

陈梦昕, 蒋正品, 李永平, 等. 新平县冰糖橙果园氮磷钾投入现状及推荐施用量初步研究[J]. 华中农业大学学报, 2023, 42(6): 96-105.
DOI: 10.13300/j.cnki.hnlkxb.2023.06.013

新平县冰糖橙果园氮磷钾投入现状 及推荐施用量初步研究

陈梦昕^{1,2}, 蒋正品², 李永平³, 李有荣⁴,
张朝春¹, 张跃强⁵, 胡承孝⁶, 董治浩^{1,2}

1. 中国农业大学资源与环境学院, 北京 100000; 2. 云南褚氏农业有限公司, 昆明 650000;
3. 云南省绿色食品发展中心, 昆明 650000; 4. 云南省玉溪市新平县者竜乡农业农村综合服务中心, 玉溪 653400;
5. 西南大学资源与环境学院, 重庆 400715; 6. 华中农业大学资源与环境学院, 武汉 430070

摘要 为明确新平县果园氮磷钾投入现状, 对新平县70个冰糖橙果园采用实地走访调研与土壤/果实样品采集分析相结合的方法, 调查县域不同冰糖橙果园施肥情况、土壤养分利用状况、果实养分携出状况, 并根据产量进行果园推荐施肥量研究。结果表明, 新平县果园全年施肥2~4次, 以施肥3次为主, 主要集中在2—3月、5月和12月, 全县氮(N)、磷(P₂O₅)、钾(K₂O)平均投入量分别为444.43、407.07、507.35 kg/hm², 投入比为1:0.92:1.14。土壤pH值和有机质平均含量分别为6.08、17.97 g/kg, 整体处于适宜水平; 果园碱解氮平均含量为74.43 mg/kg, 整体处于缺乏水平, 78.26%的果园碱解氮含量较低; 果园有效磷和速效钾平均含量分别为91.57、245.05 mg/kg, 整体处于高量水平, 超50%的果园土壤有效磷/钾含量过高。新平县冰糖橙果园氮磷钾减施潜力分别为8.53%~70.31%、56.95%~87.35%和33.64%~78.69%。根据果园养分携出与养分利用效率, 新平县不同产能冰糖橙果园氮磷钾养分推荐用量分别为82.39~386.80、33.89~163.59和69.20~299.25 kg/hm²。以上结果表明, 新平县冰糖橙果园肥料投入量较大, 引起土壤营养盈余, 应针对不同产能的果园进行针对性施肥, 增加有机肥投入, 优化肥料施用结构。

关键词 新平县; 冰糖橙; 肥料投入; 推荐用肥; 养分携出; 养分利用效率

中图分类号 S666; S147 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2023)06-0096-10

新平彝族傣族自治县简称新平县, 位于云南省玉溪市, 凭借优越的光、温、水资源成为云南省柑橘种植第一大县, 在我国柑橘优势区域划分中属于特色柑橘生产基地^[1]。至2022年, 新平县柑橘种植面积超1万hm², 种植品种有冰糖橙、沃柑、茂谷柑、椪柑、温州蜜柑、砂糖橘等, 其中冰糖橙占比面积超55%, 是新平县柑橘主栽品种。近年来新平地区冰糖橙出现果实风味下滑、果实裂果等问题, 限制了整个产业的持续和健康发展。柑橘果实品质的影响因素众多, 其中施肥是提高果实产量、改善果实品质的主要方式, 大量元素和微量元素不足、过量或者失衡均会影响果实品质的形成^[2-3]。

柑橘作为多年生木本植物, 花、果、梢、根的生长需要消耗大量的矿质营养, 长期消耗土壤营养, 易导致土壤营养失衡。施肥是补充土壤营养和树体营养的主要方式, 然而由于果农过于追求高产量, 果园的肥料投入普遍存在过量的问题, 不合理的施肥最终影响柑橘产量和果实品质^[4-7]。适量的氮磷钾施用不仅有利于柑橘产量的增加, 还可促进果实糖、酸等风味物质积累, 提升果园的整体商品价值^[3,5]。目前新平县果园施肥存在盲目性、经验性等问题, 营养管理技术落后于产业发展速度, 造成了县域果园产量不一, 品质差异大的现状^[8]。周先艳等^[9]、张绩等^[10]、寸待泽等^[11]、李有芳等^[12]对新平地区冰糖橙

收稿日期: 2023-06-19

基金项目: 云南省张福锁院士工作站科技人才与平台计划(202305AF150055)

