

我国柑橘氮磷钾肥用量及减施潜力

雷靖^{1,2}, 梁珊珊^{1,2}, 谭启玲^{2,3}, 胡承孝^{1,2,3*}, 孙学成^{2,3}, 赵小虎^{2,3}

(1 园艺植物生物学教育部重点实验室, 湖北武汉 430070; 2 新型肥料湖北省工程实验室/华中农业大学微量元素研究中心, 湖北武汉 430070; 3 农业部长江中下游耕地保育重点实验室, 湖北武汉 430070)

摘要:【目的】明确我国柑橘主产区氮、磷、钾肥施用现状, 为评估化肥减施潜力提供科学依据。【方法】2015年采用问卷调查结合实地走访, 调查湖南、江西、湖北、广西、福建、浙江、重庆、四川、广东共9个省份2458户柑橘园单产水平及肥料施用现状。【结果】调查区柑橘权重平均单产为26480 kg/hm², 总体属于偏低水平。柑橘园氮、磷、钾肥年平均用量分别为494、364和397 kg/hm², 比例为1 : 0.74 : 0.80; 99.2%的柑橘园施用化肥, 仅47.8%的柑橘园施用有机肥, 年均有机氮、磷、钾养分仅占总施用量的9.58%、19.6%和6.24%, 有机肥投入严重不足。根据文献统计得出的柑橘建议施肥量推算, 我国柑橘氮、磷、钾肥过量施用面积占比分别为57.3%、76.6%、69.1%, 氮、磷、钾肥纯养分分别过量36.2万吨、42.5万吨、35.5万吨, 减施潜力分别为28.3%、48.2%和29.0%, 其中以磷肥过量比例最高、减施潜力最大, 以福建产区和柚类氮、磷、钾过量施用面积比例、过量投入量和减施潜力最大。【结论】我国柑橘平均单产水平偏低, 氮、磷、钾肥过量施用严重, 减施潜力大。

关键词: 柑橘; 推荐施肥量; 过量施用; 肥料减施潜力

NPK fertilization rates and reducing potential in the main citrus producing regions of China

LEI Jing^{1,2}, LIANG Shan-shan^{1,2}, TAN Qi-ling^{2,3}, HU Cheng-xiao^{1,2,3*}, SUN Xue-cheng^{2,3}, ZHAO Xiao-hu^{2,3}

[1 Key Laboratory of Horticultural Plant Biology, Ministry of Education, Wuhan, Hubei 430070, China; 2 Hubei Provincial Engineering Laboratory for New-Type Fertilizer/Microelement Research Center of Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China; 3 Key Laboratory of Arable Land Conservation (Middle and Lower Reaches of Yangtze River), Ministry of Agriculture, Wuhan, Hubei 430070, China]

Abstract: 【Objectives】 Clarifying the present situation of N, P₂O₅, K₂O fertilizer input is the base to evaluate the potential of reducing fertilizer application in the main citrus orchards of China. 【Methods】 Field surveys and questionnaires were conducted in the main citrus production areas of China in 2015. The plantation areas, application rate of N, P₂O₅, K₂O fertilizers and the yields of the three main harvested citrus in 2458 households in 9 provinces were obtained, the reducing potential of fertilizer amount was estimated according to the fertilizer recommendation in the open published papers. 【Results】 In the surveyed provinces, the weighted average yield of citrus was 26480 kg/hm², and the overall level of the yield is relatively low. The application rates of N, P₂O₅, K₂O fertilizers were 494, 364 and 397 kg/hm², respectively, with the ratio of 1 : 0.74 : 0.80. And 99.2% of total surveyed citrus orchards received chemical fertilizers, while only 47.8% received organic manure, merely accounting for 9.58%, 9.6% and 6.24% of total N, P₂O₅, K₂O inputs, meant the organic fertilizer was seriously deficient in citrus orchards. According to the reported fertilizer recommendation for citrus, the excessive applying area of N, P₂O₅, K₂O fertilizer occupied 57.3%, 76.6% and 69.1% of the total citrus area, with excessive amount of

收稿日期: 2018-09-17 接受日期: 2018-12-19

基金项目: 柑橘化肥农药减施技术集成研究与示范项目(2017YFD0202000); 国家现代农业(柑橘)产业技术体系(CARS-26)养分管理与化肥减施增效岗位专项资金。

联系方式: 雷靖 E-mail: 1269780611@qq.com; * 通信作者 胡承孝 E-mail: hucx@mail.hzau.edu.cn

362, 425, and 355 million kilograms, and the corresponding reducing potential of N, P₂O₅, K₂O fertilizers was 28.3%, 48.2% and 29.0%, respectively, the excess proportion of phosphorus fertilizer was the highest, while the N, P₂O₅, K₂O fertilizers excess proportion, amount and reducing potential in orchards in Fujian and Pomelo were all the highest. 【Conclusions】 The average fruit yield per unit area of citrus in China is low, while the excessive application of N, P₂O₅, K₂O fertilizer in citrus orchards is serious with great reducing potentiality, especially that of phosphorous fertilizer. The largest reducing potential is in pomelo production in Fujian provinc, where has the largest area and rate of excessive application of N, P and K fertilizers.

