

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2022.11.008

# 不同砧木对“爱媛 28 号”橘橙营养器官 组织养分吸收利用的影响

何满<sup>1</sup>, 田洋<sup>1</sup>, 喻莹<sup>1</sup>, 普金安<sup>2</sup>, 张翠英<sup>2</sup>,  
何瑞杰<sup>1</sup>, 郑永强<sup>1</sup>, 吕强<sup>1</sup>, 谢让金<sup>1</sup>,  
马岩岩<sup>1</sup>, 邓烈<sup>1</sup>, 易时来<sup>1</sup>

1. 西南大学 柑桔研究所/国家柑桔工程技术研究中心/中国农业科学院柑桔研究所, 重庆 400712;  
2. 云南省新平县经济作物工作站, 云南 新平 653499

**摘要:** 以枳壳、枳橙、红橘和香橙等为砧木的“爱媛 28 号”橘橙苗木为对象, 研究这 4 种砧木对“爱媛 28 号”叶片、枝条、茎干、砧木、根系等器官组织的养分吸收利用情况, 筛选出“爱媛 28 号”养分高效利用型的砧木品种。结果表明, “爱媛 28 号”叶片、枝条、茎干的氮、磷、钾吸收量均以枳橙砧最高, 钙、镁吸收量以香橙砧最高, 铁、锰、锌、硼吸收量以枳壳砧最高; 砧木及根系中的磷、镁、铁、锰、锌、硼吸收量均以枳壳砧最高; 红橘砧的各营养器官组织的各元素质量分数均为最低。由此说明, 枳橙砧“爱媛 28 号”吸收利用氮、磷、钾等大量元素养分能力相对较强, 枳壳砧“爱媛 28 号”吸收与转运铁、锰、铜、锌、硼等微量元素能力相对较强, 而红橘砧对矿质营养元素的吸收转运能力相对较弱。

**关键词:** “爱媛 28 号”; 砧木; 营养器官; 养分吸收

**中图分类号:** S666 **文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-9868(2022)11-0080-08

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Effect of Different Rootstocks on Nutrient Absorption and Utilization of Vegetative Organs in ‘Ehime 28’

HE Man<sup>1</sup>, TIAN Yang<sup>1</sup>, YU Ying<sup>1</sup>, PU Jinan<sup>2</sup>,  
ZHANG Cuiying<sup>2</sup>, HE Ruijie<sup>1</sup>, ZHENG Yongqiang<sup>1</sup>,  
LYU Qiang<sup>1</sup>, XIE Rangjin<sup>1</sup>, MA Yanyan<sup>1</sup>, DENG Lie<sup>1</sup>, YI Shilai<sup>1</sup>

1. Citrus Research Institute of Southwest University/National Citrus Engineering and Technology Research Center/  
Citrus Research Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Chongqing 400712, China;  
2. Xinning County Cash Crop Workstation, Xinning Yunnan 653499, China

收稿日期: 2022-02-24

基金项目: 重庆市技术创新与应用发展专项面上项目(cstc2020jcsx-msxmX0026, cstc2020jcsx-msxm0079); 国家重点研发计划课题(2018YFD0700602, 2016YFD0200104)。

作者简介: 何满, 硕士研究生, 主要从事柑橘栽培生理方面的研究。

通信作者: 易时来, 副研究员。

**Abstract:** Taking seedlings of ‘Ehime 28’ on rootstocks of trifoliate orange, Carrizo citrange, red tangerine and *Citrus junos* as the object, the effects of four rootstocks on nutrient absorption and utilization in the organs and tissues of seedlings such as leaves, branches, stems, rootstocks and roots were studied. The high nutrient utilization rootstock varieties for ‘Ehime 28’ were put forward. The results showed that the absorption of N, P and K in leaves, branches and stems of grafted ‘Ehime 28’ was the highest on Carrizo citrange rootstock, the absorption of Ca and Mg was the highest on *C. junos* rootstock, and the absorption of Fe, Mn, Zn and B was the highest on trifoliate orange rootstock. The absorption of P, Mg, Fe, Mn, Zn and B was the highest by rootstock and root system of trifoliate orange. The contents of elements in vegetative organs and tissues of red tangerine rootstock were relatively the lowest. In summary, the ability of ‘Ehime 28’ on Carrizo citrange rootstock to absorb and utilize macro elements such as N, P, K is relatively strong, the ability of ‘Ehime 28’ on trifoliate orange rootstock to absorb and transport Fe, Mn, Cu, Zn, B and other trace elements is relatively strong, while the ability of red tangerine rootstock to absorb and transport all mineral nutrients is relatively weak.

