

中国东南地区农林复合系统中的 植物营养与施肥

STUDY ON PLANT NUTRITION AND FERTILIZATION IN
THE AGRICULTURAL AND FOREST
SYSTEM IN SOUTHEAST CHINA

中国科学院武汉植物园 陈 防 主编
加拿大钾磷肥研究所武汉办事处



 中国农业出版社

中国东南地区农林复合系统中 的植物营养与施肥

STUDY ON PLANT NUTRITION AND FERTILIZATION IN THE
AGRICULTURAL AND FOREST SYSTEM IN SOUTHEAST CHINA

中国科学院武汉植物园 陈 防 主编
加拿大钾磷肥研究所武汉办事处

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国东南地区农林复合系统中的植物营养与施肥 / 陈
防主编. —北京: 中国农业出版社, 2005. 9

ISBN 7-109-10057-X

I. 中... II. 陈... III. ①林粮间作—生态系统—
营养(生物)—研究—中国②林粮间作—生态系统—施
肥—研究—中国 IV. S344.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 095535 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 傅玉祥

责任编辑 贺志清

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2005 年 10 月第 1 版 2005 年 10 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 17.5 插页: 4

字数: 400 千字 印数: 1~1 000 册

定价: 50.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

主 编 陈 防
副主编 鲁剑巍 万开元 张过师

前 言

本书所指的中国东南地区包括安徽、湖北、湖南、福建、江苏、江西、上海和浙江 8 个省、直辖市。人口密度大，土地复种指数高，经济较发达是该地区的特点。该地区物产丰富、气候温暖湿润、光热充足，适宜多种农作物和植物的生长，是我国农作物和特种经济作物的主产区之一。中国东南地区农业生产水平较高，肥料的投入较大，多年来农民的习惯施肥逐渐暴露出了许多的问题，其中植物营养的不平衡和化肥的偏施就是主要问题之一。

作物平衡施肥的研究在中国已开展多年，20 世纪 80 年代中后期开始，钾磷肥研究所/加拿大钾磷肥研究所（PPI/PPIC）开始在我国南方广泛开展平衡施肥研究与示范，初期主要侧重在粮棉油作物上（如水稻、小麦、玉米、棉花、油菜等），并取得了显著的成效，在化肥施用上形成了以控氮增磷补钾为主要内容的平衡施肥技术。近年来中国南方许多地区进行了农业产业结构调整，在保证基本粮食作物面积的基础上，大力发展具有本地特色、适合当地生产条件的经济作物和特种作物，有许多作物还是第一次种植，至少对当地大部分的农户来说是第一次种植。如何对这些经济 and 特种作物施肥？这些作物的营养特性和需肥规律如何？都是摆在我们农业科研工作者特别是土壤肥料、植物营养研究者面前的现实问题。

为了不断拓展植物营养与平衡施肥的研究领域，我们研究的作物类型不断增加，从原来的粮棉油扩大到大田经济作物，如蔬菜、水果、桑蚕等，进而又在毛竹、杨树等林业树种上开展了平衡施肥研究，2003 年起在渔业方面进行了探索研究（牧草与养鱼试验），取得了很好的效果；目前营养与施肥的研究进一步拓展到了园林观赏植物和珍稀濒危植物。这些项目的提出和植物种类的拓展，进一步证明了植物营养与施肥研究的重要性及其广阔的应用前景。

本书收集了近年来中国东南地区有关农业科研院所、大学和农业技术推广单位在 30 余种南方主要经济和特种作物上营养与施肥的研究结果,在许多作物上是首次开展此方面的研究,它是植物营养和土壤肥料工作者多年辛勤劳动的结晶。希望这些结果能对关注这方面研究进展的科学家、大专院校师生、农业技术人员、肥料企业技术人员和政府决策者提供有价值的参考。

