

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2015.11.006

赣南脐橙园氮素投入特点及氮素平衡研究^①

淳长品, 彭良志, 江才伦, 曹立, 凌丽俐, 付行政

西南大学 柑桔研究所/国家柑桔工程技术研究中心/中国农业科学院柑桔研究所, 重庆 400712

摘要:以赣南脐橙种植户果园调查和叶片营养分析数据为基础, 分析了脐橙园生产体系中的氮肥施用和氮素平衡状况. 结果表明: 赣南不同区域脐橙园的氮投入量差异大, 果园氮素投入量为 485.27~1 581.75 kg/hm², 平均值为 792.74 kg/hm², 其中无机氮投入量为 429.14 kg/hm², 主要来源于复合肥和尿素; 有机肥投入的氮素量为 363.60 kg/hm², 主要来源于花生粕、商品有机肥和畜禽粪. 不同区域脐橙园的氮盈余量差异较大, 氮盈余量为 467.37~1 093.89 kg/hm², 平均值为 688.14 kg/hm², 大余县、于都县和信丰县的氮盈余量较高. 果园氮素投入量与氮养分盈余量极显著正相关, 相关系数 $R=0.943\ 6$. 随氮投入量的增加, 脐橙叶片氮的质量分数上升, 大部分脐橙园叶片氮的质量分数偏高或过量, 表明氮肥施用过量是氮盈余量高和叶片氮的质量分数高的主要原因.

关键词: 柑橘园; 氮投入; 氮盈余; 赣南

中图分类号: S66 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-9868(2015)11-0036-07

江西赣南是我国脐橙优势区, 自 1970 年代开始种植脐橙以来, 赣南脐橙产业发展迅猛, 截止 2012 年底, 赣州市脐橙种植面积达 11.9 万 hm², 产量达 169 万 t, 成为全球脐橙种植面积最大和国内产量最大的脐橙产区. 然而, 一直以来受脐橙栽培需要“大肥大水”观点的影响, 赣南脐橙施肥问题突出, 生产上大量使用氮磷钾化肥而忽视其他营养元素的补充, 单位果实的大量氮磷钾施用量是柑橘生产发达国家的 2.6~12.9 倍^[1-3], 导致树体营养元素失衡, 出现大面积的叶片黄化和叶脉肿大爆裂^[4]. 过量和不平衡施肥不仅增大生产成本, 还因肥料的大量流失导致水体富营养化, 污染环境^[5]. 在农业发达国家, 养分收支平衡已成为养分管理和环境政策制定的重要依据^[6]. 近一二十年来, 国内部分学者在大田作物方面也开展了这方面的研究^[7-8], 从多数报道来看, 我国农作物生产的养分收支平衡状况较差, 主要体现在磷肥用量过多, 氮肥基本平衡, 钾肥亏缺. 然而, 由于果树多年生的特性, 养分收支平衡研究难度较大, 国内外相关研究少. 近年来, 国内有学者报道果园生产体系氮素平衡状况及其环境效应的研究^[9-10], 结果表明果园因土壤、气候和种植水平的不同, 氮素平衡状况存在较大差异. 目前, 赣南脐橙生产体系中的氮素平衡状况尚不清楚, 本试验通过实地调查并结合采集叶片样品进行营养诊断分析, 对赣南脐橙主产区果园氮素平衡状况进行了研究, 以期从氮素平衡角度为赣南脐橙园氮素养分管理提供理论依据.

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

赣州位于江西省南部, 简称赣南, 属中亚热带南缘, 年平均气温 18.9 ℃、无霜期 287 d、降雨量

① 收稿日期: 2014-11-04
基金项目: 国家星火计划重点项目(2012GA811001); 农业部现代农业(柑橘)产业技术体系建设专项(CARS-27-02A); 重庆市集成示范计划项目(cstc2013jcsf8003); 中央高校基本科研业务费专项(XDJK2014B006).
作者简介: 淳长品(1974-), 男, 重庆彭水人, 硕士研究生, 副研究员, 主要从事柑桔栽培与生理研究.
通信作者: 彭良志, 研究员.

1 600 mm, 年日照时数 1 800 h 以上, 且昼夜温差大, 适宜柑橘的生长, 主要的种植品种是脐橙.