Key words: citrus; recommended fertilization rate; fertilization status; fertilizer reducing potentiality

近年来,我国柑橘产业发展迅速,2017年柑橘年产量为3931.51万吨,种植面积达262.38万公顷,已多年位居全球首位^[1-2]。然而我国柑橘单产水平仅15 t/hm²,远不及土耳其、南非等国家(其柑橘单产已超过30 t/hm²)^[2]。虽然氮、磷、钾是柑橘产量及品质形成的重要因素^[3-6],但是果农为了追求高产而过量施用化肥,现已成为柑橘单产及果实品质下降的主要原因,降低了果农的经济收益^[7-8]。由于过量或超量施用化肥所带来的环境污染问题日趋严重,2015年农业部通过并启动实施《化肥使用量零增长行动方案》,提出到2020年全国化肥使用量实现零增长,主要农作物化肥利用率达40%以上^[9]。柑橘作为我国第二大产销水果^[10],及时掌握我国柑橘氮、磷、钾肥施用现状,明确其过量施用程度和比例及减施潜力,对我国柑橘化肥减施、提质增效具有重要指导意义。

已有研究者从农户施肥现状调研、测土配方施肥、优化养分管理等方面对柑橘施肥进行了调查和研究^[11-18]。表明,氮、磷、钾肥过量施用是其盈余量高的主要原因,果园氮、磷、钾养分盈余与投入之间存在显著正相关关系,从而导致土壤、水体等环境污染问题,而且也果实品质带来诸多负面影响^[8]。也有调查表明,我国柑橘园存在养分投入不均衡,氮、磷肥施用过量,钾肥施用过量与不足并存,有机肥用量偏低,养分施用时期分配不适当等问题^[7,17]。已有的柑橘园问卷调查,以县、市级为单元的较多,研究范围小,具有地域局限性,缺乏大范围开展“减施化肥”的数据支撑和氮、磷、钾肥施用现状的整体分析,全国范围柑橘园氮、磷、钾施用量及其过量程度依然不清晰。近年来有关粮食作物施肥现状的大数据分析及优化施肥管理的报道较多,而涉及经济作物尤其是果树上却鲜见。本文通过问卷调查明确我国主产区柑橘氮、磷、钾肥施用现状,结合国内外柑橘施肥文献的统计分析,提出我国宽皮柑橘、甜橙及柚类的氮、磷、钾肥推荐施肥量,进而

分析和评估我国主产区柑橘氮、磷、钾化肥过量的程度、比例和减施潜力,具有重要的实践意义和指导价值。

1 材料与方法

1.1 调查区域与面积

根据国家统计局数据^[1],2014年我国柑橘主产省(市)湖南、江西、广东、广西、四川、湖北、重庆、福建、浙江的种植面积分别达42.1、33.7、30.2、29.0、27.3、24.6、19.2、18.8、10.3万公顷,年产量均大于100万吨,其柑橘种植面积及产量总和均占全国90%以上。因此,本研究选取以上9省(市)于2015年开展农户施肥现状调查。问卷调查采用抽样调查方法,现场问答并填写问卷,每个省(市)柑橘主产区抽取2~4个主产市,每个市抽取3个主产县、乡镇、自然村,并在每个村选取5~7名种植户。本次调查共走访了27个市(区),共调查2700名成年结果柑橘园种植户,经问卷质量分析筛选获得有效问卷2458份(表1)。

1.2 调查区柑橘种类分布

问卷调查显示,我国柑橘主产区种植宽皮柑橘、甜橙、柚类的农户数比例分别为59.9%、23.2%、12.6%,占总调查农户数的95.7%;其种植面积占总调查面积的比例分别为55.3%、18.6%和11.2%,合计为85.2%(表2),与安亚杰^[19]的研究结果相近。宽皮柑橘是我国第一大主栽品种,其中宽皮柑橘以广东、湖北、广西和江西省种植比例较高;甜橙以重庆市、江西、湖南、四川和湖北省种植比例较高;柚类以浙江、福建、广西和广东省种植比例较高。

1.3 问卷调查项目

经国家现代柑橘产业技术体系各岗位科学家和综合试验站站长建议,问卷调查项目包括:柑橘园地块种植与收获情况(包括柑橘品种、树龄、种植面积、种植密度、当年产量等);柑橘施肥现状(包括

表 1 我国柑橘主产省份调查区域、样本数与调查面积

Table 1 Sampling number, representative region and area surveyed in the main citrus growing provinces of China

省份 Province	有效样本数 (户) Samples No.	调查市 (区) Surveyed city (region)	调查面积 (hm ²) Survey area	平均户面积 (hm ²) Average household area
湖北 Hubei	398	宜昌、恩施、十堰 Yichang, Enshi, Shiyan	302	0.76
湖南 Hunan	365	湘西、邵阳、郴州 Xiangxi, Shaoyang, Chenzhou	851	2.33
江西 Jiangxi	256	赣州、抚州 Ganzhou, Fuzhou	879	3.43
浙江 Zhejiang	266	衢州、台州、丽水 Quzhou, Taizhou, Lishui	297	1.12
福建 Fujian	238	漳州、泉州、南平 Zhangzhou, Quanzhou, Nanping	389	1.64
广西 Guangxi	267	南宁、梧州、玉林、桂林 Nanning, Wuzhou, Yulin, Guilin	417	1.56
广东 Guangdong	360	肇庆、惠州、清远、梅州 Zhaoqing, Huizhou, Qingyuan, Meizhou	996	2.77
四川 Sichuan	174	泸州、资阳 Luzhou, Ziyang	803	4.61
重庆 Chongqing	134	奉节、开县、云阳 Fengjie, Kaixian, Yunyang	163	1.22
总计 Total	2458		5097	2.00

表 2 我国柑橘主产省份三类柑橘的种植农户数和面积比例

Table 2 Proportion of household number and area of the three citrus species in the main citrus growing provinces of China

省份 Province	宽皮柑橘 Mandarin orange			甜橙 Sweet orange			柚类 Pomelo		
	农户数 Households	农户比例 H (%)	面积比例 A (%)	农户数 Households	农户比例 H (%)	面积比例 A (%)	农户数 Households	农户比例 H (%)	面积比例 A (%)
湖北 Hubei	298	74.8	79.1	99	24.8	20.6	1	0.25	0.26
湖南 Hunan	210	57.5	48.2	155	42.5	51.8	0	0.00	0.00
江西 Jiangxi	137	53.5	73.9	117	45.7	25.1	2	0.78	1.02
浙江 Zhejiang	218	82.0	43.2	2	0.75	0.04	46	17.3	56.7
福建 Fujian	114	47.9	58.8	2	0.84	0.10	122	51.3	41.1
广西 Guangxi	187	70.0	75.1	2	0.75	0.18	45	16.8	16.4
广东 Guangdong	271	75.3	82.2	31	8.61	4.59	56	15.6	13.1
四川 Sichuan	13	7.47	0.62	52	29.9	5.19	37	21.3	4.39
重庆 Chongqing	23	17.2	16.2	111	82.8	83.8	0	0.00	0.00
总计 Total	1471	59.8	55.3	571	23.2	18.6	309	12.6	11.2

注 (Note) : H—Proportion of households; A—Proportion of area.