**Key words:** ‘Ehime 28’; rootstock; vegetative organ; nutrient absorption

“爱媛 28 号”又称“红美人”“果冻橙”，是“南香”与“天草”为亲本杂交育成的早熟优质橘橙类品种<sup>[1]</sup>。我国浙江地区首先引进该品种，由于其具备优质、早熟、丰产、适应性广等优点，近年来在我国柑橘产区广泛种植<sup>[2]</sup>。“爱媛 28 号”成熟期一般在 11 月下旬，12 月上旬完熟<sup>[3]</sup>，成熟后果面呈橙红色，果肉极化渣，高糖优质，有甜橙般香气<sup>[4]</sup>，是当前的网红柑橘品种。该品种投产前树势较强，粗枝大叶，枝梢易徒长，枝条较软；由于其开花坐果能力极强，结果投产后枝梢容易衰弱，尤其过量挂果后树势迅速衰退，往往形成小老树<sup>[5]</sup>。目前，我国部分柑橘产区大量高接换种“爱媛 28 号”，过量挂果后树势早衰问题十分突出，已成为制约该品种快速发展的技术瓶颈之一。

砧木对柑橘树体的生长发育与养分吸收等具有十分重要的作用<sup>[6]</sup>，直接影响果园的后期经济效益。由于接穗遗传性差异以及不同砧木根系对养分吸收能力的差异，不同砧穗组合对养分转运及吸收利用也存在较大差异，进而影响树体的生长发育<sup>[7]</sup>。赵旭阳<sup>[8]</sup>研究发现不同砧木的“渝津橙”苗木生长发育存在较大差异。国内外在苹果<sup>[9]</sup>、桃<sup>[10]</sup>、杧果<sup>[11]</sup>、甜橙<sup>[12]</sup>等果树上的研究结果表明，砧木能够通过调控相关营养元素的吸收和转运，从而影响嫁接口上部植株的矿质营养水平。

柑橘优质高效生产离不开优良新品种的快速繁育和高品质栽培技术体系的应用，科学合理地选择适宜的优良砧木类型是柑橘苗木嫁接繁育与优质丰产的基础。本研究以 4 种不同砧木的“爱媛 28 号”橘橙苗木为试材，研究不同砧木对“爱媛 28 号”养分吸收利用的差异与影响，筛选出“爱媛 28 号”养分吸收利用较好的砧木类型，为解决生产中“爱媛 28 号”进入挂果投产后树体迅速衰退与枝梢衰弱问题，同时也为柑橘优质丰产提供一定的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 盆栽试验与供试材料

盆栽试验设在重庆市北碚区西南大学柑桔研究所(中国农业科学院柑桔研究所)盆栽场内，所在地年均气温 18.3 ℃，年均降水量 1 105.4 mm。盆栽土壤的理化指标及其含量：pH 值 4.85，有机质 36.8 g/kg，碱解氮 84.5 mg/kg，速效磷 68.5 mg/kg，有效钾 167.5 mg/kg，有效钙 1 645.6 mg/kg，有效镁 264.6 mg/kg，有效铁 18.5 mg/kg，有效锰 16.63 mg/kg，有效锌 5.13 mg/kg。

选取砧木播种期与嫁接时间均一致的一年生枳壳、枳橙、红橘和香橙等 4 种砧木的“爱媛 28 号”苗木，各 20 株，于 2021 年 3 月移栽在直径 22 cm、深 31 cm 的盆钵中，每盆定植 1 株。苗木施肥、病虫害防控等管理按常规技术统一进行。

## 1.2 样品采集与养分测定

### 1.2.1 样品采集

移栽管理 240 d 后, 随机选取不同砧木类型的苗木各 3 株, 将植株整体取出, 按照叶片、枝条、茎干、砧木、根系等器官组织分别取样, 清洗干净, 将样品置于烘箱 105 °C 烘烤 30 min 后 60~80 °C 烘干至恒质量, 再将样品磨碎、过筛, 存放于干燥器中, 用于养分含量的检测分析。

### 1.2.2 养分测定

植株氮、磷、钾等大量元素采用  $H_2SO_4-H_2O_2$  消煮法制备待测液, 分别用半微量凯氏定氮法、钼锑抗比色法、火焰光度法测定其含量。植株钙、镁、铁、锰、铜、锌等中微量元素测定前采用  $HNO_3-HClO_4$  消煮法制备待测液, 利用电感耦合等离子体发射光谱仪(ICP-OES 5100)测定其含量<sup>[13]</sup>。

## 1.3 数据统计分析

根据各器官组织的干物质量、养分含量及其含水量计算其养分吸收量, 即养分吸收量=干物质量×干基养分含量。利用 Microsoft Excel 2019 软件进行数据处理和绘图, 采用 SPSS 25.0 软件进行方差与相关性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 砧木对各器官组织氮、磷、钾质量分数的影响

