

## 10年生石榴植株大量矿质元素分布与累积特性

张晓玲<sup>1,2</sup>, 徐义流<sup>1\*</sup>, 束冰<sup>3</sup>, 高正辉<sup>1,3</sup>, 秦改花<sup>1,3</sup>, 刘长华<sup>4</sup>, 陆东娟<sup>3</sup>

(1. 园艺作物种质创制与生理生态安徽省重点实验室, 合肥 230031; 2. 安徽省农业科学院土肥所, 合肥 230031; 3. 安徽省农业科学院园艺所, 合肥 230031; 4. 怀远石榴研究所, 怀远 233400)

**摘要:** 为研究石榴植株中大量矿质营养元素分布与累积特性, 以10年生‘大笨籽’石榴植株为试材, 分别测定果实、叶、一年生枝、骨干枝、主干、侧根和须根的N、P、K、Ca、Mg和S的含量。结果表明: (1) N、P、Ca等元素在叶片中含量最高, 分别为20.17、2.00和30.63 g·kg<sup>-1</sup>; K在果实中含量最高, 为10.23 g·kg<sup>-1</sup>, Mg和S元素在须根中含量最高, 分别为1.27和1.90 g·kg<sup>-1</sup>。(2) N在骨干枝中积累量最大, 为35.03 g, 所占比例为25.22%; P在侧根中积累量最大, 为3.66 g, 所占比例为28.80%; K在果实中积累量最大, 为31.97 g, 所占比例为43.70%; Ca在骨干枝中积累量最大, 为27.29 g, 所占比例为26.42%; Mg在叶片中积累量最大, 为3.86 g, 所占比例为30.65%; S在果实中积累量最大, 为3.48 g, 所占比例为27.01%; (3) 整株每kg鲜重生物量中大量元素积累量为13.69 g, 其中叶片的最高为26.35 g; 其次为须根, 积累量为22.47 g; 果实的积累量最少为8.94 g。

**关键词:** 石榴; 大量矿质元素; 积累与分布

中图分类号: S665.4

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2015)04-0540-05

### Distribution and accumulation of major mineral elements in 10-year-old pomegranate trees

ZHANG Xiaoling<sup>1,2</sup>, XU Yiliu<sup>1</sup>, SHU Bing<sup>3</sup>, GAO Zhenghui<sup>1,3</sup>, QIN Gaihua<sup>1,3</sup>, LIU Changhua<sup>4</sup>, LU Dongjuan<sup>3</sup>

(1. Key Laboratory of Genetic Improvement and Ecophysiology of Horticultural Crop, Anhui Province, Hefei 230031;

2. Institute of Soil and Fertilizer, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031;

3. Institute of Horticultural, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031;

4. Institute of Huaiyuan Pomegranate Research, Huaiyuan 233400)

**Abstract:** This study was aimed at understanding the distribution and contents of mineral nutrients in different organs of pomegranate trees. We tested the distribution and the contents of N, P, K, Ca, Mg, and S in different organs of a 10-year-old ‘dabenzi’ pomegranate tree. The results were as follows. (1) The leaf contained the highest contents of N, P, and Ca at 20.17, 2.00, and 30.63 g·kg<sup>-1</sup>, respectively; the fruit contained the highest K at 10.23 g·kg<sup>-1</sup>; the fibrous roots had the highest contents of Mg and S at 1.27 g·kg<sup>-1</sup> and 1.90 g·kg<sup>-1</sup>, respectively. (2) The amount of N, P, K, Ca, Mg, and S accumulated the most in the main branches followed by the lateral roots, the fruits, the main branches, the leaves, and the fruits at 35.03 g (25.22%), 3.66 g (28.80%), 31.97 g (43.70%), 27.29 g (26.42%), 3.86 g (30.65%), and 3.48 g (27.01%), respectively. (3) Accumulation amount of major elements in per unit biomass of the whole plant was 13.69 g·kg<sup>-1</sup> (FW). The distribution of the accumulated elements was in a decreasing order of leaves (26.35 g·kg<sup>-1</sup> FW), fibrous roots (22.47 g·kg<sup>-1</sup> FW), and fruits (8.94 g·kg<sup>-1</sup> FW).