书中的科研项目基本上都得到了 PPI/PPIC 和加拿大钾肥公司 (Canpotex) 的资助,在此表示感谢,同时还要特别感谢 PPIC 前总裁施多福博士 (Mark Stauffer)、前副总裁和中国印度项目部主任鲍哲善博士 (Sam Portch)、中国项目部主任金继运博士、副主任王家骧博士 (Jason Wang)、加拿大钾肥公司 (香港) 董事总经理康豪伟先生 (Howard Cummer)、经理罗志江先生 (Andrew Law)、欧达诗国际贸易有限公司 (香港) 董事总经理陈炳煌先生 (Tommie Sutanu) 及各有关部门的领导对研究项目的支持、关心和指导。

由于我们水平有限,书中不足和谬误之处在所难免,敬请斧正。

编 者

2005 年 7 月 10 日

目 录

前言

第一章 水果类作物施肥研究	1
钾肥施用对脐橙产量品质和效益的影响	1
南丰蜜橘生产环境状况调查研究	9
平衡施肥改善南丰蜜橘品质效应研究	16
琯溪蜜柚果园养分状况与平衡施肥研究	25
香蕉园土壤养分状况与平衡施肥研究	32
保护地西瓜养分平衡和钾肥施用技术	40
钾镁锌硼钼肥对椪柑产量和品质的影响	46
第二章 蔬菜类作物施肥研究	54
施用钾肥对几种农作物产量和品质的影响	54
氮磷钾及微量元素配施对绿豆生长及产量的影响	60
氮钾配施对结球春甘蓝产量和品质的影响	65
大葱钾氮配施的增产效应研究	71
大蒜高产高效的钾肥施用技术	76
生姜优质高产的平衡施肥技术研究	82
早熟芋艿平衡施肥技术研究	88
氮素供应水平对菠菜可食部分硝酸盐和草酸积累的影响	94
硝态氮/铵态氮比率对菠菜硝酸盐和草酸积累的影响及与人体健康的关系	101
双季茭白高产优质平衡施肥技术研究	110
藜蒿氮磷钾肥肥效、用量与效益研究	118
菜用桔梗高产优质栽培平衡施肥技术研究	124
莲藕钾肥用量及其施用效应的初步研究	132
第三章 油料作物施肥研究	137
皖中岗地花生平衡施肥效应研究	137
不同配方施肥对幼龄油茶的影响	145
第四章 草坪及牧草施肥研究	152
不同 PK 肥水平对草坪草生长质量的影响	152
江汉平原鱼饲料牧草的施肥效果研究	158

第五章 林木施肥研究	167
湖北省桑蚕主产区桑园施肥效果研究	167
雷竹氮磷钾肥配合施用效果研究	175
平衡施肥对毛竹笋产量的影响效应研究	179
不同氮磷钾施肥水平对杨树生长的影响	186
第六章 中药材类作物施肥研究	191
不同养分对薄荷产量及其生物学性状的影响	191
板蓝根高产优质平衡施肥技术研究	197
穿心莲平衡施肥技术研究	204
湖南省名贵药材百合、白术高产平衡施肥技术研究	209
第七章 珍稀濒危植物营养机理研究	213
珍稀植物濒危机制及保育策略中的植物营养研究	213
珍稀濒危植物迁地保护策略中植物营养问题的探讨	226
珍稀濒危植物在武汉植物园的迁地保护现状	237
华中地区稀有濒危植物在城市园林绿化中的应用探讨	250
武汉植物园樟科木兰科珍稀濒危物种化学元素背景值	259

