassium, manganese and boron from the veraison stage to the harvesting period was relatively large, accounting for 21.76%, 22.19% and 20.17%, respectively. And the demand ratios of phosphorus, magnesium, calcium and zinc were 17.12%, 16.76%, 16.34% and 14.72%, respectively. While the demand ratio for nitrogen, iron, copper and molybdenum was less than 10%. During the harvesting period to the defoliation period, the demand ratios of manganese and zinc were 28.71% and 23.57%, respectively. The demand ratio of iron and boron exceeded 15%, and the proportion of nitrogen, calcium, magnesium and molybdenum also exceeded 10%. Phosphorus, potassium and copper accounted for 9.72%, 4.78% and 8.69%, respectively. 【Conclusion】It should be paid attention to the supply of mineral element at different developmental phases of grapevine. The demand for mineral elements in the production of 1 000 kg of fruit was nitrogen 5.67 kg, phosphorus 2.37 kg, potassium 5.66 kg, calcium 5.70 kg, magnesium 1.02 kg, iron 153.45 g, manganese 53.14 g, zinc 36.25 g, copper 7.28 g, boron 41.84 g and molybdenum 0.47 g. The average contents of mineral elements in dry matter weight were nitrogen 0.92%, phosphorus 0.36%, potassium 0.66%, calcium 0.84%, magnesium 0.15%, iron 269.27 mg·kg<sup>-1</sup>, manganese 57.24 mg·kg<sup>-1</sup>, zinc 49.64 mg·kg<sup>-1</sup>, copper 12.66 mg·kg<sup>-1</sup>, boron 66.35 mg·kg<sup>-1</sup> and molybdenum 1.09 mg·kg<sup>-1</sup>.

**Key words:** Kyoho grapevine; essential elements; mineral nutrition; requirement characteristics; rational fertilization

## 0 引言

【研究意义】我国是葡萄生产大国, 鲜食葡萄的栽培面积接近全国葡萄栽培总面积的 80%。‘巨峰’葡萄作为欧美杂种的典型代表, 具有果实酸甜可口、香气浓郁、树体抗病能力强、栽培适应性广等诸多特点, 是我国的主栽品种之一<sup>[1]</sup>。矿质元素是植物的必需营养物质, 是作物生长发育、产量形成和品质提高不可或缺的物质基础, 对作物的正常生长发育起着至关重要的作用<sup>[2-4]</sup>。目前, 葡萄生产中施肥大多仍采用经验法, 存在盲目性, 与精准农业的发展要求不适应。明确矿质元素的需求规律可以为葡萄的合理和精准施肥提供理论依据, 对实现我国葡萄的节本、优质、高效、绿色、安全生产具有重要意义<sup>[5]</sup>。

【前人研究进展】矿质营养需求规律的研究在粮食<sup>[6-7]</sup>、蔬菜<sup>[8-9]</sup>等作物上已经有较多报道, 在葡萄上也有一些研究。史祥宾等<sup>[10]</sup>对 4 年生‘巨峰’葡萄的研究表明每形成 1 000 kg 果实需要吸收氮素 3.76 kg, 果实膨大期至果实成熟期为氮素的最大需求期和最大效率期, 马文娟等<sup>[11]</sup>在 7 年生‘红地球’的研究结果表明新梢旺长期到果实膨大期是氮素营养的最大效率期, 每生产 1 000 kg 葡萄需要氮素 5.4 kg。马振强等<sup>[12]</sup>对 3 年生‘摩尔多瓦’葡萄的研究认为新梢旺长期和果实膨大期是磷肥的最大需求期。张志勇等<sup>[13]</sup>对 4 年

生酿酒葡萄‘赤霞珠’养分累积动态进行研究后认为, 每生产 1 000 kg 赤霞珠葡萄需要氮素 5.95 kg、磷素 1.72 kg、钾素 6.37 kg。【本研究切入点】目前, 葡萄矿质营养的研究主要集中在氮、磷、钾等元素, 对其他元素的研究报道较少, 且多为一年的研究结果。葡萄是多年生作物, 生命周期较长, 不同生育阶段树体矿质营养的需求规律差异较大, 品种<sup>[14]</sup>、树龄<sup>[15]</sup>、砧木<sup>[16]</sup>、土壤类型<sup>[14]</sup>、营养水平<sup>[17]</sup>、生态环境因子<sup>[14]</sup>、管理模式<sup>[18]</sup>等因素的差异也均会对其产生影响, 多年的研究数据可以减小年际间的误差。【拟解决的关键问题】本研究连续 7 年对‘巨峰’葡萄进行整株取样、解析、测定, 计算不同生育阶段树体对各矿质元素的需求量与比例, 探究‘巨峰’葡萄对各矿质元素的需求规律, 为生产中葡萄的合理施肥和精准施肥提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料与试验设计

试验于 2012 年 5 月至 2018 年 11 月在辽宁省兴城市中国农业科学院果树研究所鲜食葡萄核心技术试验示范园进行, 2012 年选用 4 年生盛果期‘巨峰’葡萄为试材, 砧木为‘贝达’, 树形采取斜干水平龙干形配合水平叶幕, 株行距为 1 m×4 m, 肥水管理按常规进行。全年总施肥氮、磷、钾、钙、镁以 10 : 5 : 12

: 12 : 2 的比例<sup>[1,5]</sup>进行施用, 肥料用量为每年 1 500 kg·hm<sup>-2</sup>。试验前取葡萄试验地 0—40 cm 土壤样品, 测定各项指标作为本底值。其中土壤类型为棕壤, 偏黏性, 较肥沃, 有机质含量 20.25 g·kg<sup>-1</sup>, 全氮 2.12 g·kg<sup>-1</sup>, 碱解氮 91.27 mg·kg<sup>-1</sup>, 速效磷 77.56 mg·kg<sup>-1</sup>, 速效钾 221.15 mg·kg<sup>-1</sup>, 交换性钙 1588.73 mg·kg<sup>-1</sup>, 交换性镁 385.25 mg·kg<sup>-1</sup>, pH 6.9。

