

磷、钾营养对柑桔果实产量、品质和贮藏性的影响

林咸永¹, 章永松¹, 蔡妙珍², 张英鹏¹, 李刚¹, 杨肖娥¹

(¹ 教育部环境修复与生态健康重点实验室, 浙江大学环境与资源学院, 浙江杭州 310029;

² 浙江师范大学化学与生命科学学院, 浙江金华 321004)

摘要: 采用田间试验以椪柑为材料研究了连续 4 年施用磷、钾肥后对柑桔果实的产量、品质和贮藏性的影响。结果表明, 施用磷、钾肥, 尤其磷、钾肥配施可显著提高柑桔果实的单果重和产量, 以及采收时果实的可溶性固形物含量、可溶性糖含量、还原糖含量、糖/酸比和维生素 C (Vc) 含量, 降低可滴定酸含量; 并且可以有效地降低柑桔果实贮藏过程中的失重率和烂果率, 减缓糖分、酸度和 Vc 含量的下降。磷钾营养对于提高柑桔果实的耐贮性和维持贮藏过程中果实的风味和营养品质有一定的作用。

关键词: 椪柑; 磷; 钾; 品质; 贮藏性

中图分类号: S666.1

文献标识码: A

文章编号: 1008-505X(2006)01-0082-07

Effects of phosphorus and potassium application on yield, quality, and storability of citurs fruits

LIN Xian-yong¹, ZHANG Yong-song¹, CAI Miao-zheng², ZHANG Ying-peng¹, LI Gang¹, YANG Xiao-e¹

(¹ MOE Key Lab. of Environmental Remediation and Ecosystem Health, College of Environmental and Resource Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China; ² College of Chemistry and Life Science, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, China)

Abstract: Phosphorus (P) and Potassium (K) are major important factors affecting citrus growth, yield and quality. Although the effects of P and K nutrition have well been documented for citrus trees in terms of fruit growth and yield, the influence of these two macronutrients on quality and storability of citrus fruits has not been fully elucidated. In the present study, a long-term field experiment was carried out for four years on Ponkan (*Citrus reticulata* Blanco var. Ponkan) in order to determine the effects of P and K application on fruit yield, quality and storability of citrus grown in a red-soil orchard with low P and K concentrations. The experiment was set up in a incomplete factorial design with 7 treatments, with three yearly rates of P (P 0, 125 and 250 kg/ha) and K (K 0, 250 and 500 kg/ha). The results showed that P or K, especially combined application of P and K greatly increased single fruit weight (62.93 to 114.11 g/fruit), fruit yield (19923 to 48234 kg/ha), content of soluble solids (12.2% to 13.3%) and soluble sugars (2.58% to 3.72%), reducing sugar content (4.51% to 6.16%), brix-acid ratio (2.84 to 5.15) and vitamin C content (37.52 to 44.91 mg/100g FW) of citrus fruits, and decreased titratable acidity (1.59% to 1.19%) of citrus fruits. Furthermore, P and K supply effectively reduced weight loss of fruit, rate of fruit decay, and modified the decrease of sugar content, acidity and Vc of fruit during storage of citrus fruits. It suggests that applying P and K could increase yield and quality of citrus fruit and improve sensory and nutritive quality and storability of fruit during storage.

Key words: citrus; phosphorus; potassium; quality; storability

柑桔是中国的重要果树之一,栽培面积居世界第一位,产量仅次于巴西和美国^[1]。随着人民生

收稿日期: 2004-11-29

修改稿收到日期: 2005-04-18

基金项目: 国家自然科学基金(30370840); 钾磷研究所和加拿大钾磷研究所(PPI/PPIC)项目资助。

作者简介: 林咸永(1965—),男,浙江三门人,博士,教授,博士生导师,主要从事果树和蔬菜营养与施肥、植物营养逆境生理方面研究。

活水平的提高,人们对柑桔果实的风味和品质要求越来越高。此外,我国栽培的柑桔品种较为单一,成熟期集中,产后加工环节薄弱,在贮运过程中的损失高达 20% 之多^[2]。因此,提高柑桔果实的风味、营养品质以及贮藏性对于柑桔生产的持续发展是至关重要的。许多研究表明,合理施用氮^[3-8]、磷^[4,9-12]、钾^[4,9-11,13-15]和微量元素肥料^[4,16]可促进柑桔生长、提高柑桔果实的产量和品质,但这些研究结果大多是针对单一营养元素,而对磷、钾配施的产量和品质效应研究报道较少。贮藏条件对柑桔果实的生理、品质和贮藏性有显著的影响^[17-20],钙素营养状况对果实的品质和贮藏性也有一定的影响^[21],但关于磷、钾营养对柑桔采后贮藏过程中品质及贮藏性的影响了解甚少。本研究以宽皮柑桔—椪柑为材料,探讨磷、钾营养对其果实产量、品质及贮藏过程中品质和耐贮性的影响,旨在为柑桔的合理施肥和提高柑桔果实耐贮性提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