Contents

Chapter One Fruit plants fertilization	1
Effect of potassium application on navel orange yield , quality and profit	1
An investigation on the production enviroments of Nanfeng orange	9
Study on improving the fruit quality of Nanfeng orange by balance fertilization	16
The study on balanced fertiliaztion and soil nutrients condition in Guanxi pomelo garden	25
Studies of soil fertility and balanced fertilization on banana gardens	32
Technique for watermelon nutrient balance and potassium application on protected field	40
Effect of K, Mg, Zn, B and Mo application on fruit yield and quality of poon - kan	46
Chapter Two Vegetable plants fertilization	54
Effects of Kapplication on yield and quality of agricultural products	54
Effects of NPK and trace elements on mungbean yield and growth	60
Effect of N and K application on spring cabbage yield and quality	65
Yield response of Chinese onion to potassium application combined with Nitrogen	71
Study on technology of high - efficiently K application for garlic	76
Study on technology of balance fertilization for ginger high quality and yield	82
Study on balance fertilization of rareripe taro	88
Influence of different nitrogen levels on nitrate and oxalate accumulation in edible parts of spinach	94
Effects of nitrate/ammonium ratio on nitrate and oxalate accumulation in edible parts of spinach and theri possible inplications for human health	101
Balance fertilization for better yields and quality of Zizania caduciflora	110
Study on pigweed fertilization and its efficiency	118
Study on Balance Fertilization Technique for High - yield and High - quality Vegetable Radix Platycodi	124
A preliminary study of potash application rate on lotus	132
Chapter Three Oil plants fertilization	137
Effect of balance fertilization on peanut in Anhui center hilly regions	137
The Effect of Different Fertilization Rates on Young Oil - tea Trees	145
Chapter Four Lawn and pasture fertilization	152
Effect of lawn growth quality on different PK fertilizer	152

Effect of fertilization on fish grasses in Jiangnan Plain	158
Chapter Five Forest fertilization	167
Effect of fertilization on mulberry in main production area of Hubei	167
Study on the effect of bamboo NPK fertilization	175
Effects of balance fertilization on bamboo shoot yield	179
Effects of different nitrogen, phosphorus and potassium application rates on growth of poplar trees	186
Chapter Six Chinese traditional medicine fertilization	191
Effect of different nutrients on peppermint yield and its biological characters	191
Study of balance fertilization technique for high - yield and high - quality isatis indigotica	197
Study on the balance fertilization technique of creat	204
Study of balanced fertilizer technique on rare medicinal plant of Hunan province	209
Chapter Seven Study on plant nutrition of the rare and endangered plants	213
Plant nutrition research on endangered mechanism and conservation strategy of rare plants	213
The conservation strategy for <i>ex situ</i> plant nutrition of the rare and endangered plants	226
Conservation and its present Status of the rare and endangered plants in the field gene bank of Wuhan Botanical Garden	237
Probing into application of rare and endangered plant species of Central China in the gardening and ornamentation of cities	250
Analysis of macro - element and secondary elements on several kinds of rare plants of Magnoliaceae and Lauraceae in Wuhan Botanical Garden	259

第一章 水果类作物施肥研究

钾肥施用对脐橙产量品质和效益的影响

鲁剑巍¹ 陈 防² 万运帆³ 刘冬碧³ 王耀群⁴ 宋发安

(¹ 华中农业大学资源与环境学院, 武汉, 430070; ² 中国科学院武汉植物园, 武汉, 430074; ³ 湖北省农业科学院植保土肥研究所, 武汉, 430064; ⁴ 湖北省秭归县特产中心, 秭归, 443600)

摘要: 1996—1999年连续4年在湖北省秭归县进行了脐橙钾肥施用量田间试验。试验结果表明, 尽管各处理脐橙产量年度变化很大, 但施钾显著提高了产量和经济效益, 1997—1999年施钾平均增产26.3%~41.8%, 施钾(K_2O) 125、250和375 kg/hm²年均增加纯利10 110、15 840和9 970元/hm², 产投比分别为19.38、15.40和7.04; 在试验条件下施钾(K_2O) 250 kg/hm²增产效果最好、经济效益最高; 施钾有提高脐橙外观品质和内在品质的趋势, 例如施钾能提高或保持单果重、增加果皮厚度、提高可食率和可食部分汁液比例、提高Vc含量等, 但施钾对品质的影响年度间差异较大, 且钾肥用量对脐橙品质影响的规律尚需进一步研究。