2012 年萌芽前, 选择长势基本一致的葡萄树进

行编号标记, 于萌芽期、始花期、末花期、种子发育期、转色期、果实成熟期和落叶休眠期等 7 个关键生育时期(表 1)进行整株取样, 每次取样 3 株。测定各器官全量氮、磷、钾、钙、镁、铁、锰、锌、铜、硼、钼等矿质元素的含量, 计算植株不同生育阶段对各矿质养分的需求量。树体采用常规方法管理, 树体管理过程修剪或采摘的新梢(副梢)、叶片、叶柄、花穗或果实计入下一次取样的树体重量。

表 1 取样时期  
Table 1 Sampled date

	取样时期 Sampled date						
	萌芽期 Budding stage	始花期 Early flowering stage	末花期 End flowering stage	种子发育期 Seed development stage	转色期 Veraison stage	采收期 Harvest stage	落叶期 Deciduous stage
萌芽后天数(天) Days after budding (d)	0	35	50	75	100	135	170

1.2 测定项目和方法

将 3 株树体分别解剖, 分为根、主干、主蔓、新梢、叶片、叶柄、花穗或果实等部分, 样品按清水→洗涤剂→清水→1%盐酸→3 次去离子水顺序冲洗后, 立即在 105℃下杀青 30 min, 随后在 80℃下烘干, 研磨过 0.25 mm 筛, 混匀装袋备用。植株氮含量采用凯氏定氮仪进行测定<sup>[19]</sup>, 磷、钾、钙、镁、铁、锰、锌、铜、硼、钼等矿质元素含量采用微波消解仪进行消解, 电感耦合等离子体发射光谱仪(ICP)进行测定<sup>[20]</sup>。

试验试材选用常规管理、长势良好且一致的植株, 该条件下树体所含矿质元素的增加量(吸收量)即是该管理模式下树体的养分需求量。

单株所含矿质元素的量=∑(各器官元素浓度×对应器官干物质重量);

某生育阶段单株矿质元素的需求量=后一生育时期单株所含矿质元素的量-前一生育时期单株所含矿质元素的量;

全年单株矿质元素的需求量=落叶期单株所含矿质元素的量(包含成熟期果实及落叶期叶片所含的量)-一萌芽期单株所含矿质元素的量;

生产 1 000 kg 果实矿质元素的需求量=[单株矿质元素需求量/单株果实产量(以千克计)]×1 000;

某生育阶段矿质元素的需求比率(%)=该生育阶段单株矿质元素的需求量/全年单株元矿质素的需求量×100。

1.3 数据处理

采用 Microsoft excel 2007 进行数据处理。数据分析采用 2012—2018 年 7 年的平均值。采用单因素(One-way ANOVA)方差分析和 LSD 法比较不同处理间的差异显著水平( $P<0.05$ )。

2 结果

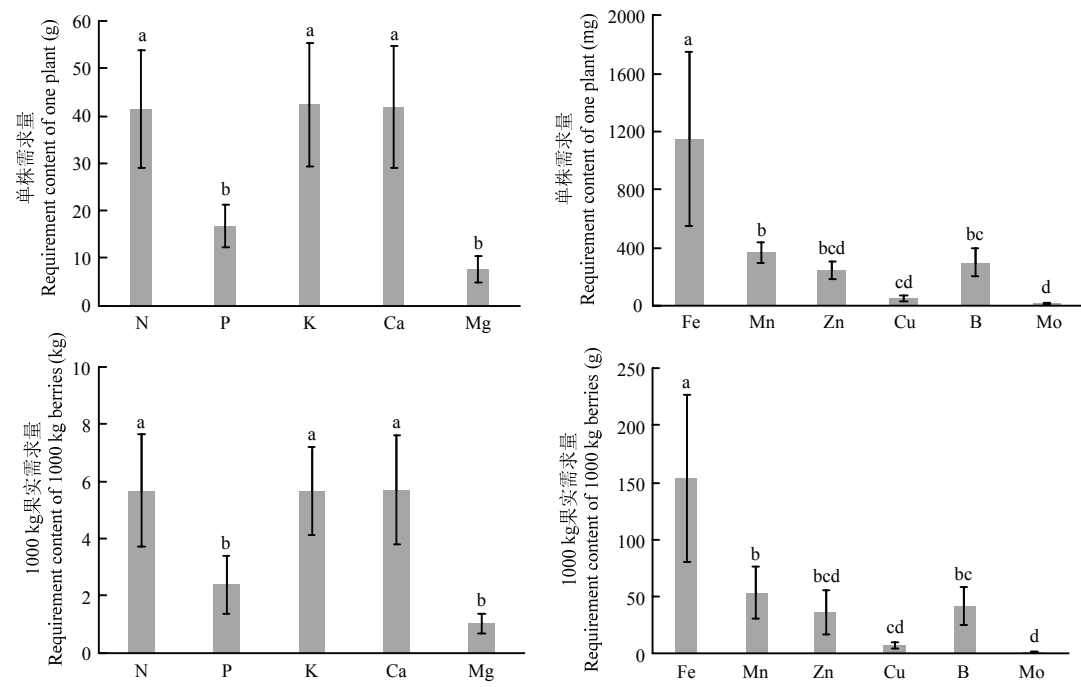
2.1 ‘巨峰’葡萄各矿质元素的需求量

由图 1 可以看出, 单株‘巨峰’葡萄对各矿质元素的需求量分别为氮 41.51 g、磷 16.74 g、钾 42.42 g、钙 41.90 g、镁 7.65 g、铁 1 147.10 mg、锰 368.21 mg、锌 245.20 mg、铜 50.29 mg、硼 298.62 mg、钼 3.23 mg。

