

丹江口柑橘园土壤和叶片营养状况调查分析

刘东海¹, 郑守会², 陈云峰¹, 乔艳¹, 张智¹, 郭元成³,
江龙堤³, 李双来¹, 李菲¹, 胡诚^{1*}

(1. 湖北省农业科学院植保土肥研究所, 湖北 武汉 430064; 2. 湖北省丹江口市丁家营镇农业技术推广服务中心, 湖北 丹江口 442700; 3. 湖北省丹江口市柑桔试验站, 湖北 丹江口 442700)

摘要: 在丹江口柑橘主产区 42 个柑橘园采集了土壤和叶片样品并进行养分测定, 旨在研究土壤和叶片营养元素状况及相关性。结果表明, 1) 97.6% 的柑橘园土壤 pH 值适宜柑橘生长; 土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾、有效硼、交换性镁、有效铁、有效铜、有效锌、交换性钙和有效锰处于缺乏或低量水平的柑橘园分别占 71.4%、95.2%、64.3%、45.2%、100.0%、11.9%、16.7%、26.2%、14.3%、0.0% 和 0.0%。2) 叶片氮、磷、钾、钙、镁、铜、锌、硼、铁和锰含量缺乏的柑橘园分别占 31.0%、71.4%、81.0%、38.1%、83.3%、97.6%、95.2%、40.5%、0.0% 和 0.0%。3) 土壤交换性钙、交换性镁、有效铁、有效锰和有效硼的丰缺状况与叶片中对应元素显著正相关, 其它土壤营养元素与叶片相应元素无显著相关性。因此, 建议柑橘园在营养管理上应因地制宜, 增施有机肥及硼肥, 合理施用氮、磷和钾肥。

关键词: 丹江口; 柑橘园; 土壤营养元素; 叶片营养元素

丹江口市作为中线工程水源地, 是我国重要的战略水资源区, 也是湖北省第二大柑橘优势产区^[1], 柑橘种植面积 1.89 万 hm^2 , 主要分布于浅山丘陵区; 柑橘品种以温州蜜桔为主, 包括兴津、龟井和尾张等品种, 成年橘树年施柑橘专用复合肥量在 1 kg/棵左右, 其主要 N:P:K 配比为 18:8:16。柑橘园土壤类型主要有黄棕壤、紫色土和石灰(岩)土 3 类, 分别占柑橘园总面积的 70%、22% 和 8%。近年来关于丹江口柑橘园土壤的研究多集中在土壤肥力, 鲁剑巍等^[2] 针对湖北柑橘园进行了土壤养分分级研究, 姚强等^[3] 对丹江口库区柑橘土壤展开肥力综合评价, 江龙堤^[4] 对丹江口柑橘园土壤有效养分进行研究, 结论都指出丹江口柑橘园土壤肥力普遍偏低。本研究分析以丹江口柑橘园土壤和果树叶片为对象, 研究其营养元素, 分析元素间的相关性, 旨在找出提升柑橘园土壤肥力和柑橘品质的可行措施。

收稿日期: 2019-07-12; 录用日期: 2019-09-17

基金项目: 国家重点研发计划项目“柑橘化肥农药减施技术集成研究与示范”(2017YFD0202000)。

作者简介: 刘东海(1984-), 男, 河北邯郸人, 助理研究员, 硕士, 主要从事植物营养、土壤肥料方面研究工作。E-mail: liudonghai111@126.com。

通讯作者: 胡诚, E-mail: huchenghxx@163.com。

1 材料与方法

1.1 采样地点

2018 年在湖北省丹江口市石鼓镇、凉水河镇、均县、龙山镇和习家店 5 个镇, 采集 42 个土壤和柑橘叶片样品, 每个样品填写相应的编号, 时间、地点、土壤类型、经纬度、代表柑橘面积和柑橘品种、产量、价格和成本以及施肥情况和田间管理等详细信息。

1.2 样品采集

土壤样品: 在柑橘树冠滴水线附近或以树干为圆心向外延伸到树冠边缘的 2/3 处, 采集 0 ~ 30 cm 深度土壤(避开施肥穴、滴灌头湿润区), 每个样品取 10 个样点充分混匀, 然后按“四分法”取土 1 kg 左右, 风干备用。