以 4 年树龄的椪柑 (*Citrus reticulata* Blanco var. Ponkan) 为供试柑桔品种,在浙江省龙游县进行了为期 4 年的磷、钾肥定位试验。供试土壤为黄筋泥土属,母质为第四纪红色粘土,土壤有机质 5.15 g/kg、全氮 0.38 g/kg、全磷 0.16 g/kg、全钾 0.94 g/kg、碱解氮 40.59 mg/kg、有效磷 6.21 mg/kg、有效钾 58.50 mg/kg、pH 4.62。

田间试验设 7 个处理,随机区组排列,4 次重复。所有处理均施等量的氮肥,氮、磷和钾肥料分别为尿素、过磷酸钙和氯化钾。试验处理和肥料施用量见表 1。在试验的第 4 年的 11 月 25 日采摘果实和测定产量,并在每一小区取大小、果皮厚度、成熟度比较一致的果实进行贮藏试验,每隔 15d 取样测定各项指标。

1.2 测定项目与方法

每小区选取有代表性的果实 30 个在常温下贮藏,每隔 15 d 用称重法(精确到 0.001 g)测定单果重和失重率,并观察烂果率;同时选取有代表性的果实 10 个,称取重量,然后把果皮剥离,称取果肉重量,果肉占果实百分率为可食率。在每小区取 30 个有代表性的果实用手持糖量计测定可溶性固形物^[22];用 0.1mol/L NaOH 滴定法测定可滴定酸度^[22];可溶性糖和还原糖含量采用 3,5-二硝基水杨酸法测定^[22],并以可溶性糖含量与可滴定酸含量

的比值计算糖/酸比;维生素 C(Vc)含量采用二氯酚靛酚滴定法测定^[22]。土壤农化性状的测定采用常规分析方法。

表 1 试验处理
Table 1 Treatments of the experiment

处理 Treatment	施肥量 Fertilizer rates (kg/hm ²)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
POK0	450	0	0
POK1	450	0	250
P1K0	450	125	0
P1K1	450	125	250
P1K2	450	125	500
P2K1	450	250	250
P2K2	450	250	500

2 结果与分析

2.1 磷、钾营养对柑桔果实单果重和产量的影响

磷、钾营养对柑桔果实的单果重有明显的影响(图 1)。单果重以不施磷、钾肥的 POK0 处理最低,单施磷、钾肥能提高果实的单果重,但磷钾配施的效果更为明显。在相同钾水平下,提高磷水平均提高了果实的单果重。在 P1 水平下,提高钾水平时单果重增加,而在 P2 水平时,P2K1 处理的单果重则略高于 P2K2 处理。7 个处理中以 P2K1 处理单果重最大,比对照高 81.33%。

图 1 还可以看出,施用磷、钾肥对柑桔产量也有明显的影响。不施磷、钾肥时,柑桔产量最低,单独供应磷或钾营养也能提高柑桔产量,而同时供应磷、钾肥时的增产效果更好,并且产量随着磷、钾水平的提高而增加。在各处理中,以 P2K2 处理产量最高,比 POK0 高 142.1%。据相关分析,柑桔果实产量与单果重具有极显著的相关性,相关系数为 0.949。由此可见,施用磷、钾肥提高柑桔产量可能是由于其促进了果实膨大和提高单果重。

2.2 磷、钾营养对柑桔果实贮藏过程中品质的影响

2.2.1 可溶性固形物 表 2 表明,在采收时,POK0 处理的果实可溶性固形物含量最低,单施磷、钾肥或磷、钾配施均提高了可溶性固形物含量,其中以 P2K2 处理最高。贮藏 0~15d,果实可溶性固形物含量有所提高,随后下降。与采收时比较,贮藏 30~60d,不施磷、钾肥或单施磷、钾肥的果实可溶性固形物下降幅度较大,而磷、钾肥配施处理下降幅度较小,在贮藏 60d 时也仍然保持较高的水平。