肥料施用种类和次数、施用量、施肥时期、施肥方法等)。

1.4 计算方法

化肥养分含量根据肥料产品标注的养分含量计

算; 有机肥养分含量按《中国有机肥养分志》中标准值计算^[20]。

农户全年肥料施用总量=农户全年化肥施用总量+有机肥施用总量。

肥料 (N、P₂O₅ 或 K₂O) 过量投入量 = (农户施用量 - 合理施肥量上限) × 种植面积

肥料 (N、P₂O₅ 或 K₂O) 减施潜力 = (农户施用量 - 合理施肥量上限) / 农户施用量 × 100%

1.5 数据处理

调查数据用 Microsoft Excel 2016 进行处理和分析。

2 结果与分析

2.1 我国主产区柑橘单产水平

综合文献与调研数据, 将柑橘平均单产分为很低 (< 22500 kg/hm²)、偏低 (22500~30000 kg/hm²)、中等 (30000~37500 kg/hm²)、较高 (37500~45000 kg/hm²)、很高 (> 45000 kg/hm²) 5 个产量级别。我国主产区柑橘加权平均单产为 26480 kg/hm², 总体偏低, 且三大类柑橘平均单产差异不大 (表 3)。各主产省 (市) 间柑橘平均单产水平差异显著, 由高到低排序依次是浙江、湖北、福建、广西、湖南、重庆、广东、江西和四川, 仅浙江和湖北两省达到很高水平 (> 45000 kg/hm²), 四川省平均单产水平最低, 仅 22435 kg/hm²。宽皮柑橘以湖北、广东和浙江省农户种植比例较高, 其中湖北、浙江、广西和福建省的平均单产高于全国平均值 31914 kg/hm² (表 3)。我国甜橙主要种植区为湖南、江西及重庆等省 (市), 甜

橙平均单产为 30072 kg/hm², 江西和四川两省单产水平偏低, 不足 25000 kg/hm²。我国柚类主产区为福建、广东及浙江省, 其中浙江省平均单产高达 50948 kg/hm², 而广西省和四川省单产水平较低。

综上, 我国主产区柑橘平均单产偏低, 三大类柑橘平均单产差异不大, 但各省 (市) 间平均单产水平差异较大, 单产偏低的省 (市) 比例略高。在主产区中, 湖北的宽皮柑橘和甜橙单产达平均水平, 浙江的宽皮柑橘和柚类平均单产水平平均较高, 四川、江西省柑橘平均单产水平较低。

2.2 柑橘氮磷钾推荐施用量

以作物推荐施肥量为标准评价施肥是否过量或不足, 按超过推荐施肥量范围上限为过量、低于下限为不足。本次柑橘调查覆盖了宽皮柑橘、甜橙及柚类的农户比例高达 95.6% (表 2)。对国内外文献报道宽皮柑橘、甜橙及柚类成年结果树的最优或推荐施肥量数据统计、分析, 提出推荐施肥量用于本文评价。

通过中国期刊全文数据库 (CNKI) 和 Web of Science, 输入柑橘/桔 (Citrus or orange)、适宜/最佳施肥量 (Optimum fertilization amount) 等主题词, 检索、整理并筛选出 2000—2016 年的包含柑橘/桔推荐施肥量等信息完整的有效文献 35 篇, 并结合专家推荐施肥量, 提出我国三大类柑橘成年结果树 N、P₂O₅、K₂O 建议施肥量 (表 4), 宽皮柑橘类分别为

表 3 我国柑橘主产省份单产水平

Table 3 Fruit yield level in citrus orchards of the main producing provinces in China

省份 Province	加权平均单产 Weighted average yield (kg/hm ²)	分级 Yield level	单产水平 Yield level (kg/hm ²)		
			宽皮柑橘 Mandarin orange	甜橙 Sweet orange	柚类 Pomelo
湖北 Hubei	45236	很高 Very high	47777	35814	—
湖南 Hunan	30797	中等 Medium	29012	32455	—
江西 Jiangxi	24028	低 Low	24400	23917	—
浙江 Zhejiang	45436	很高 Very high	38248	—	50948
福建 Fujian	32674	中等 Medium	33671	—	32326
广西 Guangxi	31796	中等 Medium	37039	35595	23804
广东 Guangdong	26419	低 Low	24622	33791	35239
四川 Sichuan	22435	很低 Very low	22050	21345	23779
重庆 Chongqing	28042	低 Low	30406	27586	—
总计 Total	26480	低 Low	31914	30072	28728

注 (Note): 产量级别 Yield level classification: < 22500 kg/hm² 很低 Very low; 22500~30000 kg/hm² 偏低 Low; 30000~37500 kg/hm² 中等 Medium; 37500~45000 kg/hm² 较高 High; > 45000 kg/hm² 很高 Very high.

200~300 kg/hm²、100~150 kg/hm²、100~200 kg/hm²；甜橙类分别为 250~350 kg/hm²、150~200 kg/hm²、150~250 kg/hm²；柚类分别为 350~450 kg/hm²、200~250 kg/hm²、300~400 kg/hm²；氮磷钾肥的适宜施用比例为 1 : (0.3~0.6) : (0.8~1.2)。

2.3 我国主产区柑橘氮磷钾肥用量和比例

各省(市)柑橘氮、磷、钾肥年均施用量差异显著(表 5)。福建和广西主产区柑橘氮、磷、钾肥年用量均高于全国平均值,而湖南、江西、广东和四川主产区年用量低于全国平均值。浙江产区氮、