陈梦昕, E-mail: mercicy@163.com

通信作者: 董治浩, E-mail: dzh2018303010025@163.com

果园土壤、叶片、果实营养现状进行了详细的调研与分析,明确了冰糖橙果园土壤和树体营养变化对果实产量和品质的影响。但目前关于新平全县大范围冰糖橙果园施肥现状的调研及其对土壤养分、肥料利用效率、果实产量影响的系统性分析较少,且县域产业缺少针对本地冰糖橙的科学施肥指导。因此,本研究调研了新平县70个冰糖橙果园(总面积约0.2万 hm^2)施肥、土壤肥力和果实营养现状,系统分析了县域施肥现状对果园产量的影响,并基于“以果定肥”确定了不同产能冰糖橙果园的合理施肥量,以期为新平县县域冰糖橙产业高效、绿色、生态发展提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 样品采集与处理

本研究于2022年10月在云南省玉溪市新平县的水塘镇、戛洒镇、漠沙镇、平甸乡和扬武镇5个冰糖橙主产乡(镇)开展问卷调研与土壤样品采集工作,5个乡镇(镇)分别选取10、21、25、7和7户果园开展问卷调研,调研内容包括果园近3a产量、果园施肥情况(施肥次数、施肥时期、肥料种类以及肥料用量),并采集果园0~30cm土层土壤和果实样品。

土壤采集方式为:(1)按照不同规模果园进行采样,<6.67 hm^2 果园采集1个混合样,6.67~66.7 hm^2 果园采集3个混合样,>66.7 hm^2 果园采集5个混合样;(2)“S”形选取6~8棵树,采集0~30cm土层土壤制备一个混合样;(3)所采点位均为果园健康成年挂果树,大小冠幅以及树势相近;(4)土壤样品采集避开施肥区域,每棵树对角采集2个点位,通过四分法对土壤样品进行筛分,保留1kg左右样品,于实验室阴凉处自然风干,碾碎过筛后测定土壤pH值、有机质、碱解氮、有效磷、速效钾。

果实样品采集方式与土壤采集植株保持一致,于果树东南西北4个方位分别采集2个果实,用于果实氮磷钾含量的测定。

1.2 测定项目与方法

土壤养分含量与果实养分含量测定方法参考土壤农化分析^[13]。土壤有机质采用重铬酸钾外加热法测定,土壤碱解氮采用扩散法测定,土壤有效磷采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法测定,土壤速效钾采用乙酸铵浸提-火焰光度计法测定。果实氮磷钾采用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 进行消煮,全氮含量采用凯氏定氮法测

定,全磷含量采用钼锑抗比色法测定,全钾含量采用火焰光度计法测定。

1.3 柑橘园土壤pH值、有机质以及速效氮磷钾丰缺标准

柑橘园土壤pH值分级标准为:强酸性(<4.5)、酸性[4.5~5.5)、弱酸性[5.5~6.5)、中性[6.5~7.5)、碱性[7.5~8.5)、强碱性(>8.5);土壤有机质分级标准(单位 g/kg)为:极低(<5)、低[5~10)、偏低[10~15)、适宜[15~30)、丰富(>30);土壤有效养分丰缺标准^[14-15]如表1所示。

表1 果园土壤速效氮磷钾丰缺标准

氮磷钾含量 Content of N, P and K	极缺 Extreme deficiency	缺乏 Deficiency	适宜 Optimum	高量 High
碱解氮 Avail-N	<50	[50~100)	[100~200]	>200
有效磷 Avail-P	<5	[5~15)	[15~80]	>80
速效钾 Avail-K	<50	[50~100)	[100~200]	>200

1.4 产量与果园氮磷钾投入、土壤有效养分的边界线分析

采用边界线分析法^[16]分析新平县冰糖橙果园产量与氮磷钾养分投入、土壤有效养分含量之间的关系,探究果园施肥量以及土壤营养状况对果园产量的影响。相关分析过程参考Webb^[16]、Shatar等^[17]研究方法。

1.5 果园氮磷钾养分推荐用量与果园氮磷钾减施潜力计算

果园氮磷钾养分推荐用量计算参考刘小曼等^[18]和黄鸿^[19]的研究,主要采用以下公式进行计算:

推荐施肥量=(鲜果养分携出量/果实养分分配系数-土壤供给)/肥料利用率,其中,磷钾含量需进行系数转换,将P、K转化为 P_2O_5 和 K_2O ;