叶片样品采集和处理: 选择具有代表性的生长、结果正常的柑橘树, 采集树冠外围中上部生长中等的当年生春梢营养枝顶部第 3 片叶, 每株采 10 片叶, 8 株树所采叶片形成 1 个混合样。叶片分别于中性洗涤剂洗涤 30 s、清水清洗、0.2% HCl 洗涤 30 s、去离子水洗净后, 105℃杀青 30 min, 65℃烘干, 研钵中研磨, 过 0.5 mm 筛子, 混匀, 分装, 备用。

1.3 样品测定

土壤样品: 有机质含量采用重铬酸钾容量法测

定；碱解氮含量采用碱解扩散法测定；pH 值采用 pH 计测定，土水比为 1:2.5；有效磷含量采用碳酸氢钠浸提—钼锑抗比色法测定；速效钾含量采用乙酸铵浸提—火焰光度法测定；有效铁、锰、铜、锌含量采用 DTPA 浸提—原子吸收分光光度计测定；交换性钙、镁含量采用乙酸铵浸提—原子吸收分光光度计测定；有效硼含量采用沸水浸提—姜黄素比色法测定。

叶片样品：氮含量采用 H₂SO₄-H₂O₂ 微波消解、半微量蒸馏法测定；磷含量采用钼锑抗比色法测定；钾含量采用火焰光度法测定；钙、镁、铁、锰、铜、锌含量采用 HNO₃-HClO₄ 消化、原子吸收

法测定；硼含量采用 HCl 浸提—姜黄素比色法测定^[5]。各元素含量均为干重测定值。

1.4 营养元素含量分级

本研究中营养元素含量分级指标参考鲁剑巍^[2]和庄伊美^[6]柑橘园养分分级标准综合而定。土壤 pH 值分级标准为：pH 值<4.8 为偏酸性，pH 值在 4.8 ~ 5.5 范围内为酸性适宜，pH 值在 5.5 ~ 6.5 为最适宜，pH 值在 6.5 ~ 8.5 为碱性适宜，pH 值>8.5 为偏碱性；土壤有机质分级标准为：5.0 ~ 10.0 g/kg 为缺乏，10.0 ~ 15.0 g/kg 为低量，15.0 ~ 30.0 g/kg 为适宜，>30.0 g/kg 为高量；其他指标分级标准见表 1 和表 2。

表 1 柑橘园土壤养分分级标准 (mg/kg)

等级	碱解氮	有效磷	速效钾	交换性钙	交换性镁	有效铁	有效锰	有效铜	有效锌	有效硼
缺乏	<50	<5.0	<50	<200	<80	<5.0	<2.0	<0.3	<0.5	
低量	50 ~ 100	5.0 ~ 15.0	50 ~ 100	200 ~ 1 000	80 ~ 150	5.0 ~ 10.0	2.0 ~ 5.0	0.3 ~ 0.5	0.5 ~ 1.0	<0.25
适宜	100 ~ 200	15.0 ~ 80.0	100 ~ 200	1 000 ~ 2 000	150 ~ 300	10.0 ~ 20.0	5.0 ~ 20.0	0.5 ~ 1.0	1.0 ~ 5.0	0.25 ~ 0.5
高量	>200	>80	>200	2 000 ~ 3 000	300 ~ 500	20.0 ~ 50.0	20.0 ~ 50.0	1.0 ~ 2.0	5.0 ~ 10.0	0.5 ~ 1.0
过量				>3 000	>500	>50.0	>50.0	>2.0	>10.0	>1.0