‘巨峰’葡萄对各矿质元素的需求量从高到低排序如下: 钾>钙>氮>磷>镁>铁>锰>硼>锌>铜>钼。其中, 树体对钾、钙和氮的需求量最高, 且无显著差异, 磷和镁的需求量其次, 两者间也无显著差异。树体对微量元素的需求量以铁最高, 显著高于其他元素, 其次为锰、硼和锌, 三者间无显著差异, 铜和钼的需求量最低。通过产量换算, 生产 1 000 kg 果实各矿质元素的需求量为氮 5.67 kg、磷 2.37 kg、钾 5.66 kg、钙 5.70 kg、镁 1.02 kg、铁 153.45 g、锰 53.14 g、锌 36.25 g、铜 7.28 g、硼 41.84 g、钼 0.47 g。

2.2 ‘巨峰’葡萄不同生育阶段各矿质元素的需求规律

由图 2 可以看出, 各矿质元素的吸收贯穿葡萄的整个生长期, ‘巨峰’葡萄不同生育阶段对各矿质元素的需求均有所差异<sup>[17]</sup>。

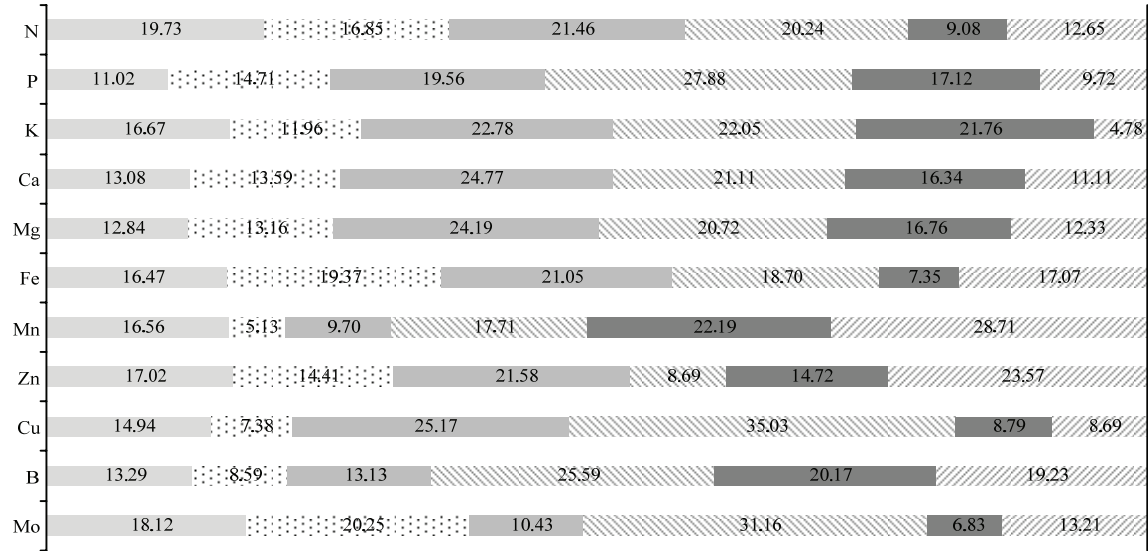


不同小写字母表示矿质元素间存在显著差异 ( $P < 0.05$ )。下同  
The different small letters indicated significant difference at  $P < 0.05$  level within mineral elements. The same as below

图 1 ‘巨峰’葡萄单株和生产 1 000 kg 果实各矿质元素的需求量

Fig. 1 Requirement contents of mineral elements for one plant and 1 000 kg fruit of Kyoho grapevine

□ 萌芽期-始花期 Budding-Early flowering    □ 始花期-末花期 Early flowering-End flowering    □ 末花期-种子发育期 End flowering-Seed development  
□ 种子发育期-转色期 Seed development-Veraison    ■ 转色期-采收期 Veraison-Harvest    □ 采收期-落叶期 Harvest-Deciduous



不同生育阶段各矿质元素的需求比率  
Requirement percentage of different mineral elements in different growth and development periods (%)

图 2 ‘巨峰’葡萄不同生育阶段各矿质元素需求量的需求比率

Fig. 2 Requirement percentage of different mineral elements at different developmental phases of Kyoho grapevine

萌芽期至始花期树体对氮、磷、钾、钙、镁等元素的需求量占全年需求量的比例（需求比率）均超过了 11%，其中氮的需求比率最高，为 19.73%，其次钾为 16.67%，钙、镁和磷的占比分别为 13.08%、12.84%和 11.02%。此阶段对各微量元素的需求比率均高于 13%，其中，钼和锌的需求比率分别达到了 18.12%和 17.02%；铁和锰也均达到了 16%以上，铜为 14.94%，硼最低，占比 13.29%。

始花期至末花期氮、磷、钾、钙、镁等元素的需求比率均超过了 11%，其中氮占比 16.85%，磷、钙、镁和钾的需求比率依次为 14.71%、13.59%、13.16%和 11.96%。该阶段各微量元素的需求比率差异较大，钼和铁分别达到 20.25%和 19.37%，其次锌为 14.41%，硼、铜和锰相对较低，依次为 8.59%、7.38%和 5.13%。

末花期至种子发育期氮、磷、钾、钙、镁等元素的需求比率均超过了 19%，钙、镁和钾的占比分别达到了 24.77%、24.19%和 22.78%，氮和磷分别为 21.46%和 19.56%。对微量元素铜、锌和铁的需求量也较多，其需求比率分别为 25.17%、21.58%和 21.05%，硼占比 13.13%，钼和锰相对较低，仅为 10.43%和 9.70%。

