

有机肥施用量及深度对柑橘产量和品质的影响

陈大超¹, 张跃强², 甘 涛¹, 周 双¹, 唐晓东¹, 石孝均², 邓胜兴¹

(1. 重庆市长寿区农业研究中心, 重庆 401220; 2. 西南大学资源环境学院, 重庆 400716)

摘 要: 为提高重庆长寿柑橘的产量和品质, 通过田间小区试验, 研究了有机肥不同施用量与施肥深度对柑橘园土壤肥力和柑橘养分、品质及产量的影响。结果表明: 与未施有机肥处理相比, 施用有机肥可以不同程度增加土壤中碱解氮、有效磷和速效钾含量, 处理5碱解氮最高, 处理6有效磷、速效钾最高, 分别提高98.25%、106.79%和43.33%; 并能提高土壤有机质含量, 最好的处理3高出对照58.87%; 同时可以减小土壤容重, 提高土壤pH值及土壤地力; 施用有机肥可以提高柑橘叶片中的全磷、全钾、全钙、铜、硼、锌含量, 使柑橘叶片中的养分含量更适宜于柑橘生长, 进而改善柑橘果实品质, 提高柑橘产量, 增加经济效益。综合考虑土壤肥力变化, 柑橘叶片营养、产量和品质提高, 以及经济效益, 有机肥施用量20 t/hm²并施入0~40 cm土层效果最好。

关键词: 有机肥; 柑橘; 土壤肥力; 叶片养分; 果实品质

中图分类号: S141.5; S666.2

文献标识码: A

文章编号: 1673-6257 (2018) 04-0143-05

柑橘是多年生常绿果树, 开花量大, 挂果时间长, 对养分的需求量大^[1]。近年来, 重庆长寿区由于部分柑橘园在建园定植前未按柑橘标准园建设要求进行改土培肥, 一些果园在板土上直接挖窝定植、有机肥施用量不足或未施有机肥, 表现为橘园土壤尤其是20 cm以下土壤紧实板结、有机质含量低、养分贫瘠, 导致柑橘主根下扎困难。加之建园后果园施肥管理不科学: 重化肥轻有机肥、表土撒施, 加重根系集中分布表土层, 柑橘对养分和水分的吸收能力减弱、抗逆能力和稳产能力降低, 导致柑橘长势差、大小年严重, 部分果园营养不良导致落果严重。为了解决以上问题, 本项目通过田间试验, 研究有机肥不同施用量和施肥深度对柑橘园土壤理化性状的影响, 探讨有机肥管理对柑橘养分与果实品质的改善作用, 及对柑橘产量的影响, 以期评价施有机肥对柑橘园土壤的调理效果, 为柑橘的合理施肥提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验区位于重庆市长寿区联恒公司柑橘基地。

土壤类型为紫色土土类, 棕紫泥土亚类, 灰棕紫泥土土属, 沙土土种; 土壤质地为轻壤, 剖面构型为A/B, 耕层厚度40 cm。地块面积0.45 hm², 树龄5年。试验区肥力水平较均匀: pH值4.83、有机质17.13 g/kg、全氮1.34 g/kg、全磷0.34 g/kg、全钾19.7 g/kg、碱解氮93.63 mg/kg、有效磷14.21 mg/kg、速效钾103 mg/kg。

1.2 供试品种与肥料

供试柑橘品种为W墨科特, 规格5.0 m×4.0 m, 2010年定植。商品有机肥N+P₂O₅+K₂O≥5.0%, 有机质≥50%。无机肥为尿素、过磷酸钙、硫酸钾。

1.3 试验方法

试验共设10个处理, 每个处理在相同化肥施用量(常规施肥)基础上增施不同量的商品有机肥, 以常规施肥为对照, 施肥量及施肥深度见表1。试验选择树势相近的柑橘单株隔开作小区, 每个小区5株, 5次重复, 随机排列。无机肥(常规施肥)按照: 氮肥春肥40%, 夏肥60%; 磷肥春肥40%, 秋肥60%; 钾肥春肥40%, 秋肥60%。有机肥于2015年3月初在春肥施用混合无机肥一次性施入施肥槽, 并与施肥槽土壤充分混匀, 施肥槽宽30~40 cm、长80~100 cm、深与施肥深度相同; 夏、秋肥兑水淋施。其他栽培措施相同。试验于2015年2月20日上季果实采收后开始, 2016年2月24日果实采收。