表 2 柑橘园叶片养分分级标准

等级	氮 (%)	磷 (%)	钾 (%)	钙 (%)	镁 (%)	铁 (mg/kg)	锰 (mg/kg)	铜 (mg/kg)	锌 (mg/kg)	硼 (mg/kg)
缺乏	<2.2	<0.09	<0.7	<1.5	<0.2	<35	<15	<3	<15	<20
低量	2.2 ~ 2.5	0.09 ~ 0.13	0.7 ~ 1.3	1.5 ~ 3.3	0.2 ~ 0.27	35 ~ 60	15 ~ 25	3 ~ 5	15 ~ 25	20 ~ 40
适宜	2.5 ~ 2.8	0.13 ~ 0.16	1.3 ~ 1.8	3.3 ~ 5.0	0.27 ~ 0.45	60 ~ 120	25 ~ 100	5 ~ 15	25 ~ 100	40 ~ 100
高量	2.8 ~ 3.0	0.16 ~ 0.30	1.8 ~ 2.4	5.0 ~ 7.0	0.45 ~ 0.7	120 ~ 200	100 ~ 300	15 ~ 20	100 ~ 300	100 ~ 200
过量	>3.0	>0.30	>2.4	>7.0	>0.7	>200	>300	>25	>300	

2 结果与分析

2.1 土壤 pH 值及有机质、营养元素含量

丹江口市柑橘园土壤 pH 值及有机质、营养元素含量见表 3 ~ 4。土壤 pH 均值 6.63，其中最适占 35.7%，碱性适宜占 61.9%，说明比较适宜柑橘生长。土壤有机质平均含量为 13.34 g/kg，71.4% 的柑橘园土壤有机质含量处于偏低水平。土壤碱解氮、有效磷、速效钾和有效硼处于低量、缺乏水平的比例分别为 95.2%、64.3%、45.2% 和 100%。速

效锌和有效铜缺乏与过量并存。土壤中交换性钙、交换性镁、有效铁和有效锰含量高的柑橘园分别占 90.5%、73.8%、57.1% 和 97.6%。土壤有效铜平均值 0.97 mg/kg，其中 35.7% 处于适宜水平，38.1% 处于高量水平。土壤有效锌 80.9% 处于适宜水平。可见，柑橘园土壤氮、磷、钾和硼以及有机质含量低，因此应实行有机无机配施，同时增施硼肥，培肥地力。

表 3 柑橘园土壤 pH 值状况

指标	范围	均值	变异系数 (%)	偏酸性 (%)	酸性适宜 (%)	最适宜 (%)	碱性适宜 (%)	偏碱性 (%)
pH 值	4.55 ~ 7.59	6.63	9.86	2.4	0	35.7	61.9	0

表 4 柑橘园土壤有机质、有效营养元素含量状况

指标	范围	均值	变异系数 (%)	缺乏 (%)	低量 (%)	适宜 (%)	高量 (%)	过量 (%)
有机质 (g/kg)	5.69 ~ 29.04	13.34	35.62	28.6	42.8	28.6	—	—
碱解氮 (mg/kg)	22.62 ~ 241.45	70.48	59.96	23.8	71.4	—	4.8	—
有效磷 (mg/kg)	0.42 ~ 70.44	19.2	104.48	23.8	40.5	35.7	—	—
速效钾 (mg/kg)	15.77 ~ 289.38	142.71	60.97	23.8	21.4	21.5	33.3	—
交换性钙 (mg/kg)	1 811.82 ~ 11 728.00	5 487.91	44.77	—	—	9.5	2.4	88.1
交换性镁 (mg/kg)	103.42 ~ 890.77	482.65	45.42	—	11.9	14.3	21.4	52.4
有效铁 (mg/kg)	6.57 ~ 117.22	29.18	75.56	—	16.7	26.2	40.4	16.7
有效锰 (mg/kg)	18.24 ~ 332.96	103.38	75.88	—	—	2.4	30.9	66.7
有效铜 (mg/kg)	0.25 ~ 4.03	0.97	72.58	14.3	11.9	35.7	33.3	4.8
有效锌 (mg/kg)	0.26 ~ 10.83	2.89	62.26	9.5	4.8	80.9	—	4.8
有效硼 (mg/kg)	0.05 ~ 0.45	0.16	52.49	—	100	—	—	—

2.2 叶片营养元素含量

叶片营养元素含量见表 5。叶片氮平均值 2.60%，其中 59.5% 氮含量处于适宜水平，31.0% 低水平。叶片硼平均值 42.1 mg/kg，其中 59.5% 硼含量处于适宜水平，40.5% 低水平。叶片磷、钾、