每吨鲜果养分携出量=果实养分含量 \times (1-果实含水量) \times 1000;

肥料偏生产力(PFP)=作物产量/肥料纯养分投入量;

肥料(N、 P_2O_5 或 K_2O)减施潜力=(农户施用量-合理施肥量上限)/农户施用量 \times 100%。

1.6 数据处理

采用Microsoft Excel 2017进行数据处理,分析后采用Origin 2019进行相关图形制作,R语言进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 新平县冰糖橙果园施肥次数与月份分布特征

新平县冰糖橙果园全年施肥次数如图1A所示,全县果园全年施肥次数以2~4次为主,其中全年施肥3次的果园占比50%,全年施肥2次和4次的果园分别占比30%和20%。全县果园施肥时期主要集中在上半年(图1B),其中近80%的果园在冬季(12月)与春季(2~3月)完成施肥。

2.2 新平县冰糖橙果园氮磷钾投入现状与投入比例

为明确县域冰糖橙果园氮磷钾养分投入现状,

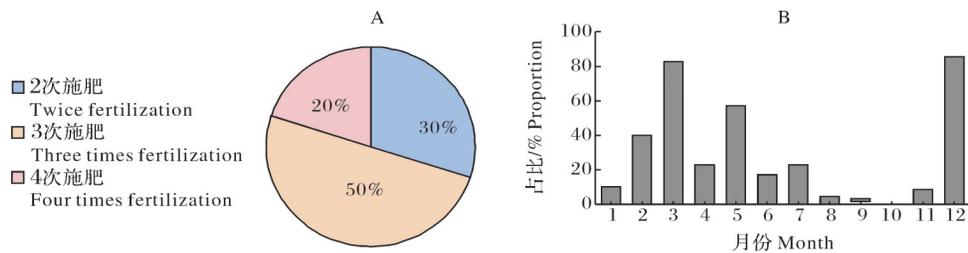


图1 新平县冰糖橙果园施肥次数(A)与月份(B)分布特征

Fig.1 Distribution characteristics of times (A) and months (B) of fertilization of Bingtang orange orchards in Xinping

表2 新平县冰糖橙果园氮磷钾投入现状与投入比例

Table 2 N, P and K fertilizer application and proportion in Bingtang orange orchards in Xinping

肥料类型 Fertilizer	氮 N		磷 P ₂ O ₅		钾 K ₂ O		氮磷钾 投入比例 Input ratios
	投入量/(kg/hm ²) Input	占比/% Proportion	投入量/(kg/hm ²) Input	占比/% Proportion	投入量/(kg/hm ²) Input	占比/% Proportion	
无机肥投入 Chemical fertilizer	302.03±21.08	67.96	341.32±10.01	83.85	405.35±11.23	79.90	1:1.13:1.34
有机肥投入 Organic fertilizer	142.42±18.82	32.04	65.76±16.80	16.15	102.00±22.99	20.10	1:0.46:0.72
总投入 Total fertilizer	444.43±26.57	100	407.07±19.80	100	507.35±30.22	100	1:0.92:1.14

2.3 新平县冰糖橙果园每吨果实养分携出量

新平县冰糖橙果园果实养分含量如图2A所示,干质量状态下果实氮含量为9.40~22.30 g/kg,平均含量为15.43 g/kg,变异系数19.20%;果实磷含量为0.75~2.90 g/kg,平均含量为1.63 g/kg,变异系数27.42%,果实钾含量为7.20~22.30 g/kg,平均含量为15.60 g/kg,变异系数29.49%。每吨果实养分携出量如图2B所示,每吨果实携带走的氮为1.63~4.12 kg,平均携出量为2.55 kg,变异系数25.75%;磷为0.30~1.02 kg,平均携出量为0.63 kg,变异系数34.00%,钾为1.47~4.71 kg,平均携出量为2.96 kg,变异系数24.54%。

对新平县冰糖橙果园施肥情况进行调研,结果如表2所示,新平县果园氮磷钾投入量分别为444.43、407.07、507.35 kg/hm²,其中有机肥的氮磷钾投入分别为142.42、65.76、102.00 kg/hm²,分别占果园总投入量的32.04%、16.15%和20.10%;果园无机肥氮磷钾投入量分别为302.03、341.32、405.35 kg/hm²,分别占果园总投入量的67.96%、83.85%和79.90%。新平县冰糖橙果园氮磷钾养分投入比为1:0.92:1.14,其中无机肥投入的氮磷钾比为1:1.13:1.34,有机肥投入的氮磷钾比为1:0.46:0.72。结果表明,新平县冰糖橙果园养分投入以无机肥形式投入为主,有机肥养分投入量占比较低。