关键词: 钾肥用量 脐橙 产量 品质 经济效益

Effect of Potassium Application on Navel Orange Yield, Quality and Profit

Lu Jianwei¹ Chen Fang² Wan Yunfan³ Liu Dongbi³
Wang Yaoqun⁴ Song Faan⁴

(¹ Resources and Environment College, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070; ² Wuhan Botanical Garden, Chinese Academy of Science, Wuhan, 430064; ³ Plant Protection and Soil Fertilizer Institute, Hubei Academy of Agricultural Science, Wuhan, 430064; ⁴ Zigui Agriculture & Citrus Center, Zigui, 443600)

注: 作者简介: 鲁剑巍, 教授, 主要从事植物营养和作物推荐施肥研究和推广工作。电子信箱: lujianwei@mail.heau.edu.cn。

Abstract: Several potassium application rates on navel orange production were studied over a period of 4 years (1996—1999), and the results vary largely from year to year. The obtained results can be summarized as follows: (1) Considering the increment of K application based on no K treatment and the yield in same treatment in 1996, the treatment with 250kg/hm² K₂O application received highest yield and profit. (2) K application increased navel orange yield significantly. In the main testing period of three years (1997—1999) K improved yield by 26.3%~41.8%, respectively. (3) Potassium application improved navel orange appearance, storage and nutritional quality parameters.

Key words: K application rate, Navel orange, Yield, Quality, Profit

湖北省秭归县位于三峡库区, 现有脐橙面积近 10 万亩^①, 是我国有名的脐橙生产大县, 脐橙种植为加速当地经济发展、提高农民收入和活跃城乡水果市场发挥了重要作用。然而, 近年来在脐橙生产中存在一些亟待解决的问题, 诸如产量不高和品质下降阻碍了脐橙生产的进一步发展。调查表明, 脐橙立地营养条件差和养分施用不平衡是导致以上问题出现的重要原因之一, 柑橘园养分状况调查结果显示园地土壤和脐橙叶片钾素含量偏低, 在施肥上存在过量施用氮肥而钾肥施用不够, 甚至忽视施钾的倾向^[1]。由于脐橙生产不断向着集约化发展, 脐橙果实带走的土壤养分越来越多, 而近年来有机肥施用大量下降, 因此重视脐橙平衡施肥, 尤其是在氮磷肥基础上配施钾肥在脐橙管理上显得越来越重要^[2,3]。对许多作物而言, 钾是其生长发育的必需大量营养元素, 同时又是其品质元素, 对柑橘类水果也不例外^[4,5]。一些研究结果表明, 适量施用钾肥不但提高柑橘的产量同时改善柑橘品质, 如提高糖分和维生素 C 含量^[4]。另有一些研究表明, 施钾对柑橘维生素 C 含量无明显影响^[6], 还有研究表明施钾降低维生素 C 含量^[7]。总之, 钾肥的施用对柑橘品质的影响各试验结果是不尽相同的, 同时在实际生产中有大量果农对钾肥对柑橘类作物的增产增收和改善品质作用认识不足。本文拟将 1996—1999 年 4 年连续进行的不同钾肥用量对脐橙产量和品质的影响试验结果作一总结, 以期对脐橙平衡施肥有一定的参考作用。

1 材料与方法

1.1 试验地点和供试土壤状况

试验安排在秭归县水田坝乡柑橘示范场, 试验地海拔 250m, 年均气温 18℃左右, 年均降雨量 1 000mm 左右。

供试土壤为酸性紫色土, 土壤质地偏黏, 土壤基本农化性状为: pH (水浸) 6.3, 有机质 6.83g/kg, 全氮 0.598mg/kg, 全磷 0.50mg/kg, 全钾 21.08mg/kg, 速效氮 74.9mg/kg, 速效磷 18.9mg/kg, 缓效钾 271.3mg/kg, 速效钾 138.5mg/kg, 阳离子交换量 (CEC) 15.98cmol/kg。