种子发育期至转色期磷的需求比率最高，达到 27.88%，其次为钾和钙，分别为 22.05%和 21.11%，镁和氮占比也均超过 20%。对微量元素铜和钼的需求量较多，需求比率分别达到 35.03%和 31.16%，其次硼为 25.59%，铁和锰相近，占比分别为 18.70%和 17.71%，锌的需求量最少，占比仅为 8.69%。

转色期至采收期钾的需求比率最高，达到了 21.76%，磷、镁和钙相近，分别为 17.12%、16.76%和 16.34%，此生育阶段树体对氮的需求量最少，占比仅为 9.08%。对微量元素锰的需求量最大，占比为 22.19%，硼为 20.17%，锌占比 14.72%，铜、铁和钼的需求量较少，占比分别仅为 8.79%、7.35%

和 6.83%。

采收期至落叶期氮、镁和钙的需求比率分别为 12.65%、12.33%和 11.11%，对磷和钾的需求量相对较少，占比分别为 9.72%和 4.78%。对微量元素锰的需求量最大，占比 28.71%，锌为 23.57%，硼和铁的需求比率分别为 19.23%和 17.07%，对钼和铜的需求量较少，占比分别为 13.21%和 8.69%。

2.3 ‘巨峰’葡萄不同生育阶段各矿质元素的需求比例

通过计算，‘巨峰’葡萄每个生育阶段各元素的需求比例存在较大差异。由表 2 可以看出，各生育阶段均以氮为参照，萌芽期至始花期、始花期至末花期、采收期至落叶期均以氮的需求比例最高。末花期至种子发育期、种子发育期至转色期、转色期至采收期钾和钙的需求比例均高于氮。其中，转色期至采收期树体对氮的需求量分别仅为钾和钙的 40.82%和 55.04%。

微量元素以铁作为参照，萌芽期至始花期、采收期至落叶期各元素需求比例表现相近，需求比例从高到低依次为铁>锰>锌>硼>铜>钼。始花期至末花期、末花期至种子发育期表现相近，需求比例从高到低依次为铁>锌>硼>锰>铜>钼。种子发育期至转色期各元素需求比例从高到低依次为铁>硼>锰>锌>铜>钼。转色期至采收期需求比例从高到低依次为铁>锰>硼>锌>铜>钼，该时期锰的需求比例与铁相近，为铁的 97.00%，硼的需求比例也较高，为铁的 71.50%。

2.4 ‘巨峰’葡萄树体各矿质元素的平均含量

对 7 年的‘巨峰’葡萄各器官矿质元素含量进行平均（图 3），计算得出‘巨峰’葡萄各矿质元素占干物质重的平均含量分别为氮 0.92%、磷 0.36%、钾 0.66%、钙 0.84%、镁 0.15%、铁 269.27 mg·kg<sup>-1</sup>、锰 57.24 mg·kg<sup>-1</sup>、锌 49.64 mg·kg<sup>-1</sup>、铜 12.66 mg·kg<sup>-1</sup>、硼

表 2 ‘巨峰’葡萄不同生育阶段各矿质元素的需求比例  
Table 2 Mineral elements requirement ratio at different developmental phases of Kyoho grapevine

生育阶段 The developmental phases	N : P : K : Ca : Mg	Fe : Mn : Zn : Cu : B : Mo
萌芽期-始花期 Budding - Early flowering stage	10.00 : 2.25 : 8.64 : 6.69 : 1.20	10.00 : 3.23 : 2.21 : 0.40 : 2.10 : 0.03
始花期-末花期 Early flowering - End flowering stage	10.00 : 3.52 : 7.26 : 8.4 : 1.44	10.00 : 0.85 : 1.59 : 0.17 : 1.15 : 0.03
末花期-种子发育期 End flowering - Seed development stage	10.00 : 3.67 : 10.85 : 11.65 : 2.08	10.00 : 1.48 : 2.19 : 0.52 : 1.62 : 0.01
种子发育期-转色期 Seed development - Veraison stage	10.00 : 5.56 : 11.13 : 10.53 : 1.89	10.00 : 3.04 : 0.99 : 0.82 : 3.56 : 0.05
转色期-采收期 Veraison - Harvest stage	10.00 : 7.61 : 24.50 : 18.17 : 3.40	10.00 : 9.70 : 4.28 : 0.52 : 7.15 : 0.03
采收期-落叶期 Harvest - Deciduous stage	10.00 : 3.10 : 3.86 : 8.86 : 1.80	10.00 : 5.40 : 2.95 : 0.22 : 2.93 : 0.02