2.4 新平县冰糖橙果园氮磷钾肥料偏生产力

肥料偏生产力(PFP)为某一特定肥料施用下作物产量与施肥量的比值,可在一定程度上衡量肥料的利用效率。新平县冰糖橙果园氮磷钾肥料偏生产力状况如图3所示,果园氮肥偏生产力在6.99~219.04 kg/kg,平均为67.32 kg/kg,磷肥偏生产力在10.85~182.87 kg/kg,平均为69.08 kg/kg,钾肥偏生产力在6.99~160.53 kg/kg,平均为57.55 kg/kg。结果表明,新平县部分果园仍存在肥料利用率较低的情况。

2.5 新平县冰糖橙果园土壤有机质、pH值、速效氮磷钾含量丰缺情况

对新平县70个冰糖橙果园共166份土壤样品相

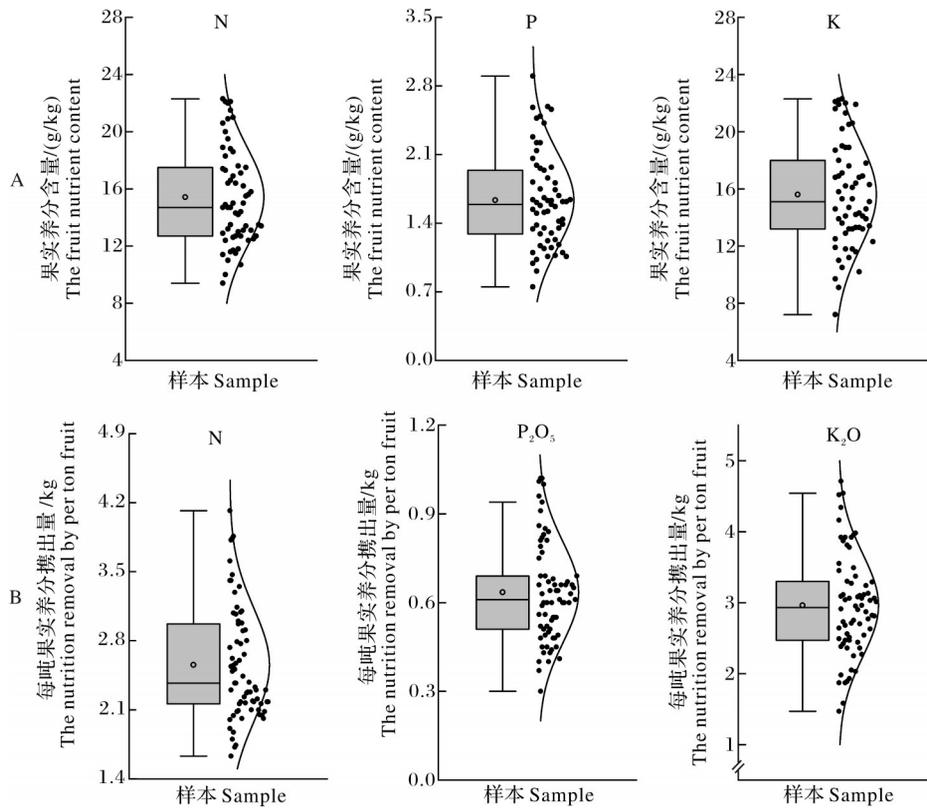


图2 冰糖橙果实养分含量(A)与每吨果实养分携出量(B)

Fig.2 The fruit nutrients contents (A) and nutrition removal by per ton fruit (B) in Bingtang orange orchards

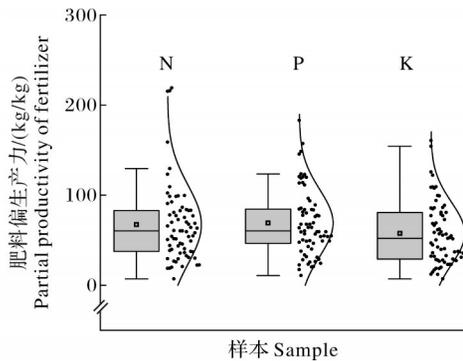


图3 新平县冰糖橙果园肥料偏生产力

Fig.3 The partial productivity of fertilizer in Bingtang orange orchards of Xinping