**Key words:** pomegranate; major mineral element; distribution and accumulation

营养是果树生长发育、产量形成和品质提高的基础。早在1948年, 我国果树工作者就开展了以N为主的大量元素和B、Zn、Fe等微量元素的缺乏症及其解决办法的研究, 并取得了与当时国际先进水

平相近的成绩, 为此后我国果树营养研究拓宽了领域, 加强了深度<sup>[1]</sup>。果树为生长发育的需要, 一方面通过根系从土壤中吸收矿质营养和水, 另一方面通过叶片进行光合作用产生有机营养。这些营养除

收稿日期: 2015-03-16

基金项目: 安徽省“115”水果产业创新团队, 安徽省果树产业技术体系和现代农业发展资金共同资助。

作者简介: 张晓玲, 高级农艺师。E-mail: xlingzh@126.com

\* 通信作者: 徐义流, 博士, 研究员。E-mail: yiliuxu@163.com

保障正常的开花结果、营养生长外, 还有一部分贮藏在树体内不同器官中备用<sup>[2]</sup>。了解树体营养的贮藏、分布特性, 有利于在生产上制定科学的施肥方案, 达到提高肥料利用率, 降低土壤污染的目的<sup>[3]</sup>。王建等<sup>[4]</sup>对 15 年生‘秦美’猕猴桃于果实成熟期进行解体分析, 测定果实、叶片、枝蔓和根系的生物量和 Ca 积累量; 侯岑等<sup>[5]</sup>以 2 年生‘翠冠’梨幼树为试材, 分析年周期内植株根、干、枝、梢、叶的 N、P、K、Ca、Mg、Fe、Mn、Cu 和 Zn 矿质营养含量变化特点; 张晓玲等<sup>[6]</sup>以 30 年生枇杷为试材, 研究并阐明了 N、P、K、Ca、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn 和 B 在枇杷树体中分布和累积特性。石榴在我国安徽、陕西、四川、云南、河南、山东、新疆等地广泛栽培, 除果实酸甜可口外, 果皮富含抗氧化活性物质多酚, 其含量约为其干重的 10.4%~21.3%, 同时富含黄酮类化合物<sup>[7]</sup>, 是中药食材。石榴也是特色鲜明的重要观赏树种。目前关于石榴矿质营养研究多集中在施肥效应上<sup>[8-9]</sup>, 对于树体的矿质营养分布和累积特性鲜见报道。本研究以 10 年生石榴树为试材, 解体分析各器官中 6 种大量矿质营养元素的含量、分布特点, 以期研究石榴营养生理调控和科学施肥、提高品质和产量提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

2013 年 10 月 18 日, 在怀远石榴核心区, 怀远县涂山风景区涂山村, 选取生长势较好且相对一致的 10 年生‘大笨籽’石榴 3 株作为试材。石榴植株为自然圆头形树形, 中心干上着生 5~6 个骨干枝, 树高 2.1 m, 树冠东西直径为 2.8 m, 南北直径为 2.5 m; 园区土壤为片麻岩或花岗岩母质发育的棕壤。0~25 cm 土壤基本理化性质为: pH6.60、有机质 1.22%、碱解氮 105.06 mg·kg<sup>-1</sup>、速效磷 87.68 mg·kg<sup>-1</sup> 和速效钾 202.10 mg·kg<sup>-1</sup>。

### 1.2 方法

**1.2.1 取样方法** 在每株树树冠外围东、南、西、北方各选 10 个果实、40 片叶片作为样品, 然后摘取全树果实、叶片(含树冠垂直投影范围的落果、落叶); 在每株树的东、南、西、北方剪取一年生枝各 3 根作为样品, 然后将全树的 1 年生枝全部剪下; 在每株树的东、南、西、北方各选 1 个骨干枝, 分别在枝的 1/3、2/3 处剪取 1 段 5 cm 长的枝段作为样品, 然后将全树骨干枝(含二、三年生和多年生枝)剪下; 从每株树主干中部截取 5 cm 厚的枝段作为样品, 然后将主干锯下; 在每株树地下东、南、西、

北方向分别选取 1 条侧根(在每条侧根的中间剪取 10 cm 长根段)和 100 g 须根作为样品, 然后将其余侧根、须根(仔细分拣)刨起, 洗净, 晾干。分别将上述样品和样品器官的其余部分称重。

