

奉节脐橙园土壤养分状况普查及其与叶片养分和产量相关性研究

阮科^{1a}, 朱礼乾^{1a}, 沈鑫健¹, 周上铃², 彭良志¹,
凌丽俐¹, 黄涛江³, 刘文华³, 淳长品^{1*}

(¹西南大学柑桔研究所·中国农业科学院柑桔研究所,重庆 400712; ²西南大学园艺园林学院,重庆 400712;

³重庆市奉节县脐橙研究所,重庆奉节 404600)

摘要:【目的】探索奉节脐橙园土壤和叶片营养状况及它们对果实产量的影响,以期为合理施肥和高产管理提供理论依据。【方法】对奉节脐橙产区148个果园土壤样品和柑橘叶片进行采样,同时调查了果实产量,分析了土壤、叶片营养状况,进行了叶片营养与果实产量的相关性分析。【结果】奉节脐橙产区土壤pH变幅较大,平均值为7.12,多数为碱性,土壤有机质含量(w ,后同)较为丰富,超过 $15 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的比例为85.81%。总体上,奉节脐橙园土壤碱解氮缺乏很严重,平均含量仅为 $78.71 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,而有效P、速效K含量较为丰富,平均值分别为 $37.02 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $191.67 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。交换Ca含量极为丰富,适宜值以下的比例为0,而Mg极度缺乏,其含量100%处于缺乏范围。微量元素中有效Fe、Mn、Zn、Cu较为丰富,其含量平均值分别为 $40.72 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $24.04 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $2.69 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $2.17 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。有效B较为缺乏,平均值为 $0.67 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。奉节脐橙叶片营养元素N、P、K、Ca、Fe、Mn和Cu较为丰富,其含量平均值为 $29.45 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $1.50 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $13.32 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $41.23 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $133.17 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 、 $42.97 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $9.51 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,而Mg和B较为缺乏,平均值分别为 $3.90 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $49.76 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,Zn元素极度缺乏,平均值为 $16.65 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。叶片P、K、Zn含量与果实产量达到了显著或极显著相关,相关系数分别为-0.332、-0.205、-0.213。奉节脐橙产区不同乡镇土壤和叶片营养元素差异较大,通过叶片营养元素含量聚类分析10个乡镇可以分为5类。【结论】奉节脐橙园各乡镇营养差异较大,总体来讲,今后生产管理的重点是适度调节土壤pH,合理施用N、P、K肥,增施有机肥、Mg、Zn和B肥。

关键词:奉节脐橙;土壤;叶片;营养元素;产量

中图分类号:S666.4 文献标志码:A 文章编号:1009-9980(2019)04-0458-10

Investigation of soil nutrient status and the correlation between leaf nutrient and yield of navel orange in Fengjie county

RUAN Ke^{1a}, ZHU Lijian^{1a}, SHEN Xinjian¹, ZHOU Shangling², PENG Liangzhi¹, LING Lili¹, HUANG Taojiang³, LIU Wenhua³, CHUN Changpin^{1*}

(¹Citrus Research Institute of Southwest University/Citrus Research Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences, Chongqing 400712, China; ²College of Horticulture and Landscape Architecture, Southwest University, Chongqing 400712, China; ³Fengjie Navel Orange Institute, Fengjie 404600, Chongqing, China)

Abstract:【Objective】The Three Gorges Reservoir area is the suitable region for citrus cultivation, which is the core area of the citrus belt in the upper and middle stream of the Yangtze River planned by the Ministry of Agriculture and the quarantine disease free area of citrus in China. The nutrient levels in the soil and in the leaves of navel orange trees in Fengjie orchards were studied to explore the impacts of soil and leaf nutrients on fruit yield. The results will provide reference for proper fertilization in na-

收稿日期:2018-10-10 接受日期:2019-01-21

基金项目:国家重点研发计划课题(2017YFD0202006);国家重点研发计划项目子课题(2017YFD0202002-4, 2018YFD0201507);重庆市社会民生科技创新专项(cstc2017shms-xdny0352)

作者简介:阮科,男,在读硕士研究生,主要从事果树栽培与生理研究。Tel:18111728401,E-mail:577512051@qq.com;a并列第一作者。朱礼乾,男,在读硕士研究生,主要从事果树栽培与生理研究。Tel:15520087835,E-mail:1172023107@qq.com

*通信作者 Author for correspondence. Tel:13883396612,E-mail:chunpc@crie.cn

vel orange production in Fengjie. 【Methods】Samples of soils and citrus leaves of 148 orchards were collected from 10 main producing townships in Fengjie during the fruit ripening stage. Most of the collected samples were from ‘Fengjie 72-1’ trees (*Citrus sinensis* Osbeck) grafted on red tangerine (*Citrus reticulata* Blanco). Soil samples were collected from sampling points beneath 15-20 trees arranged in an S pattern in each orchard with 100 g of soil sample at depths of 0-40 cm per point located at the two opposite sides of each selected tree and 10 cm in-ward from the drip line. 120 leaves were taken from positions evenly distributed in the canopy of each tree. The leaves were sampled at the 2nd or 3rd node from the top of the spring vegetative shoots of current season. At the same time, and the fruit yield data in the year were collected. The pH, organic matter and the available nutrient contents in the soil and the nutrients in the leaves and their correlations with fruit yield were analyzed. 【Results】The results showed that the pH value of the soils in ‘Fengjie navel orange’ orchards varied greatly, and the average value was 7.12. The soils were relatively rich in organic matter. The percentage of soil samples with organic matter exceeding $15 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ was 85.81%. With an average content of $78.71 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, deficiency of alkali-hydrolyzable nitrogen in the soils the orchards was very serious. However, available P and K were relatively abundant, with an average value of $37.02 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ and $191.67 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, respectively. The spatial distribution of the two nutrients was more uneven than that of alkaline-hydrolyzable nitrogen, and the coefficient of the variation was 73.24% and 93.78% for available P and K, respectively. Available Ca was extremely rich, and none of the orchards had available Ca below the appropriate value, while available Mg was extremely deficient, and all the orchards were in the shortage of available Mg. Available Fe, Mn, Zn and Cu were relatively abundant, and their average contents were $40.72 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $24.04 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $2.69 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ and $2.17 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, respectively. The available B was relatively deficient, with an average value of $0.67 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. N, P, K, Ca, Fe, Mn and Cu in the leaves were abundant, with average values of $29.45 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $1.50 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $13.32 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $41.23 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $133.17 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, $42.97 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ and $9.51 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, respectively. However, Mg and B in leaves were relatively deficient, with an average value of $3.90 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ and $49.76 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, respectively. Zn, with an average of $16.65 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, was extremely deficient. There were great differences in nutrient elements in samples from different towns. Leaf P, K and Zn levels were significantly correlated with fruit yield, with the correlation coefficients of -0.332, -0.205 and -0.213, respectively. 【Conclusion】Most of the soils in ‘Fengjie navel orange’ orchards were calcareous with an alkaline pH, which was much higher than the optimum range of 5.5-6.5 for citrus growth. It is necessary to improve soil physicochemical properties by applying more acidic fertilizers and organic fertilizer, which help to increase root activity and promote nutrient absorption and thus increase productivity. Besides, there was no positive correlation between the element contents in the soil and in the leaves. Because the level of leaf nutrient can directly reflect the nutrient status of trees, fertilization should be based on the levels of leaf nutrients, and soil nutrient status can be used as a secondary index. The soil management should focus on adjusting the pH, increasing soil organic matter, rationally applying nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers, and increasing magnesium, zinc and boron fertilizers in the navel orange orchards in Fengjie.