1.2 调查和叶片取样

赣州 18 个县(市、区)均有脐橙生产, 本试验选择具代表性的安远县、信丰县、南康市、大余县、章贡区、赣县、于都县、会昌县、瑞金市和兴国县 10 个主产县(市、区)布设样本点, 按种植面积和产量的多少确定样本数量, 10 个县(市、区)共设 95 个样本点, 每个样本点果园面积大于 3.33 hm², 品种为脐橙, 树龄为 8~15 年.

样本点果园条件和栽培管理调查, 包括土壤类型、土壤质地、脐橙品种、种植密度、树龄、近 3 年施肥种类和用量、树体产量等.

叶片取样: 在每个样本点果园按 S 型选择 15 株树, 采集当年生春梢营养枝从上到下第 3 片叶, 每株树东南西北 4 个方位采集 8 片叶, 共 120 片叶为 1 个叶样, 带回实验室分析氮的质量分数.

1.3 计算方法

氮素平衡的计算式: 氮素平衡=输入项(化肥氮+有机肥氮+沉降氮)−输出项(收获物带走量), 化肥养分的质量分数按照实际肥料包装袋上标识的养分的质量分数计算, 有机肥料的养分的质量分数根据《中国有机肥料养分志》^[11]和《中国有机肥料资源》^[12]的参数计算(表 1). 化肥和有机肥输入的氮的质量分数为调查样本点果园近 3 年施用量的平均值; 沉降氮根据前人研究赣南红壤的大气氮素混合沉降平均值为 62.6 kg/hm² 的结果统一估算^[13]; 脐橙经济产量吸收氮养分量参照《肥料实用手册》^[14]与《中国肥料实用手册》^[15]等参数计算, 收获物平均按 100 kg 果实吸收 0.35 kg 纯氮(包括根、枝和叶片氮吸收量, 果实吸收量为植株其他部分的 20%左右). 氮养分平衡指数=氮养分投入量/氮养分吸收量.

调查数据处理采用 Excel 2003 和 SPSS 11 软件进行统计分析.

表 1 各种有机肥氮养分的质量分数

有机肥种类	有机肥氮养分的质量分数/%	有机肥种类	有机肥氮养分的质量分数/%
猪粪	0.55	油桐饼	3.60
鸡粪	1.03	花生粕	6.32
人粪尿	0.64	烟草碎末	2.40
鸭粪	1.10	甜叶菊渣	0.40
菜籽饼	4.60		

2 结果与分析

2.1 赣南脐橙园生产体系氮养分投入状况

2.1.1 氮肥投入总体特征

赣南脐橙园氮肥投入水平总体较高, 其中化肥氮的平均投入量高于有机肥氮. 从果园氮肥施用分组看, 化肥氮投入量在 300 kg/hm² 以上的样本比例为 64.21%, 其中 500~1 000 kg/hm² 和 1 000 kg/hm² 以上的样本比例分别为 28.42%和 5.26%, 施用量分别为 688.93 kg/hm² 和 156.20 kg/hm², 平均为 429.14 kg/hm². 有机肥氮投入量小于 300 kg/hm² 的样本比例为 48.42%, 300~500 kg/hm² 的样本比例和施肥量分别为 33.68%和 387.79 kg/hm², 500~1 000 kg/hm² 和 1 000 kg/hm² 以上的样本比例分别为 13.68%和 4.21%, 施用量分别为 631.46 kg/hm² 和 1 376.64 kg/hm², 平均为 363.60 kg/hm²(图 1 和图 2). 从氮肥投入种类和结构看, 化肥氮种类主要为尿素和复合肥, 分别占 48.52%和 50.91%, 其中复合肥以三元肥($m_N:m_P:m_K=15:15:15$)为主, 碳氮仅占 0.57%. 有机肥施用种类主要以花生粕为主, 占 48.20%, 其次为商品有机肥和畜禽粪肥, 分别占 18.80%和 18.50%, 其中禽粪(鸡粪为主)和畜粪肥(猪粪为主)分别占 12.30%和 6.20%, 油菜粕和油籽粕分别占 6.80%和 3.6%, 其他有机肥如甜叶菊渣、烟草末等占 3.96%(图 3).