1.2 供试脐橙状况

供试脐橙品种为罗脐 35 号, 1992 年移栽, 密度为 2 000 株/hm², 1994 年开始挂果,

① 亩为非法定计量单位, 1 亩=667m²。

1996 年进行试验时为普遍挂果第二年。

1.3 试验设计

试验设 4 个处理：① K_0 ，② K_{125} ，③ K_{250} ，④ K_{375} (K_0 、 K_{125} 、 K_{250} 、 K_{375} 分别表示年施 K_2O 0、125、250 和 375 kg/hm²，钾肥品种为硫酸钾)。各处理除钾肥用量不同外，其他养分施用均相同，分别如下：氮肥 (N) 1996—1997 年年施 416 kg/hm²，1998—1999 年年施 312 kg/hm² (后两年氮肥用量下调是因为发现前两年果实贪青晚熟)，氮肥品种为尿素和磷铵；年施磷肥 (P_2O_5) 168 kg/hm²，磷肥品种为磷铵；另外，根据土壤和果树营养状况施用一定量的镁、锌、铁和硼肥。

各处理重复 4 次，每小区 4 株树，小区之间设隔离树，随机区组排列。1996 年试验开始布置时尽可能选取长势相近的脐橙树，试验从 1996 年 3 月开始到 1999 年 11 月结束，共历时 4 年。

1.4 产量和品质结果测试方法

基础土壤农化性状用常规方法测定^[8]。

脐橙收获期分株计(个)数和计产(量)；单果重=单株产量/单株收获果数。1998年和1999年各处理随机取16个果实进行品质测定，方法分别如下：果皮厚度用游标卡尺测定10层脐橙皮厚度；可食率(%)=(脐橙总重-皮重)/总重×100；可食部分汁液比例=可食部分含水量，用烘干法测定；可溶性固形物用阿贝折射仪测定；维生素 C 用靛酚蓝滴定法测定。

2 结果与讨论

2.1 脐橙产量

表 1 钾肥用量对脐橙果实数和产量的影响 (每处理 16 株树)

Table 1 The effect of K application rate on navel orange yield and fruit number (n=16)

年份 Year	K_2O 用量 K_2O appl. (kg/hm ²)	每株收获果实数 Number per tree (fruit/tree)	果实相对数 Relative number	每株产量 Yield per tree (kg/tree)	折合产量 Yield (t/hm ²)	相对产量 Relative yield
1996	0	40.5±28.1	100.0	8.53±7.06	17.06	100.0
	125	46.8±23.5	115.6	11.21±6.03	22.42	131.4
	250	28.4±18.6	70.1	6.24±4.91	12.48	73.2
	375	29.6±12.0	73.1	6.25±2.72	12.50	73.3
1997	0	32.8±8.7	100.0	5.86±2.17	11.72	100.0
	125	60.4±10.9	184.1	12.87±1.55	25.74	219.6
	250	69.4±18.2	211.6	12.98±3.61	25.96	221.5
	375	47.4±9.8	144.5	8.91±1.54	17.82	152.0
1998	0	48.1±11.3	100.0	10.90±2.93	21.80	100.0
	125	47.5±11.1	98.6	11.65±2.75	23.30	106.9
	250	62.9±22.8	130.8	13.37±5.14	26.74	122.7
	375	65.3±9.9	135.6	14.84±2.19	29.68	136.1
1999	0	66.2±30.7	100.0	13.63±6.18	27.26	100.0
	125	64.4±20.0	97.3	13.86±5.75	27.72	101.7
	250	76.4±23.2	115.4	16.75±6.60	33.50	122.9
	375	68.6±39.7	103.6	15.36±10.01	30.72	112.7

(续)

年份 Year	K ₂ O 用量 K ₂ O appl. (kg/hm ²)	每株收获果实数 Number per tree (fruit/tree)	果实相对数 Relative number	每株产量 Yield per tree (kg/tree)	折合产量 Yield (t/hm ²)	相对产量 Relative yield
平均	0	49.0±16.9	100.0	10.13±3.76	20.26	100.0
Average	125	57.4±14.0	117.1	12.79±3.35	25.59	126.3
1997—	250	69.6±21.4	142.0	14.37±5.12	28.73	141.8
1999	375	60.4±19.8	123.3	13.04±4.58	26.07	128.7