Key words: Fengjie navel orange; Soil; Leaf; Nutrients; Yield

三峡库区是农业部规划我国发展甜橙的优势区域,其中奉节县地处三峡库区腹地,属中亚热带湿润季风气候,具有无霜期长,雨量充沛、日照长,昼夜温差大,少雾和空气温度适中等优势,且“无台风、无冻

害、无检疫性病虫害”的三大柑橘种植生态优势。‘奉节脐橙’果实具有无籽、多汁、细腻化渣等优点,现全县种植脐橙面积近20万hm²,产量20多万t^[1]。

柑橘树体营养直接影响柑橘生长状态、抗逆性

等,也影响着柑橘产量高低;而土壤营养状况与柑橘树体营养及果实产量品质皆有密切关系^[2-4]。我国柑橘园施肥存在盲目性,生产上以偏施氮磷钾复合肥为主,很少施用有机肥料,且施用过量、不足现象并存,造成柑橘园养分差异大,果实产量低和品质差的问题^[5-6]。分析土壤和叶片的营养丰缺状态,进行配方施肥,这不仅对均衡营养、提高肥效和减少农业面源污染均具有重要意义,而且对提高果实的产量和品质也有重要作用。另外,奉节是深丘山地果园,立地条件差异极大,受成土母质、地形、地貌、气候等多种因素的影响,土壤类型多样,加上不同产区施肥情况也不一样,因此,导致脐橙园土壤元素有效态含量差异较大^[7],同时树体部分营养元素存在较明显的过量或不足^[8-9]。为了系统研究奉节脐橙园土壤与树体营养对奉节脐橙产量的影响,同时弄清不同乡镇土壤与树体营养状况的差异,我们对奉节脐橙产区10个主产乡镇共148个果园土壤样品、柑橘叶片进行对应采样,同时调查果实产量,全面分析土壤、叶片营养状况,旨在探索奉节脐橙园土壤和叶片营养的丰缺状况,以及对果实产量的影响,以期为奉节脐橙园合理施肥和丰产栽培提供理论依据及生产指导。

1 材料和方法

1.1 试材取样及样点情况调查

供试材料为20~32 a生红橘(*Citrus reticulata* Blanco)砧的‘奉园72-1’脐橙(*C. sinensis* Osbeck ‘Fengjie 72-1’),2015年9—11月对奉节脐橙主产区10个主产乡镇共148个果园进行土壤和叶片样品采集。土壤采集应避开道路旁边植株和施肥点,按S型选取生长势相同15~20株无病虫危害的植株进行取样,每株树采集2个点,每个点土层挖0~40 cm深,并在其垂直面均匀取土壤样品约100 g,每个样品所取土壤约4 000 g,混匀后用四分法取约1 000 g土样装袋,贴好标签,带回实验室进行预处理;叶片采集对应于土壤样品采集的实验树,采树冠外围当年生春梢营养枝从上向下第2或第3片叶、分东南西北4个方位各采集2枚叶片,每个样品采集100~120枚叶片混为一个样,样品装袋后贴好标签,低温下保存,24 h内带回实验室进行前处理^[8]。调查果园种植密度,统计对应样品植株的果实个数,按每5个质量为1 kg计算,计算单位面积产量。

1.2 叶片、土壤样品预处理及测定方法

叶片样品采集送回实验室后,先用清水冲洗后用0.1%洗涤剂漂洗,然后用清水冲洗后在0.1%盐酸溶液中浸泡30 s,再用清水冲洗干净,最后用蒸馏水清洗3次,用干净纱布擦干后置于烘箱中105 °C杀青30 min,然后将温度调至75 °C烘至恒重,取出用磨样机磨成细粉后,过筛(60目),装入聚乙烯自封袋中置于阴凉干燥器中保存,用于测定叶片中氮(N)、磷(P)、钾(K)、钙(Ca)、镁(Mg)、铁(Fe)、锰(Mn)、锌(Zn)、铜(Cu)和硼(B)共10种矿质营养元素含量。矿质营养元素测定方法均按林业行业标准^[10]执行和庄伊美等^[11]的测定方法。N采用浓H₂SO₄消煮-凯氏定氮法测定;P、K、Ca、Mg、Fe、Mn、Zn、Cu采用HNO₃-HClO₄混合酸(5:1)消煮后,P用钼锑抗比色法测定,K、Ca、Mg、Fe、Mn、Zn、Cu采用AAS-880原子吸收火焰分光光度法测定;B含量采用干法灰化-甲亚胺比色法测定。