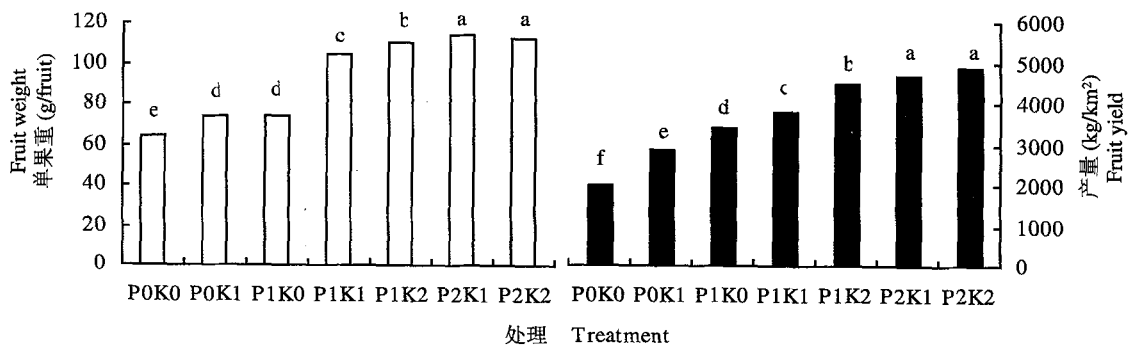


图 1 磷、钾营养对柑桔果实单果重和产量的影响

Fig.1 Effect of P and K application on fruit weight and yield of citrus

表 2 磷钾营养对柑桔果实可溶性固形物含量的影响

Table 2 Effect of P and K application on the content of soluble solids of citrus fruit during storage

处理 Treatment	可溶性固形物含量 Content of soluble solids (%)				
	0 d	15 d	30 d	45 d	60 d
P0K0	12.2 ± 0.1	12.2 ± 0.2	11.3 ± 0.3	10.6 ± 0.2	9.80 ± 0.3
P0K1	12.2 ± 0.3	12.4 ± 0.3	11.2 ± 0.1	10.4 ± 0.2	9.60 ± 0.1
P1K0	12.8 ± 0.1	13.3 ± 0.1	11.6 ± 0.1	10.6 ± 0.1	10.1 ± 0.2
P1K1	12.7 ± 0.2	13.5 ± 0.4	12.1 ± 0.2	11.8 ± 0.3	11.2 ± 0.2
P1K2	12.8 ± 0.4	13.9 ± 0.1	12.4 ± 0.1	12.7 ± 0.1	11.8 ± 0.1
P2K1	12.9 ± 0.1	14.1 ± 0.2	12.5 ± 0.5	12.3 ± 0.2	11.7 ± 0.4
P2K2	13.3 ± 0.2	13.8 ± 0.1	12.9 ± 0.1	12.5 ± 0.1	11.9 ± 0.1

2.2.2 可溶性糖和还原糖含量 在贮藏过程中,柑桔果实的可溶性糖含量变化趋势与可溶性固形物含量的变化相似(表 3)。柑桔果实在贮藏 0~15d,可溶性糖含量也略有增加,这可能是由于柑桔果皮较厚,积累了一定量的光合产物如糖、淀粉等物质,在贮藏初期这些物质继续向果肉运转而导致果肉的糖分含量升高。贮藏 15d 后,果实可溶性糖含量开始下降。然而,单施磷、钾肥或磷、钾肥配施不仅在采收时可溶性糖含量高于对照处理,而且在贮藏期间仍保持较高的水平,与采收时比较,在贮藏 30~60d,其下降幅度要低于对照处理。柑桔果实在贮藏过程中的还原糖含量的变化趋势与可溶性糖类似,但是还原糖的下降幅度要高于可溶性糖含量。

2.2.3 可滴定酸含量 表 4 表明,在采收时(0d),单施磷、钾肥或磷、钾肥配施各处理的果实可滴定酸含量均低于对照处理,与品尝时对照处理果实的口感较酸是一致的,说明磷、钾营养对降低果实的酸度有一定的效果。但柑桔果实在贮藏过程中可滴定酸含量的变化与糖含量的变化有所不同。可滴定酸含量在 0~60d 贮藏期呈下降的趋势,其下降的幅度比糖分要大。与采收时比较,贮藏 15d 时,各处理的

滴定酸下降幅度比较接近;而在 30d 后对照处理的下降幅度要高于供应磷、钾肥的各处理。贮藏 45~60d,单施磷、钾肥或配施磷、钾肥处理的果实可滴定酸含量要高于对照处理。可滴定酸含量下降幅度过大则会使果实的风味变淡。可见,供应磷钾营养对于保持在贮藏过程中果实较浓的口味有一定的效果。