试验结果看出, 4 种不同砧木“爱媛 28 号”橘橙各器官组织氮、磷的质量分数从高到低依次为叶片、枝条、根系、茎干、砧木。“爱媛 28 号”枝条与茎干氮、磷的质量分数从高到低依次为枳橙砧、香橙砧、枳壳砧、红橘砧, 其中枳橙砧的“爱媛 28 号”枝条与茎干氮的质量分数比红橘均高 30.9%, 枳橙砧枝条、茎干磷的质量分数分别比红橘砧的高 45.1%, 100.0%。“爱媛 28 号”根系氮的质量分数从高到低依次为枳橙砧、红橘砧、枳壳砧、香橙砧, 其中枳橙砧根系氮质量分数比香橙砧高 1.5 倍。红橘砧“爱媛 28 号”砧木磷的质量分数显著高于其他 3 种砧木, 且分别比枳壳砧、枳橙砧、香橙砧高 1.5 倍、1.0 倍、1.1 倍。“爱媛 28 号”嫁接口上部各器官组织的氮、磷质量分数从高到低依次为香橙砧、枳橙砧、枳壳砧、红橘砧, 其中香橙砧处理的嫁接口上部各器官组织的氮、磷质量分数分别比红橘砧高 10.5%, 41.6%。“爱媛 28 号”嫁接口下部器官组织的氮质量分数从高到低依次为枳橙砧、红橘砧、枳壳砧、香橙砧, 嫁接口下部器官组织的磷质量分数从高到低依次为红橘砧、枳橙砧、枳壳砧、香橙砧(表 1)。

表 1 “爱媛 28 号”橘橙不同砧木各器官组织氮、磷、钾质量分数

g/kg

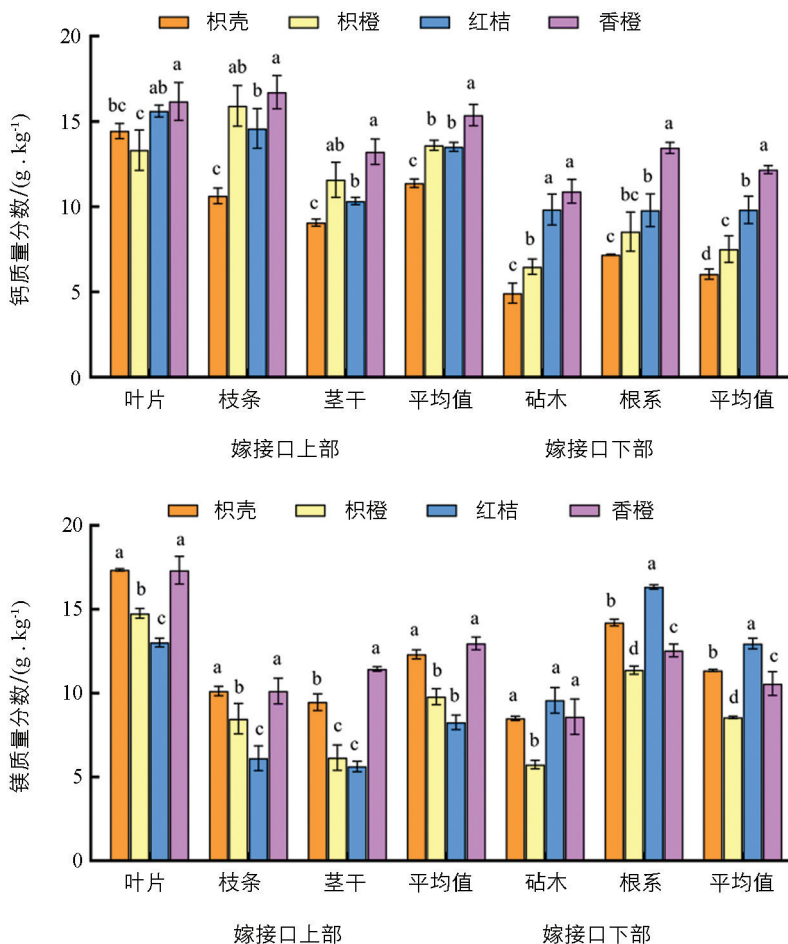
元素	砧木类型	嫁接口上部				嫁接口下部		
		叶片	枝条	茎干	平均值	砧木	根系	平均值
氮	枳壳	57.75±2.73a	23.49±1.62a	18.40±1.62a	32.54±0.65ab	20.71±1.61a	17.72±1.39c	19.21±1.45bc
	枳橙	55.64±1.76a	26.21±1.90a	21.36±1.60a	33.74±0.37ab	14.60±1.57b	35.77±2.48a	25.18±0.72a
	红橘	59.86±2.88a	20.02±1.22b	16.32±1.76b	31.07±0.95b	18.44±0.99a	24.88±2.50b	21.66±1.15ab
	香橙	58.56±3.10a	23.82±0.74a	19.58±1.80a	34.32±1.35a	13.79±1.69b	14.00±1.24c	13.89±1.20c
磷	枳壳	2.16±0.10a	1.07±0.12bc	0.66±0.09b	1.30±0.06b	0.41±0.09b	1.17±0.09a	0.76±0.03bc
	枳橙	1.97±0.08b	1.73±0.18a	0.96±0.17a	1.52±0.07a	0.51±0.09b	1.37±0.04a	0.89±0.14ab
	红橘	1.98±0.08b	0.95±0.01c	0.54±0.12b	1.13±0.09b	1.03±0.07a	1.30±0.24a	1.07±0.23a
	香橙	2.22±0.04a	1.25±0.15b	1.10±0.17a	1.60±0.07a	0.48±0.03b	0.88±0.09a	0.63±0.04c
钾	枳壳	9.28±0.61a	5.37±0.23b	3.40±0.31a	6.02±0.18b	1.81±0.06c	4.23±0.26b	3.05±0.09c
	枳橙	8.85±0.51a	6.57±0.08a	3.45±0.35a	6.42±0.12a	2.07±0.14bc	4.82±0.31ab	3.44±0.19b
	红橘	7.77±0.25b	3.05±0.05d	1.80±0.31c	4.20±0.04d	2.64±0.15a	5.35±0.41a	3.85±0.18a
	香橙	9.62±0.28a	4.41±0.12c	2.54±0.18b	5.52±0.02c	2.45±0.15bc	4.78±0.22ab	3.71±0.18ab