磷、钾年平均用量分别为 456、385 和 382 kg/hm², 比例为 1 : 0.84 : 0.84, 合计纯养分量为 1223 kg/hm²; 湖北产区柑橘氮、磷、钾肥年平均用量分别为 505、258 和 326 kg/hm², 其比例为 1 : 0.51 : 0.65, 合计纯养分量为 1090 kg/hm², 浙江和湖北产区柑橘氮、磷、钾肥年均用量虽低于全国平均用量, 柑橘平均单产却远高出全国平均水平, 说明柑橘高产并不需要高量施肥, 相反高量施肥也没有获得高产。

我国主产区有 99.2% 的柑橘园施用化肥, 柑橘年平均化肥氮、磷、钾施用量分别为 446、329 和 371 kg/hm², 其比例为 1 : 0.74 : 0.83, 合计纯养分量为 1146 kg/hm², 分别占总量的 90.4%、90.4%、93.8%。但我国柑橘主产区仅 47.8% 的柑橘园施用有机肥, 年平均有机肥氮、磷、钾施用量分别为 47.3、35.0 和 24.8 kg/hm², 其比例为 1 : 0.72 : 0.52, 合计纯养分量为 107 kg/hm², 分别占总量的 9.58%、9.61%、6.24%。其中, 湖北省柑橘园有机肥施用比例最低, 仅为 16.6%, 而有机肥施用面积比例最高的浙江省也仅为 39.5%, 有机肥用量低导致化肥的增产效果不稳, 这可能是我国柑橘单产水平与养分投入量不成比例的重要原因。

综上所述, 我国主产区各省市柑橘氮、磷、钾肥年平均用量分别为 383~913、258~695 和 303~724 kg/hm², 均值为 494、364 和 396 kg/hm², 其比例为 1 : 0.74 : 0.80, 三要素合计纯养分总量为 1255 kg/hm²; 各主产区柑橘园氮磷钾肥年用量差

表 4 不同柑橘品种推荐施肥量

Table 4 Recommendation application rate of N, P₂O₅, K₂O of different citrus cultivars

数据来源 Date source	建议施肥量 (kg/hm ²) Recommendation fertilization		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
国外成年结果树 Abroad fruiting tree	200~350	100~200	150~450
国内成年结果树 Domestic fruiting tree	200~450	100~250	150~400
国内宽皮柑橘类 Domestic mandarin orange	200~300	100~150	100~200
国内甜橙类 Domestic sweet orange	250~350	150~200	150~250
国内柚类 Domestic pomelo	350~450	200~250	300~400

表 5 我国柑橘主产省份有机无机氮磷钾肥施用量 (kg/hm²)

Table 5 Application rates of chemical and organic N, P, K in the main citrus production provinces of China

省份 Province	OMP (%)	N			P ₂ O ₅			K ₂ O		
		化肥 Chemical	有机肥 OM	合计 Total	化肥 Chemical	有机肥 OM	合计 Total	化肥 Chemical	有机肥 OM	合计 Total
湖北 Hubei	16.6	488	16.9	505	246	12.3	258	317	8.6	326
湖南 Hunan	33.7	353	29.1	382	254	22.1	276	286	16.3	302
江西 Jiangxi	51.6	332	55.2	387	279	42.4	321	304	32.5	336
浙江 Zhejiang	39.5	421	35.2	456	360	24.8	385	365	17.6	382
福建 Fujian	51.7	850	63.2	913	642	53.1	695	683	40.2	723
广西 Guangxi	66.7	467	130.0	597	406	91.5	498	495	67.7	563
广东 Guangdong	81.4	330	82.9	413	290	53.6	344	308	32.2	340
四川 Sichuan	69.0	353	39.1	392	235	28.1	263	313	17.2	330
重庆 Chongqing	26.9	519	28.9	548	325	25.2	350	352	15.6	367
总计 Total	47.8	446	47.3	494	329	35.0	364	371	24.8	396

注 (Note): OMP—有机肥施用面积比例 Percentage of organic manure application area in total citrus plantation in each province.

异大, 其中湖北、浙江产区柑橘年平均氮磷钾用量低于全平均水平, 而产量却高于其它产区, 说明高产并不需要高肥; 52.2% 的柑橘园不施用有机肥, 有机肥氮磷钾养分仅占总施肥量的 8.53%, 我国柑橘园有机肥投入严重不足。

2.4 我国柑橘主产区不同品种柑橘氮磷钾施用量及过量面积比例

2.4.1 我国主产区不同品种柑橘氮磷钾肥施用量

我国主产区宽皮柑橘氮、磷、钾年平均施用量分别为 443、339、353 kg/hm², 总量为 1136 kg/hm²(表 6), 各产区宽皮柑橘氮、磷、钾施用量分别介于 231~712 kg/hm²、196~507 kg/hm², 212~584 kg/hm², 以福建、广西产区用量较高, 而四川产区较低; 对照推荐用量(表 4), 除四川产区氮适宜, 其余各产区宽皮柑橘氮磷钾年平均用量均过量。我国甜橙氮、磷、钾肥年平均施用量为 440、341、322 kg/hm², 总量为 1103 kg/hm², 各产区甜橙氮、磷、钾施用量分别介于 285~730 kg/hm²、228~691 kg/hm²、198~450 kg/hm²。以湖北、广西产区用量较高, 而浙江较低; 对照推荐用量(表 4), 仅江西及浙江产区氮肥用量适宜、浙江产区钾肥适宜, 所有产区磷肥均过量。我国柚类氮、磷、钾肥年平均施用量分别为 695、505 和 529 kg/hm², 总量为 1730 kg/hm², 各产区氮、磷、钾肥施用量分别介于 418~1110 kg/hm²、238~610 kg/hm²、225~936 kg/hm², 以福建最高, 而四川较低; 对照推荐量, 除四川产区氮用量、湖北产区磷用量以及江西产区钾用量适宜, 湖北产区钾用量不足, 其余各产区均施过量。