表 1 结果表明,不同年份各处理的收获脐橙个数有较大的变化,除试验开始的 1996 年施钾对脐橙个数的影响无规律外,其他年份施钾处理与对照相比收获的脐橙数均有一定的增加,但各年份有变化较大,就 1997—1999 年的平均结果来看,每公顷施钾 (K₂O) 250kg 收获的果数最多。

脐橙产量结果表明,试验的第一年施钾没有表现出增产效果;相反,各处理间产量差异很大,这可能与试验地的钾素养分含量较高有关(速效钾 138.5mg/kg),同时与试验开始时树体自身的营养状况有极大的关系。从第二年开始不同施钾水平对脐橙产量的影响有明显的差别,因此,可以把 1996 年的试验作为预备试验。1997 年的产量结果显示施钾 (K₂O) 125 kg/hm² 和 250 kg/hm² 两处理产量基本接近获得最高产量,1998 获得最高产量的处理是施钾 (K₂O) 375 kg/hm²,说明试验开始的前两年由于树小需要的钾素养分较少。而 1999 年获得最高产量的处理是施钾 (K₂O) 250 kg/hm²,说明高量钾肥 (K₂O 375 kg/hm²) 的施用可能导致其他营养元素(如 Mg 等)的不平衡,从而影响了产量的继续提高。就 1997—1999 年 3 年的产量结果来看,尽管试验地基础土壤速效钾含量较高,但脐橙施钾仍有明显的增产效果,其中以施钾 (K₂O) 250 kg/hm² 效果最佳,3 年平均增产 41.8% (表 1)。

表 2 显示的是以 1996 年不同处理的果实产量为基础,其他年份同一处理的产量与其相比的年度(自然)增产情况。结果表明,随着年限的推移,各处理的脐橙产量不断增加,若不考虑施钾差别,1997、1998 和 1999 年与 1996 年相比产量平均自然增产率分别为 33.53%、70.85%和 99.40%,说明在脐橙幼树阶段果实产量随树体的生长而不断提高。表 2 结果还表明,不同钾肥用量对脐橙产量的年度自然增产量产生明显的影响,不施钾和低钾处理(施 K₂O 125 kg/hm²)年度增产远低于施钾 (K₂O) 250 kg/hm² 和 375 kg/hm² 的处理,说明足量钾肥的施用对保证脐橙产量的丰收有着重要的作用。

表 2 各处理 1997—1999 年相对于 1996 年产量增加量

Table 2 Yield increments of navel orange in 1997—1999 as compared to 1996

	K ₂ O 用量 K ₂ O appl. (kg/hm ²)	1997	1998	1999	3 年平均 Average
绝对增产量	0	-5.34	4.74	10.20	3.20
Yield	125	3.32	0.88	5.30	3.17
increment	250	13.48	14.26	21.02	16.25
(t/hm ²)	375	5.32	17.18	18.22	13.57
	年度平均	4.20	9.27	13.69	—

(续)

K ₂ O 用量 K ₂ O appl. (kg/hm ²)		1997	1998	1999	3 年平均 Average
相对增产量 Relative increment (%)	0	-31.3	27.8	59.8	18.8
	125	14.8	3.9	23.6	14.1
	250	108.0	114.3	168.4	130.2
	375	42.6	137.4	145.8	108.6
	年度平均	33.53	70.85	99.40	—

2.2 脐橙品质

品质是影响脐橙市场价格的重要因素(外观品质),同时也是营养价值的衡量标准(内在品质)。表3~8是1998年和1999年脐橙部分品质测定和分析结果。

脐橙单果重测定结果显示,无论施钾与否,本试验区收获的果实的单果重均在200g以上,说明该供试脐橙品种单果重指标较好。但不同年份各施钾水平对单果重影响的程度不一致,1998年只有处理2(施K₂O 125 kg/hm²)单果重高于对照处理,而1999年的结果表明单果重随着钾肥用量的提高而增加。一般说来,对同一株脐橙树其结果数量与果实单果重往往成反比,比较表1结果数和表3单果重两组数据不难看出,1998年处理2与对照处理收获的果实数相差不大,因此,施钾表现出有增加单果重的作用;而处理3和4因收获的脐橙数远多于对照处理,单果重比不施钾处理略低或持平,但这两个处理的脐橙单果重未因收获数的增加而明显降低,表明施钾对维持高产脐橙必要的单果重有着积极的作用(表3)。