关理化性状进行测定,并按照柑橘园养分分级标准进行分析,结果如图4所示,果园土壤pH值变化范围为4.53~8.44,平均值为6.08,以弱酸性与中性为主。果园土壤有机质含量变化范围为5.5~45.7 g/kg,平均值为17.97 g/kg,以适宜和丰富水平为主。果园土壤碱解氮变化范围为33.15~149.00 mg/kg,平均值为74.43 mg/kg,整体处于缺乏水平,其中极缺、缺乏和适宜水平的果园占比分别为10.56%、78.26%和11.18%。果园土壤有效磷变化范围为15.47~236.98 mg/kg,平均值为91.57 mg/kg,整体处于高量

水平,其中缺乏、适宜与高量的果园占比分别为1.25%、43.75%和55.00%。果园土壤速效钾变化范围为51.34~665.40 mg/kg,平均值为245.05 mg/kg,整体处于高量水平,其中缺乏、适宜与高量的果园占比分别为4.38%、33.13%和62.50%。结果表明,新平县冰糖橙果园土壤pH值与有机质含量处于适宜柑橘生长的水平,大部分果园土壤碱解氮含量较低,而土壤有效磷和速效钾处于高量状态。

2.6 新平县冰糖橙果园氮磷钾投入与土壤养分、肥料偏生产力相关性分析

肥料的投入影响了土壤养分以及肥料的利用率,进一步分析新平县冰糖橙果园氮磷钾投入与土壤速效养分、肥料偏生产力之间的关系,结果如图5所示。在养分投入方面,果园氮、磷、钾投入量之间存在显著的正相关关系,主要与本地施用15-15-15平衡型复合肥有关。果园氮投入含量与土壤碱解氮含量呈现显著正相关关系,而与果园的氮肥偏生产力呈现显著负相关关系;土壤速效磷含量与磷素投入呈显著正相关关系,而磷肥偏生产力与果园磷投入呈显著负相关关系;与氮、磷元素相似,果园钾肥的偏生产力与果园钾投入呈显著负相关关系。