**1.2.2 测定方法** 将取得的植物样品置于 105℃ 鼓风烘箱中烘 30 min, 然后再在 65℃ 下烘 6~7 d。烘干后测定各样品干重, 计算干湿比。N 用凯氏定 N 蒸馏法进行测定; P、K、Ca、Mg 和 S 用等离子光谱仪法进行测定。

**1.2.3 数据分析方法** 用 Excel 和 DPS 软件对实验数据进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 矿质元素在树体器官中的含量

N 在叶片中含量显著高于其他器官中的含量, 为 20.17 g·kg<sup>-1</sup>; 其次为须根、侧根和果实中的含量, 且三者无显著差异; 一年生枝、骨干枝和主干中的含量最低, 三者也没有显著差异。P 在叶片、侧根中含量最高, 分别为 2.00 和 1.97 g·kg<sup>-1</sup>, 显著高于其他器官中的含量; 须根中的含量次之, 骨干枝、主干的含量显著低于其他器官的含量, 分别为 0.63 和 0.60 g·kg<sup>-1</sup>。K 在果实中含量最高为 10.23 g·kg<sup>-1</sup>, 显著高于其他器官中的含量; 叶片中的含量次高; 主干中含量显著低于其他器官含量, 为 2.80 g·kg<sup>-1</sup>。Ca 在叶片中含量显著高于其他器官中的含量, 为 30.63 g·kg<sup>-1</sup>; 在一年生枝中的含量显著低于其他器官中的含量, 为 4.13 g·kg<sup>-1</sup>。Mg 在叶片中含量显著高于其他器官中的含量, 为 5.07 g·kg<sup>-1</sup>; 在须根中的含量次高; 在果实、一年生枝、骨干枝和主干中的含量没有显著差异。S 在须根和果实中含量没有显著差异, 分别为 1.90 和 1.80 g·kg<sup>-1</sup>, 显著高于其他器官中的含量; 在一年生枝、骨干枝、主干中含量最低, 但互相之间没有显著差异(表 1)。

在果实中, K 含量最高, N 含量次之, Mg 含量最低为 0.63 g·kg<sup>-1</sup>。在叶片中, N、P、Ca、Mg 含量都显著高于其他器官的含量; Ca 含量最高, N 含量次之, S 含量最低为 1.73 g·kg<sup>-1</sup>。在一年生枝、骨干枝中, 均为 N 含量最高, Ca 含量次之, S 含量最低。在主干中, Ca 含量最高为 9.60 g·kg<sup>-1</sup>, 其次是 N 含量, S 含量最低为 0.57 g·kg<sup>-1</sup>; 在侧根、须根中, 均为 N 含量最高, Ca 含量次之, Mg 含量最低(表 1)。

### 2.2 营养元素在树体各器官的累积量

N 在整株中总累积量为 138.86 g, 其中, 骨干枝累积量最大为 35.03 g, 占 N 总累积量的 25.22%;

其次是果实的累积量；一年生枝累积量最少为 5.91 g，占 N 总累积量的 4.26%。P 在整株中总累积量为 12.71 g，其中，侧根累积量最大为 3.66g，占 P 总累积量的 28.8%；其次是骨干枝中的累积量；一年生枝累积量最少为 0.68 g，占 P 总累积量的 5.35%。

K 在整株中总累积量为 73.15 g，其中，果实中累积量最大为 31.97 g，占 K 总累积量的 43.7%；其次是骨干枝中的累积量；一年生枝累积量最少为 3.28 g，占 K 总累积量的 4.48%（表 2）。