注: 同一列数据后小写字母不同表示差异有统计学意义( $p < 0.05$ )。

4 种砧木“爱媛 28 号”橘橙各器官组织钾的质量分数从高到低依次为叶片、枝条、根系、砧木、茎干。“爱媛 28 号”叶片钾质量分数以香橙砧最高、红橘砧最低, 前者比后者高 23.8%; “爱媛 28 号”枝条、茎干钾质量分数从高到低依次为枳橙砧、枳壳砧、香橙砧、红橘砧, 其中枳橙砧的枝条、茎干钾质量分数分别比红橘砧高 120.0%, 91.7%; 砧木、根系的钾质量分数从高到低依次为红橘砧、香橙砧、枳橙砧、枳壳砧, 其中红橘砧的砧木和根系钾质量分数分别比枳壳砧处理的高 45.8%, 26.5%。

## 2.2 砧木对各器官组织钙、镁质量分数的影响

试验结果看出, 4 种砧木“爱媛 28 号”橘橙各器官组织钙质量分数从高到低依次为叶片、枝条、茎干、根系、砧木。“爱媛 28 号”叶片钙质量分数从高到低依次为香橙砧、红橘砧、枳壳砧、枳橙砧, 其中香橙砧处理的叶片钙质量分数比枳橙砧高 21.6%; “爱媛 28 号”枝条、茎干的钙质量分数从高到低依次均为香橙砧、枳橙砧、红橘砧、枳壳砧, 其中香橙砧处理的枝条、茎干钙质量分数分别比红橘砧的高 57.3%, 45.9%; 砧木、根系的钙质量分数从高到低依次均为香橙砧、红橘砧、枳橙砧、枳壳砧, 其中香橙砧处理的砧木、根系钙质量分数分别比枳壳砧高 120.0%, 92.2%。从各器官组织镁质量分数分析结果可知, “爱媛 28 号”各器官组织镁质量分数以叶片和根系中相对较高。“爱媛 28 号”叶片、枝条、茎干的镁质量分数从高到低依次均为香橙砧、枳壳砧、枳橙砧、红橘砧, 其中香橙砧处理的叶片、枝条、茎干的镁质量分数分别比红橘砧高 33.8%, 65.6%, 100.0%; 砧木、根系镁质量分数从高到低依次均为红橘砧、枳壳砧、香橙砧、枳橙砧, 其中红橘砧处理的砧木、根系镁质量分数分别比枳橙砧高 68.4%, 58.2%(图 1)。