2.2.4 糖/酸比 在采收时,施用磷、钾肥,尤其是磷、钾肥配施处理的果实糖/酸比明显高于对照。随着贮藏时间的延长,糖/酸比增大(表 5)。糖/酸比的增大是由于可滴定酸含量的下降幅度大于可溶性糖含量下降幅度造成的。在贮藏期间,供应磷、钾肥的各处理的糖/酸比均高于对照。在 30d 后,虽然果实糖/酸比继续增大,但由于糖分和可滴定酸含量下降,果实风味将变淡。

2.2.5 维生素 C (Vc)含量 从柑桔果实的 Vc 含量的结果(表 6)可见,施用磷、钾肥可提高果实采收时的 Vc 含量。随着贮藏时间的延长,Vc 含量呈下降的趋势。贮藏 15d 时,Vc 下降幅度较小,而后下降幅度增大。但是供应磷、钾的各个处理,果实 Vc 含量下降幅度较对照小。贮藏 60d 时,P0K0 比采收时下降了 44.54%,而 P2K2 仅下降 24.27%。

表 3 磷钾营养对柑桔果实在贮藏过程中可溶性糖和还原糖含量的影响

Table 3 Effect of P and K fertilization on content of soluble sugars and reducing sugars of citrus fruit during storage

处理 Treat.	可溶性糖含量 Soluble sugar content (%)					还原糖含量 Reducing sugar content (%)				
	0 d	15 d	30 d	45 d	60 d	0 d	15 d	30 d	45 d	60 d
P0K0	2.58 ± 0.27	2.64 ± 0.16	2.54 ± 0.14	2.42 ± 0.17	2.31 ± 0.23	4.51 ± 0.35	1.37 ± 0.21	1.01 ± 0.12	0.73 ± 0.07	0.58 ± 0.05
P0K1	2.87 ± 0.32	3.24 ± 0.36	2.89 ± 0.25	2.67 ± 0.12	2.50 ± 0.14	4.95 ± 0.47	1.25 ± 0.14	0.98 ± 0.07	0.74 ± 0.09	0.61 ± 0.01
P1K0	3.08 ± 0.13	3.21 ± 0.34	3.13 ± 0.11	2.86 ± 0.23	2.69 ± 0.12	5.34 ± 0.13	1.13 ± 0.12	1.05 ± 0.02	0.78 ± 0.03	0.64 ± 0.04
P1K1	3.51 ± 0.43	3.87 ± 0.38	3.56 ± 0.14	3.44 ± 0.24	3.24 ± 0.19	6.05 ± 0.26	1.09 ± 0.08	0.94 ± 0.12	0.81 ± 0.07	0.69 ± 0.09
P1K2	3.70 ± 0.24	3.85 ± 0.17	3.74 ± 0.26	3.55 ± 0.33	3.35 ± 0.26	6.12 ± 0.47	1.06 ± 0.07	0.96 ± 0.04	0.79 ± 0.08	0.72 ± 0.03
P2K1	3.63 ± 0.36	3.97 ± 0.22	3.68 ± 0.45	3.50 ± 0.41	3.32 ± 0.31	6.11 ± 0.38	1.04 ± 0.12	0.94 ± 0.03	0.84 ± 0.04	0.73 ± 0.01
P2K2	3.72 ± 0.21	3.82 ± 0.31	3.71 ± 0.28	3.59 ± 0.14	3.43 ± 0.16	6.16 ± 0.54	1.08 ± 0.11	0.95 ± 0.06	0.86 ± 0.06	0.75 ± 0.05

表 4 磷、钾营养对柑桔果实在贮藏过程中可滴定酸含量的影响

Table 4 Effect of P and K supply on content of titratable acidity of citrus fruit during storage

处理 Treatment	可滴定酸含量 Titratable acidity content (%)				
	0 d	15 d	30 d	45 d	60 d
P0K0	1.59 ± 0.17	1.37 ± 0.21	1.01 ± 0.12	0.73 ± 0.07	0.58 ± 0.05
P0K1	1.40 ± 0.14	1.25 ± 0.14	0.98 ± 0.07	0.74 ± 0.09	0.61 ± 0.01
P1K0	1.29 ± 0.07	1.13 ± 0.12	1.05 ± 0.02	0.78 ± 0.03	0.64 ± 0.04
P1K1	1.25 ± 0.09	1.09 ± 0.08	0.94 ± 0.12	0.81 ± 0.07	0.69 ± 0.09
P1K2	1.19 ± 0.12	1.06 ± 0.07	0.96 ± 0.04	0.79 ± 0.08	0.72 ± 0.03
P2K1	1.22 ± 0.11	1.04 ± 0.12	0.94 ± 0.03	0.84 ± 0.04	0.73 ± 0.01
P2K2	1.24 ± 0.08	1.08 ± 0.11	0.95 ± 0.06	0.86 ± 0.06	0.75 ± 0.05