因此, 我国柑橘主产区以柚类氮磷钾施用量最高, 以宽皮柑橘氮磷钾施用量更为普遍; 整体而言, 福建、广西产区柑橘氮磷钾用量较高, 而四川产区用量较低。

2.4.2 我国主产区柑橘氮磷钾肥施用量过量面积比例

对照三类柑橘推荐施肥量, 我国主产区柑橘园氮、磷、钾肥施用量过量面积分别达 57.3%、76.6% 和 69.1%, 其施用量过量面积比例为磷 > 钾 > 氮(表 7)。全国各产区间柑橘园年均氮、磷、钾肥投入过量与不足的面积差异大, 分别有 6、8 和 7 个产区柑橘园氮、磷、钾肥施用量过量面积在 50% 以上。柑橘园氮肥施用量过量面积比例高于全国平均值的产区有福建、重庆、江西、广西, 磷肥施用量过量面积比例高于全国平均值的产区有福建、广东、浙江、广西、江西, 钾肥施用量过量面积比例高于全国平均值的产区有福建、江西、广西、广东; 福建、江西、广西产区柑橘氮、磷、钾肥施用量过量面积比例均超过全国均值, 尤其是福建产区柑橘园氮、磷、钾肥施用量过量面积比例均最大, 分别达到 85.9%、95.2% 和 93.8%, 而四川产区柑橘园氮、磷、钾肥过量面积比例分别只有 23.9%、37.1%、27.2%。综上, 全国柑橘园氮、磷、钾肥施用量过量面积比例在 57.3%~76.6%, 以磷肥施用量过量面积比例最高, 其中福建产区柑橘园氮磷钾过量面积比例最高, 均在 85% 以上, 而四川产区最低。

2.5 我国主产区柑橘氮、磷、钾肥年过量施用量

我国主产区柑橘氮、磷、钾肥年过量施用量分别达 36.2、42.5、35.5 万吨, 磷 > 氮 > 钾, 总量达

表 6 我国主产省份不同品种柑橘氮、磷、钾肥施用量 (kg/hm²)

Table 6 NPK application rates of different citrus cultivars in the main producing provinces of China

省份 Province	宽皮柑橘 Mandarin orange			甜橙 Sweet orange			柚类 Pomelo		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
湖北 Hubei	433	257	287	730	272	450	639	238	225
湖南 Hunan	327	259	254	459	301	368	—	—	—
江西 Jiangxi	439	402	406	325	228	256	537	281	376
浙江 Zhejiang	437	365	360	285	262	198	555	490	497
福建 Fujian	712	507	504	345	691	337	1110	871	936
广西 Guangxi	598	505	584	515	353	335	748	610	620
广东 Guangdong	342	296	296	351	328	303	804	596	589
四川 Sichuan	231	197	212	383	269	266	418	452	463
重庆 Chongqing	470	268	275	565	368	387	—	—	—
总计 Total	443	339	353	440	341	322	696	506	529

表 7 我国主产省份柑橘园氮、磷、钾肥施用不足、适宜和过量面积比 (%)

Table 7 The area percentage of insufficient, optimum and excessive application of N, P₂O₅ and K₂O in citrus orchards of the main producing provinces in China

省份 Province	N			P ₂ O ₅			K ₂ O		
	不足 Insufficient	适宜 Optimum	过量 Excessive	不足 Insufficient	适宜 Optimum	过量 Excessive	不足 Insufficient	适宜 Optimum	过量 Excessive
湖北 Hubei	25.2	24.4	50.4	19.4	16.5	64.1	20.5	23.1	56.4
湖南 Hunan	38.5	19.5	42.0	32.4	17.0	50.6	37.3	13.3	49.4
江西 Jiangxi	11.8	19.4	68.8	11.1	7.1	81.8	5.0	12.2	82.9
浙江 Zhejiang	24.6	25.7	49.8	10.4	5.2	84.4	16.3	28.7	54.9
福建 Fujian	3.5	10.6	85.9	1.5	3.3	95.2	1.7	4.5	93.8
广西 Guangxi	15.1	24.7	60.2	2.9	14.0	83.1	4.0	16.1	79.9
广东 Guangdong	14.6	33.9	51.5	3.4	4.5	92.1	2.2	24.4	73.4
四川 Sichuan	43.4	32.7	23.9	55.0	7.9	37.1	62.7	10.1	27.2
重庆 Chongqing	12.6	8.5	78.9	26.2	13.7	60.1	26.4	15.0	58.6
总计 Total	19.7	23.0	57.3	13.9	9.5	76.6	14.1	16.8	69.1

114 万吨纯养分 (表 8)。其中, 福建产区柑橘园氮、磷、钾肥分别过量施用 9.65、8.75、7.49 万吨, 共 25.9 万吨; 广西产区柑橘园氮、磷、钾肥分别过量 7.92、9.44、9.40 万吨, 共计 26.8 万吨, 福建、广西两产区柑橘园氮、磷、钾肥过量均占全国 20% 以上, 是施用过量最多的两个产区。江西产区柑橘园氮、磷、钾肥过量也达全国 13.3%, 湖南、广东、湖北、重庆产区占全国 8.3%~9.6%, 四川过量施用最少。因此, 我国柑橘主产区氮磷钾施用过量达 114 万吨, 以磷过量施用最多; 各产区间柑橘氮、

表 8 我国柑橘主产省份氮、磷、钾肥年过量投入量

Table 8 The excessive amount of N, P₂O₅, K₂O fertilizer in citrus orchards of the main producing provinces in China

省份 Province	过量投入量 Excessive amount(×10 ⁴ t)			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	总量 Total
湖北 Hubei	4.53	2.44	2.71	9.68
湖南 Hunan	2.93	4.41	3.68	11.00
江西 Jiangxi	3.50	6.52	5.17	15.20
浙江 Zhejiang	1.22	2.35	1.27	4.84
福建 Fujian	9.65	8.75	7.49	25.90
广西 Guangxi	7.92	9.44	9.40	26.80
广东 Guangdong	2.44	5.17	3.20	10.80
四川 Sichuan	0.00	0.35	0.10	0.45
重庆 Chongqing	4.00	3.08	2.44	9.52
总计 Total	36.20	42.50	35.50	114.00