收稿日期: 2017-10-30; 最后修订日期: 2017-12-05

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFD0200104)。

作者简介: 陈大超(1965-), 男, 重庆长寿人, 高级农艺师, 本科, 主要从事植物营养与土壤肥料技术研究工作。E-mail: 914881480@qq.com。

表 1 试验处理

处理	施肥深度 (cm)	有机肥 (t/hm ²)	化肥养分量 (kg/hm ²)			化肥商品量 (kg/hm ²)		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	尿素	过磷酸钙	硫酸钾
1	20~30	5	135	67.5	108	293.5	562.5	216.0
2	20~30	10	135	67.5	108	293.5	562.5	216.0
3	20~30	20	135	67.5	108	293.5	562.5	216.0
4	40~50	5	135	67.5	108	293.5	562.5	216.0
5	40~50	10	135	67.5	108	293.5	562.5	216.0
6	40~50	20	135	67.5	108	293.5	562.5	216.0
7	60~70	5	135	67.5	108	293.5	562.5	216.0
8	60~70	10	135	67.5	108	293.5	562.5	216.0
9	60~70	20	135	67.5	108	293.5	562.5	216.0
10 (CK)	20~30	0	135	67.5	108	293.5	562.5	216.0

1.4 测定项目与方法

在 2015 的 10 月按照柑橘营养诊断技术规程采集柑橘夏梢叶片和土壤样品，第二年 2 月柑橘收获时采集果实样品进行理化分析，包括土壤容重、有机质含量、pH 值、碱解氮、有效磷、速效钾等。于施肥区深度为 0~60 cm 采集土壤样品。土壤样品分析采用全国农业技术推广服务中心主编的《土壤分析技术规范》第二版的方法^[2]；果实和叶片样品分析采用鲍士旦主编的《土壤农化分析》第二版的方法^[3]。试验结果用新复极差法进行差异显著性比较^[4]。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对土壤理化性状的影响

从表 2 可知，不同施肥处理的土壤理化指标有所不同，施用有机肥处理与对照（不施有机肥 CK）相比，大部分指标差异显著。土壤 pH 值，施用有机

肥处理均较 CK 有所上升，且差异显著，其中处理 6 的 pH 值最高，为 6.89，差异极显著；施用有机肥处理的容重均低于 CK，且达显著水平，施用有机肥可以有效降低土壤容重，其中处理 9 的土壤容重最低，为 1.17 g/cm³，比 CK 降低 0.15 g/cm³，减少 11.36%；土壤有机质含量均高于 CK，且达极显著水平，其中处理 3 的土壤有机质最高，为 35.62 g/kg，比 CK 增加 58.87%；土壤碱解氮含量均高于 CK，达极显著水平，其中处理 5 的土壤碱解氮最高，为 158.2 mg/kg，比 CK 增加 98.25%；土壤有效磷含量均高于 CK，达极显著水平，其中处理 6 的土壤有效磷最高，为 36.56 mg/kg，比 CK 增加 106.79%；土壤速效钾含量均高于 CK，达极显著水平，其中处理 6 的土壤速效钾含量最高，为 172 mg/kg，比 CK 增加 43.33%。施用有机肥可以提高土壤的 pH 值、有机质，降低容重，提高土壤的有效养分含量，利于柑橘生长。

表 2 各处理土壤理化性状

处理	pH 值	容重 (g/cm ³)	有机质 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
1	5.28eD	1.28bAB	26.70eE	112.7F	21.70H	148eDE
2	5.09fE	1.24cdeBCD	32.02cC	130.9C	23.22G	151dD
3	6.87aA	1.18fgF	35.62aA	154.7B	30.52C	164bB
4	5.99dC	1.27bcBC	29.57dD	123.2D	26.08E	146eE
5	6.63cB	1.21efDEF	29.63dD	158.2A	33.60B	158cC
6	6.89aA	1.19fgEF	33.30bB	110.6I	36.56A	172aA
7	5.11fE	1.26bcdBC	26.87eE	111.3H	20.03I	136gG
8	5.05fEF	1.23deCDE	26.75eE	112.0G	25.27F	141fF
9	6.78bA	1.17gF	32.13cC	120.4E	28.19D	165bB
10 (CK)	4.94gF	1.32aA	22.42fF	79.8J	17.68J	120hH