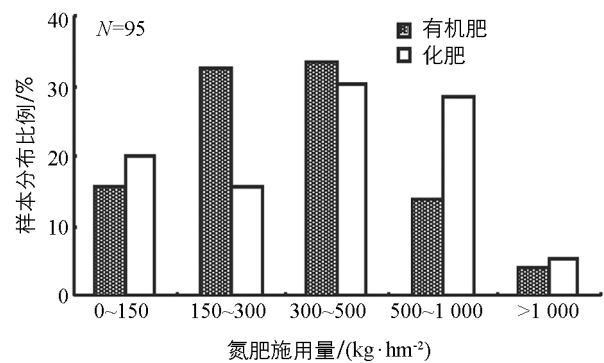


图 1 化肥氮和有机肥氮不同施用量的赣南脐橙园样本分布比例

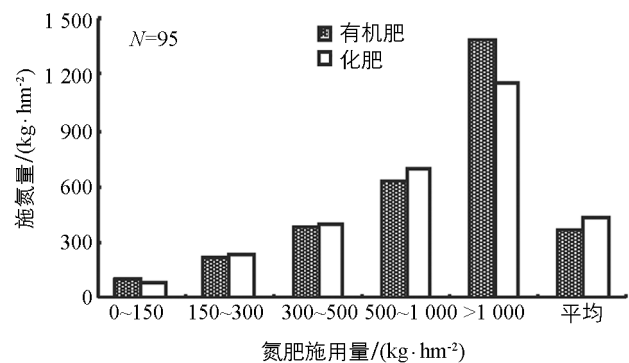


图 2 化肥氮和有机肥氮不同施用量范围氮素平均投入量

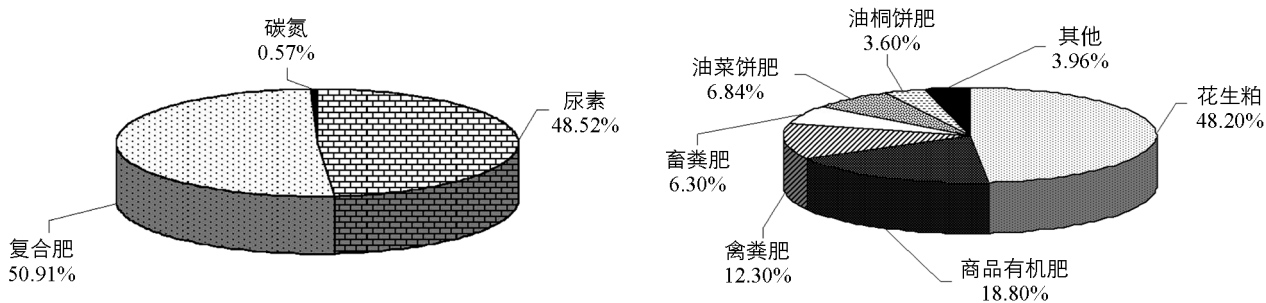


图 3 赣南脐橙园氮素投入种类和比例

2.1.2 赣南不同县(市、区)脐橙园的氮肥投入特点

赣南不同县(市、区)之间脐橙园总氮投入和种类差异很大. 从表 2 看出, 大余的总氮投入水平最高, 高达 1 581. 75 kg/hm², 其次是于都, 为 1 078. 00 kg/hm²; 南康最低, 仅为 485. 27 kg/hm². 有机氮投入水平最高的为大余, 达 1 237. 50 kg/hm²; 投入最低的为兴国, 仅 237. 50 kg/hm², 二者相差 4. 2 倍. 无机氮投入量最高的为于都, 达 782. 70 kg/hm²; 最低的是南康, 仅 121. 90 kg/hm², 二者相差 5. 4 倍.

表 2 赣南不同县(市、区)脐橙园氮素投入量

县(市、区)	样品量	有机氮/(kg·hm ⁻²)	无机氮/(kg·hm ⁻²)	总氮/(kg·hm ⁻²)
南康	9	363. 37±207. 74b	121. 90±80. 59c	485. 27±197. 03c
赣县	8	281. 24±134. 07b	524. 10±470. 78abc	805. 34±474. 38bc
兴国	10	235. 70±199. 04b	437. 88±314. 31abc	673. 58±343. 00bc
于都	7	295. 30±98. 49b	782. 70±279. 07a	1 078. 00±344. 23b
会昌	10	279. 07±193. 63b	555. 87±344. 81ab	834. 94±336. 54bc
瑞金	8	338. 79±183. 91b	315. 00±136. 69bc	653. 79±235. 39bc
章贡	12	369. 57±183. 98b	386. 92±238. 76bc	756. 49±285. 42bc
信丰	19	380. 38±262. 88b	427. 75±199. 25abc	808. 13±378. 37bc
大余	4	1 237. 50±297. 00a	344. 25±139. 50bc	1 581. 75±436. 50a
安远	8	310. 58±170. 70b	424. 35±209. 75abc	734. 93±266. 21bc
平均值	95	363. 60±272. 01b	429. 14±291. 39	792. 74±384. 22

注: 总氮未包括沉降氮 62. 6 kg/hm², 不同小写字母表示 5%水平上差异具有统计学意义.