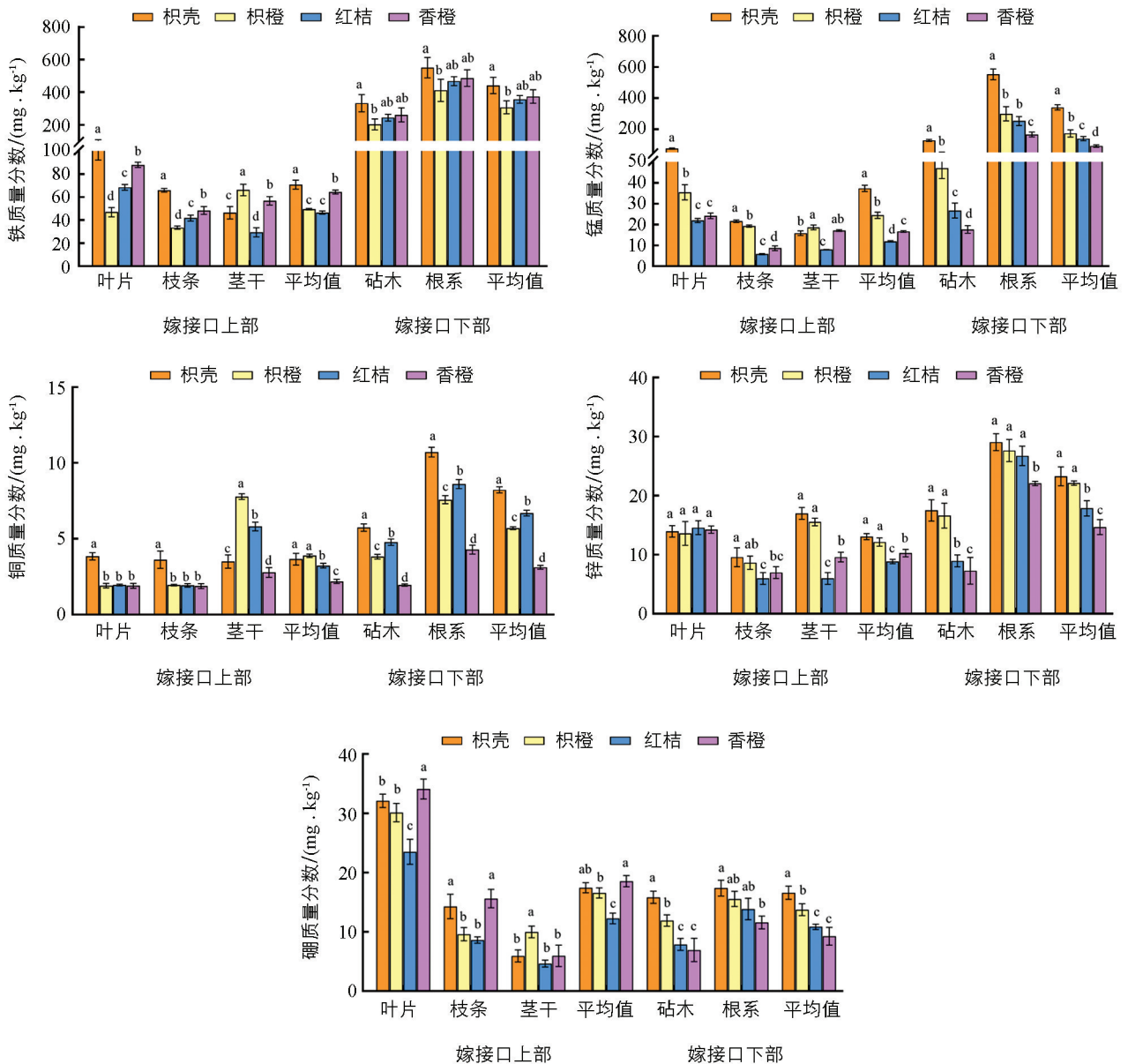


每组处理小写字母不同表示差异有统计学意义 ( $p < 0.05$ )。

图 1 “爱媛 28 号”橘橙不同砧木各器官组织钙、镁质量分数

### 2.3 砧木对各器官组织微量元素质量分数的影响

试验结果看出,“爱媛 28 号”橘橙植株铁、锰、铜、锌质量分数以根系和砧木中相对较高,约占整个植株的 60.0%以上。“爱媛 28 号”各器官组织(除茎干外)铁质量分数从高到低依次均为枳壳砧、香橙砧、红橘砧、枳橙砧,其中枳壳砧处理的叶片、枝条铁质量分数均比枳橙砧高 1.1 倍,枳壳砧处理的砧木、根系的铁质量分数分别比枳橙砧高 59.3%, 33.8%, 且差异有统计学意义;嫁接口上部各器官组织的铁平均质量分数从高到低依次为枳壳砧、香橙砧、枳橙砧、红橘砧,其中枳壳砧处理比红橘砧高 59.3%。嫁接口上部各器官组织锰、锌平均质量分数从高到低依次为枳壳砧、枳橙砧、香橙砧、红橘砧,其中枳壳砧的锰、锌质量分数分别比红橘砧高 220%, 47.8%;嫁接口下部各器官组织锰、锌质量分数从高到低依次为枳壳砧、枳橙砧、红橘砧、香橙砧,其中枳壳砧处理的锰、锌质量分数分别比香橙砧高 250%, 58.7%。枳壳砧处理的叶片、枝条的铜质量分数比其他 3 种砧木均高 1 倍,且差异有统计学意义;砧木、根系的铜质量分数从高到低依次为枳壳砧、红橘砧、枳橙砧、香橙砧,且差异有统计学意义,其中枳壳砧处理的砧木和根系铜质量分数分别比香橙砧高 2.0 倍、1.5 倍;嫁接口上部各器官组织铜平均质量分数从高到低依次为红橘砧、枳壳砧、枳橙砧、香橙砧,其中红橘砧处理比香橙砧高 77.2%(图 2)。



每组处理小写字母不同表示差异有统计学意义( $p < 0.05$ ).

图 2 “爱媛 28 号”橘橙不同砧木各器官组织铁、锰、铜、锌、硼质量分数

4 种砧木“爱媛 28 号”橘橙植株中硼主要分布于叶片中, 其质量分数占整个植株的 45.0% 以上. “爱媛 28 号”叶片、枝条的硼质量分数从高到低依次均为香橙砧、枳壳砧、枳橙砧、红橘砧, 其中香橙砧处理的叶片、枝条的硼质量分数分别比红橘砧高 45.0%, 81.2%; 枳橙砧处理的茎干硼质量分数分别比香橙砧、枳壳砧、红橘砧高 67.7%, 68.3%, 120%; 砧木、根系的硼质量分数从高到低依次均为枳壳砧、枳橙砧、红橘砧、香橙砧, 其中枳壳砧的砧木和根系中硼质量分数分别比香橙砧中高 140.0%, 35.4%.