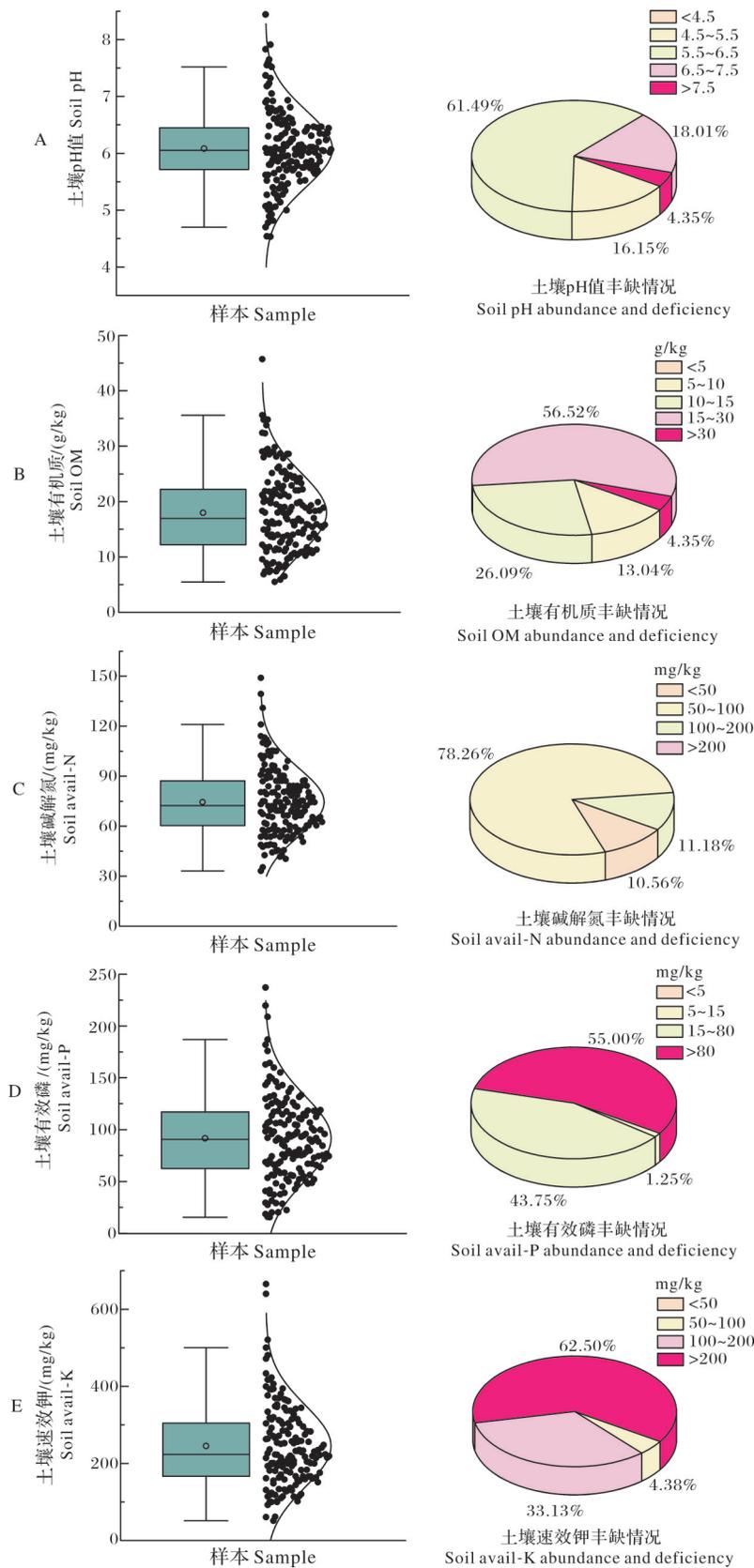
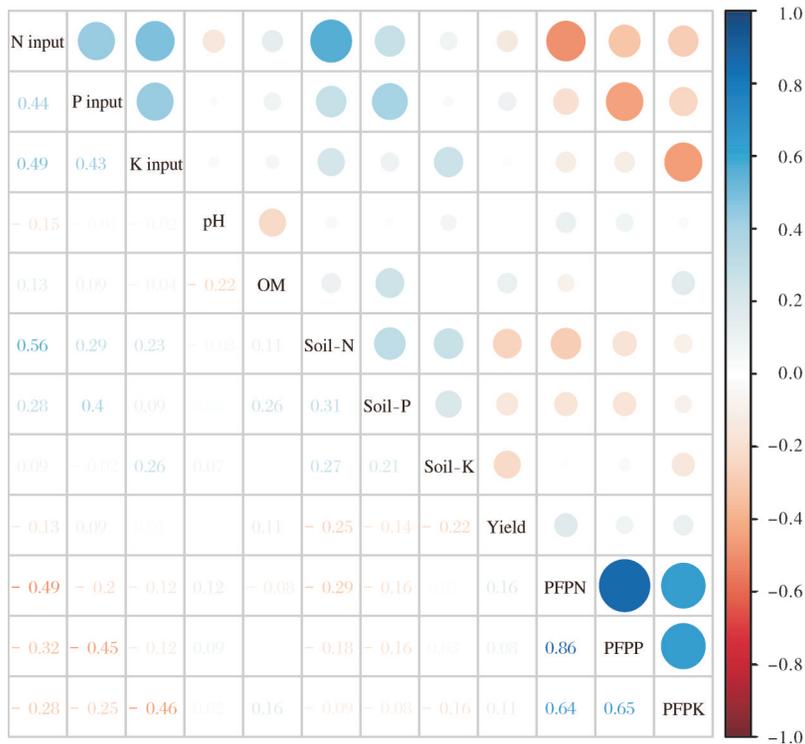


图4 新平县冰糖橙果园土壤pH值(A)、有机质(B)、速效氮磷钾养分(C-E)现状

Fig.4 Soil pH(A), organic matter(B), available-N(C), available-P(D), and available-K(E) in Bingtang orange orchards of Xinping



PFPN: 氮肥偏生产力 Fertilizer partial productivity of N; PFPP: 磷肥偏生产力 Fertilizer partial productivity of P; PFPK: 钾肥偏生产力 Fertilizer partial productivity of K.