表 5 磷、钾营养对柑桔果实在贮藏过程中糖/酸比的影响

Table 5 Effect of P and K application on sugar/acid ratio of citrus fruit during storage

处理 Treatment	糖/酸比 Sugar/acid ratio				
	0 d	15 d	30 d	45 d	60 d
P0K0	2.84 ± 0.32	3.71 ± 0.16	4.09 ± 0.19	4.71 ± 0.23	5.38 ± 0.24
P0K1	3.54 ± 0.21	4.23 ± 0.23	4.66 ± 0.26	5.05 ± 0.14	5.91 ± 0.32
P1K0	4.13 ± 0.13	5.01 ± 0.26	4.83 ± 0.15	5.35 ± 0.11	6.37 ± 0.21
P1K1	4.85 ± 0.16	5.71 ± 0.18	6.05 ± 0.35	6.09 ± 0.16	6.78 ± 0.14
P1K2	5.15 ± 0.25	5.88 ± 0.15	5.93 ± 0.24	6.38 ± 0.17	6.79 ± 0.18
P2K1	5.00 ± 0.34	5.90 ± 0.36	6.14 ± 0.22	6.25 ± 0.24	6.89 ± 0.16
P2K2	4.96 ± 0.14	5.76 ± 0.24	6.02 ± 0.15	6.19 ± 0.37	6.83 ± 0.31

表 6 磷、钾营养对柑桔果实在贮藏过程中维生素 C 含量的影响

Table 6 Effect of P and K application on Vitamin C content of citrus fruit during storage

处理 Treatment	维生素 C 含量 Vitamin C content (mg/kg)				
	0 d	15 d	30 d	45 d	60 d
P0K0	375.2 ± 23.1	356.7 ± 31.4	302.3 ± 8.9	244.0 ± 21.7	208.1 ± 9.8
P0K1	385.2 ± 31.2	364.7 ± 22.1	311.0 ± 11.8	252.0 ± 11.3	226.3 ± 17.8
P1K0	403.9 ± 26.2	392.3 ± 8.9	336.5 ± 20.7	264.0 ± 8.7	245.0 ± 21.3
P1K1	412.8 ± 11.3	396.8 ± 7.8	358.9 ± 22.6	326.0 ± 5.6	275.3 ± 3.4
P1K2	427.3 ± 3.7	418.7 ± 11.9	367.8 ± 11.7	356.0 ± 13.6	305.6 ± 6.8
P2K1	449.1 ± 7.9	435.2 ± 22.3	393.4 ± 7.7	367.0 ± 16.5	338.7 ± 8.7
P2K2	433.0 ± 21.3	425.6 ± 15.4	385.8 ± 8.5	371.0 ± 17.8	327.9 ± 11.8

2.3 磷、钾营养对柑桔果实贮藏性的影响

2.3.1 失重率和烂果率 在贮藏过程中柑桔果实失重率的变化(表 7)看出,随着贮藏时间的延长,失重率提高;而供应磷、钾营养时,果实失重率要明显低于对照处理。在贮藏 60d 后,POK0 处理的失重率高达 43.44%,而 P2K2 处理仅为 19.97%。由此可见,磷、钾营养对于减少果实的失水有一定的作用,这可能与供应磷、钾营养时果实的束缚水含量较高,

而自由水含量较低有关^[19]。

表 7 还看出,磷、钾对于减少柑桔果实的烂果率有明显的效果。贮藏 15d 时,对照和单施磷、钾肥处理已出现烂果现象,烂果率均为 3.33%。至贮藏 30d 后,对照的烂果要高于单施磷、钾肥处理。而在 60d 贮藏期内,磷、钾肥配施的 4 个处理没有发现烂果现象。可见,施用磷、钾对于提高果实的耐贮性有明显的效果。

表 7 磷、钾营养对柑桔果实在贮藏过程中果实失重率和烂果率的影响

Table 7 Effect of P and K application on weight loss and fruit decay of citrus fruit during storage