磷、钾肥过量施用差异大, 其中福建、广西产区过量施用均占全国 20% 以上, 四川产区过量施用最少。

2.6 我国主产区柑橘氮磷钾肥减施潜力

对照宽皮柑橘、甜橙和柚类氮、磷、钾肥推荐施肥量计算各产区柑橘氮磷钾肥减施潜力。我国主产区柑橘氮、磷、钾肥减施潜力分别为 28.3%、48.2% 和 29.0%, 为磷 > 钾 > 氮 (表 9)。按柑橘种类, 宽皮柑橘氮、磷、钾肥减施潜力分别为 31.1%、54.8% 和 42.9%; 甜橙分别为 19.9%、40.8% 和 21.4%; 柚类分别为 34.0%、49.2% 和 22.5%, 以宽皮柑橘氮磷钾肥减施潜力最大, 氮以柚类而磷、钾肥以宽皮柑橘减施潜力较大。全国各产区不同柑橘种类氮磷钾肥的减施潜力差异显著, 宽皮柑橘以福建、广西产区氮磷钾肥减施潜力较高, 而以四川、湖南产区较低; 甜橙以湖北、重庆产区氮磷钾减施潜力较高, 而以江西、四川较低; 柚类则以福建产区氮磷钾减施潜力最高, 而以江西、湖北产区较低。因此, 总体而言, 全国柑橘主产区氮磷钾中以磷肥减施潜力最高, 柑橘种类中以宽皮柑橘减施潜力最大, 不同产区中以福建减施潜力最大。

3 讨论

3.1 我国柑橘单产水平

我国柑橘无论是种植面积还是总产量都快速增长, 均已居全球之首, 单产水平也随之逐年上升^[21]。但目前柑橘单产水平为 22.4~45.4 t/hm², 平均单产

表 9 我国柑橘主产省份三类柑橘氮磷钾肥减施潜力 (%)

Table 9 Reducing potential of NPK rate of the citrus in the main citrus provinces of China

省份 Province	宽皮柑橘 Mandarin Orange			甜橙 Sweet orange			柚类 Pomelo		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
湖北 Hubei	30.8	41.5	30.4	52.0	26.6	44.4	29.6	-4.8	-77.8
湖南 Hunan	8.2	42.1	21.4	23.8	33.5	32.0	—	—	—
江西 Jiangxi	31.7	62.7	50.7	-7.6	12.3	2.2	16.2	11.0	-6.4
浙江 Zhejiang	31.4	58.9	44.5	-22.6	23.6	-26.1	18.9	49.0	19.4
福建 Fujian	57.9	70.4	60.3	-1.5	71.1	25.8	59.5	71.3	57.2
广西 Guangxi	49.9	70.3	65.7	32.0	43.4	25.4	39.9	59.0	35.4
广东 Guangdong	12.3	49.2	32.4	0.3	39.0	17.4	44.0	58.1	32.1
四川 Sichuan	-30.0	23.4	5.8	8.6	25.8	6.0	-7.7	44.6	13.6
重庆 Chongqing	36.2	43.9	27.2	38.1	45.6	35.4	—	—	—
总计 Total	31.1	54.8	42.9	19.9	40.8	21.4	34.0	49.2	22.5

为 26.5 kg/hm², 产区间变异性大。土耳其、南非柑橘平均单产已超过 30 t/hm²[2], 因此我国柑橘单产水平相对偏低。

我国主产区不同柑橘种类以宽皮柑橘及甜橙单产水平居中, 柚类偏低。宽皮柑橘是我国第一主栽品种[19], 单产达 32 t/hm²。我国甜橙主要分布在湖南、江西及重庆, 平均单产约 30 t/hm², 高于世界平均水平 18 t/hm²[23], 然而与南非、阿尔巴尼亚等国的差距依然较大[2]。我国柚类大面积分布在福建、广东及浙江省等年平均温度较高的产区, 平均单产水平较低, 仅 28728 kg/hm², 尤其是福建柚类产区氮磷钾肥过量施用严重, 既造成了化肥利用率低和环境危害等问题[2], 也诱发了树体营养失调或缺素症并最终导致柑橘单产水平下降。综上所述, 我国柑橘主产区单产水平并不高, 尤其是柚类单产较低; 然而柑橘单产水平与氮磷钾施用量并不一致, 高量施肥并未导致柑橘高产, 反而导致产量下降。

3.2 我国柑橘氮磷钾肥施用量及其减施潜力

柑橘园管理严重依赖肥料的大量施用来获取高产[24-27]。湖北产区宽皮柑橘单产水平最高, 福建产区单产水平不及湖北而其氮磷钾肥施用量却远高于湖北, 柑橘园肥料增产能力和利用率随着化肥施用量的持续增加却在不断下降[22], 因此高量或是过量的肥料施用并不能获得高产。我国柑橘氮、磷、钾年平均用量分别为 382~913、258~695 和 302~723 kg/hm², 均值为 494、364 和 396 kg/hm², 其比例为 1 : 0.74 : 0.80, 合计纯养分 1254 kg/hm²; 柑橘园氮、磷、钾过量面积分别达 57.3%、76.6% 和

69.1%, 过量施用氮、磷、钾分别达 36.2、42.5、35.5 万吨, 共 114 万吨纯养分, 柑橘氮、磷、钾肥减施潜力分别达 28.3%、48.2% 和 29.0%, 其中以福建产区化肥用量高、过量多和面积大, 减施潜力最大。代文才等[12]报道重庆奉节县柑橘氮磷钾用量分别为 678 kg/hm²、450 kg/hm² 和 571 kg/hm², 比例为 1 : 0.66 : 0.84。谭飞[17]调查认为湖北宜昌市窑湾乡柑橘氮肥过量而磷、钾不足, 加上配比失调和有机肥施用少, 造成柑橘粗皮大果、味酸不甜、产量和品质下降。国外柑橘推荐氮磷钾用量仅分别为 150~250、100~150 和 150~200 kg/hm²[5,28], 且柑橘平均单产高于我国。我国仅浙江和湖北两产区柑橘平均单产水平较高, 而其它产区柑橘产量普遍较低。按照“以产定肥”来讲, 我国柑橘过量施肥尤为严重, 尤其是福建产区, 过量施肥比较普遍, 氮磷钾比例不合理尤其是磷过量, 导致肥料利用率低[29-30], 加剧养分流失, 诱发环境污染特别是地下水污染。减施化肥成为环境治理的必然选择。