土壤样品带回实验室后,立即将土壤倒出,置于洁净白纸上摊开,于室内阴干后,捡出其中的根系、杂草以及石块等,然后用木槌轻轻碾碎土壤,分别过0.2 mm和0.049 mm的筛孔,将过筛后的土壤样品分别装入自封袋中,于干燥阴凉处密封保存。土壤样品用于测定土壤pH值、土壤有机质、土壤碱解氮、土壤有效磷、土壤速效钾、土壤交换钙、土壤交换镁、土壤有效铁、土壤有效锰、土壤有效锌、土壤有效铜以及土壤有效硼等12个指标。测定方法参照中华人民共和国农业行业标准^[12],即土壤pH值采用水土比2.5:1浸提,用PB-10酸度计测定;土壤有机质采用油浴锅外加热,重铬酸钾-浓硫酸氧化,最后用硫酸亚铁进行滴定;碱解N在碱性条件下水解,硼酸吸收后用稀盐酸进行标定;有效P分为酸性土用氟化铵盐酸浸提,碱性土用碳酸氢钠浸提,最后用钼锑抗比色法测定;土壤速效K、交换Ca、交换Mg用中性乙酸铵浸提,酸性土壤有效Fe、有效Mn、有效Zn、有效Cu用稀盐酸浸提,碱性土壤用碱性二乙烯三胺五乙酸(DTPA)溶液浸提,最后用原子吸收火焰分光光度法测定;土壤有效B采用沸水浴浸提-姜黄素比色法测定。

1.3 奉节脐橙园土壤和叶片养分分级标准

奉节脐橙园土壤养分分级标准参照苏婷婷等^[13]的分级标准。pH值分级标准为:土壤pH<4.5为强酸性,4.5~5.5为酸性,5.5~6.5为酸性至弱酸性,6.5~

7.5为弱酸性至弱碱性,7.5~8.5为碱性,>8.5为强碱性。土壤有机质及其余元素分级标准见表1。

表1 奉节脐橙园土壤养分分级标准

Table 1 Soil nutrient standards in navel orange orchard in Fengjie

有效养分 Available nutrient	缺乏 Deficient	低量 Low	适量 Appropriate	高量 High	过量 Excess
有机质 O.M	<5	5~15	15~30	>30	-
碱解氮 Avail.N	<50	50~100	100~200	200~300	>300
有效磷 Avail.P	<5	5~15	15~80	80~200	>200
速效钾 Avail.K	<50	50~100	100~200	200~360	>360
交换钙 Avail.Ca	<200	200~1 000	1 000~2 000	2 000~3 000	>3 000
交换镁 Avail.Mg	<80	80~150	150~300	300~500	>500
有效铁 Avail.Fe	<5	5~10	10~20	20~50	>50
有效锰 Avail.Mn	<2	2~5	5~20	20~50	>50
有效锌 Avail.Zn	<0.5	0.50~1.0	1.0~5.0	5.0~10	>10
有效铜 Avail.Cu	<0.3	0.30~0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	>2.0
有效硼 Avail.B	<0.25	0.25~0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	>2.0

注:有机质单位为 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$,其余土壤有效养分单位为 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。下同。
Note: The unit of organic matter is $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, and those of available soil nutrients were $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. The same below.

叶片营养元素分级标准参照杨慧栋等^[8]分级标准(表2)。

1.4 数据处理与分析

数据用 Excel 2007 及 SPSS 18.0 软件处理与

表2 奉节脐橙叶片各营养元素分级标准

Table 2 Leaf nutrient standards in navel orange in leaves

元素 Element	缺乏 Deficient	低量 Low	适量 Appropriate	高量 High	过量 Excess
N	<22	22~25	25~28	28~30	>30
P	<1.0	1.0~1.2	1.2~1.6	1.6~3.0	>3.0
K	<7	7~10	10~15	15~20	>20
Ca	<16	16~30	30~50	50~70	>70
Mg	<2.0	2.0~3.0	3.0~5.0	5.0~7.0	>7.0
Fe	<35	35~60	60~120	120~200	>200
Mn	<18	18~25	25~100	100~300	>300
Zn	<18	18~25	25~100	100~200	>200
Cu	<4	4~6	6~16	16~20	>20
B	<20	20~35	35~100	100~200	>200

注:叶片 N、P、K、Ca、Mg 含量单位为 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, Fe、Mn、Zn、Cu、B 含量单位为 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。下同。

Note: The unit of N, P, K, Ca, Mg was $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, and Fe, Mn, Zn, Cu, B was $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. The same below.

分析。

2 结果与分析

2.1 奉节脐橙园土壤 pH、有机质和有效养分含量及丰缺状况

奉节脐橙产区土壤 pH 变幅较大(4.68~8.38),但变异系数较小(13.42%),平均值为 7.12,多数为偏碱性土壤,pH 值大于 6.5 以上的比例为 76.35%,处于最适宜柑橘生长 pH 值范围(5.5~6.5)的比例仅为 12.16%(表3)。

表3 奉节脐橙园土壤 pH 和分布频率

Table 3 Soil pH range and frequency among navel orange orchards in Fengjie

土壤指标 Soil indicator	分布频率 Distribution frequency/%						变幅 Range	均值 Mean	变异系数 CV/%
	<4.5	4.5~5.5	5.5~6.5	6.5~7.5	7.5~8.5	>8.5			
酸碱度 pH	0	11.49	12.16	31.08	45.27	0	4.68~8.38	7.12	13.42

从表4可以看出,奉节脐橙产区不同果园土壤有机质变异较大,变幅为 8.11~58.52,变异系数为 44.05%,其均值为 $31.31 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。总体上看,奉节脐橙产区有机质含量较为丰富,超过 $15 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的比例为 85.81%,而仅有 14.19% 的果园有机质含量不足。总体上奉节脐橙园土壤大量元素有效 N 含量处于缺乏水平,而 P、K 缺乏与过量共存,且养分空间分布不均匀,变异系数较高。土壤碱解氮缺乏很严重,平均含量只有 $78.71 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,脐橙园 148 个果园样本中土壤碱解 N 只有 20.27% 处于适宜范围,而缺乏和低

量的比例分别占 14.86%、64.86%。有效 P、速效 K 缺乏比碱解氮较轻,低于适宜值比例分别为 35.13% 和 27.70%,有效 P、速效 K 过剩的比例分别为 18.24% 和 31.75%,但这 2 种养分的空间分布比碱解氮更不均匀,变异系数高达 73.24% 和 93.78%。