处理 Treat.	失重率 Weight loss (%)				烂果率 Fruit decay (%)			
	15 d	30 d	45 d	60 d	15 d	30 d	45 d	60 d
POK0	12.24 ± 5.1	19.59 ± 3.3	29.25 ± 4.7	43.45 ± 6.2	3.33	6.67	13.33	20.00
POK1	7.85 ± 0.1	13.88 ± 0.1	26.65 ± 0.1	32.61 ± 0.1	3.33	3.33	6.67	7.67
P1K0	7.27 ± 0.1	14.10 ± 0.1	20.39 ± 0.1	29.52 ± 0.1	3.33	3.33	6.67	10.00
P1K1	3.67 ± 0.1	8.78 ± 0.1	11.73 ± 0.1	19.96 ± 0.1	0.00	0.00	0.00	0.00
P1K2	3.63 ± 0.1	8.44 ± 0.1	11.71 ± 0.1	20.93 ± 0.1	0.00	0.00	0.00	0.00
P2K1	3.69 ± 0.1	8.65 ± 0.1	12.09 ± 0.1	20.53 ± 0.1	0.00	0.00	0.00	0.00
P2K2	4.09 ± 0.1	9.09 ± 0.1	11.88 ± 0.1	19.97 ± 0.1	0.00	0.00	0.00	0.00

2.3.2 可食率 柑桔果实在贮藏过程中的可食率结果(表 8)表明,在采收时,对照处理的果实可食率高于施用磷、钾肥的各处理,磷、钾肥的施用虽然提高果实的大小,但也增加果皮的厚度。许多研究者也报道了类似的结果^[4,9,14-16],至于施用磷、钾肥为什么造成果皮增厚的原因至今尚不清楚,推测可能

与磷、钾影响细胞壁物质的合成有关。随着贮藏时间的延长,各处理的果实可食率均下降,尽管 POK0 处理仍比磷、钾肥处理略高,但其差距有所缩小,至 60d 时各处理已非常接近,这可能是由于 POK0 处理果实的果皮薄易于失水造成的。

表 8 磷、钾营养对柑桔果实在贮藏过程中可食率的影响

Table 8 Effect of P and K application on eatable rate of citrus fruit during storage

处理 Treatment	可食率 Eatable rate (%)				
	0 d	15 d	30 d	45 d	60 d
POK0	81.04 ± 4.15	80.68 ± 2.34	78.96 ± 3.14	78.05 ± 5.08	77.74 ± 1.23
POK1	79.68 ± 1.87	79.29 ± 3.58	78.85 ± 1.23	77.61 ± 2.13	77.41 ± 2.56
P1K0	79.90 ± 2.67	79.75 ± 4.36	79.08 ± 2.14	77.96 ± 1.13	77.78 ± 1.33
P1K1	78.32 ± 3.16	77.78 ± 1.87	77.69 ± 2.35	77.28 ± 2.35	76.96 ± 3.04
P1K2	77.47 ± 1.18	77.05 ± 2.43	76.52 ± 1.15	76.46 ± 1.82	76.18 ± 2.25
P2K1	77.15 ± 3.25	77.09 ± 4.12	76.65 ± 2.38	76.53 ± 1.45	76.26 ± 1.66
P2K2	77.20 ± 3.65	77.19 ± 2.42	76.43 ± 1.28	76.36 ± 1.29	76.10 ± 2.31

3 讨论

合理施肥对提高柑桔果实的产量和品质具有十分重要的作用^[3-4,16]。李国怀等^[14]发现,在 3 月施用钾肥可提高温州密柑幼果鲜重,增加果皮厚度,减少果实裂果,但同时降低了可溶性固形物含量;而

在 3 月和 7 月分别施用钾肥,既可减少果实裂果,又可提高可溶性固形物含量^[14,16]。在甜橙中则发现,随着钾水平的提高,Vc 含量提高,而可溶性固形物与酸的比值降低^[13]。鲁剑巍等^[15]也发现,施钾能提高脐橙外观品质和内在品质,如提高单果重、增加果皮厚度、提高 Vc 含量等;但施钾对品质的影响年

度间差异较大。孟赐福等^[9]发现,单施钾肥可增大果形,增加产量,却使可食率降低,果实总酸度增加,同时供应磷和钙营养则可克服此不良影响。磷对柑桔品质的影响尚不明确^[16,23],有试验发现,施用磷肥可减少果汁含酸量,提高糖/酸比。本试验结果表明,增施磷、钾肥尤其磷钾肥配施虽然果实可食率有所下降,但可明显提高柑桔果实的单果重、产量以及采收时可溶性固形物含量、可溶性糖含量、还原糖含量、Vc 含量和糖/酸比,降低果实的可滴定酸含量,减缓贮藏过程中糖分、酸度和 Vc 含量的下降,从而提高了柑桔果实的风味和营养价值。因此,在缺磷、缺钾的红黄壤上合理施用磷、钾肥是保证柑桔高产、稳产和优质的一项重要措施^[10]。