位高生等[8]的田间试验结果表明, 福建省平和县琯溪蜜柚现有氮磷用量分别减去 60% 和 70% 并未导致减产, 且以氮、磷分别减量 30% 和 35% 处理的琯溪蜜柚果实产量及品质最佳。说明, 本文提出我国柑橘氮、磷、钾平均减施潜力依次为 28.3%、48.2% 和 29.0%, 是可行的。

4 结论

1) 我国柑橘平均单产为 26480 kg/hm², 属于偏低水平。三大类柑橘平均单产差异不大, 但各主产区

间柑橘平均单产水平差异显著, 两极分化现象严重, 浙江省和湖北省柑橘单产较高, 四川、江西省柑橘平均单产水平较低, 增产空间较大。

2) 综合国内外文献数据, 提出柑橘推荐氮磷钾施用量 (N、P₂O₅、K₂O, kg/hm²), 宽皮柑橘类 200~300、100~150、100~200, 甜橙类 250~350、150~200、150~250, 柚类 350~450、200~250、300~400。

3) 我国柑橘氮、磷、钾肥年均用量分别为 494、364 和 396 kg/hm², 比例为 1 : 0.74 : 0.80, 合计纯养分量为 1255 kg/hm²。仅 47.84% 柑橘园施用有机肥, 年均有机氮、磷、钾养分分别占总量的 9.58%、9.61% 和 6.24%, 有机肥投入严重不足。

4) 我国柑橘园氮、磷、钾施用过量面积分别占 57.3%、76.6% 和 69.1%, 过量施用量分别为 36.1 万吨、42.2 万吨和 35.4 万吨, 平均减施潜力分别为 28.3%、48.2% 和 29.0%, 以磷过量比例最高、减施量和减施潜力最大; 以福建产区 and 柚类减施潜力最大。

参 考 文 献:

- [1] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2016.
National Bureau of Statistics of the People's Republic of China. China statistic yearly book[M]. Beijing: China Statistics Press, 2016.
- [2] FAO. Statistics[EB/OL]. <http://www.fao.org>. 2017.
- [3] 李松伟. 三峡库区丘陵柑橘园土壤营养状况与变量施肥技术研究[D]. 重庆: 西南大学硕士学位论文, 2013.
Li S W. Study on the nutrition status and variable rate fertilizer practice to the hill orchards in the three gorge area[D]. Chongqing: MS Thesis of Southwest University, 2013.
- [4] 蔡跃台. 氮磷钾不同配方施肥对柑桔产量及品质的影响[J]. *北方园艺*, 2007, (8): 25-27.
Cai Y T. Effects of different nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers on yield and quality of citrus[J]. *Northern Horticulture*, 2007, (8): 25-27.
- [5] Alva A K, Paramasivam S, Obreza T A, Schumann A W. Nitrogen best management practice for citrus trees[J]. *Scientia Horticulturae*, 2006, 107(3): 233-244.
- [6] Torkashvand A M, Rahpeik M E, Hashemabadi D, Sajjadi S A. Determining an appropriate fertilization planning to increase qualitative and quantitative characteristics of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* L.) in Astaneh Ashrafieh, Gilan, Iran[J]. *Air, Soil and Water Research*, 2016, (9): 69-76.
- [7] 邓丰清. 果农在柑橘管理中存在的问题及措施[J]. *农技服务*, 2011, 28(12): 1761-1762.
Deng F Q. Problems and measures in the management of citrus fruit[J]. *Agricultural Technical Services*, 2011, 28(12): 1761-1762.
- [8] 位高生, 胡承孝, 谭碧玲, 等. 氮磷减量施肥对琯溪蜜柚果实产量和品质的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2018, 24(2): 471-478.
Wei G S, Hu C X, Tan Q L, *et al.* The effect of nitrogen and phosphorus fertilizer reduction on yield and quality of Guanxi pomelo[J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizers*, 2018, 24(2): 471-478.
- [9] 中华人民共和国农业部. 到2020年化肥使用量零增长行动方案[EB/OL]. (2015-03-18)[2018-01-21]. http://jiuban.moa.gov.cn/zwlml/tzgg/tz/201503/t20150318_4444765.htm.
Ministry of Agriculture of People Republic of China. Zero growth action plan for fertilizer use by 2020[EB/OL]. (2015-03-18)[2018-01-21]. http://jiuban.moa.gov.cn/zwlml/tzgg/tz/201503/t20150318_4444765.htm.
- [10] 沈兆敏. 我国柑橘十二五生产现状和十三五生产发展趋势及对策[J]. *科学种养*, 2016, (12): 5-8.
Shen Z M. The present situation of citrus production in China during the 12th five-year plan and the development trend and countermeasures during the 13th five-year plan[J]. *Scientific Farming*, 2016, (12): 5-8.
- [11] 唐立友, 周学军. 太湖县柑橘施肥现状分析评价[J]. *安徽农学通报*, 2014, 20(11): 53-54.
Tang L Y, Zhou X J. Evaluation and analysis of citrus fertilization in Taihu County[J]. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 2014, 20(11): 53-54.
- [12] 代文才, 周鑫斌, 黄兴成. 重庆市奉节县柑橘施肥现状调查与评价[J]. *贵州农业科学*, 2014, 42(8): 175-178.
Dai W C, Zhou X B, Huang X C. Current status investigation and evaluation on citrus fertilization in Fengjie County of Chongqing[J]. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2014, 42(8): 175-178.
- [13] 罗小娟, 冯淑怡, 石晓平, 等. 太湖流域农户环境友好型技术采纳行为及其环境和经济效应评价—以测土配方施肥技术为例[J]. *自然资源学报*, 2013, 28(11): 1891-1902.
Luo X J, Feng S Y, Shi X P, *et al.* Environmental friendly technology adoption behavior of farmers in Taihu basin and its environmental and economic effects—A case study of soil testing and fertilizer recommendations technology[J]. *Journal of Natural Resources*, 2013, 28(11): 1891-1902.
- [14] 向静, 周玉枝, 向琳, 等. 秭归县柑桔测土配方施肥应用效果浅析[J]. *现代园艺*, 2013, (21): 8-9.
Xiang J, Zhou Y Z, Xiang L, *et al.* Analysis of the application effect of soil testing and fertilizer recommendation for citrus in Zigui[J]. *Modern Horticulture*, 2013, (21): 8-9.
- [15] 褚彩虹, 冯淑怡, 张蔚文. 农户采用环境友好型农业技术行为的实证分析—以有机肥与测土配方施肥技术为例[J]. *中国农村经济*, 2012, (3): 68-77.
Chu C H, Feng S Y, Zhang W W. An empirical analysis of farmers' adoption of environment-friendly agricultural technology—A case study of organic fertilizer and soil testing and fertilizer recommendations technology[J]. *Chinese Rural Economy*, 2012, (3): 68-77.
- [16] 楚书强, 张华珍. 测土配方施肥普及过程中农户层面存在的问题以及改进建议[J]. *北京农业*, 2011, (12): 83-84.
Chu S Q, Zhang H Z. Fertilization process of universal problems and household level, suggestions for improvement[J]. *Beijing Agriculture*, 2011, (12): 83-84.
- [17] 谭飞. 宜昌市窑湾乡柑橘园施肥现状调查分析[J]. *现代商贸工业*,