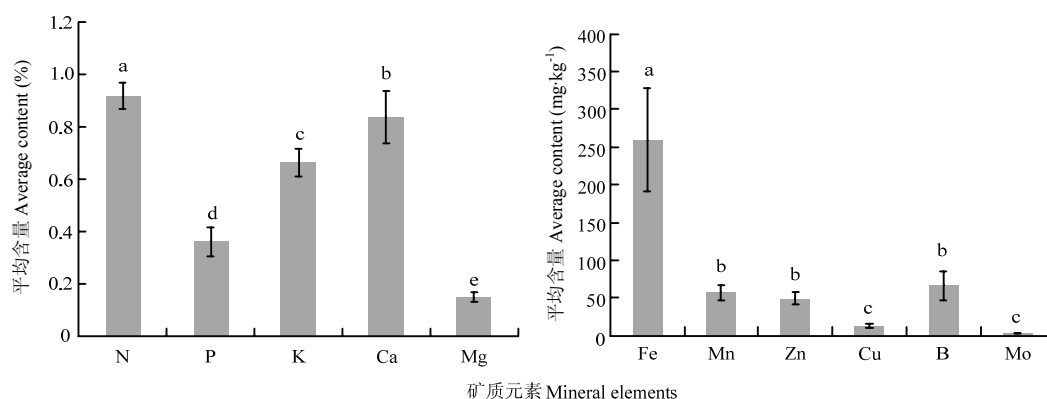


图3 ‘巨峰’葡萄各矿质元素的平均含量

Fig. 3 Average content of mineral elements of Kyoho grapevine

66.35 mg·kg<sup>-1</sup>、钼 1.09 mg·kg<sup>-1</sup>。其中,氮、磷、钾、钙、镁间的平均含量差异均达显著水平,微量元素以铁的平均含量最高,显著高于其他各元素,其次为硼、锰和锌,三者间无显著差异,铜和钼的平均含量最低,两者间无显著差异。

### 3 讨论

#### 3.1 葡萄矿质营养需求规律及合理施肥

葡萄是多年生作物,在生长发育过程中从外界吸收养分,以满足生长需要,但在各个生育阶段的营养特点和养分需求规律存在差异,了解葡萄不同生育阶段的养分需求规律是合理施肥和实现精准施肥的基础<sup>[21]</sup>。目前,我国葡萄生产中施肥仍以经验为主,只重视氮、磷、钾肥的使用,对钙、镁和微量元素使用较少或不使用,果树生产中肥料不合理应用的现象较为普遍<sup>[5]</sup>,严重制约了葡萄产业的健康发展。ROMIC等<sup>[22]</sup>对克罗地亚一个出现了产量和品质下降的葡萄产区进行了土壤调查,测定分析了硼、钙、铜、铁、钾、镁、锰、磷和锌等矿质元素含量,认为影响产量的原因就是土壤养分不均衡。

本试验以生长良好的示范园区‘巨峰’葡萄作为试材,连续7年开展研究工作,研究数据对葡萄生产实际具有直接的借鉴和指导意义。‘巨峰’葡萄在整个生长季中连续不断的吸收各种矿质养分,萌芽期至始花期对各养分的需求量较大,其中,氮、钾、铁、锰、锌、钼的需求量超过了全年总需求量的15%,磷、钙、镁、铜、硼也均超过了10%。因此,传统上萌芽期只施氮肥的做法是错误的,其他矿质元素肥料也应该适当施用,在土壤瘠薄的园区尤为重要。

始花期至末花期氮、铁、钼的需求比率均超过了15%,磷、钾、钙、镁、锌的需求比率均超过了10%。然而,葡萄生产中花期施肥主要采用叶面喷施的方法<sup>[23-25]</sup>,这明显不能够满足树体营养的需求。因此,应该在花前采取土壤施用为主、叶面喷施为辅的方法适当补充各种矿质元素肥料。

末花期至转色期即葡萄果实膨大期是各矿质元素需求的高峰期,此阶段各元素的需求比率分别为氮41.7%、磷47.44%、钾44.83%、钙45.88%、镁44.92%、铁9.75%、锰27.40%、锌30.28%、铜60.20%、硼38.72%、钼41.59%。前人在‘巨峰’葡萄<sup>[10]</sup>和红地球葡萄上<sup>[11]</sup>的研究均认为果实膨大期是葡萄养分的最大需求期,与本研究结果一致。因此,末花期及坐果后的施肥是全年的营养管理重点,并且需要注意各矿质元素均衡供应。

转色期至采收期对钾、锰和硼的需求量较大,此期对氮、铁、铜和钼的需求量较少,需求比率均低于10%。葡萄是钾质作物,钾对葡萄品质的贡献高于其他元素<sup>[26-27]</sup>,转色期使用钾肥是葡萄生产中的普遍认识。本研究表明,转色期至采收期钾的需求比率为21.76%,而萌芽至转色期需求比率为73.46%,尤其是末花期至转色期,钾的需求比率达44.83%,因此,钾肥的施用在前期也需要重视,果实膨大期的施钾量应该最大。马文娟等<sup>[28]</sup>对‘红地球’的研究表明果实膨大期钾的累积量最大,此期钾的吸收量占全年总吸收量的45.80%。裴帅<sup>[29]</sup>对‘赤霞珠’和‘霞多丽’的研究也表明葡萄树体不同营养元素在开花期和幼果膨大期积累量较多,转色期以后积累变缓。

采收期至落叶期锰和锌的需求量较高,需求比率分别为 28.71%和 23.57%,铁和硼的需求比率均超过了 15%,氮、钙、镁和钼的占比也均超过了 10%。前人对‘白诗南’葡萄的研究认为采收后养分大量需求,该生育阶段氮、磷、钾、钙、镁的需求比率分别为 34%、28%、15%、22%和 22%<sup>[21]</sup>,与本研究结果存在差异,可能与辽西地区‘巨峰’采收期至落叶期时间较短(仅 35 d)、温度较低有关。

### 3.2 葡萄矿质营养的需求量

本研究连续 7 年的平均结果表明单株‘巨峰’葡萄对各矿质元素的需求量从高到低排序为钾>钙>氮>磷>镁>铁>锰>硼>锌>铜>钼。本试验中年际间的数据存在差异,树龄、产量和气候条件是变量因子,证明葡萄对矿质元素的需求量与树龄、产量和气候有关。