中量元素交换 Ca 和 Mg 存在两极分化,即交换 Ca 低于适宜值的比例为 0,有 75% 果园处于过剩,而交换 Mg 100% 处于缺乏范围,交换 Ca 平均值为 $4 536.42 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,而 Mg 的平均值仅为 $19.56 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。微量元素中有效 Fe、Mn、Zn、Cu 较为丰富,其处于适

表4 奉节脐橙园土壤有机质及营养元素含量和分布频率
Table 4 Available nutrient contents and organic matter in soils with frequency distribution in Fengjie

有效养分 Available nutrient	分布频率 Distribution frequency/%						变幅 Range	均值 Mean	变异系数 CV/%
	缺乏 Absence	低量 Low	适量 Appropriate	高量 High	过量 Excess				
O.M	0.00	14.19	35.81	50.00	0.00	8.11~58.52	31.31	44.05	
Avail.N	14.86	64.86	20.27	0.00	0.00	24.44~166.83	78.71	39.56	
Avail.P	19.59	15.54	46.62	18.24	0.00	0.11~124.37	37.02	94.78	
Avail.K	0.00	27.70	40.54	24.32	7.43	64.13~749.38	191.67	73.24	
Avail.Ca	0.00	0.00	25.00	12.84	62.16	1 009.51~8 028.40	4 536.42	52.75	
Avail.Mg	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.24~31.57	19.56	29.44	
Avail.Fe	0.00	4.73	33.78	26.35	35.14	8.47~155.84	40.72	77.19	
Avail.Mn	0.00	0.00	58.78	37.16	4.05	6.92~97.80	24.04	75.26	
Avail.Zn	2.03	8.11	80.41	6.76	2.70	0.40~11.07	2.69	76.50	
Avail.Cu	0.00	6.76	82.43	8.11	2.70	0.79~10.40	2.17	70.63	
Avail.B	8.78	25.00	52.03	14.19	0.00	0.03~1.60	0.67	50.79	

宜范围或以上的比例分别为95.2%、100%、89.87%和93.24%，其有效含量平均值分别为40.72 mg·kg⁻¹、24.04 mg·kg⁻¹、2.69 mg·kg⁻¹和2.17 mg·kg⁻¹。有效B较为缺乏，低于适宜范围的比例为33.78%，有52.03%的果园处于适宜范围，其平均值为0.67 mg·kg⁻¹(表4)。

2.2 奉节脐橙叶片矿质养分含量及丰缺状况

奉节脐橙叶片营养元素含量和分布频率见表5,除Fe和Zn外,所有元素为过量和不足并存,且绝大多数矿质养分的变幅都较大,变幅最小的为N,其变异系数仅为9.66%,其次是P和Ca,变异系数分别为11.46%和16.63%,而B的变异系数最大,高达65.59%。总体上,‘奉节脐橙’园叶片营养元素的平

均值多数处于适量范围内,仅有N和Fe的平均值高于适量范围,二者的平均值分别为29.45 g·kg⁻¹和133.17 g·kg⁻¹,而Zn元素平均值(16.65 mg·kg⁻¹)低于适宜范围。从单个元素来看,Fe、P、Ca、Cu、N、Mn和K处于适量或以上水平的比重很大,其所占百分比分别为100%、97.32%、95.30%、97.99%、93.25%、90.55%、85.81%和82.43%。虽然B和Mg处于适量或以上水平的比例超过62%,但处于低量的比例也高达27.32%和37.16%。Zn元素处于低量或缺乏范围的比例高达96.62%,其中缺乏占74.32%,仅有3.38%处于适量范围。综上所述,奉节脐橙产区叶片N、P、K、Ca、Fe、Mn和Cu较为丰富,而Mg和B较为缺乏,Zn元素极度缺乏。

表5 奉节脐橙叶片营养元素含量和分布频率
Table 5 Nutrient contents in leaves of navel orange and their frequency distribution in Fengjie

元素 Element	分布频率 Distribution frequency/%					变幅 Range	平均值 Mean	变异系数 CV/%
	缺乏 Absence	低量 Low	适量 Appropriate	高量 High	过量 Excess			
N	0.68	8.78	16.22	30.41	43.92	20.50~35.38	29.45	9.66
P	0.68	2.03	72.30	25.00	0.00	0.98~2.22	1.50	11.46
K	2.70	14.86	50.00	29.73	2.70	6.34~30.33	13.32	28.00
Ca	0.68	4.05	86.49	8.78	0.00	3.80~57.51	41.23	16.63
Mg	0.68	37.16	44.59	10.81	6.76	1.88~10.46	3.90	41.54
Fe	0.00	0.00	33.11	64.86	2.03	72.29~210.38	133.17	21.86
Mn	0.68	13.51	83.78	2.03	0.00	15.12~127.32	42.97	47.57
Zn	74.32	22.30	3.38	0.00	0.00	9.92~35.00	16.65	23.77
Cu	0.00	6.76	92.57	0.68	0.00	4.91~18.47	9.51	24.45
B	5.41	24.32	69.59	0.00	0.68	12.25~365.33	49.76	65.59

2.3 不同乡镇脐橙园土壤和叶片养分缺乏-低量范围的分布情况

从表6可知,不同乡镇土壤营养差异较大。夔门街道和白帝镇有机质较为缺乏,其不足比例分别

37.5%和50%;总体上看,所有乡镇土壤碱解N缺乏较为严重,尤其康乐镇、永乐镇、鹤峰乡、新民镇表现为极度缺乏,所占比例达到100%;有效P康乐镇和草堂镇缺乏也严重,而永乐镇、新民镇和朱衣镇十分

表6 奉节不同乡镇土壤养分缺乏-低量的分布频率

Table 6 Frequency orchards with low and insufficient soil nutrients in different towns of Fengjie country