2.2 果园生产体系氮素负荷状况

2.2.1 总体状况

前人研究表明, 集约化水平较高的果园生产体系氮盈余量 500 kg/hm² 以上时, 90~180 cm 土层硝态

氮的质量分数高于 0~90 cm^[16]. 因此, 本试验采用氮 500 kg/hm² 和 1 000 kg/hm² 指标来评价土壤氮的环境效应. 近 3 年调查果园平均氮养分平衡没有样本表现亏缺, 氮盈余量超过 500 kg/hm² 的样本占 64.21%, 其中超过 1 000 kg/hm² 的样本占 17.89%, 平均盈余量达到 688.14 kg/hm² (表 3). 表明赣南脐橙园总体上氮素盈余量较多, 果园土壤氮养分盈余量越高, 果园土壤氮负荷程度越高, 果园对环境污染的影响越大.

表 3 赣南脐橙园氮养分平衡总体状况

分级/ (kg·hm ⁻²)	样本量	样本分布比例/ %	氮素盈余量/ (kg·hm ⁻²)	标准差/ (kg·hm ⁻²)	变异系数/ %
<0	0	0	0	0	0
0~500	34	35.79	330.41	122.38	37.04
500~1 000	44	46.32	742.90	134.88	18.16
>1 000	17	17.89	1 261.90	235.42	18.66
总计	95	100.00	688.14	360.89	52.44

2.2.2 不同县(市、区)脐橙园土壤氮素负荷

从表 4 可以看出, 不同县(市、区)脐橙园氮养分带走量、盈余量和养分平衡指数差异很大. 养分带走量最高的是大余, 达 550.46 kg/hm², 远远高于各县平均值 167.20 kg/hm², 最低为南康, 仅 80.85 kg/hm². 盈余量最高的仍然是大余, 达 1 093.89 kg/hm², 其次为于都和信丰, 分别为 1 021.57 kg/hm² 和 722.76 kg/hm², 盈余量较低的是瑞金和南康, 分别为 534.87 kg/hm² 和 467.37 kg/hm². 前人研究表明, 作物养分平衡指数(氮养分施入量与吸收量之比)大于 2.50 的地区, 地下水硝酸盐含量基本上全部超标^[17]. 赣南不同县(市、区)脐橙园氮养分平衡指数平均值为 5.31, 最高的是于都, 为 9.58, 其次是兴国和南康, 分别为 7.44 和 6.81, 最低是大余, 为 2.99, 但平衡指数也超过了 2.50 (表 4). 表明赣南脐橙园氮素总体上利用水平很低, 对土壤环境负荷较大.

表 4 赣南不同县(市、区)脐橙园氮养分平衡总体状况

区域	平均产量/ (kg·hm ⁻²)	带走氮量/ (kg·hm ⁻²)	盈余量/ (kg·hm ⁻²)	养分平衡指数
南康	23 000.00±12 209.11b	80.50±42.73b	467.37±187.60b	6.81
赣县	46 462.50±17 338.14b	162.62±60.08b	705.32±516.44a	5.34
兴国	28 260.00±13 864.74b	98.91±48.53b	637.27±353.79b	7.44
于都	34 007.14±14 201.42b	119.03±49.70b	1 021.57±349.37a	9.58
会昌	62 145.00±27 548.14b	217.51±96.42b	680.03±309.70b	4.13
瑞金	51 862.50±29 506.27b	181.52±103.27b	534.87±283.23b	3.95
章贡	43 125.00±27 058.50b	150.94±94.70b	668.16±301.90b	5.43
信丰	42 276.32±21 612.74b	147.97±75.64b	722.76±410.42b	5.88
大余	157 275.00±79 095.53a	550.46±276.83a	1 093.89±253.24a	2.99
安远	56 587.50±14 094.93b	198.06±49.33b	599.48±239.26b	4.03
平均值	47 771.05±35 441.02	167.20±124.04	688.14±360.89	5.31

注: 不同小写字母表示 5%水平上差异具有统计学意义.