图 5 新平县冰糖橙果园氮磷钾投入与土壤养分、肥料偏生产力相关性分析

Fig.5 The correlation analysis of N, P and K input with soil nutrition and fertilizer partial productivity of the Bingtang orange orchards in Xiping

2.7 新平县冰糖橙果园产量与土壤养分含量、养分投入量边界线分析

采用边界线进一步分析果园氮磷钾养分投入、土壤养分、肥料利用效率对果园产量的影响,结果如图 6 所示,新平冰糖橙果园氮、磷、钾肥料投入量与果树产量的边界值均呈现先增加后降低的抛物线关系,线性拟合度分别为 0.296 1、0.297 0 和 0.382 3,相关性较弱。果园土壤 pH 值、有机质含量、碱解氮含量、有效磷含量与速效钾含量与产量的边界值均呈现先增加后降低的抛物线关系,线性拟合度分别为 0.788 0、0.686 0、0.497 9、0.660 9 与 0.571 6,存在一定的相关性,表明果园土壤养分状况对产量产生一定影响。当果园达到最高产时,果园土壤 pH 值、有机质含量、碱解氮含量、有效磷含量与速效钾含量分别为 6.25、19.25 g/kg、77.9 mg/kg、62.62 mg/kg 和 181.00 mg/kg,养分过低或过高均不利于果园产量的提高。

2.8 新平县冰糖橙不同产量果园的合理氮磷钾投入量分析

综合对新平县冰糖橙果园的田间生产力,将果园分为低产、中产、高产 3 个类别,产量区间分别为 ≤ 30 t/hm²、30~60 t/hm² 和 ≥ 60 t/hm²。根据果实的养分携出量、土壤供肥能力以及树体的营养状况,得到不同产量下果园养分的理论施肥量(表 3)。对于果园氮投入而言,低产果园推荐纯养分投入量为 82.39~137.33 kg/hm²,中产果园推荐纯养分投入量为 153.90~256.51 kg/hm²,高产果园推荐纯养分投入量为 232.13~386.89 kg/hm²。对于果园磷(P₂O₅)投入而言,低产果园推荐纯养分投入量为 33.89~53.47 kg/hm²,中产果园推荐纯养分投入量为 63.78~100.62 kg/hm²,高产果园推荐纯养分投入量为 103.68~163.59 kg/hm²。对于果园钾(K₂O)投入而言,低产果园推荐纯养分投入量为 69.20~99.64 kg/hm²,中产果园推荐纯养分投入量为 122.50~176.40 kg/hm²,高产果园推荐纯养分投入量为 207.81~299.25 kg/hm²。新平县冰糖橙果园整体产量处于中产水平,而果园平均氮磷钾投入量分别为