采样地点 Town	样品数量 Number of samples	分布频率 Distribution frequency/%										
		O.M	Avail.N	Avail.P	Avail.K	Avail.Ca	Avail.Mg	Avail.Fe	Avail.Mn	Avail.Zn	Avail.Cu	Avail.B
夔门街道 Kuimen	24	37.50	79.17	58.33	45.83	0	100.00	0.00	0	0.00	0	20.83
西部新区 Xibuxinqu	12	8.33	75.00	58.33	33.33	0	100.00	8.33	0	8.33	0	0.00
鱼腹街道 Yufu	12	0.00	50.00	50.00	41.67	0	100.00	50.00	0	8.33	0	33.33
草堂镇 Caotang	12	0.00	50.00	83.33	0.00	0	100.00	0.00	0	0.00	0	33.33
白帝镇 Baidi	12	50.00	50.00	8.33	66.67	0	100.00	0.00	0	0.00	0	0.00
康乐镇 Kangle	6	0.00	100.00	100.00	0.00	0	100.00	0.00	0	0.00	0	100.00
永乐镇 Yongle	18	11.11	100.00	0.00	27.78	0	100.00	0.00	0	0.00	0	22.22
鹤峰乡 Hefeng	17	0.00	100.00	47.06	0.00	0	100.00	0.00	0	47.06	0	82.35
新民镇 Xinmin	23	13.04	100.00	0.00	34.78	0	100.00	0.00	0	13.04	0	34.78
朱衣镇 Zhuyi	12	0.00	66.67	0.00	0.00	0	100.00	0.00	0	16.67	0	41.67

丰富。有效K白帝镇缺乏较为严重,而草堂镇、康乐镇、鹤峰乡和朱衣镇很丰富。有效B鹤峰乡和康乐镇缺乏较为严重,西部新区和白帝镇十分丰富;有效Fe和Zn除个别乡镇较为缺乏外,其余的均表现丰富;所有乡镇有效镁Mg元素含量缺乏十分严重,而有效Ca、Mn和Cu均未见不足情况。

不同乡镇的叶片营养元素差异也较大。虽然叶片N比例多数乡镇均有缺乏,但相对于土壤而言,其比例小很多,康乐镇缺乏比例最高为33.33%,其余乡镇均低于20%,夔门街道和鱼腹街道缺乏比例为0;P含量较为丰富,仅有3个乡镇表现缺乏,鱼腹街

道和草堂镇缺乏比例最高仅为8.33%,其次夔门街道仅为4.17%;Ca有4个乡镇出现缺乏值,其中白帝镇缺乏比例最高为16.67%,夔门街道最低为4.17%;Cu含量也只有4个乡镇显示缺乏,新民镇缺乏比例最高为30.43%,夔门街道最低为4.17%;虽然各乡镇Mn含量缺乏的个数较多(9个),但各乡镇缺乏比例较低,其缺乏比例最高为25.00%;K含量草堂镇缺乏比例较为严重;Mg和B含量多数乡镇均有缺乏,但总体来讲,缺乏比例较小;Fe含量未见缺乏果园;所有乡镇Zn含量也严重不足,白帝镇缺乏比例最低都高达83.33%(表7)。

表7 奉节不同乡镇叶片养分缺乏-低量的分布频率

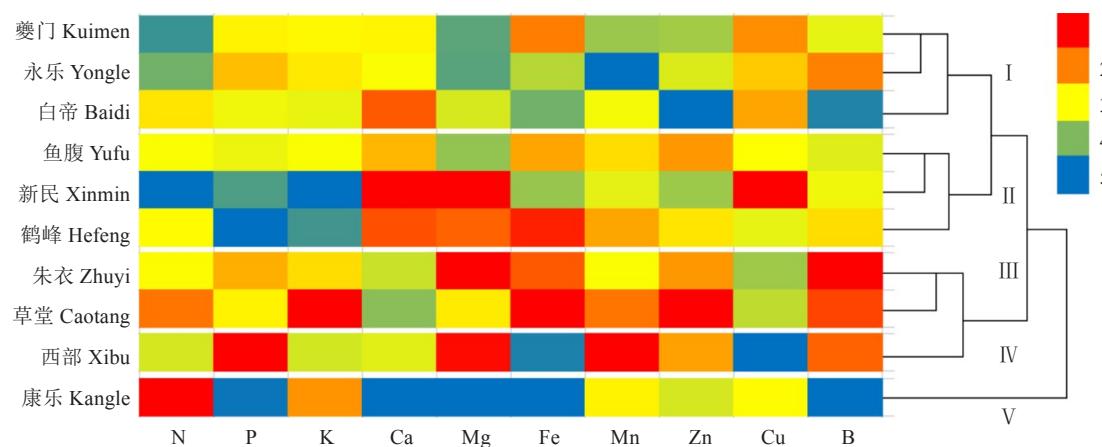
Table 7 Frequency orchards with low and insufficient leaf nutrients in different towns of Fengjie county

采样地点 Town	样品数量 Number of samples	分布频率 Distribution frequency/%									
		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
夔门街道 Kuimen	24	0.00	4.17	20.83	4.17	25.00	0	4.17	91.67	4.17	33.33
西部新区 Xibuxinqu	12	16.67	0.00	0.00	0.00	58.33	0	16.67	100.00	0.00	33.33
鱼腹街道 Yufu	12	0.00	8.33	8.33	0.00	16.67	0	16.67	100.00	0.00	16.67
草堂镇 Caotang	12	16.67	8.33	75.00	0.00	33.33	0	25.00	100.00	0.00	50.00
白帝镇 Baidi	12	16.67	0.00	33.33	16.67	33.33	0	16.67	83.33	0.00	33.33
康乐镇 Kangle	6	33.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	100.00	0.00	0.00
永乐镇 Yongle	18	5.56	0.00	11.11	0.00	33.33	0	11.11	100.00	0.00	27.78
鹤峰乡 Hefeng	17	17.65	0.00	0.00	5.88	23.53	0	17.65	100.00	5.88	29.41
新民镇 Xinmin	23	4.35	0.00	8.70	4.35	60.87	0	21.74	95.65	30.43	21.74
朱衣镇 Zhuyi	12	8.33	0.00	25.00	0.00	75.00	0	8.33	100.00	8.33	41.67

2.4 不同乡镇叶片养分聚类分析

通过各乡镇叶片营养元素含量平均值进行聚类分析表明,奉节脐橙产区各乡镇叶片营养状况可以分为5类(图1)。I类为夔门街道、永乐镇和白帝镇,其叶片总体营养状况较为丰富,均未表现缺乏状

况。II类包括鱼腹街道、新民镇和鹤峰乡,其N、P和K含量较高,但Ca、Mg、Fe和Cu含量较低。III类为朱衣镇和草堂镇,多数元素处于适宜值以下,其中K、Mg、Fe、Zn和B缺乏严重。IV类为西部新区,其Fe和Cu含量较为丰富,但P、Mg和Mn含量较低。



将各乡镇叶片营养元素平均值进行聚类分析,可以分为五类(I-V),其中:I类包括夔门街道、永乐镇和白帝镇,II类包括鱼腹街道、新民镇和鹤峰乡,III类为朱衣镇和草堂镇,IV类为西部新区,V类为康乐镇。色阶从1到5变化表示养分含量由低到高渐变。

The 10 townships could be divided into five categories by clustering analysis of the average contents of nutrients in leaves (I-V). Category I includes Kuimen, Yongle and Baidi, Category II includes Yufu, Xinmin and Hefeng, Category III includes Zhuyi and Caotang, Category IV includes Xibu, Category V includes Kangle. Different color variations from 1 to 5 indicates the content of leaves from low to high.