注：同列中不同小写英文字母表示各处理的平均数在 0.05 水平上差异显著，大写英文字母表示在 0.01 水平上差异显著，下同。

2.2 不同施肥处理对柑橘叶片养分含量的影响

从表3可知,施用有机肥处理对叶片中的大、中量元素影响明显。与CK相比,施用有机肥处理叶片中全磷和全钾含量有所提高,且差异极显著,其中,处理5综合效果较好,全磷和全钾含量分别达到2.00和18.90 g/kg,分别比CK高0.36和11.28 g/kg,其

次是处理6;叶片全氮含量没有发生规律性的变化,这可能与有机肥的生产原料有关,该有机肥原料主要以农作物秸秆和牛粪为主,属于纤维类型有机物,氮含量较低。施用有机肥处理叶片中的钙含量均高于CK,且差异极显著;施用有机肥处理叶片中的镁和硫含量均低于CK,且差异极显著。

表3 各处理叶片中的大、中量元素养分含量

(g/kg)

处理	氮	磷	钾	钙	镁	硫
1	32.32F	1.85dE	10.48hH	58.74A	4.66bB	5.71cC
2	31.44I	1.91cC	11.23gG	55.34C	4.60cC	5.83bB
3	33.18D	2.06aA	16.76eE	52.99D	3.98fF	5.43dD
4	27.18J	1.76eF	22.45aA	48.45H	2.87hH	3.50hH
5	34.61A	2.00bB	18.90bB	42.48I	4.03eE	5.06fF
6	33.61B	2.04aA	18.19cC	49.24G	3.78gG	4.31gG
7	32.75E	1.87dDE	11.62fF	56.06B	4.37dD	5.04fF
8	33.43C	1.90cCD	18.09dD	50.89E	4.05eE	5.16eE
9	31.76H	1.87dCDE	18.89bB	50.18F	4.06eE	5.03fF
10 (CK)	31.83G	1.64fG	7.62iI	42.33J	5.28aA	6.76aA
适宜指标	25~33	1.2~1.85	9~17	30~55	3~7	2~6

注:适宜指标值根据西南大学研究结果确定^[5]。

从表4可知,施用有机肥处理对叶片中的微量元素影响明显。叶片中的铁含量低于CK,且差异极显著;叶片中锰含量与CK相比,没有发生规律性的变化,但随着有机肥施用量的增加,叶片中锰含量呈上升趋势;施用有机肥处理叶片中的铜含量均较CK有所增加,且差异显著,其中以处理4、6含量较高;叶片中锌含量,除处理4低于CK外,

其余处理均高于CK,且差异显著,其中以处理8最高,为21.12 mg/kg,比CK高8.21 mg/kg;施用有机肥处理叶片中的硼含量均较CK有所增加,且差异极显著,其中以处理8最高,为34.50 mg/kg,比CK高8.79 mg/kg。

通过施用有机肥使叶片中的矿质养分含量趋于合理,更适宜柑橘生长。

表4 各处理叶片中的微量元素养分含量

(mg/kg)

处理	铁	锰	铜	锌	硼
1	114.55cC	26.84J	4.57eE	18.59eE	30.00dD
2	77.97hH	32.36H	4.78dD	19.01dD	28.29gG
3	80.30fF	43.17A	4.36hG	16.83gG	29.08fF
4	114.74bB	26.99I	6.57aA	12.25iI	26.29hH
5	78.47gG	35.11G	4.53fF	17.81fF	33.95bB
6	109.06dD	37.68C	6.42bB	17.82fF	30.85cC
7	75.98iI	36.43E	4.39gG	20.12bB	29.93eE
8	78.49gG	35.46F	4.13iH	21.12aA	34.50aA
9	105.30eE	42.34B	4.91cC	19.25cC	29.08fF
10 (CK)	118.10aA	36.94D	4.09jH	12.91hH	25.71iI
适宜指标	60~120	25~200	4~18	25~50	36~100

注:适宜指标值根据西南大学研究结果确定^[5]。

2.3 不同施肥处理对柑橘果实品质的影响

柑橘经济效益的高低，其品质起着决定性的作用，也是影响我国柑橘出口的重要原因之一^[6]。由表5可知，与CK相比，施用有机肥可以改善柑橘品质，增加可溶性固形物和总糖含量，降低可滴定酸。其中，处理5中的柑橘可溶性固形物含量最高，为

12.10%，比CK高1.89个百分点，其次是处理4、6；处理6的柑橘果实中总糖含量最高，为10.11 g/100 mL，比CK高2.01 g/100 mL，其次是处理5。柑橘果实中固酸比最高是处理9，其次处理1、6；柑橘果实中糖酸比最高是处理6，其次处理1、9。而施用有机肥处理柑橘果实中Vc含量无规律性变化。