镁、铜和锌缺乏的柑橘园分别占 71.4%、81.0%、83.3%、97.6% 和 95.2%。叶片钙平均值 3.20%，其中 61.9% 含量处于适宜水平，38.1% 低水平。叶片铁高量的柑橘园占 59.5%，有 97.6% 的柑橘园叶片锰含量处于适宜水平。

表 5 柑橘园叶片营养元素含量状况

指标	范围	均值	变异系数 (%)	缺乏 (%)	低量 (%)	适宜 (%)	高量 (%)	高量 (%)
氮 (%)	2.04 ~ 3.23	2.60	7.76	2.4	28.6	59.5	4.7	4.8
磷 (%)	0.01 ~ 0.17	0.10	38.97	54.8	16.6	26.2	2.4	—
钾 (%)	0.32 ~ 1.56	0.74	40.99	50	31	16.6	2.4	—
钙 (%)	2.01 ~ 4.33	3.20	16.81	—	38.1	61.9	—	—
镁 (%)	0.16 ~ 0.50	0.26	27.19	21.4	61.9	16.7	—	—
铁 (mg/kg)	100.44 ~ 196.87	126.12	17.44	—	—	40.5	59.5	—
锰 (mg/kg)	36.06 ~ 107.12	56.87	27.60	—	—	97.6	2.4	—
铜 (mg/kg)	3.12 ~ 20.49	10.28	23.62	2.4	95.2	2.4	—	—
锌 (mg/kg)	12.23 ~ 53.68	17.92	36.21	73.8	21.4	4.8	—	—
硼 (mg/kg)	13.82 ~ 77.22	42.1	42.30	4.8	35.7	59.5	—	—

2.3 土壤 pH 值、有机质及土壤与叶片相应营养元素的相关性分析

土壤 pH 值、有机质和有效营养元素含量与叶片营养元素含量的相关性分析见表 6。土壤营养元素的丰缺状况与叶片相应元素的丰缺状况并不都一致。土壤交换性钙、交换性镁、有效铁、有效锰和有效硼的丰缺状况与叶片对应的营养元素丰缺均呈显著正相关。土壤 pH 值与速效钾 ($R^2=0.45$) 和有效磷 ($R^2=0.31$) 极显著和显著正相关, 而与土壤微量元素有效铁 ($R^2=-0.57$)、有效锰 ($R^2=-0.57$) 和有效铜 ($R^2=-0.40$) 呈极显著负相关, 甚至与叶片铁和叶片锰也极显著和显著负相关。土壤有机质与土壤速效钾 ($R^2=0.62$)、有效硼 ($R^2=0.77$) 极显著正相关, 与

土壤有效锌 ($R^2=0.38$) 和叶片锌 ($R^2=0.32$) 显著正相关。土壤碱解氮与土壤其他养分无显著相关性, 与叶片钙 ($R^2=0.41$) 和叶片镁 ($R^2=0.44$) 极显著正相关。土壤速效钾与土壤有效磷 ($R^2=0.51$)、土壤硼 ($R^2=0.53$)、pH 值和有机质极显著正相关, 与叶片铁 ($R^2=-0.59$) 极显著负相关。土壤交换性钙与土壤有效铁 ($R^2=-0.31$)、有效锰 ($R^2=-0.33$)、有效铜 ($R^2=-0.40$)、有效锌 ($R^2=-0.47$) 显著和极显著负相关, 与叶片钙 ($R^2=0.55$) 极显著正相关。土壤中微量元素有效铁和有效锰、有效铜三者极显著正相关, 有效铜和有效锌间存在极显著正相关。土壤硼与土壤钾、有效锌、有机质以及叶片锌 ($R^2=0.40$) 极显著正相关, 与叶片硼 ($R^2=0.33$) 正相关。