图1 各乡镇叶片养分聚类分析

Fig. 1 Clustering analysis of the average contents of leaf nutrients in different townships

V类为康乐镇,其N含量最低,而P、Ca、Mg、Fe和B含量较高。

2.5 奉节脐橙叶片养分及其与产量的相关性分析

对140个叶片营养元素与产量的相关性分析表

明,柑橘叶片指标与奉节脐橙产量有着密切的关系。叶片N、P、K、Fe、Zn、Cu、B含量与产量呈负相关,叶片Ca、Mg、Mn含量与果实产量则呈正相关,且P、K、Zn达到了显著或极显著相关,相关系数分别为-0.332、-0.205、-0.213(表8)。

表8 奉节脐橙叶片营养与产量相关分析结果($n=140$)

Table 8 Correlations between yield of Fengjie navel orange fruit and leaf nutrients

	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
产量 Yield	-0.010	-0.322**	-0.205*	0.062	0.157	-0.154	0.126	-0.213*	-0.005	-0.119

注:*表示显著相关, $p < 0.05$,**表示极显著相关, $p < 0.01$

Note: *correlation is significant at the 0.05 level **correlation is significant at the 0.01 level

3 讨 论

3.1 奉节脐橙产区土壤和叶片的营养状况

影响土壤pH值、有机质和矿质元素的因素较多,比如成土母质、坡度、海拔高度、元素之间的丰缺状况和施肥情况等密切相关^[14-15]。奉节脐橙产区土壤偏碱,pH平均值为7.12,这与重庆三峡库区土壤大多数为紫色土碳酸钙含量高有关^[16]。土壤有机质是衡量土壤质量的重要指标,土壤有机质不仅影响果实的产量与品质,还与多种有效养分含量呈显著相关,其含量的多少会直接影响土壤有效营养元素的丰缺^[17]。总体而言,奉节脐橙产区有机质含量较为丰富,超过 $15 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的比例高达85.81%,这可能

与奉节脐橙是一个柑橘老产区,经济效益较高,农民习惯施农家畜禽粪便或商品有机肥有关。土壤营养元素中N较为缺乏,P、K较为丰富这与生产上偏施氮磷钾复合肥,加上奉节脐橙园多数坡度较大,尿素一般习惯撒施,因此,可能是因为氮肥容易挥发和流失严重有关^[18]。其他中微量元素Ca、Fe、Mo、Zn、Cu较为丰富,而Mg和B较为缺乏,这与奉节脐橙园成土母质是紫色土有关外,还与奉节脐橙园坡度大和农民的施肥习惯密不可分^[8],据冯洋等^[19]调查,重庆农户很少单独施用微肥,市场上几乎没有含氮磷钾钙或氮磷钾镁的复合肥;另外,土壤的元素丰缺与土壤的pH较高和有机质密切相关,pH主要通过调节元素的离子形态而影响根系对元素吸收,奉节脐橙

产区土壤偏碱,Ca元素超量,势必会影响K和Mg的吸收,土壤有机质含量多少会直接影响土壤有效营养元素的丰缺^[20-21]。

植株叶片营养元素的丰缺与土壤、施肥量、施肥方式和果实产量等因素密切相关^[22],本文研究显示N、P、K、Ca、Fe、Mn和Cu绝大多数处于适量或以上水平。N、P、K含量高主要原因是近年来脐橙价格比较效高,农民大量施用尿素和氮磷钾复合肥或者喷施叶面肥有关^[19],奉节脐橙叶片Ca含量丰富,主要是因为当地多为石灰性土壤,CaCO₃含量高^[22],而Cu含量丰富估计与果园管理有关,如防病虫害的含铜药剂或冬季清园使用的石硫合剂造成^[23]。而B和Mg含量处于不足范围的比例占1/3左右,同时Zn含量严重不足,比例高达96.62%,这主要是土壤中本身B、Zn和Mg的含量不足,且生产上很少使用微量元素肥料,而柑橘为多年生植物,植株的枝梢生长和脐橙果实会不断地从土壤带走微量元素有关^[24-25]。中微量元素主要通过叶片喷施肥料或药剂补充,从而改善叶片营养元素的含量,比如生产上常用的磷酸二氢钾增加P和K的含量,杀菌剂代森锰锌防病的同时也能增加叶片Mn和Zn含量^[23],因此,生产上不进行补充的Mg、B元素更容易缺乏。

3.2 奉节各乡镇脐橙园营养元素的丰缺状况

造成各乡镇土壤营养状况差异大的主要原因是立地条件差异较大,比如靠近长江边草堂镇、白帝镇和朱衣镇海拔较低,土层较深,土壤肥力较好,而远离长江的朱衣镇海拔较高,土壤肥力较差^[26]。不同乡镇叶片营养元素状况差异大的原因除了立地条件外,还可能是各乡镇发展脐橙产业重视程度不一样,对栽培技术的培训与管理差异较大,导致施肥方式、施肥频率和施肥量参差不齐,也可能是导致各乡镇叶片营养元素差异的原因之一。

3.3 奉节脐橙产量与叶片养分的相关性

矿质营养元素是柑橘树体的重要组分,在参与代谢活动或参与组成器官、结构等方面起到重要作用,而必须矿质营养元素的丰缺将对柑橘产量、品质产生很大影响^[27]。本研究表明:奉节脐橙叶片营养元素含量过剩与不足共存,绝大多数果实产量差异较大,变幅在每666.7 m² 2.0~3.0 t,柑橘产量越多,从土壤带走的营养越多。另外,从叶片竞争的营养也越多,一般来讲,产量越高,树势会衰弱,从而导致叶片N、P、K的含量较低,而Zn元素生产上补充本来