采用防腐剂,改善包装和贮藏条件对提高果实的贮藏性有明显的效果^[1-2,17-20]。而关于施肥对柑桔果实贮藏过程中品质和贮藏性的影响方面的研究较少。供应钙可明显提高柑桔的耐贮性^[21]。Koo^[13]曾报道,随着钾水平由低增加到最适范围内,甜橙在贮藏过程中蒂腐病和绿霉病的发病率降低。本试验结果表明,施用磷、钾肥,尤其是磷、钾肥配施可以有效地降低柑桔果实的失重率和烂果率,而且可减缓糖、酸及 Vc 含量的下降,对提高柑桔果实的耐贮性和维持贮藏过程中果实的风味和营养价值有一定的效果。

果实贮藏过程中 Vc 含量也会发生明显的变化。据报道,果实和蔬菜随着贮藏温度和时间增加,抗坏血酸含量逐渐降低^[24]。Vinci 等^[25]发现,柑桔、葡萄、芒果、鳄梨、巴巴哥木瓜等果实在 4℃ 条件下贮藏 1 周,抗坏血酸含量损失 30%~40%。本试验结果也证明,柑桔果实在贮藏过程中 Vc 含量逐渐下降,尤其在贮藏 15d 后;但是供应磷、钾的各个处理,果实 Vc 含量下降幅度较对照小。如贮藏 60d 时,P0K0 比采收时下降了 44.54%,而 P2K2 仅下降 24.27%。此外,柑桔果实在采收初期,由于糖分低,酸度高,糖/酸比小,果实口味偏酸。贮藏 30d 后,虽然果实糖/酸比较高,但糖分、酸度和 Vc 大幅度下降,果实甜、酸味均降低,风味变淡,营养价值降低;而贮藏 15~30d,果实糖分有所提高,酸度降低,Vc 含量虽有所下降,但幅度较小。因此,在此期间果实酸甜适中,风味纯正,营养价值也较高,是较为适宜的食用时期。

参考文献:

[1] 汪永国,陈道茂. 我国柑桔贮藏病害的发生和近期防腐保鲜技

术的进步和问题[J]. 中国果品研究,1996,4: 4-7.

Wang Y G, Chen D M. Progresses and problems in occurrence of storage diseases and preservation technique of citrus fruit[J]. China Fruit Research, 1996, 4: 4-7.

[2] 潘永贵,钟爱阳,冯叙桥. 我国果品贮运保鲜的现状和发展趋势[J]. 食品科学,1996,17(4): 66-69.

Pan Y G, Zhong A Y, Feng X Q. Current situation and trends of research on transport, storage and preservation of fruits[J]. Food Science, 1996, 17(4): 66-69.

[3] 刘运武. 施用氮肥对温州密柑产量和品质的影响[J]. 土壤学报,1998,35(1): 124-128.

Liu Y W. Influence of N application on yield and quality of Wenzhou Mandarin[J]. Acta Pedologica Sinica, 1998, 35(1): 124-128.

[4] 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.

Han Z H, Wang Q. Current situation and prospects of research on fruit mineral nutrition in China: A literature review[J]. Acta Horticulturae Sinica, 1995, 22(2): 138-146.

[5] Alva A K, Paramasivam S. Nitrogen management for high yield and quality of citrus in sandy soils[J]. Soil Sci. Soc. Am. J, 1998, 62: 1335-1342.

[6] Alva A K, Paramasivam S, Graham W D. Best nitrogen and irrigation management practices for citrus production in sandy soils[J]. Water, Air, and Soil Pollution, 2003, 143: 139-154.

[7] Dou H, Alva A K. Nitrogen uptake and growth of two citrus rootstock seedlings in a sandy soil receiving different controlled-release fertilizer sources[J]. Biol. Fert. Soils, 1998, 26: 169-172.

[8] Cantarella H, Mattos Jr D, Quaggio J A *et al.* Fruit yield of Valencia sweet orange fertilized with different N sources and the loss of applied N[J]. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 2003, 67: 215-223.

[9] 孟赐福,周梅芳,周俊三. 红壤桔园施用磷钾肥和石灰对温州蜜柑产量及品质的影响[J]. 中国柑桔,1991,20(4): 3-6.

Meng C F, Zhou M F, Zhou J S. Effects of application of phosphorus, potassium fertilizers and lime in red-soil orchard on yield and quality of Satsuma[J]. Chinese Citrus, 1991, 20(4): 3-6.

[10] 林咸永,章永松,杨肖娥. 磷钾肥对柑桔与大豆,黑麦草间套作体系中作物产量和品质的影响[A]. 黄昌勇. 迈向二十一世纪的土壤科学[C]. 北京: 中国环境科学出版社,1999. 133-135.