- 2011, 23(5): 271.
- Tan F. Investigation and analysis of fertilization in citrus orchard in Yaowan country of Yichang[J]. *Modern Business Trade Industry*, 2011, 23(5): 271.
- [18] 葛建军, 何文选. 柑桔测土配方施肥技术指标体系研究与应用[J]. *邵阳学院学报(自然科学版)*, 2008, (2): 90-93.
- Ge J J, He W X. Research and applications of fertilizer formula on soil-detective index system on oranges planting[J]. *Journal of Shaoyang University (Science and Technology)*, 2008, (2): 90-93.
- [19] 安亚杰. 我国柑橘主要分布区域[J]. *营销界(农资与市场)*, 2016, (16): 51-59.
- An Y J. The major distribution areas of citrus in China[J]. *Marketing (Agricultural and Marketing)*, 2016, (16): 51-59.
- [20] 何平安, 李荣. 中国有机肥料养分志[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.
- He P A, Li R. Records of nutrients in organic fertilizer in China[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1999.
- [21] 沈兆敏. 我国柑橘业在世界柑橘业中的优势和差距[J]. *果农之友*, 2015, (7): 3-5.
- Shen Z M. The advantages and gaps of Chinese citrus industry in the world citrus industry[J]. *Fruit Growers' Friend*, 2015, (7): 3-5.
- [22] 巩前文. 农用化肥使用效率与农户施肥行为研究[D]. 武汉: 华中农业大学博士学位论文, 2007.
- Gong Q W. A study on efficiency in the use of agricultural fertilizers and farmers behavior of fertilization based on Hubei province[D]. Wuhan: PhD Dissertation of Huazhong Agricultural University, 2007.
- [23] 沈兆敏. 世界柑橘生产的变化及对我国柑橘发展的启示[J]. *果农之友*, 2018, (9): 1-4.
- Shen Z M. Changes of citrus production in the world and its enlightenment to the development of citrus in China[J]. *Fruit Growers' Friend*, 2018, (9): 1-4.
- [24] 肖阳. 农业绿色发展背景下我国化肥减量增效研究[D]. 北京: 中国农业科学院博士学位论文, 2018.
- Xiao Y. Reduction and efficiency of chemical fertilizer under the background of agricultural green development in China: an empirical study of Hennan Province[D]. Beijing: PhD Dissertation of Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2018.
- [25] 鲁剑巍. 湖北省柑橘园土壤-植物养分状况与柑橘平衡施肥技术研究[D]. 武汉: 华中农业大学博士学位论文, 2003.
- Lu J W. Study on soil and plant nutrition status and balanced fertilization techniques of the citrus orchards in Hubei[D]. Wuhan: PhD Dissertation of Huazhong Agricultural University, 2003.
- [26] 鲁剑巍, 陈防, 余常兵, 等. 湖北省柑桔施肥概况调查[J]. *湖北农业科学*, 2003, (2): 50-53.
- Lu J W, Chen F, Yu C B, *et al.* Investigation of fertilization on citrus in Hubei Province[J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2003, (2): 50-53.
- [27] 苏少康. 不同施肥处理对两种脐橙产量、品质及养分利用效率的影响[D]. 武汉: 华中农业大学硕士学位论文, 2015.
- Su S K. Effects of different fertilizer treatments on yield, quality and nutrient efficiency of two cultivars of navel orange[D]. Wuhan: MS Thesis of Huazhong Agricultural University, 2015.
- [28] Ashkevari A S, Hoseinzadeh S H, Miransari M. Effects of different nitrogen, phosphorus, potassium rates on the quality and quantity of citrus plants, variety Thomson novel under rained and irrigated conditions[J]. *Journal of Plant Nutrition*, 2013, 36(9): 1412-1423.
- [29] 林晓兰, 谢南松, 林智明, 等. 漳州市果园剖面土壤氮磷有效性研究[J]. *中国农学通报*, 2013, 29(35): 234-240.
- Lin X L, Xie N S, Lin Z M, *et al.* Study on the nitrogen and phosphorus efficiency of orchards soil profile in Zhangzhou[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2013, 29(35): 234-240.
- [30] 黄绿林, 周建兴. 琯溪蜜柚施肥建议[J]. *东南园艺*, 2014, 2(5): 78-80.
- Huang L L, Zhou J X. Suggestion on fertilization of 'guanximiyou' pomelo[J]. *Southeast Horticulture*, 2014, 2(5): 78-80.