## 2.4 砧木对植株养分吸收量的影响

试验结果看出, 不同砧木对“爱媛 28 号”橘橙植株的养分吸收量存在明显差异. 嫁接口上部各器官组织氮、磷、钾吸收量均以枳橙砧最高, 其次分别为香橙砧、枳壳砧, 红橘砧最低, 其中枳橙砧植株嫁接口上部氮、磷、钾吸收量分别比红橘砧高 30.1%, 92.3%, 104.1%. 嫁接口上部各器官组织铁、锰、锌、硼吸收量均以枳壳砧最高, 其次分别为枳橙砧、香橙砧, 红橘砧最低, 其中枳壳砧植株嫁接口上部各器官组织铁、锰、锌、硼吸收量分别比红橘砧高 90.1%, 175.0%, 100.0%, 100.0%. 嫁接口上部各器官组织钙、镁吸收量则以香橙砧最高, 其次分别为枳壳砧、枳橙砧, 红橘砧最低, 其中香橙砧植株嫁接口上部钙、镁吸收量分别比红橘砧高 60.1%, 70.6%. 嫁接口下部各器官组织磷、镁、铁、锰、锌、硼吸收量均以枳壳砧最高, 嫁接口下部各器官组织铁、锰、锌、硼质量分数均以红橘砧最低, 其中枳壳砧处理的嫁接口下部铁、锰、锌、硼吸收量分别比红橘砧高 56.4%, 182.5%, 37.5%, 61.5%. 嫁接口下部各器官组织磷、镁吸收量以枳壳砧植株相对较高, 枳橙砧最低, 且枳壳砧处理的嫁接口下部磷、镁吸收量分别比枳橙砧高 26.3%, 45.2%. 嫁接口下部各器官组织钾、钙吸收量均以香橙砧植株最高, 其次分别为枳橙砧、红橘砧, 枳壳砧最低. 嫁接口下部各器官组织氮吸收量从高到低依次为枳橙砧、红橘砧、枳壳砧、香橙砧, 其中枳橙砧处理比香橙砧高 65.4% (表 2).

表 2 “爱媛 28 号”橘橙不同砧木单株养分吸收量

mg

器官	砧木类型	氮	磷	钾	钙	镁	铁	锰	锌	硼
嫁接口上部	枳壳	217.82±24.51ab	8.56±1.24b	38.69±4.21a	62.84±6.45b	7.00±0.72ab	0.40±0.04a	0.22±0.02a	0.08±0.01a	0.12±0.01a
	枳橙	256.23±21.09a	11.56±0.84a	46.29±5.07a	88.79±4.57a	6.60±0.76b	0.32±0.02b	0.16±0.01b	0.07±0.01b	0.11±0.00a
	红橘	188.29±20.63c	6.01±1.24c	22.68±3.20b	58.38±9.11b	4.73±0.60c	0.21±0.03c	0.08±0.01d	0.04±0.01c	0.06±0.01b
	香橙	244.92±38.44a	10.70±0.83a	40.98±4.16a	93.48±6.45a	8.07±0.84a	0.40±0.04a	0.10±0.01c	0.06±0.01b	0.10±0.02a
嫁接口下部	枳壳	216.55±26.72b	12.64±1.49a	45.63±4.05b	82.31±6.12c	16.02±0.97a	6.24±1.03a	5.82±0.61a	0.33±0.03a	0.21±0.02a
	枳橙	334.90±26.46a	10.01±1.61a	46.10±3.95b	89.73±6.96bc	11.03±0.56b	4.45±0.59bc	2.55±0.41b	0.28±0.03ab	0.16±0.01b
	红橘	254.23±35.22b	12.01±3.92a	49.60±5.48ab	107.44±15.14b	15.90±1.35a	3.99±0.78c	2.06±0.15c	0.24±0.01b	0.13±0.02b
	香橙	202.40±30.23b	10.21±2.40a	56.72±4.84a	173.27±13.90a	15.59±1.97a	5.71±0.31ab	2.68±0.20b	0.25±0.03b	0.14±0.03b

注: 同列小写字母不同表示差异有统计学意义 ( $p < 0.05$ ).