表 1 树体各器官大量元素含量

Table 1 The contents of major elements in organs of the tested pomegranate tree

器官 Organ	N	P	K	Ca	Mg	S
果实 Fruit	9.27 <sup>b</sup>	0.83 <sup>d</sup>	10.23 <sup>a</sup>	1.77 <sup>e</sup>	0.63 <sup>d</sup>	1.80 <sup>ab</sup>
叶 Leaf	20.17 <sup>a</sup>	2.00 <sup>a</sup>	8.87 <sup>b</sup>	30.63 <sup>a</sup>	5.07 <sup>a</sup>	1.73 <sup>b</sup>
一年生枝 One-year-old branch	9.03 <sup>c</sup>	1.03 <sup>c</sup>	5.03 <sup>cd</sup>	4.13 <sup>d</sup>	0.80 <sup>cd</sup>	0.60 <sup>d</sup>
骨干枝 Main branch	8.87 <sup>c</sup>	0.63 <sup>e</sup>	3.10 <sup>ef</sup>	6.90 <sup>c</sup>	0.62 <sup>d</sup>	0.53 <sup>d</sup>
主干 Trunk	9.10 <sup>c</sup>	0.60 <sup>e</sup>	2.80 <sup>f</sup>	9.60 <sup>b</sup>	0.59 <sup>d</sup>	0.57 <sup>d</sup>
侧根 Lateral root	12.57 <sup>b</sup>	1.97 <sup>a</sup>	4.10 <sup>de</sup>	8.87 <sup>bc</sup>	1.03 <sup>bc</sup>	1.50 <sup>c</sup>
须根 Fibrous root	13.67 <sup>b</sup>	1.70 <sup>b</sup>	5.70 <sup>c</sup>	7.83 <sup>bc</sup>	1.27 <sup>b</sup>	1.90 <sup>a</sup>

注：表中不同字母表示差异显著（ $P < 0.05$ ）。Note: different letters indicate significant difference ( $P < 0.05$ ).

表 2 树体各器官大量元素累积量

Table 2 The major element accumulation in different organs of the pomegranate tree

器官 Organ	N		P		K		Ca		Mg		S	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
果实 Fruit	25.29	18.21	1.58	12.45	31.97	43.70	1.97	1.90	1.23	9.79	3.48	27.01
叶 Leaf	15.37	11.07	1.52	11.99	6.76	9.24	23.36	22.61	3.86	30.65	1.30	10.11
一年生枝 1-year-old branch	5.91	4.26	0.68	5.35	3.28	4.48	2.70	2.61	0.52	4.11	0.40	3.11
骨干枝 Main branch	35.03	25.22	2.48	19.51	12.15	16.61	27.29	26.42	2.54	20.21	2.05	15.91
主干 Trunk	25.13	18.10	1.69	13.27	7.69	10.51	26.42	25.57	1.72	13.69	1.63	12.64
侧根 Lateral root	23.41	16.86	3.66	28.80	7.69	10.51	16.59	16.06	1.89	15.00	2.83	21.98
须根 Fibrous root	8.72	6.28	1.10	8.63	3.62	4.95	4.99	4.83	0.83	6.56	1.19	9.24
整株 Whole plant	138.86		12.71		73.16		103.31		12.59		12.89	

a: 累积量/g Accumulation; b: 百分比/% Percentage.

表 3 树体营养器官的生物量、营养累积量及比含量

Table 3 Biomass, nutrient accumulation and its ratio in different organs of the pomegranate tree

器官 Organ	生物量 Biomass		大量元素累积量 Major elements t accumulation		单位生物量中大量元素累积量/g·kg <sup>-1</sup> Cumulant of major elements in unit biomass
	重量/kg Weight	占总生物量比例/% Percentage in total biomass	累积量/g Cumulant	占总累积量比例/% Percentage in total accumulation	
果实 Fruit	7.45	28.84	65.52	18.55	8.94
叶片 Leaf	1.98	7.67	52.17	14.76	26.35
一年生枝 1-year-old branch	1.09	4.22	13.49	3.82	12.38
骨干枝 Main branch	6.31	24.43	81.54	23.07	12.92
主干 Trunk	4.59	17.77	64.28	18.18	14.00
侧根 Lateral root	3.50	13.55	56.07	15.86	16.02
须根 Fibrous root	0.91	3.52	20.45	5.78	22.47
整株 Whole plant	25.83		353.52		13.69

Ca 在整株中总累积量为 103.31 g，其中骨干枝累积量最大为 27.29 g，占 Ca 总累积量的 26.42%；其次是主干的累积量；果实累积量最少为 1.97 g，

占 Ca 总累积量的 1.9%。Mg 在整株中总累积量为 12.59 g，其中，叶中累积量最大为 3.86 g，占 Mg 总累积量的 30.65%；其次是骨干枝中的累积量；一