表 6 土壤 pH 值及有机质、有效营养元素含量与叶片营养元素含量的相关分析

	K _s	Ca _s	Mg _s	Fe _s	Mn _s	Cu _s	Zn _s	B _s	pH 值	SOM	N _L	P _L	K _L	Ca _L	Mg _L	Fe _L	Mn _L	Cu _L	Zn _L	B _L
N _s														0.41**	0.44**		0.36*			
P _s	0.51**			0.31*					0.31*					0.36*			0.38*			
K _s		0.31*			-0.33*			0.53**	0.45**	0.62**						-0.59**				
Ca _s				-0.31*	-0.33*	-0.40**	-0.47**						-0.45**	0.55**					-0.31*	
Mg _s				0.38*	0.41**				-0.33*				-0.51**		0.54**					
Fe _s					0.89**	0.51**			-0.57**						0.37*	0.7*	0.51**			
Mn _s						0.53**		-0.32*	-0.57**								0.44**			
Cu _s							0.63**		-0.40**		0.46**					0.51**				
Zn _s								0.41**		0.38*										
B _s									0.77**							-0.34*		0.40**	0.33*	
pH 值											0.31*				-0.40*	-0.41**	-0.31*			
SOM																-0.36*			0.32*	

注: ** 表示在 0.01 水平 (双侧) 上显著相关, * 表示在 0.05 水平 (双侧) 上显著相关。元素符号下标 -S 表示土壤, -L 表示叶片。

3 讨论

丹江口市柑橘园土壤 pH 均值 6.63, 比较适宜柑橘生长。土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾和有效硼处于低量缺乏水平的比例分别是 71.4%、95.2%、64.3%、45.2% 和 100%, 该结果与前期研究^[2-4]结果一致, 可能因为: 1) 虽然果农施肥用量高于美国等发达国家^[7], 但柑橘园管理粗放, 肥料撒施和不施有机肥; 2) 柑橘园都在丘陵坡地, 地表径流导致果园氮磷养分流失严重^[8-10]。通过坡地果园套种绿肥可使氮磷流失量明显降低, 有助于水体环境的保护, 同时还可改善果实品质^[11]。土壤有效硼缺乏影响柑橘生理生化^[12], 因此应该重视增施硼肥。土壤中交换性钙、交换性镁、有效

铁、有效锰、有效铜和有效锌均较丰富, 与石灰 (岩) 土和紫色土的成土母质有关^[4]。

叶片氮、磷、钾、镁、铜、锌和硼处于低量缺乏水平的比例分别是 31.0%、71.4%、81.0%、83.3%、97.6%、95.2% 和 40.5%。叶片锌含量低, 原因是微碱性土壤中的有效锌含量低, 移动性较差, 难以被植物根系吸收利用^[6]。锌促进叶绿素合成, 提高果实品质和质量^[13], 叶片锌和硼缺乏, 一定程度影响柑橘坐果和稳果^[14], 反之施用硼肥可以明显改善柑橘的生长发育和营养状况, 增产效果显著^[15], 因此应加大叶面喷施硼肥和锌肥来改善柑橘硼、锌营养状况。叶片钙含量处于适宜水平占比 61.9%。叶片铁、锰处于适宜偏高水平。

土壤营养元素的丰缺状况与叶片相应元素的丰

缺状况并非简单的对应关系^[16]，具有一定的复杂性^[17]。可能因为土壤类型、树体类型，立地条件等差异，导致丹江口土壤养分和树体养分之间的相关性与其他柑橘园报道结果存在较大差异^[18-19]。丹江口柑橘园土壤交换性钙、交换性镁、有效铁和有效锰的丰缺状况与叶片中对应元素极显著正相关。土壤有效硼与叶片硼呈显著正相关。其他的土壤营养元素与叶片相应元素无显著相关性，土壤有效锌与叶片锌无相关性，与桂西北柑橘^[20]和赣南甜橙^[16]的研结论一致。