Lin X Y, Zhang Y S, Yang X E. Effects of phosphorus and potassium fertilization on crop yield and quality in a citrus-forage intercropping [A]. Huang C Y. Towards the 21st century's soil science [C]. Chinese Environmental Science Press, 1999, 133-135.

[11] Quaggio J A, Cantarella H, Raij van B. Phosphorus and potassium soil test and nitrogen leaf analysis as a base for citrus fertilization[J]. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 1998, 52: 67-74.

[12] Syvertsen J P, Graham J H. Phosphorus supply and arbuscular mycorrhizas increase growth and net gas exchange responses of two citrus spp. grown at elevated [CO₂][J]. Plant and Soil, 1999, 208: 209-219.

[13] Koo R J. Potassium nutrition of citrus [A]. Munson R D. Potassium in Agriculture [C]. USA: ASA, CSSA, SSSA, Madison, Wisconsin.

- sin, 1985. 1077-1086.
- [14] 李国怀, 刘娟旭. 施钾肥对温州密柑果实发育, 裂果和品质的影响[J]. 果树科学, 1999, 16(1): 43-46.
- Li G H, Liu J X. Effect of applying potassium fertilizer on the fruit development, splitting and quality of Satsuma[J]. Journal of Fruit Science, 1999, 16(1): 43-46.
- [15] 鲁剑巍, 陈防, 王运华, 等. 氮磷钾肥对红壤地区幼龄柑橘生长发育和果实产量及品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(4): 413-418.
- Lu J W, Chen F, Wang Y H *et al.* Effect of N, P, K fertilization on young citrus tree growth, fruit yield and quality in area of red soil[J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2004, 10(4): 413-418.
- [16] 庄伊美. 柑桔营养与施肥[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994, 27-30, 307-354.
- Zhuang Y M. Citrus nutrition and fertilization [M]. Chinese Agricultural Press, 1994. 27-30, 307-354.
- [17] 张上隆, 陈昆松, 赵四清, 等. 胡柚果实贮藏技术研究[J]. 浙江农业学报, 1996, 8(1): 39-42.
- Zhang S L, Chen K S, Zhao S Q *et al.* On the storage technique of 'Hu-You' fruit[J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 1996, 8(1): 39-42.
- [18] 胡西琴, 邵蒲芬, 王日葵, 等. 宽皮柑桔果实贮藏期间汁胞粒化与某些生理特性的关系[J]. 园艺学报, 1997, 24(2): 133-136.
- Hu X Q, Shao P F, Wang R K *et al.* Mandarin granulation related to some physiological characteristics during fruit storage[J]. Acta Horticulturae Sinica, 1997, 24(2): 133-136.
- [19] 叶茂宗, 陈秋夏, 徐加哉. 瓯柑果实贮藏期间的某些生理变化及其耐贮性[J]. 植物生理学通讯, 2000, 36(2): 125-127.
- Ye M Z, Chen Q X, Xu J Z. Some physiological changes and storability of citrus fruits during storage[J]. Plant Physiology Communications, 2000, 36(2): 125-127.
- [20] 谭兴和, 秦丹, 刘冠民, 等. 柑桔溶洞贮藏试验[J]. 湖南农业大学学报, 1998, 24(1): 31-34.
- Tan X H, Qin D, Liu G M *et al.* Orange storage in the solution cave[J]. Journal of Hunan Agricultural University, 1998, 24(1): 31-34.
- [21] 吴友根, 蒋依辉, 陈金印. 钙与果品贮藏关系的研究进展[J]. 江西农业大学学报, 2001, 23(3): 396-400.
- Wu Y G, Jiang N H, Chen J Y. Advances of research on effects of calcium and fruit storage[J]. Acta Agriculturae University Jiangxiensis, 2001, 23(3): 396-400.
- [22] 牛森. 作物品质分析[M]. 北京: 农业出版社, 1992. 95-97, 1213-124, 214-215.
- Niu S. Analysis of crop quality [M]. Beijing: Agricultural Press, 1992, 95-97, 1213-124, 214-215.
- [23] 张丽娟, 李彦慧, 潘海泉. 施肥对水果品质影响的研究进展[J]. 河北林果研究, 1999, 14(2): 185-189.
- Zhang L J, Li Y H, Pan H Q. Advances in the effects of fertilization on fruit quality[J]. Hebei Journal of Forestry and Orchard Research, 1999, 14(2): 185-189.
- [24] Lee S K, Kader A A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops[J]. Postharvest Biol. and Technol., 2000, 20: 207-220.
- [25] Vinci G, Botre F, Mele G. Ascorbic acid in exotic fruits: A liquid chromatographic investigation[J]. Food Chemistry, 1995, 53: 211-214.