关于葡萄矿质营养需求的研究已有较多报道。CONRADIE<sup>[21]</sup>、WILLIAMS<sup>[30]</sup>和 SCHREINER<sup>[31]</sup>等分别对不同树龄和砧木嫁接的‘白诗南’‘黑比诺’和‘赤霞珠’葡萄进行研究,3 个试验的树体矿质营养需求量差异较大。刘爱玲<sup>[32]</sup>、孙美<sup>[33]</sup>和骆萌<sup>[20]</sup>等均通过基质栽培、营养液循环的方式分别研究了 3 种营养水平 7 年生‘峰后’、4 年生‘玫瑰香’和 4 年生‘无核白’葡萄的矿质营养需求量,研究结果也存在一定差异。VAN LEEUWEN 等<sup>[14]</sup>以砾石土、重黏土、砂土 3 种土壤上的‘梅鹿辄’‘赤霞珠’和‘品丽珠’作为试材,连续 5 年证明了土壤、气候和品种均会对葡萄生长发育产生影响,其中气候的影响最大,其次是土壤和品种。PRADUBSUK 等<sup>[15]</sup>认为树龄、砧木、土壤质地、温度、水分管理、根系密度和养分有效性等因素的不同导致了葡萄营养吸收的差异。因此,生产中葡萄园区施肥方案的制定不仅需要明确葡萄矿质元素的需求规律,而且要结合上述各项因素综合分析。

### 3.3 葡萄矿质营养元素的划分标准

各营养元素根据其在植物体内含量的多少分为大量、中量和微量元素,大量元素的平均含量占干物质重的 0.5%以上,中量元素占 0.1%—0.5%,微量元素低于 0.1%<sup>[2]</sup>。本研究结果表明,氮、钙和钾为‘巨峰’葡萄需要的大量元素,磷和镁为中量元素,其他为微量元素,这与传统上将氮、磷、钾定义为大量元素,钙、镁为中量元素的结果不一致。许多研究均表明葡萄是大量需钙的作物<sup>[20,32-33]</sup>。姜远茂等<sup>[5]</sup>认为葡萄需钙量比其他果树大,果实中含钙量远高于苹果、柑橘和

梨。国外一些研究也认为葡萄对钙的需求量很大,施肥方案中明确要求葡萄生育期需要施用钙肥<sup>[34-35]</sup>。目前,植物镁缺乏的问题越来越严重,已经开始引起关注<sup>[36-37]</sup>。镁直接参与葡萄光合作用、酶活化等生理生化过程,是葡萄正常生长发育和提高果实品质必需的矿质元素之一,葡萄对镁的需求量也较大<sup>[38-39]</sup>。因此,传统植物上的元素分类标准不符合葡萄的实际情况。

## 4 结论

葡萄在整个生长发育过程中连续不断地吸收各种矿质养分,对各矿质元素的吸收随生育阶段不同而变化。其中,末花期至转色期对各种养分的需求量均为最高。葡萄园施肥需要重视每个生育阶段各必需矿质养分的供给。生产 1 000 kg ‘巨峰’葡萄果实各矿质元素的需求量为氮 5.67 kg、磷 2.37 kg、钾 5.66 kg、钙 5.70 kg、镁 1.02 kg、铁 153.45 g、锰 53.14 g、锌 36.25 g、铜 7.28 g、硼 41.84 g、钼 0.47 g。‘巨峰’葡萄各矿质元素占干物质重的平均含量分别为氮 0.92%、磷 0.36%、钾 0.66%、钙 0.84%、镁 0.15%、铁 269.27 mg·kg<sup>-1</sup>、锰 57.24 mg·kg<sup>-1</sup>、锌 49.64 mg·kg<sup>-1</sup>、铜 12.66 mg·kg<sup>-1</sup>、硼 66.35 mg·kg<sup>-1</sup>、钼 1.09 mg·kg<sup>-1</sup>。各元素比例氮:磷:钾:钙:镁为 10.00:3.91:7.17:9.13:1.63,铁:锰:锌:铜:硼:钼为 10.00:2.13:1.84:0.47:2.46:0.04。

## References

- [1] 刘凤之,段长青. 葡萄生产配套技术手册. 北京: 中国农业出版社, 2013.  
LIU F Z, DUAN C Q. *Grape Production Techniques Manual*. Beijing: China Agriculture Press, 2013. (in Chinese)
- [2] 陆景陵. 植物营养学(上册). 北京: 中国农业大学出版社, 2007.  
LU J L. *Plant Nutrition (I)*. Beijing: China Agricultural University Press, 2007. (in Chinese)
- [3] BRUNETTO G, MELO G W B, TOSELLI M, QUARTIERI M, TAGLIAVINI M. The role of mineral nutrition on yields and fruit quality in grapevine, pear and apple. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 2015, 37: 1089-1104.
- [4] BRATASEVEC K, SOVILOTTI P, VODOPIVEC B M. Soil and foliar fertilization affects mineral contents in *Vitis vinifera* L. cv. ‘rebulja’ leaves. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 2013, 13(3): 650-663.
- [5] 姜远茂, 张宏彦, 张福锁. 北方落叶果树养分资源综合管理理论与实践. 北京: 中国农业出版社, 2007.