## 3 讨论

### 3.1 砧木对植株大量元素吸收利用的影响

植物矿质营养是植株生长和生理活动的物质基础<sup>[14]</sup>. 其中氮、磷、钾作为 3 大必需营养元素, 对植物的生长发育、产量与品质形成等具有十分重要的作用<sup>[15-17]</sup>. 矿质元素的丰缺影响果树的生长发育, 而砧木及其根系作为树体养分吸收与转运的最重要器官, 具备将绝大多数矿质元素吸收并运输至嫁接口上部的功能, 因此, 砧木对养分的吸收与转运能力直接影响树体的矿质营养水平<sup>[12]</sup>. 砧木类型影响树体对各种营养元素的吸收利用, 这在柑橘<sup>[12]</sup>、苹果<sup>[9]</sup>、葡萄<sup>[18]</sup>、桃<sup>[19]</sup>等果树砧木上有一定的研究报道. 本试验结果表明, 不同砧木对“爱媛 28 号”橘橙植株矿质营养元素的吸收和运转具有显著影响, 其中枳橙砧对“爱媛 28 号”氮素的吸收能力高于香橙砧、枳壳砧和红橘砧. 香橙砧“爱媛 28 号”植株嫁接口下部氮、磷质量分数均低于其他 3 种砧木, 而嫁接口上部氮、磷质量分数高于其他 3 种砧木, 表明香橙砧向地上部转运氮、磷元素

能力较强,红橘砧枝条与茎干氮质量分数低于其他 3 种砧木且差异有统计学意义,表明红橘砧向嫁接口上部转运氮素能力相对较差. 4 种砧木根系磷质量分数差异无统计学意义,而红橘砧叶片与枝条磷质量分数又低于其他 3 种砧木且差异有统计学意义,同时表明红橘砧根系向嫁接口上部吸收转运磷素能力也相对较差. 红橘砧的砧木及其根系的钾质量分数最高,但嫁接口上部的叶片和枝条的钾质量分数最低,再次说明红橘砧向嫁接口上部转运氮、磷、钾的能力相对较弱.

### 3.2 砧木对植株中量元素吸收利用的影响

钙具有稳定生物膜结构、参与细胞内信号传导以及对细胞渗透调节等方面的作用. 本研究结果发现,香橙砧“爱媛 28 号”各组织器官钙质量分数相对最高,枳壳砧则相对最低,即香橙砧吸收与转运钙素能力比枳壳砧强,分别与王南南<sup>[20]</sup>、李学柱等<sup>[21]</sup>在不同砧木砂糖橘、夏橙的钙素含量研究结果一致. 镁是叶绿素卟啉环的中心原子,对植物光合作用、叶绿素和蛋白质合成以及酶活化过程等具有重要作用<sup>[15-16]</sup>. 本研究结果表明,“爱媛 28 号”红橘砧的砧木及其根系中镁质量分数相对最高,但其嫁接口上部的叶片、枝条、茎干等器官组织中镁质量分数却相对最低,进一步表明红橘砧吸收与转运镁素能力相对较差,更易发生镁缺乏素症. 与李学柱等<sup>[21]</sup>在枳壳、红橘、香橙等不同砧木的夏橙叶片镁质量分数规律的研究结果基本一致.

### 3.3 砧木对植株微量元素吸收利用的影响

柑橘童期根系和枝叶生长量较大,多种营养元素也大多在这些器官组织中积累,营养主要积累或转运到代谢活动最为活跃的部分,为植株生长发育提供充足的营养保障<sup>[18,22-25]</sup>. 本研究结果表明,铁、锰、铜、锌等微量元素在各砧木根系中高量积累,其中枳壳砧“爱媛 28 号”叶片、枝条、砧木、根系中的铁、锰、铜、锌质量分数均高于其他 3 种砧木且差异有统计学意义,表明枳壳砧吸收与利用铁、锰、铜、锌营养元素的能力相对较强. 本研究结果还发现,“爱媛 28 号”植株嫁接口上部各器官组织的硼质量分数以香橙砧最高,红橘砧最低;砧木及根系的硼质量分数则表现为枳壳砧最高,香橙砧最低. 这与李学柱等<sup>[21]</sup>对不同砧木的夏橙叶片锰、铜含量的研究结果相同,但与叶片铁、硼含量的规律不一致,可能的原因是砧木接穗组合对不同微量元素的吸收转运能力不同或不同微量元素在植株体内转移运输存在不同所致,具体相关机制机理还有待进一步系统深入研究.

## 4 结论

本试验条件下,“爱媛 28 号”橘橙各器官组织氮、磷、钾等大量元素以叶片和枝条中分布为主,铁、锰、铜、锌等难以移动的微量元素在根系中出现高度积累;枳壳砧“爱媛 28 号”植株吸收利用氮、磷、钾等大量元素养分能力相对较强,枳壳砧“爱媛 28 号”植株吸收与转运铁、锰、铜、锌、硼等微量元素能力较强,而红橘砧对本研究中测定的所有矿质营养元素的吸收转运能力都相对较弱. 因此,在“爱媛 28 号”橘橙适宜砧木选择方面,需根据种植区的土壤生态条件对矿质元素的影响特点以及砧木对不同生态种植区气候的抗逆性、抗病虫能力等进行综合分析,在此基础上进行科学选择.