表5 各处理柑橘果实的品质性状

处理	Vc (mg/100 mL)	可滴定酸 (g/100 mL)	可溶性固形物 (%)	总糖 (g/100 mL)	固酸比	糖酸比
1	38.04A	0.47F	10.95F	8.83G	23.38	18.85
2	32.30G	0.51EF	11.00F	9.11E	21.46	17.77
3	31.35I	0.54CDE	11.60C	9.54C	21.52	17.69
4	33.83B	0.57CD	12.05AB	9.19D	21.30	16.26
5	33.26C	0.65B	12.10A	9.68B	18.76	15.00
6	32.11H	0.52DEF	12.00B	10.11A	23.01	19.39
7	32.87E	0.55CDE	11.30D	8.66H	20.62	15.81
8	29.24J	0.58C	10.75G	7.71J	18.43	13.22
9	33.07D	0.48F	11.20E	8.91F	23.47	18.66
10 (CK)	32.49F	0.74A	10.21H	8.10I	13.75	10.91

2.4 不同施肥处理对柑橘产量与效益的影响

从表6可知，施用有机肥处理的柑橘产量均高于CK，且差异极显著，其中以处理9单产最高，达12 775 kg/hm²，比CK增产62.95%；其次是处理8和6，单产分别为11 705和11 530 kg/hm²，比CK增产7.73%和7.38%。施用有机

肥处理的经济效益，除处理1、2和4低于CK外，其余处理均高于CK，其中最高的是处理8，为52 525元/hm²，比CK增收13 325元/hm²；其次是处理9和5，效益分别为51 875和51 400元/hm²，比CK增收12 675和12 200元/hm²。

表6 各处理柑橘果实的经济性状

处理	产量				位次	产值 (元/hm ²)	效益 (元/hm ²)	
	平均 (kg/株)	折产 (kg/hm ²)	比CK增加 (kg/hm ²)	比CK增加 (%)			平均	比CK增加
1	16.58H	8 290	450	5.74	8	41 450	38 450	-750
2	17.62G	8 810	970	12.37	7	44 050	38 050	-1 150
3	20.81E	10 405	2 565	32.72	5	52 025	40 025	825
4	16.02I	8 010	170	2.17	9	40 050	37 050	-2 150
5	22.96D	11 480	3 640	46.43	4	57 400	51 400	12 200
6	23.06C	11 530	3 690	47.07	3	57 650	45 650	6 450
7	19.31F	9 655	1 815	23.15	6	48 275	45 275	6 075
8	23.41B	11 705	3 865	49.30	2	58 525	52 525	13 325
9	25.55A	12 775	4 935	62.95	1	63 875	51 875	12 675
10 (CK)	15.68J	7 840			10	39 200	39 200	

注：杂柑单价5元/kg，有机肥单价0.6元/kg。

3 小结

1) 有机肥含有大量的有机物质、无机物质和有益微生物，施入土壤后，能迅速提高土壤有机质含量和微生物数量，增加土壤酶的活性，促进土壤难溶矿物质养分的释放，进一步提高土壤养分的有

效性^[7-11]。对柑橘在不同深度施用不同数量的有机肥，可以不同程度增加柑橘园土壤中速效养分的含量，从对处理土壤的分析数据中可以看出，每公顷沟施不同数量有机肥的处理效果由优到劣为20 t>10 t>5 t；不同深度的处理对柑橘土壤的养分含量影响不明显，其中40 cm沟施20 t/hm²有机肥的处

理中有效磷、速效钾含量最高, 分别高出对照 106.79% 和 43.33%; 40 cm 沟施 10 t/hm² 有机肥处理的碱解氮含量最高, 高出对照 98.25%。

土壤有机质是土壤肥力的主要物质基础, 是植物所需营养元素的重要来源, 是土壤肥沃程度的主要标志之一^[12]。增施有机肥是提升土壤有机质的主要方法, 从土壤测定数据可以看出, 施用有机肥处理的有机质均明显高于对照, 故施用有机肥是提高土壤有机质的有效途径之一。

试验区属于酸性土壤, 施用有机肥可以显著提高土壤 pH 值, 并明显降低土壤容重, 增加土壤微生物群落。土壤容重降低、孔隙度增加, 使土壤疏松多孔, 进而改善柑橘根际生长环境, 促进根系生长; 同时利于微生物活动, 促进有机质与矿质养分的分解转化, 提高肥料的利用率, 培肥土壤, 提高地力^[13]。