- JIANG Y M, ZHANG H Y, ZHANG F S. *Concepts & Practice of Integrate Nutrient Resource Management in Northern Deciduous Fruit*. Beijing: China Agriculture Press, 2007. (in Chinese)
- [6] 蔡红光, 袁静超, 刘剑钊, 闫孝贡, 张洪喜, 梁尧, 任军. 高密度种植条件下春玉米氮素的需求规律与适宜施氮量. *中国农业科学*, 2017, 50(11): 1995-2005.
- CAI H G, YUAN J C, LIU J Z, YAN X G, ZHANG H X, LIANG R, REN J. Optimal nitrogen application rate and nitrogen requirement characteristics in spring maize under high planting density condition. *Scientia Agricultura Sinica*, 2017, 50(11): 1995-2005. (in Chinese)
- [7] 蒋尚军, 蔡建军, 王会福. 甬优 12 对 N、P、K 养分需求规律及施肥效应模型研究. *中国稻米*, 2016, 22(1): 70-73, 76.
- JIANG S J, CAI J J, WANG H F. The requirement rule of N, P, K nutrient and fertilization effect model of Yongyou 12. *China Rice*, 2016, 22(1): 70-73, 76. (in Chinese)
- [8] 刘晓伟, 鲁剑巍, 李小坤, 卜容燕, 刘波, 次旦. 直播冬油菜干物质积累及氮磷钾养分的吸收利用. *中国农业科学*, 2011, 44(23): 4823-4832.
- LIU X W, LU J W, LI X K, BU R Y, LIU B, CI D. Dry matter accumulation and N, P, K absorption and utilization in direct seeding winter oilseed (*Brassica napus* L.). *Scientia Agricultura Sinica*, 2011, 44(23): 4823-4832. (in Chinese)
- [9] 汪恩国, 蔡建军, 刘伟明. ‘绿雄 90’ 西兰花花球生长动态与 N、P、K 养分需求效应研究. *农学报*, 2016, 6(3): 33-39.
- WANG E G, CAI J J, LIU W M. Growth dynamics and N, P, K nutrient needs of broccoli ‘Lvxiang 90’. *Journal of Agriculture*, 2016, 6(3): 33-39. (in Chinese)
- [10] 史祥宾, 杨阳, 翟衡, 孙永江, 钟晓敏. 不同时期施用氮肥对‘巨峰’葡萄氮素吸收、分配及利用的影响. *植物营养与肥料学报*, 2011, 17(6): 1444-1450.
- SHI X B, YANG Y, ZHAI H, SUN Y J, ZHONG X M. Effects of N fertilization on nitrogen absorption, distribution and utilization of Kyoho grape. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2011, 17(6): 1444-1450. (in Chinese)
- [11] 马文娟, 同延安, 高义民. 葡萄氮素吸收利用与累积年周期变化规律. *植物营养与肥料学报*, 2010, 16(2): 504-509.
- MA W J, TONG Y A, GAO Y M. Study on nitrogen absorption, utilization and accumulation in grape tree. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2010, 16(2): 504-509. (in Chinese)
- [12] 马振强, 贾明方, 王金欢, 翟衡. 磷肥追施时期对‘摩尔多瓦’葡萄磷素吸收利用的影响. *果树学报*, 2014, 31(5): 848-853.
- MA Z Q, JIA M F, WANG J H, ZHAI H. Effects of the timing of phosphatic fertilizer dressing on phosphorus utilization in ‘Moldova’ grapes. *Journal of Fruit Science*, 2014, 31(5): 848-853. (in Chinese)
- [13] 张志勇, 马文奇. 酿酒葡萄‘赤霞珠’养分累积动态及养分需求量的研究. *园艺学报*, 2006, 33(3): 466-470.
- ZHANG Z Y, MA W Q. Studies on the requirement and accumulative trend of nutrients in wine grape ‘Cabernet Sauvignon’. *Acta Horticulturae Sinica*, 2006, 33(3): 466-470. (in Chinese)
- [14] VAN LEEUWEN C, FRIANT P, CHONE X, TREGOAT O, KOUNDOURAS S, DUBOURDIEU D. Influence of climate, soil, and cultivar on terroir. *American Journal of Enology and Viticulture*, 2004, 55(3): 207-217.
- [15] PRADUBSUK S, DAVENPORT J R. Seasonal uptake and partitioning of macronutrients in mature ‘Concord’ grape. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 2010, 135(5): 474-483.
- [16] LECOURT J, LAUVERGEAT V, OLLAT N, VIVIN P, COOKSON S J. Shoot and root ionome responses to nitrate supply in grafted grapevines are rootstock genotype dependent. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 2015, 21, 311-318.
- [17] BELL S J, HENSCHKE P A. Implications of nitrogen nutrition for grapes, fermentation and wine. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 2005, 11(3): 242-295.
- [18] SEGAGE S R, GIACOSA S, TORCHIO F, PALMA L D, NOVELLO V, GERBI V, ROLLE L. Impact of different advanced ripening stages on berry texture properties of ‘Red Globe’ and ‘Crimson Seedless’ table grape cultivars (*Vitis vinifera* L.). *Scientia Horticulturae*, 2013, 160: 313-319.
- [19] 鲍士旦. 土壤农化分析. 第 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2007.
- BAO S D. *Soil Agro-Chemical Analysis*. 3rd ed. Beijing: China Agriculture Press, 2007. (in Chinese)
- [20] 骆萌, 伍国红, 许文平, 骆强伟, 娄玉穗, 孙锋, 王世平. 新疆吐鲁番地区‘无核白’葡萄水分和矿质元素周年吸收规律研究. *园艺学报*, 2017, 44(10): 1849-1860.
- LUO M, WU G H, XU W P, LUO Q W, LOU Y S, SUN F, WANG S P. Water and mineral elements uptake patterns of ‘Thompson Seedless’ grapevine in Turpan, Xinjiang. *Acta Horticulturae Sinica*, 2017, 44(10): 1849-1860. (in Chinese)
- [21] CONRADIE W J. Seasonal uptake of nutrients by Chenin blanc in sand culture: II. phosphorus, potassium, calcium and magnesium. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 1981, 2(1): 7-13.
- [22] ROMIC M, ZOVKO M, ROMIC D, BAKIC H. Improvement of vineyard management of *Vitis vinifera* L. cv. Grk in the Lumbarda vineyard region (Croatia). *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 2012, 43(1/2): 209-218.
- [23] 初建青, 王文艳, 房经贵, 张春华, 张彦平, 宋长年. 叶面喷施尿