年生枝累积量最少为 0.52 g, 占 Mg 总累积量的 4.11%。S 在整株中总累积量为 12.89 g, 其中, 果实中累积量最大为 3.48 g, 占 S 总累积量的 27.01%; 其次是侧根中的累积量; 一年生枝累积量最少为 0.4 g, 占 S 总累积量的 3.11% (表 2)。

整株大量矿质营养累积共为 353.52 g。在果实中累积量为 65.52 g, 占总累积量的 18.53%; 在叶片中累积量为 52.17 g, 占总累积量的 14.76%; 在枝中(一年生、骨干枝)累积量为 95.03 g, 占总累积量的 26.88%; 在主干中累积量为 55.82 g, 占总累积量 15.79%; 在根中累积量为 76.52 g, 占总累积量的 21.65%。

骨干枝累积量最大, 为 81.54g, 占总累积量的 23.07%; 其次为一年生枝中的累积量最低, 为 13.49 g, 占总累积量的 3.82%。N、P、K 在植株中的总累积量为 224.73 g, 占大量矿质元素总量的 63.57%, 三者累积量比例约为 10.9:1:5.8 (表 3)。

### 2.3 单位生物量营养累积量

单株树体生物量为 25.83 kg。其中, 果实的生物量最大, 为 7.45 kg, 占树体生物量 28.84%; 须根的生物量最小为 0.91 kg, 占树体生物量的 3.52% (表 3)。

整株单位生物量大量矿质营养元素累积量为 13.69 g·kg<sup>-1</sup>。其中, 叶片单位生物量中各种营养累积量最高为 26.35 g·kg<sup>-1</sup>, 其次是须根为 22.47 g·kg<sup>-1</sup>, 侧根为 16.02 g·kg<sup>-1</sup>, 一年生枝与骨干枝单位生物量中的累积量近似, 分别为 12.38 和 12.92 g·kg<sup>-1</sup>, 果实的最低为 8.94 g·kg<sup>-1</sup> (表 3)。

## 3 讨论

果树树体某一阶段的营养状况主要由土壤理化性质、树体管理水平、生长时期和树种特性等决定的, 与果树的产量、果实品质和连续生产能力紧密相关<sup>[10]</sup>。树体不同器官由于承担的功能不同, 因此不同矿质元素的分布和累积量各异。石榴植株中 42.67% 的大量矿质元素在枝干中分布和累积, 说明枝干是大量矿质元素主要贮藏、周转场所, 特别是骨干枝中累积量大, 这个结果与张晓玲等<sup>[11]</sup>在枇杷研究中得到的结论一致。这个现象具有重要的生物学和生产实际意义, 很多一年生枝是冬季修剪的对象, 如果内含大量矿质营养, 对树体营养的损耗将大大增加, 而多年生枝、骨干枝相对稳定, 距离开花结果的一年生枝又很近, 矿质营养运送距离较短, 可以说是两全其美。

10 年生石榴、10 年生枇杷和 30 年生枇杷整株

生物量差异很大(分别为 25.83、39.88 和 430.67 kg), 但单位生物量大量矿质营养元素累积量却近似, 分别为 13.69、12.70 和 13.53 g·kg<sup>-1</sup> (30 年生枇杷的结果包含累积量很小的微量元素)。10 年生石榴、10 年生枇杷的叶片单位生物量的累积量与其他器官的相比均为最大(分别为 26.35 和 22.90 g·kg<sup>-1</sup>), 30 年生枇杷叶片的累积量与主干近似(分别为 20.21 和 20.64 g·kg<sup>-1</sup>), 也高于其他器官; 10 年生石榴、10 年生枇杷和 30 年生枇杷果实单位生物量的累积量都是最小(分别为 8.94、2.83 和 2.32 g·kg<sup>-1</sup>)。这些结果表明, 叶片作为有机营养合成的场所, 需要更多的矿质元素才能满足其需要, 而果实成熟以后, 要离开母体, 所含的矿质营养也将被带离树体, 因此在保证果实品质的前提下, 带走的越少对树体越有利<sup>[11]</sup>。石榴果实大量矿质元素累积量、单位生物量中大量矿质元素的累积量都比枇杷高, 其原因一方面是石榴、枇杷树种本身的区别, 另一方面是石榴果实在供试植株中生物量相对较大。由此可见, 在生产实践中, 保护叶片不仅对树体生长发育至关重要, 而且可以减少矿质元素营养施肥; 而在生产同样数量的石榴和枇杷果实时, 应对石榴提供更多的矿质元素营养, 特别是 N 和 K。