就少,因而导致部分营养元素含量与产量呈负相关,这与杨生权等^[28]研究结论相反,估计是产量差异导致不同的结论,一般而言,成年果园甜橙产量每666.7 m²高于2.0 t较为合理,他们论文中成年树产量变幅为每666.7 m²仅为0.75~1.5 t,远远低于奉节脐橙的产量;另外,黄玉溢等^[29]研究低产柑橘园叶片及土壤营养状况表明,低产园中微量元素(如镁、锌和硼)缺乏严重,与本研究较为吻合。

4 结 论

奉节脐橙产区土壤多数为石灰性土壤,pH值偏碱性,远高于柑橘最适生长5.5~6.5的范围,需降低土壤pH,土壤施肥应适当调节N、P和K肥,增施Mg、Zn和B肥。土壤养分与叶片养分并非完全呈正相关性,而叶片养分相对于土壤养分更能反应树体养分状况;因此,生产上施肥应以叶片营养元素丰缺为主,以土壤营养状况为辅。另外,奉节脐橙园坡度大,pH值偏碱性,需要改良土壤环境,多施酸性肥料和有机肥,提高根系活力,促进树体对养分的吸收,从而提高树体产量,实现优质丰产的目的。

参考文献 References:

- [1] 雷莹.柑橘果实用化渣性研究[D].武汉:华中农业大学,2010.
LEI Ying. Mastication of Citrus Fruit[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2010.
- [2] KHAN A S, NASIR M, MALIK A U, BASRA S M A, JASKANI M J. Combined application of boron and zinc influence the leaf mineral status, growth, productivity and fruit quality of 'Kinnow' mandarin (*Citrus nobilis* Lour × *Citrus deliciosa* Tenora) [J]. Journal of Plant Nutrition, 2015, 38(6): 821-838.
- [3] RAZZAQ K, KHAN A S, MALIK A U, SHAHID M, ULLAH S. Foliar application of zinc influences the leaf mineral status, vegetative and reproductive growth, yield and fruit quality of 'Kinnow' mandarin[J]. Journal of Plant Nutrition, 2013, 36(10): 1479-1495.
- [4] 胡美美,于世欣,付乃鑫,崔秀敏,王秀峰.日光温室番茄产量与土壤养分、植株养分的关系[J].土壤与作物,2018,7(1):13-21.
HU Meimei, YU Shixin, FU Naixin, CUI Xiomin, WANG Xiufeng. Tomato yields in relation to soil nutrient and plant nutrient in solar greenhouse[J]. Soils and Crops, 2018, 7(1): 13-21.
- [5] 王秀英.重庆地区柑橘园土壤养分现状及优化施肥研究[D].重庆:西南大学,2011.
WANG Xiuying. Study on Soil Nutrient status of citrus orchards and optimization fertilization in Chongqing area[D]. Chongqing: Southwest University, 2011.