2.3 赣南脐橙叶片氮的质量分数

脐橙叶片营养元素的质量分数既是衡量树体营养丰缺的重要指标, 也是指导施肥的重要依据. 从表 5 的结果看, 赣南脐橙园叶片氮的质量分数很高, 按赣南脐橙叶片诊断标准(江西省地方标准, DB 36/T 625-2011), 处于缺乏范围仅有 2 个果园, 占总样本量的 2.10%; 氮的质量分数处于适量范围的果园有 18 个, 占总样本量的 18.95%; 氮的质量分数处于高量和过量范围有 75 个果园, 占总样本量的

78.95%，其中处于高量的比例为 42.11%。

表 5 叶片氮的质量分数不同的赣南脐橙园样本量和比例

分级	样本量	氮的质量分数/%	比例/%
低量	2	2.60	2.10
适量	18	2.90	18.95
过量	35	3.10	36.84
高量	40	3.40	42.11

2.4 果园氮素养分盈余原因及影响分析

从图 3 可以看出，果园氮素年盈余量与氮肥用量呈极显著正相关，其相关方程为 $y=0.809\ 7x-123.88$ ，相关系数为 R 为 0.943 6，说明果园土壤氮素负荷程度与氮肥的过量施用有密切相关. 随着果园氮投入量的增加，叶片氮的质量分数也增加，二者也呈正相关，相关方程为： $y=0.000\ 1x+3.006\ 7$ ，相关系数为 R 为 0.116 2，但相关性不显著(图 4)。