土壤营养元素间的相关性比较复杂多变，影响橘园土壤微量营养元素含量的因素有很多，成土母质、地貌的发育历史及发育过程、土壤 pH 值、有机质含量等都会影响其含量和有效性^[21-23]。土壤 pH 值和土壤有效铁、有效锰、有效铜和交换性镁都极显著负相关，跟重庆柑橘园的研究结果一致^[24]，跟三峡重庆库区^[25] pH 值与土壤有效锌和锰呈极显著正相关，与土壤有效铁有显著负相关的结论有所不同。pH 值与土壤速效钾呈极显著正相关，而文献^[24]则指出 pH 值与土壤有效钙极显著正相关，文献^[26-27]指出赣南脐橙园 pH 值与土壤有效镁极显著正相关。土壤有机质与土壤速效钾、有效硼极显著正相关，与土壤有效锌显著正相关，而重庆市柑橘园土壤有机质与碱解氮、有效硫、有效铜、有效锌、有效铁之间呈极显著正相关性^[24]。土壤硼与有效钾、有效锌和有机质极显著正相关，与三峡重庆库区柑橘园的研究结果一致^[25]；其他土壤营养元素间相关性也不尽相同。

柑橘园土壤及叶片营养元素普遍缺乏，并且土壤营养元素的丰缺状况与叶片相应元素的丰缺状况具有一定的复杂性，因此柑橘园施肥需采用叶片营养诊断和土壤测试相结合的方法，在营养管理上应因地制宜，建议增施有机肥^[28]及硼肥，合理施用氮、磷和钾肥；同时套种绿肥，减少径流损失，提高肥料利用率。

参考文献：

- [1] 王璐, 张雁飞, 刘志培, 等. 丹江口市柑桔产业发展现状及对策研究[J]. 安徽农学通报, 2018, 24(7): 52-54.
- [2] 鲁剑巍, 陈防, 王富华, 等. 湖北省柑橘园土壤养分分级研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2002, 8(4): 390-394.
- [3] 姚强, 李端波, 周程, 等. 鄂西北丹江口库区柑橘产业土壤肥力综合评价[J]. 河北农业科学, 2012, 16(2): 51-54.
- [4] 江龙堤. 丹江口市柑橘园土壤有效养分含量研究[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(8): 57-59.
- [5] 鲍士旦. 土壤农化分析(第3版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [6] 庄伊美. 柑橘营养与施肥[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994.
- [7] Morgan K T, Obreza Tom A, Adair W T. The basis for mature citrus nitrogen fertilization recommendation[M]. Florida: Florida Satate Horticultural Soc, 2006.
- [8] 雷沛, 曾祉祥, 张洪, 等. 丹江口水库农业径流小区土壤氮磷流失特征[J]. 水土保持学报, 2016, (3): 44-48.
- [9] 张思伟. 丹江口库区柑橘园土壤-树体-径流系统中氮磷的迁移及其周年变化[D]. 武汉: 华中农业大学, 2012.
- [10] 姚娜, 余冰, 蔡崇法, 等. 丹江口库区土壤氮磷养分流失特征[J]. 水土保持通报, 2017, 37(1): 97-103.
- [11] 李太魁, 张香凝, 寇长林, 等. 丹江口库区坡耕地柑橘园套种绿肥对氮磷径流流失的影响[J]. 水土保持研究, 2018, 25(2): 94-98.
- [12] 韩霜. 缺硼对柑橘生理生化的影响[D]. 福州: 福建农林大学, 2007.
- [13] Srivastava A K, Singh S. Zinc nutrition, a global concern or sustainable citrus production[J]. Journal of Sustainable Agriculture, 2005, 25(3): 5-42.
- [14] 杨仕品. 贵州喀斯特河谷柑橘园土壤与树体养分及其对结果、品质的影响[D]. 贵阳: 贵州大学, 2007.
- [15] 姜存仓, 王运华, 刘桂东, 等. 赣南脐橙叶片黄化及施硼效应研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(3): 656-661.
- [16] 唐玉琴, 彭良志, 淳长品, 等. 红壤甜橙园土壤和叶片营养元素相关性分析[J]. 园艺学报, 2013, 40(4): 623-632.
- [17] 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.
- [18] Shah Z, Shah M Z, Tariq M, et al. Survey of citrus orchards for micronutrients deficiency in Swat valley of north western Pakistan[J]. Pak J Bot, 2012, 44(2): 705-710.
- [19] Khokhar Y, Rattanpal H S, Dhillon W S, et al. Soil fertility and nutritional status of Kinnow orchards grown in aridisol of Punjab, India[J]. African Journal of Agricultural Research, 2012, 7(33): 4692-4697.
- [20] 余红兵, 王仁才, 肖润林, 等. 桂西北环境移民示范区柑橘园土壤和叶片营养状况[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2007, 33(3): 341-344, 357.
- [21] García-marco S, Gómez-rey M X, González-prie-to S J. Availability and uptake of trace elements in a forage ro-tation under conservation and plough tillage[J]. Soil & Tillage Research, 2014, 137(3): 33-42.
- [22] Wang H, Liu Y M, Qi Z M, et al. The estimation of soil trace elements distribution and soil-plant-animal continuum in relation to trace elements status of sheep in Huangcheng area of Qilian Mountain grassland, China[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2014, 13(1): 140-147.
- [23] Zu Y Q, Bock L, Schvartz C, et al. Factors affecting trace