- 素对葡萄氮代谢相关基因表达的影响. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(2): 405-416.
- CHU J Q, WANG W Y, FANG J G, ZHANG C H, ZHANG Y P, SONG C N. Effects of foliar applied urea on expression of genes related to nitrogen metabolism in Fujiminori grapevine. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2012, 18(2): 405-416. (in Chinese)
- [24] 张成, 贾海锋, 王剑, 纠松涛, 王梦琦. 利用钾吸收基因表达评价葡萄叶面喷施钾肥效果和喷施浓度. 植物营养与肥料学报, 2016, 22(4): 1091-1101.
- ZHANG C, JIA H F, WANG J, JIU S T, WANG M Q. Effectiveness and concentration of foliar-application of potassium fertilizers on grapevine evaluated by expression of potassium uptake related genes. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2016, 22(4): 1091-1101. (in Chinese)
- [25] 冯丽丹, 李捷, 赵宾宾, 李霁昕, 米兰, 韩舜愈. 叶面喷施硼肥对‘梅鹿辄’葡萄产量及果实品质的影响. 中国果树, 2016(4): 21-25.
- FENG L D, LI J, ZHAO B B, LI J X, MI L, HAN S Y. Effect of foliar applied boron fertilizer on yield and fruit quality in ‘Merlot’ grape. *China Fruits*, 2016(4): 21-25. (in Chinese)
- [26] AMIRI M E, FALLAHI E. Influence of mineral nutrients on growth, yield, berry quality, and petiole mineral nutrient concentrations of table grape. *Journal of Plant Nutrition*, 2007, 30: 463-470.
- [27] RAMOS M C, ROMERO M P. Potassium uptake and redistribution in Cabernet Sauvignon and Syrah grape tissues and its relationship with grape quality parameters. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2017, 97(10): 3268-3277.
- [28] 马文娟, 同延安, 王百祥, 杨莉芳. 葡萄树主要生长期钾素的吸收与累积规律. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2013, 41(9): 127-132.
- MA W J, TONG Y A, WANG B X, YANG L F. Annual change of potassium content and accumulation in grape tree. *Journal of Northwest A&F University (Nature Science Edition)*, 2013, 41(9): 127-132. (in Chinese)
- [29] 裴帅. 两种酿酒葡萄不同器官干物质和营养元素积累规律研究[D]. 银川: 宁夏大学, 2017.
- PEI S. Study on the dry matter and accumulation of nutrient elements in different organs of two kinds of grapevine [D]. Yinchuan: Ningxia University, 2017. (in Chinese)
- [30] WILLIAMS L E, BISCAY P J. Partitioning of dry weight, nitrogen, and potassium in Cabernet Sauvignon grapevines from anthesis until harvest. *American Journal of Enology and Viticulture*, 1991, 42(2): 113-117.
- [31] SCHREINER R P, SCAGEL C F, BAHAM J. Nutrient uptake and distribution in a mature ‘Pinot noir’ vineyard. *HortScience*, 2006, 41(2): 336-345.
- [32] 刘爱玲, 何建军, 王磊, 李节法, 许文平, 张才喜, 王振平, 王世平. 设施栽培‘峰后’葡萄营养元素和水分吸收规律研究. 果树学报, 2012, 29(5): 852-860.
- LIU A L, HE J J, WANG L, LI J F, XU W P, ZHANG C X, WANG Z P, WANG S P. Study on absorption of nutrient elements and water of protectively cultivated ‘Fenghou’ grape. *Journal of Fruit Science*, 2012, 29(5): 852-860. (in Chinese)
- [33] 孙美, 李栋梅, 董业雯, 裴帅, 丁晓玲, 王振平. 养分供应量对玫瑰香葡萄矿质元素和水分吸收的影响. 西北植物学报, 2017, 37(3): 526-533.
- SUN M, LI D M, DONG Y W, PEI S, DING X L, WANG Z P. Absorption of mineral elements and water in Muscat Hamburg grape with different nutrient supply. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2017, 37(3): 526-533. (in Chinese)
- [34] BONOMELLI C, RUIZ R. Effects of foliar and soil calcium application on yield and quality of table grape cv. ‘Thompson seedless’. *Journal of plant nutrition*, 2010, 33(3): 299-314.
- [35] ASHOORI M, LOLAEI A, ZAMANI S, AHMADIAN E, MOBASHERI S. Optimizing quality and quantity-parameters of apple cv. ‘Red Delicious’ by adjustment of calcium and nitrogen. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 2013, 5(8): 868.
- [36] GUO W L, NAZIM H, LIANG Z S, YANG D F. Magnesium deficiency in plants: An urgent problem. *The Crop Journal*, 2016, 4(2): 83-91.
- [37] HERMANS C, JOHNSON G N, STRASSER R J, VERBRUGGEN N. Physiological characterisation of magnesium deficiency in sugar beet: acclimation to low magnesium differentially affects photo systems I and II. *Planta*, 2004, 220: 344-355.
- [38] 韩艳婷, 杨国顺, 石雪晖, 刘昆玉, 陈冲. 不同镁营养水平对红地球葡萄叶绿体结构及光合响应的影响. 果树学报, 2011, 28(04): 603-609.
- HAN Y T, YANG G S, SHI X H, LIU K Y, CHEN C. Effects of different magnesium concentrations on chloroplast ultrastructure and photosynthetic response of *Vitis vinifera* cv. Red Globe. *Journal of Fruit Science*, 2011, 28(4): 603-609. (in Chinese)
- [39] ESMAIL A O, ATRUSHY S M M, MUSTAFA S A. Effect of concentrations and number of spraying with Mg on growth yield and quality of grape (*Vitis vinifera* L.) cv. Tre-Rash. *Journal of Kirkuk University for Agricultural Sciences*, 2017, 8(1): 12-18.

(责任编辑 赵伶俐)