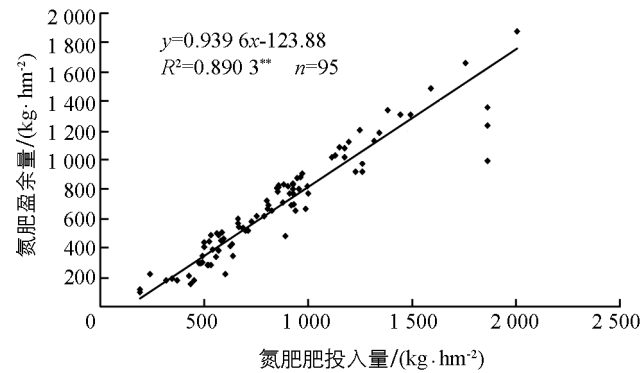


图 3 赣南脐橙园氮肥投入量与氮盈余量的关系

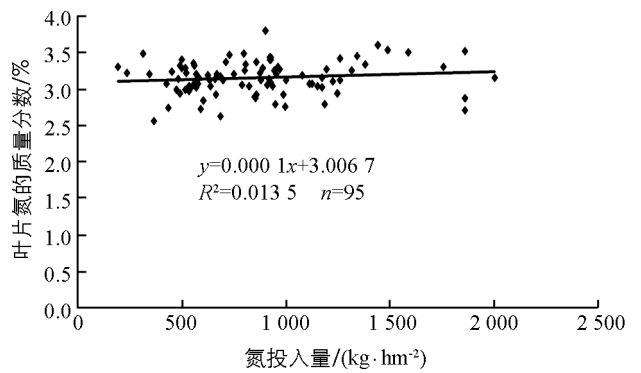


图 4 赣南脐橙园氮肥投入量与叶片氮的质量分数的关系

3 讨 论

氮肥的过量施用是氮盈余量及负荷增加的主要原因，橘园土壤氮素盈余量与投入全氮量呈极显著正相关。氮素盈余量与投入氮肥的种类与数量有关外，还受果园立地条件、土壤、气候、种植品种环境影响，氮素盈余量与脐橙产量关系极大. 本研究是在土壤、气候和品种都相似的地区进行的，因此氮素盈余量与投入量密切相关. 赣南脐橙园氮素最低投入量为 485.27 kg/hm²，平均为 792.74 kg/hm²，平均产量为 43 721.05 kg/hm²；国外脐橙园氮素投入一般在 150~300 kg/hm²^[18]，平均产量为 45 000 kg/hm². 赣南氮投入量为国外的 1.5~3 倍，而产量差不多，表明赣南脐橙园氮素过量施用问题突出. 另外，施氮 80 kg/hm² (铵态氮肥) 会加速土壤酸化进程^[19]，赣南脐橙园土壤本身普遍偏酸，目前赣南脐橙园施氮量远超过 80 kg/hm²，其对土壤酸化的影响应引起高度重视，现有研究也表明赣南脐橙园农化土壤与背景土壤相比，农化土壤 pH 值平均下降了 0.46^[20]，施肥对土壤酸化的作用不容忽视. 过量施用氮肥的主要原因：一是由于脐橙较大田作物相对效益高，肥料成本与产出相比，比例不大，种植者不太考虑肥料成本；二是多数种植者误认为肥多高产，超量施用氮肥，这种现象在一些脐橙施肥技术普及较差的区域尤为突出，如于都县脐橙园的氮投入量是南康的 6.4 倍. 研究表明，作物氮素吸收总量一般不超过 400 kg/hm²，果园长期大量使用氮肥，若任其发展，势必造成了果园氮盈余大，不但使果实的产量和质量下降，而且增加了肥料的投入成本，还会抑制磷、钾和微量元素的吸收^[21-22]. 过量的氮肥使土壤氮素负荷增加，导致橘园土壤质量下降，加大面源污染，对生态环境造成不良影响。

国外广泛采用柑橘叶片营养诊断作为指导施肥的依据，适宜的叶片营养元素的质量分数是柑橘高产的

关键^[23]. 虽然本试验结果显示赣南脐橙叶片氮的质量分数与氮投入量有关, 但并未达显著水平, 表明赣南脐橙园氮投入量大, 但利用率很低. 其原因是赣南氮肥投入主要种类是化肥, 且通常是通过全园撒施的方式投入, 加上橘园氮素迁移转化途径复杂, 脐橙园氮肥投入后, 除植株吸收贮藏和果实带走一部分外, 很大一部分被淋洗损失、氨化和反硝化脱氮、土壤矿化, 以及微生物及果园杂草等吸收固定等, 尤其在脐橙园过量施用氮肥和施肥方法不当的情况下, 氮肥这类损失比例更高.

有机氮和无机氮投放是赣南脐橙园氮素营养的主要来源, 二者之和占氮素总投入的 85% 以上. 但是大气沉降氮也是进入果园生态系统的氮素养分因子(赣南红壤的大气氮素混合沉降平均值约为 62.6 kg/hm^2), 如果忽视势必引起脐橙园氮肥过量施用. 养分资源包括土壤、肥料和环境所提供的养分, 所以养分资源管理应该包括环境中氮养分的管理^[24], 赣南脐橙园在施肥方面几乎没有考虑这部分养分. 因此, 在各脐橙产区开展果园氮素投入的同时, 对环境体系大气沉降氮的研究, 对果园氮素管理中也是很有必要的.

参考文献:

- [1] 赖小桦, 黄传龙, 谢上海, 等. 赣南脐橙施肥情况调查研究 [J]. 中国南方果树, 2009, 38(4): 30—32.
- [2] 淳长品, 彭良志, 凌丽俐, 等. 赣南产区脐橙叶片大量和中量元素营养状况研究 [J]. 果树学报, 2010, 27(5): 678—682.
- [3] 凌丽俐, 彭良志, 淳长品, 等. 赣南不同产量组脐橙园叶片养分状况分析 [J]. 中国南方果树, 2010, 39(5): 30—32.
- [4] 张广越, 彭良志, 淳长品, 等. 脐橙叶片镁、硼含量变化与缺素黄化的关系 [J]. 园艺学报, 2010, 37(8): 1317—1324.
- [5] 张维理, 武淑霞, 冀宏杰, 等. 中国农业面源污染形势估计及控制对策 I. 21 世纪初期中国农业面源污染的形势估计 [J]. 中国农业科学, 2004, 37(7): 1008—1017.
- [6] KYLLINGSBAEK A, HANSE J E. Development in Balances in Danish Agriculture 1980—2004 [J]. Nutr Cycl Agroecosys, 2007(1): 9114—9119.
- [7] 王 英. 黑龙江省农田养分循环与平衡状况的初步探讨 [J]. 土壤通报, 2002, 33(4): 268—271.
- [8] 杨治平, 周怀平, 张 强, 等. 不同施肥措施对旱地玉米土壤硝态氮累积的影响 [J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(1): 122—124.
- [9] 卢树昌, 陈 清, 张福锁, 等. 河北省果园氮素投入特点及其土壤氮素负荷分析 [J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(5): 858—865.
- [10] 周鑫斌, 温明霞, 王秀英, 等. 三峡重庆库区柑橘园氮素平衡状况研究 [J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(1): 88—94.
- [11] 全国农业技术推广服务中心. 中国有机肥料养分志 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1999: 24—200.
- [12] 全国农业技术推广中心. 中国有机肥料资源 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1999: 44—45.
- [13] 王体健, 刘 倩, 赵 恒, 等. 江西红壤地区农田生态系统大气氮沉降通量的研究 [J]. 土壤学报, 2005, 45(2): 280—287.
- [14] 高祥照, 申 眺, 郑 义. 肥料实用手册 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 259—265, 386—387.
- [15] 中国化工企业管理协会. 中国肥料实用手册 [M]. 北京: 中国国际广播音像出版社, 2006: 824, 834.
- [16] 寇长林, 巨晓棠, 张福锁. 三种集约化种植体系氮素平衡及其对地下水硝酸盐含量的影响 [J]. 应用生态学报, 2005, 16(4): 660—667.
- [17] 张维理, 田哲旭, 张 宁, 等. 我国北方农用氮肥造成的地下水硝酸盐污染的调查 [J]. 植物营养与肥料学报, 1995, 1(2): 80—87.
- [18] 徐仁扣, COVENTRY D R. 某些农业措施对土壤酸化的影响 [J]. 农业环境保护, 2002, 21(5): 385—388.
- [19] ALVA A K, PARAMASIVAM S, OBREZA T A, et al. Nitrogen Best Management Practice for Citrus Trees I. Fruit Yield, Quality, and Leaf Nutritional Status [J]. Scientia Horticulturae, 2006, 107: 233—244.
- [20] 梁梅青, 薛 珺, 范玉兰, 等. 赣南脐橙园土壤酸化特征研究 [J]. 中国南方果树, 2010, 39(4): 6—8, 13.

[21] 和林涛, 石孝均, 易时来. 不同氮处理下紫色土钾素淋失动态研究 [J]. 西南大学学报: 自然科学版, 1997, 29(7): 96—101.

[22] 叶荣生, 石孝均, 周鑫斌. 有机肥对柑橘苗期生物学特性的影响 [J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2014, 36(10): 1—8.

[23] ERAN RAVEH. Citrus Leaf Nutrient Status: A Critical Evaluation of Guidelines for Optimal Yield in Israel [J]. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 2013, 176(3): 420—428.

[24] 张福锁. 养分资源综合管理理论与技术概论 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2006: 1—13.

Study on Nitrogen Application and Balance in Navel Orange Orchards in Southern Jiangxi Province

CHUN Chang-pin, PENG Liang-zhi, JIANG Cai-lun,
CAO Li, Ling Li-li, FU Xing-zheng

*Citrus Research Institute, Southwest University / National Citrus Engineering Research Center /
Chinese Academy of Agricultural Sciences, Chongqing 400712, China*

Abstract: Based on data collected from citrus-grower surveys and leaf nutrient element analysis, the characteristics of nitrogen (N) fertilizer application and balance were studied in navel orange orchards in southern Jiangxi province. The results showed that the application amount of N varied greatly with navel orange orchards, ranging from 485.27 kg/hm² to 1 581.75 kg/hm², averaging 792.74 kg/hm². The application rate of N from chemical fertilizers was 429.14 kg/hm², mainly from the two most popular nitrogen sources, urea and compound fertilizer. The application rate of N from organic fertilizers was 363.60 kg/hm², mainly from peanut meal, commercial organic fertilizer and fermented poultry manure. The surplus rate of N in navel orange orchards ranged from 467.37 kg/hm² to 1 093.89 kg/hm², averaging 688.14 kg/hm². The N surplus in Yudu, Dayu and Xinfeng counties was significantly higher than that in other counties. N surplus was in a highly significant positive correlation with N application rate in navel orchards, the correlation coefficient being 0.943 6^{**}. Total N content in navel orange leaves increased with N application amount, and leaf N content in most orchards was at a high or excessive level. These results indicated that excessive N fertilizer application was the main cause resulting in N surplus and high or excessive leaf N levels.

Key words: citrus orchard; N application; N surplus; southern Jiangxi province

责任编辑 潘春燕