- [6] 梁珊珊. 我国柑橘主产区氮磷钾肥施用现状及减施潜力研究[D]. 武汉:华中农业大学,2017.
- LIANG Shanshan. Studies on NPK fertilization status and the potential of reducing application rate in major citrus planting regions of China[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2017.
- [7] 栾进华,程军,王伟,黄波,蒙炳儒,秦林. 奉节脐橙种植区土壤地球化学特征[J]. 物探与化探,2011,35(6):829-832
- LUAN Jinhua, CHENG Jun, WANG Wei, HUANG Bo, MENG Bingru, QIN Lin. Soil geochemistry of the growing area of Fengjie navel orange[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2011,35(6): 829-832.
- [8] 杨惠栋,淳长品,彭良志,付行政,凌丽俐,江才伦,曹立,袁高鹏,张梦娇. 奉节脐橙树体营养状况研究[J]. 中国南方果树, 2016,45(2):10-15.
- YANG Huidong, CHUN Changpin, PENG Liangzhi, FU Xingzheng, LING Lili, JIANG Cailun, CAO li, YUAN Gaopeng, ZHANG Mengjiao. Leaf nutrient status of navel orange in Fengjie, Chongqing. South China Fruits, 2016,45(2): 10-15.
- [9] 邢飞,付行政,彭良志,淳长品,凌丽俐,王男麒,周薇,黄翼. 重庆三峡库区柑橘叶片锌营养状况及其影响因子分析[J]. 果树学报,2014,31(4):602-609.
- XING Fei, FU Xingzheng, PENG Liangzhi, CHUN Changpin, LING Lili, WANG Nanqi, ZHOU Wei, HUANG Yi. Citrus leaf zinc nutrient level and its impact factors in the Three Gorges area of Chongqing[J]. Journal of Fruit Science, 2014, 31(4): 602-609.
- [10] 国家林业局. 中华人民共和国林业行业标准 森林植物与森林枯枝落叶层全素测定:LY/T 1270,1271,1273-1999[S]. 北京: 中国标准出版社,1999.
- State Forestry Administration of P. R. China. Forestry industry standard in The People's Republic of China Determination of total mineral element in forest plants and forest litter: LY/T 1270, 1271,1273-1999[S]. Beijing: Standard Press of China, 1999.
- [11] 庄伊美. 柑橘营养与施肥[M]. 北京:中国农业出版社,1997.
- ZHUANG Yimei. Citrus nutrition and fertilization[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1997.
- [12] 中华人民共和国农业部. 中华人民共和国农业行业标准 土壤检测:NY/T 1121-2016[S]. 北京:中国农业出版社,2006.
- The Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Agricultural industry standards of the People's Republic of China Detection of soil: NY/T 1121-2016 [S]. Beijing: China Agriculture Press, 2006.
- [13] 苏婷婷,周鑫斌,徐墨赤,吴桃红,高阿祥,石孝均. 重庆市柑橘园土壤养分现状研究[J]. 土壤,2017,49(5):897-902.
- SU Tingting, ZHOU Xinbin, XU Mochi, WU Taohong, GAO Axiang, SHI Xiaojun. Study on nutrient status of citrus orchard soil in Chongqing[J]. Soils, 2017,49(5): 897-902.
- [14] 王轶浩,耿养会,黄仲华. 三峡库区紫色土植被恢复过程的土壤团粒组成及分形特征[J]. 生态学报,2013,33(18): 5493-5499.
- WANG Yihao, GENG Yanghui, HUANG Zhonghua. Composition and fractal features of purple soil aggregates during the vegetation restoration process[J]. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33 (18): 5493-5499.
- [15] 丁武泉,何家洪,刘新敏,胡斐南,田锐,李航,朱华玲. 有机质对三峡库区水体中土壤胶体颗粒凝聚影响机制研究[J]. 水土保持学报,2017,31(4):166-171.
- DING Wuquan, HE Jiahong, LIU Xinmin, HU Feinan, TIAN Rui, LI Hang, ZHU Hualing. Effect of organic matter on aggregation of soil colloidal particles in Water Bodies of Three Gorge Reservoir Region[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2017,31(4): 166-171.
- [16] 田冬,高明,徐畅. 土壤水分和氮添加对3种质地紫色土氮矿化及土壤pH的影响[J]. 水土保持学报,2016,30(1):255-261.
- TIAN Dong, GAO Ming, XU Chang. Effects of soil moisture and nitrogen addition on nitrogen mineralization and soil pH in purple soil of three different textures[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2016,30(1): 255-261.
- [17] 钟远平,唐将,王力. 三峡库区土壤有机质区域分布及影响因素[J]. 水土保持学报,2006,20(5):73-76.
- ZHONG Yuanping, TANG Jiang, WANG Li. Distribution characteristic of soil organic carbon in Three Gorges Reservoir District[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2006, 20(5): 73-76.
- [18] 冯小杰,郑子成,李廷轩,范丽. 暴雨条件下紫色土区玉米季坡耕地氮素流失特征[J]. 中国农业科学,2018,51(4):738-749.
- FENG XiaoJie, ZHENG ZiCheng, LI TingXuan, FAN Li. Characteristics of nitrogen loss in sloping cropland of purple soil during maize growth stage under rainstorm[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2018,51(4): 738-749.
- [19] 冯洋,李伟,武伟. 重庆市新建柑橘园土壤养分现状研究[J]. 现代农业科技,2010(24):292-293.
- FENG Yang, LI Wei, WU Wei. Study on soil nutrient status of newly built citrus orchard in Chongqing[J]. Mod Agric Sci Technol, 2010(24): 292-293, 296.
- [20] 安志超,黄玉芳,马晓晶,李帅,师海彬,叶优良. 连续不同施氮对小麦-玉米轮作农田土壤理化性状的影响[J]. 麦类作物学报,2017,37(11):1461-1466.
- AN Zhichao, HUANG Yufang, MA Xiaojing, LI Shuai, SHI Haibing, YE Youliang. Effect of different continuous nitrogen application on soil physicochemical properties in wheat-maize rotation system[J]. Journal of Triticeae Crops, 2017, 37(11): 1461-1466.
- [21] ZHANG Y, HU C X, TAN Q L, ZHENG C S, GUI HP, ZENG W N, SUN X C, ZHAO X H. Plant nutrition status, yield and quality of satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) under soil application of Fe-EDDHA and combination with zinc and manganese in calcareous soil[J]. Scientia Horticulturae, 2014, 174: 46-53.

- [22] 温明霞,石孝均.重庆柑橘园钙素营养研究[J].植物营养与肥料学报,2013,19(5):1218-1223.
WEN Mingxia, SHI Xiaojun. Study on calcium nutrition in Chongqing citrus orchards[J]. Journal of Plant Nutrition and Fertilizer, 2013, 19(5): 1218-1223.
- [23] 袁梦,李有芳,张超博,王君秀,李思静,付行政,凌丽俐,曹立,彭良志.柑橘铜胁迫研究进展[J].果树学报,2018,35(3):347-357.
YUAN Meng, LI Youfang, ZHANG Chaobo, WANG Junxiu, LI Sijing, FU Xingzheng, LING Lili, CAO Li, PENG Liangzhi. Review of research on copper stress in Citrus[J]. Journal of Fruit Science, 2018, 35(3): 347-357.
- [24] HÄNSCH R, MENDEL R R. Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl)[J]. Current Opinion in Plant Biology, 2009, 12(3): 259-266.
- [25] 黄翼,彭良志,凌丽俐,曹立,王男麒,周薇,邢飞.重庆三峡库区柑橘镁营养水平及其影响因子研究[J].果树学报,2013,30(6):962-967.
HUANG Yi, PENG Liangzhi, LING Lili, CAO Li, WANG Nanqi, ZHOU Wei, XING Fei. Citrus magnesium nutrient level and its impact factors in the Three Gorges Area of Chongqing[J]. Journal of Fruit Science, 2013, 30 (6): 962-967.
- [26] 闫建梅,何丙辉,田太强.不同施肥与耕作对紫色土坡耕地土壤侵蚀及氮素流失的影响[J].中国农业科学,2014,47(20):4027-4035.
YAN Jianmei, HE Binghui, TIAN Taiqiang. Effect of fertilizer levels and tillage methods on soil erosion and nutrient loss in Purple Soil Area[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2014, 47(20): 4027-4035.
- [27] 董燕,王正银.矿质营养对柑橘品质的影响[J].土壤肥料,2004,(6):37-40+46.
DONG Yan, WANG Zhengyi. The effects of mineral nutrition on citrus qualities[J]. Soils and Fertilizers, 2004, (6): 37-40, 46.
- [28] 杨生权.土壤和叶片养分状况对柑橘产量和品质的影响[D].重庆:西南大学,2008.
YANG Shengquan. Study on the influence of soil and leaf nutrient on citrus fruit's output and quality --- Taking citrus orchards in Zhongxian County of Chongqing as an example[D]. Chongqing: Southwest University, 2008.
- [29] 黄玉溢,王影,陈桂芬,刘斌.低产柑橘园植株叶片及土壤营养状况分析及评价[J].土壤通报,2009,40(1):118-121.
HUANG Yuyi, WANG Ying, CHEN Guifen, LIU Bin. Studies and evaluation on contents of nutrient elements of soil and citrus leaves in Low-yield citrus orchard[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2009, 40(1): 118-121.