- element content in periurban market garden subsoil in Yunnan Province, China [J]. *Journal of Environmental Sciences*, 2011, 23: 488–496.
- [24] 苏婷婷, 周鑫斌, 徐墨赤, 等. 重庆市柑橘园土壤养分现状研究 [J]. *土壤*, 2017, 49 (5): 897–902.
- [25] 周鑫斌, 石孝均, 孙彭寿, 等. 三峡重庆库区柑橘园土壤养分丰缺状况研究 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2010, 16(4): 817–823.
- [26] 刁莉华, 彭良志, 淳长品, 等. 赣南脐橙园土壤有效镁含量状况研究 [J]. *果树学报*, 2013, (2): 241–247.
- [27] 谢志南, 庄伊美, 王仁玕, 等. 福建亚热带果园土壤 pH 值与有效态养分含量的相关性 [J]. *园艺学报*, 1997, (3): 209–214.
- [28] 陈大超, 张跃强, 甘涛, 等. 有机肥施用量及深度对柑橘产量和品质的影响 [J]. *中国土壤与肥料*, 2018, (4): 143–147.

Studies on nutrient contents of citrus orchard soils and leaves in Danjiangkou

LIU Dong-hai¹, ZHENG Shou-hui², CHEN Yun-feng¹, QIAO Yan¹, ZHANG Zhi¹, GUO Yuan-cheng³, JIANG Long-di³, LI Shuang-lai¹, LI Fei¹, HU Cheng^{1*} (1. Institute of Plant Protection and Soil Fertilizer, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Wuhan Hubei 430064; 2. Hubei Danjiangkou City Dingjiaying Town Agro-Technology Extension and Service Center, Danjiangkou Hubei 442700; 3. Danjiangkou Citrus Test Station, Danjiangkou Hubei 442700)

Abstract: Both soil and leaf samples were collected from 42 citrus orchards in Danjiangkou, and then analyzed for their nutrient contents. The specific objectives were to study on the status and correlation of nutrients in soil and leaves. The results showed that: 1) The pH values of 97.6% samples were suitable. The deficiency rates of organic matter, alkaline nitrogen, available phosphorus, available potassium, available boron, exchangeable magnesium, available iron, available copper, available zinc, exchangeable calcium and available manganese were 71.4%, 95.2%, 64.3%, 45.2%, 100.0%, 11.9%, 16.7%, 26.2%, 14.3%, 0.0% and 0.0%, respectively. 2) The deficiency rates of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, copper, zinc, boron, iron and manganese in leaves were 31.0%, 71.4%, 81.0%, 38.1%, 83.3%, 97.6%, 95.2%, 40.5%, 0.0% and 0.0%, respectively. 3) The contents of soil available nutrients such as exchangeable calcium, exchangeable magnesium, available iron, available manganese and available boron in orchard soils were positively correlated with the contents of corresponding nutrients elements in leaves. However, there was no significant correlation between contents of nitrogen, phosphorus, potassium, copper and zinc in soil and leaves. Therefore, it is suggested that the management of citrus orchards should be adapted to local conditions. Organic fertilizer and boron fertilizer should be applied to the oranges orchards, and nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers should be applied rationally.

Key words: Dangjiangkou; citrus orchard; soil nutrient; leaf nutrient