本研究表明, N、P、K 在石榴植株中的总累积量为 224.73 g, 占大量矿质元素总量的 63.57%, 三者累积量比例约为 10.9:1:5.8。果树含 K、N 量通常比含 P 量高。K 与 N、P 不同, 它不是植物体内有机化合物的成分。迄今为止, 尚未在植物体内发现含 K 的有机化合物。K 呈离子状态溶于植物汁液之中, 其主要功能与植物的新陈代谢有关。K 能够促进光合作用, 能明显地提高植物对氮的吸收和利用, 并很快转化为蛋白质; K 离子能较多地累积在细胞之中, 使细胞渗透压增加并使水分从低浓度的土壤溶液中向高浓度的根细胞中移动, 促进树体经济用水; K 增强细胞对环境条件的适应作用和忍受能力, 如干旱、低温、病虫害、倒伏等<sup>[12]</sup>。怀远石榴主产区位于荆山和涂山山腰、山脚, 立地条件一般、土层较薄, 灌溉条件差, 但长期以来石榴植株生长正常、果实品质优良, 其中一个原因可能就是土壤含速效钾较高, 不仅满足了正常生理需要, 而且提高了植株抗旱、抗倒伏能力。此外, 从怀远石榴原产地土壤矿质营养条件看, 若适当提高 N 肥施用量, 应该还可以增加其产量, 提高质量。

本研究结果只表明 10 年生石榴树体在果实成熟期 6 种大量矿质营养元素的含量和分布情况。不同树龄、不同生长时期石榴树体矿质营养含量和分

布情况, 以及树体矿质营养状况与土壤矿质元素含量、矿质元素施肥关系等都还需要进一步研究。

### 参考文献:

- [1] 韩振海, 王倩. 我国果树营养研究的现状和展望—文献述评[J]. 园艺学报, 1995, 22(2): 138-146.
- [2] 曾骧. 果树生理学[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1992: 282.
- [3] 谭正喜. 诊断与施肥建议综合法(DRIS)用于枇杷树体营养诊断[J]. 南京农业大学学报, 1989, 12(4): 109-113.
- [4] 王建, 同延安. 收获期猕猴桃树体 Ca 素营养分布研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(27): 14977-14979.
- [5] 侯岑, 张绍铃, 靳丛, 等. ‘翠冠’梨树苗不同部位矿质元素的分布于变化[J]. 中国农学通报, 2012, 28(22): 173-178.
- [6] 张晓玲, 徐义流, 齐永杰, 等. 枇杷树体矿质营养累积与分布特性[J]. 安徽农业大学学报, 2013, 40(2): 283-289.
- [7] 李婕姝, 贾冬英, 姚开, 等. 石榴的生物活性成分及其药理作用研究进展[J]. 中国现代中药, 2009, 11(9): 7-9.
- [8] 张立新, 翟永林, 刘永忠, 等. 氮磷钾肥单施和配施对石榴产量、品质和经济效益的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2012(1): 43-47.
- [9] 梁智, 邹耀湘. 新疆南疆石榴树平衡施肥技术试验研究[J]. 新疆农业科学, 2010, 47(2): 345-350.
- [10] 张强, 魏钦平, 蒋瑞山, 等. 富士苹果矿质营养含量与几个主要品质指标的相关性分析[J]. 园艺学报, 2011, 38(10): 1963-1968.
- [11] 张晓玲, 徐义流, 齐永杰, 等. 10年生枇杷植株大量矿质元素累积与分布特性[J]. 安徽农业大学学报, 2014, 41(5): 866-870.
- [12] 杨军, 马振峰, 刘桂华. 钾营养对柰李叶片光合作用及叶绿素荧光的影响[J]. 中国农学通报, 2010, 26(20): 238-244.