2) 施用有机肥可以提高柑橘叶片的养分含量, 对全磷和全钾含量的提高比较明显, 但对叶片全氮含量影响不明显; 同时施用有机肥可以提高叶片中钙、铜、锌、硼等中、微量元素养分含量; 施用有机肥处理叶片中的镁、硫和铁含量均下降到合理指标, 使其更适宜于柑橘生长需求。

3) 施用有机肥可以改善柑橘品质, 提高柑橘产量, 增加经济效益^[14], 其中以 40 cm 沟施 20 t/hm² 有机肥处理柑橘果实品质的改善效果最好, 60 cm 沟施 20 t/hm² 有机肥处理的经济效益最好。

参考文献:

[1] 李振轮, 谢德体, 魏朝富, 等. 柑桔生长与土壤环境 [J].

中国南方果树, 2001, 30 (3): 17-19, 21.

[2] 杜森, 高祥照. 土壤分析技术规范 (第二版) [M]. 北京: 中国农业出版社, 2006.

[3] 鲍士旦. 土壤农化分析 (第二版) [M]. 北京: 中国农业出版社, 2005.

[4] 南京农学院. 田间试验与统计方法 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1979.

[5] 周鑫斌, 石孝均, 温明霞, 等. 三峡重庆库区甜橙叶片矿质营养丰缺状况调查 [J]. 园艺学报, 2011, 38 (10): 1847-1856.

[6] Phillips K M, Haymas D S. Improved procedures for clearing roots and attaining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhiza fungi for rapid assessment of infection [J]. Tams Br Mycol Soc, 1970, 55: 158-161.

[7] 邓秀新. 参加第八届国际柑橘学大会的总结报告 [J]. 果树科学, 1996, 13 (4): 265.

[8] 王成秋, 魏朝富, 杨剑虹, 等. 柑橘配施氮、磷、钾肥效益研究初报 [J]. 中国南方果树, 1996, 25 (1): 7-10.

[9] 褚长彬, 吴淑杭, 张学英, 等. 有机肥施用方式对柑橘园土壤肥力和柑橘养分、品质的影响 [J]. 上海农业学报, 2012, 28 (1): 65-68.

[10] 臧小平, 周兆禧, 林兴娥, 等. 不同用量有机肥对芒果果实品质及土壤肥力的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2016, (1): 98-101.

[11] 党翼, 张建军, 赵刚, 等. 不同用量的有机肥对陇东旱地春玉米生长特性及产量的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2015, (3): 62-67.

[12] 王蕊, 魏幼璋, 杨肖娥, 等. 不同配比有机肥对柑橘产量和品质的影响 [J]. 浙江农业科学, 2005, (2): 243-245.

[13] 陈大超, 苏明, 陈平, 等. 三种有机肥对茯苓夏橙产量和品质的影响 [J]. 南方农业, 2014, 8 (22): 11-14.

[14] 邹永翠, 陈大超, 黄正明, 等. 三种有机肥对长寿沙田柚产量和品质的影响试验初报 [J]. 南方农业, 2017, 7 (8): 35-38.

The response of citrus yield and quality to application of organic fertilizer with different depths and rates

CHEN Da-chao¹, ZHANG Yue-qiang², GAN Tao¹, ZHOU Shuang¹, TANG Xiao-dong¹, SHI Xiao-jun², DENG Sheng-xing¹ (1. Chongqing Changshou Research Center of Agriculture, Chongqing 401220; 2. College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400716)

Abstract: In order to improve the yield and quality of citrus production in Changshou, Chongqing, the effect of organic fertilizer application with different depths and rates on soil fertility, leaf nutrient, fruit yield and quality in citrus orchards was studied. The results showed that soil pH, soil organic matter (SOM), alkali-hydrolyzable nitrogen (N), available phosphorus (P), available potassium (K) were obviously increased by organic fertilizer applications than that of control (no organic fertilizer application). The concentrations of P, K, calcium, copper, boron and zinc in citrus leaf were increased by organic fertilizer applications when compared with control. Citrus yield was significantly increased by organic fertilizer applications with ranges of 2% to 62%. Meanwhile, the quality parameters of citrus fruit especially titratable acid content and total soluble sugar were greatly improved by organic fertilizer application. By considering change of soil fertility, leaf nutrients, fruit yield and quality, and efficacy, organic fertilizer application with 20 t/hm² at 0~40 cm depth was recommended.

Key words: organic fertilizer; citrus; soil fertility; leaf nutrient; fruit quality