### 参考文献:

- [1] 胡章琼,林永高. ‘爱媛 28’杂柑在福州的引种表现及栽培技术要点 [J]. 东南园艺, 2016, 4(3): 26-27.
- [2] 唐志敏,蔡建国,唐小忠,等. 酸橙砧“红美人”杂柑在湘南的引种表现及设施栽培技术 [J]. 中国南方果树, 2021, 50(4): 162-165.
- [3] 杨蕾,王振兴,程籍,等. 早熟杂柑‘爱媛 28’在重庆地区的引种栽培表现 [J]. 果树资源学报, 2020, 1(5): 85-87.
- [4] 孙海燕,李维,陈世林,等. 爱媛 28 号杂柑在宜昌市夷陵区高接换种的表现及栽培技术 [J]. 现代农业科技, 2019 (17): 95, 97.
- [5] 林芳. 红美人柑橘叶片黄化发生原因及防治措施 [J]. 世界热带农业信息, 2021(8): 55-56.
- [6] 刘晓. 柑橘不同砧穗组合硼镁吸收差异的研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2017.
- [7] KHALID M F, HUSSAIN S, ANJUM M A, et al. Physiological and Biochemical Responses of Kinnow Mandarin Grafted on Diploid and Tetraploid Volkamer Lemon Rootstocks under Different Water-Deficit Regimes [J]. PLoS One, 2021,

- 16(4): 47-55.
- [8] 赵旭阳. 不同砧木渝津橙幼苗期表现与砧穗互作生理机制 [D]. 重庆: 西南大学, 2011.
- [9] XU H, EDIGER D. Rootstocks with Different Vigor Influenced Scion-Water Relations and Stress Responses in Ambrosia TM Apple Trees (*Malus Domestica* Var. Ambrosia) [J]. *Plants* (Basel, Switzerland), 2021, 10(4): 614.
- [10] YAKUSHIJI H, SUGIURA H, YAMASAKI A, et al. Tree Growth, Productivity, and Fruit Quality of ‘Fuyu’ Persimmon Trees Onto Different Dwarfing Rootstocks [J]. *Scientia Horticulturae*, 2021, 278: 109-119.
- [11] REBOLLEDO-MARTÍNEZ A, PERALTA-ANTONIO N, REBOLLEDO-MARTÍNEZ L, et al. Effect of Rootstock in Tree Growth, Dry Matter, Flowering, Yield and Quality of ‘Manila’ Mango [J]. *Scientia Horticulturae*, 2019, 251: 155-161.
- [12] ALBRECHT U, TRIPATHI I, KIM H, et al. Rootstock Effects on Metabolite Composition in Leaves and Roots of Young Navel Orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) and Pummelo (*C. grandis* L. Osbeck) Trees [J]. *Trees*, 2019, 33(1): 243-265.
- [13] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [14] 王忠. 植物生理学 [M]. 2 版. 北京: 中国农业出版社, 2009.
- [15] 印莉萍, 黄勤妮, 吴平. 植物营养分子生物学及信号转导 [M]. 2 版. 北京: 科学出版社, 2006.
- [16] 黄建国. 植物营养学 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2004.
- [17] MENEGATTI R D, SOUZA A D G, BIANCHI V J. Absorption and Use of Different Sources and Doses of NPK in the Growth of ‘Capdeboscq’ and ‘Flordaguard’ Rootstocks [J]. *Journal of Plant Nutrition*, 2022, 45(8): 1149-1161.
- [18] POKHREL S, MEYERING B, BOWMAN K D, et al. Horticultural Attributes and Root Architectures of Field-Grown ‘Valencia’ Trees Grafted on Different Rootstocks Propagated by Seed, Cuttings, and Tissue Culture [J]. *HortScience*, 2021, 56(2): 163-172.
- [19] ARAS S, KELES H, BOZKURT E. Physiological and Histological Responses of Peach Plants Grafted Onto Different Rootstocks under Calcium Deficiency Conditions [J]. *Scientia Horticulturae*, 2021, 281: 96-109.
- [20] 王南南. 柑橘不同砧穗组合及砧木硼效率差异的研究 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2015.
- [21] 李学柱, 罗泽民, 邓烈. 不同砧木伏令夏橙矿质营养和紫色土 pH 的关系 [J]. *西南农业大学学报*, 1991, 13(1): 66-71.
- [22] DOMINGUES A R, MARCOLINI C D M, GONCALVES C H D S, et al. Fruit Ripening Development of ‘Valencia’ Orange Trees Grafted on Different ‘Trifoliata’ Hybrid Rootstocks [J]. *Horticulturae*, 2020, 7(1): 3.
- [23] WANG T, XIONG B, TAN L P, et al. Effects of Interstocks on Growth and Photosynthetic Characteristics in ‘Yuanxiaochun’ Citrus Seedlings [J]. *Functional Plant Biology: FPB*, 2020, 47(11): 977-987.
- [24] LU Z J, YU H Z, MI L F, et al. The Effects of Inarching *Citrus reticulata* Blanco Var. Tangerine on the Tree Vigor, Nutrient Status and Fruit Quality of *Citrus Sinensis* Osbeck ‘Newhall’ Trees that Have *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. as Rootstocks [J]. *Scientia Horticulturae*, 2019, 256: 108-126.
- [25] 丁伟. 论植物医学 [J]. *植物医学*, 2022, 1(1): 5-17.

责任编辑 王新娟