表3 钾肥施用水平对脐橙单果重的影响

Table 3 The effect of K application rate on single fruit weight

施 钾 量 K ₂ O appl. (kg/hm ²)	1998 (kg/个)	1999 (kg/个)	平均值 Average (kg/个)	相对值 Relative (%)
0	0.227	0.206	0.217	100.0
125	0.245	0.215	0.230	106.0
250	0.213	0.219	0.216	99.5
375	0.227	0.224	0.226	104.1

表4显示的是钾肥施用量对脐橙果皮厚度影响的结果。测试结果表明,除1998年处理4外,连续两年施钾处理比不施钾的果皮厚度有不同程度的增加,两年的结果表明施钾(K₂O) 125 kg/hm²、250 kg/hm²和375 kg/hm²分别增加脐橙果皮厚度19.0%、7.1%和16.7%,说明钾肥明显地增加了脐橙果皮厚度。在一定的范围内脐橙果皮厚度的增加有两方面积极意义,一是能增加对病虫害的抵御能力,二是收获后能保持较长的贮藏和上架时间。但是钾肥的施用也部分导致“泡皮大果”现象,在生产中应加以注意。

表4 钾肥施用水平对脐橙果皮厚度的影响

Table 4 The effect of K application rate on navel orange peel thickness

施 钾 量 K ₂ O appl. (kg/hm ²)	1998 (cm)	1999 (cm)	平 均 Average (cm)	相对值 Relative (%)
0	0.43	0.41	0.42	100.0
125	0.48	0.51	0.50	119.0
250	0.45	0.44	0.45	107.1
375	0.39	0.59	0.49	116.7

脐橙果实的可食率有随着钾肥用量的增加而相应提高的趋势(表5)。对比表4和表5发现,1998年第4处理(施 K_2O 375 kg/hm²)果皮最薄但可食率最高,1999年第3处理(施 K_2O 250 kg/hm²)也有同样趋势,说明果皮厚度与脐橙可食率之间似乎存在一定的负相关。然而,1998年和1999年两年的试验结果表明脐橙施用钾肥既增加了果皮厚度又提高了果实的可食率。

表5 施钾水平对脐橙果实可食率的影响(%)

Table 5 The effect of K application rate on navel orange edible percentage

施钾量 K_2O appl. (kg/hm ²)	1998	1999	平均 Average	相对值 Relative
0	70.4	69.5	70.0	100.0
125	71.1	70.4	70.8	101.1
250	71.7	72.5	72.1	103.0
375	77.0	71.8	74.4	106.3

脐橙可溶性固形物含量测定结果显示,不同年份不同用量的钾肥对其含量影响的趋势基本相同,但数值差别较大(表6)。两年测定结果的总趋势是施钾(K_2O)250 kg/hm²可溶性固形物含量均最高,平均比不施钾提高1.1个百分点,相对提高9.6%,而其他两个施钾处理与对照相比对可溶性固形物含量的影响程度不大。

表6 施钾水平对脐橙可溶性固形物含量的影响(%)

Table 6 The effect of K application rate on navel orange soluble solid matter content

施钾量 K_2O appl. (kg/hm ²)	1998	1999	平均 Average	相对值 Relative
0	10.5	12.5	11.5	100.0
125	10.0	13.1	11.6	100.9
250	11.0	14.2	12.6	109.6
375	9.8	12.8	11.3	98.3

维生素C测定结果表明,随着钾肥用量的提高脐橙Vc含量不断提高,施钾(K_2O)125、250和375 kg/hm²与不施钾相比Vc含量分别相对提高10.7%、18.6%和24.0%(表7)。

表7 施钾水平对脐橙维生素C含量的影响

Table 7 The effect of K application rate on navel orange Vc content

施钾量 K_2O appl. (kg/hm ²)	1998 (mg/100g)	1999 (mg/100g)	平均 Average (mg/100g)	相对值 Relative (%)
0	42.7	41.3	42.0	100.0
125	45.4	47.6	46.5	110.7
250	49.2	50.4	49.8	118.6
375	48.9	55.3	52.1	124.0

钾肥施用对脐橙可食部分水分含量(榨汁率)的影响在1998和1999年的结果相差较大,1998年测定结果表明榨汁率在82.3%~86.2%,而1999年在87.0%~87.5%,且1998年结果表明施钾明显提高脐橙榨汁率,而1999年结果显示施钾对榨汁率提高的幅度不大。两年结果的差异可能与气候有关,1998年10~11月试验地区少雨比较干燥,而1999

年气候较湿润,在干燥年份施钾提高榨汁率非常明显,这与其他研究中施钾提高植株含水量是一致的^[2]。

表 8 施钾水平对脐橙可食部分榨汁率的影响 (%)

Table 8 The effect of K application rate on juice content in edible part of navel orange

施钾量 K ₂ O appl. (kg/hm ²)	1998	1999	平均 Average	相对值 Relative
0	82.3	87.0	84.7	100.0
125	85.1	87.1	86.1	101.7
250	86.2	87.5	86.9	102.6
375	85.8	87.3	86.6	102.2

2.3 钾肥施用的经济效益

经济学评估结果表明,在不考虑品质价值的前提下,脐橙施钾提高产量带来巨大的经济效益(表 9)。在 3 个施钾处理中以施钾 (K₂O) 250 kg/hm² 利润最高 1997—1999 年 3 年年均达 15 840 元/hm²,施钾 (K₂O) 125 kg/hm² 利润也很可观。然而施高量钾 (375 kg/hm²) 平均增产量和毛收入比施低量钾 (125 kg/hm²) 高,但由于其钾肥投入也高因此其纯收入和产投比相对较低,说明钾肥施用应该适宜。

本试验结果表明尽管供试土壤速效钾含量较高,但在施用氮磷肥基础上配施一定量钾肥能显著增加经济收入,若考虑钾肥对品质的影响,其经济效益将更高。

表 9 钾肥用量对 1997—1999 年年均经济效益的影响

Table 9 The effect of K application rate on yearly profit during 1997—1999

施钾量 K ₂ O appl. (kg/hm ²)	鲜橙增产量 Fruit yield (t/hm ²)	增加收入 Profit increment (元/hm ²)	钾肥投资 K investment (元/hm ²)	纯收入 Net profit (元/hm ²)	产投比 VCR
0	—	—	—	—	—
125	5.33	10 660	550	10 110	19.38
250	8.47	16 940	1 100	15 840	15.40
375	5.81	11 620	1 650	9 970	7.04

注:脐橙价格 2 元/kg, K₂O 价格 4.4 元/kg (钾肥品种硫酸钾)。

3 结论

通过为期 4 年的脐橙施用钾肥研究,可以得到如下结论:

3.1 脐橙产量年度变化很大,说明在研究养分对类似如脐橙的木本果树产量的影响时,为了得到准确结论连续几年的试验是必要的。

3.2 4 年结果表明施钾能显著提高脐橙产量,1997—1999 年施钾平均增产 26.3%~41.8%。在试验条件下施钾 (K₂O) 250 kg/hm² 增产效果最好、经济效益最高,与对照相比平均每年增收脐橙 8.47t/hm²、增加纯收入 15 840 元/hm²。

3.3 施钾有提高脐橙外观品质和内在品质的趋势,但年度间存在一定差异。总体而言,施钾能增加或保持脐橙单果重、增加果皮厚度从而增加其抗病能力和延长贮藏时间;脐橙可食率、可食部分汁液比例均因施钾而提高;施钾 (K₂O) 250 kg/hm² 时可溶固形物含量比对照提高 9.6% (相对值);维生素 C 含量随着钾肥用量的增加而不断提高。