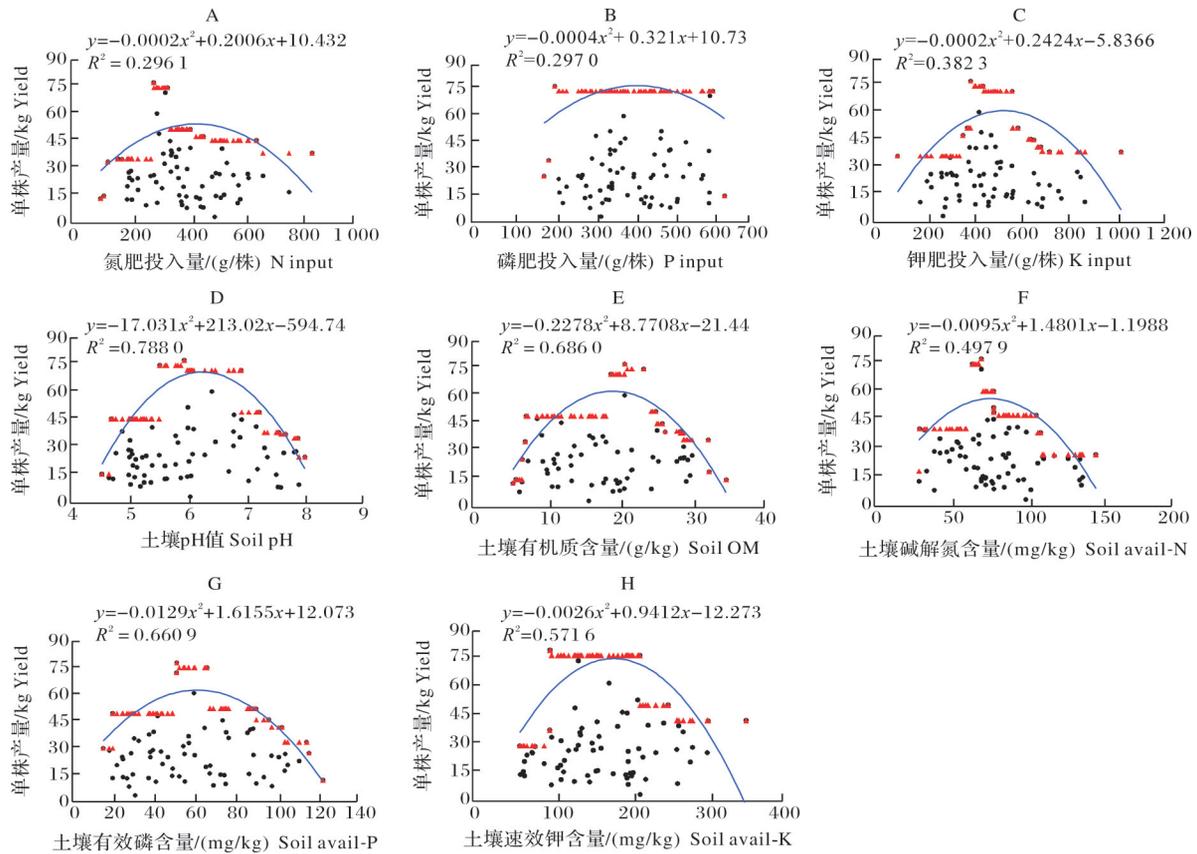


图6 新平县冰糖橙果园产量与氮磷钾投入量(A—C)、土壤pH(D)和土壤养分(E—H)边界线分析

Fig.6 The boundary line analysis of yield with N,P and K input (A-C), soil pH (D) and soil nutrition (E-H) of the Bingtang orange orchards in Xinping

表3 新平县冰糖橙果园氮、磷、钾推荐用量与减施潜力

Table 3 Recommended dosage and reduction potential of N, P and K in Bingtang orange orchards in Xinping

产量水平/ (t/hm ²) Yield	养分推荐用量/(kg/hm ²) Recommended amount of nutrients			减施潜力/% Reduction potential		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
≤30	82.39~137.33	33.89~53.47	69.20~99.64	70.31±1.93	87.35±1.00	78.69±1.83
30~60	153.90~256.51	63.78~100.62	122.50~176.40	35.91±8.14	73.48±2.56	58.82±11.66
≥60	232.13~386.89	103.68~163.59	207.81~299.25	8.53±9.58	56.95±5.46	33.64±7.67

444.43、407.07、507.35 kg/hm²,显著高于推荐用量,新平县果园氮磷钾投入具有较高的减施潜力。对于低产果园而言,果园氮、磷(P₂O₅)和钾(K₂O)减施潜力分别为70.31%、87.35%和78.69%;中产果园氮、磷(P₂O₅)和钾(K₂O)减施潜力分别为35.91%、73.48%和58.82%;高产果园氮、磷(P₂O₅)和钾(K₂O)减施潜力分别为8.53%、56.95%和33.64%。

3 讨论

3.1 新平县冰糖橙果园施肥现状及其对产量的影响

新平县冰糖橙产业发展迅速,已经成为当地的

富民行业,但种植技术与产业发展速度不匹配也带来了一些生产问题。从调研结果可以看出,新平县冰糖橙果园氮磷钾投入量较大,存在一定的优化空间,全县果园氮磷钾投入量分别为444.43、407.07、507.35 kg/hm²,整体养分投入量较大,其中果园无机肥氮磷钾投入分别占果园总投入的67.96%、83.85%和79.90%,果园肥料投入以化学肥料投入为主(表2)。据评估,我国甜橙主产区的果园氮磷钾平均投入分别为440、341、332 kg/hm²[4],而全国甜橙类柑橘的科学推荐用量为176.94~235.92 kg/hm²(产量<30 t/hm²)、202.22~314.56 kg/hm²(产量30~60 t/hm²)和283.10~442.35 kg/hm²(产量>60

t/hm²)^[18]。由此可见,新平县冰糖橙果园氮磷钾投入量均较高,尤其是磷钾2种元素存在投入过量的状况。

果园氮磷钾肥料大量施用显著影响了果园土壤相关性状,相关性分析结果显示(图5),土壤碱解氮、有效磷和速效钾含量受到肥料施用量的显著影响,施用量越大,土壤速效养分含量越高。同时果园的过量施肥可能影响果实品质,甚至还会造成果园产量降低^[20-23]。本研究也表现出相似的结果,边界线分析结果显示,果园土壤pH值、有机质含量、碱解氮含量、有效磷含量与速效钾含量与产量的边界值均呈现先增加后降低的抛物线关系,线性拟合具有一定相关性(图6),这表明过量施肥引起的土壤速效养分含量过高存在降低冰糖橙果园产量的可能,土壤养分与产量的相关性分析也显示相似的结果(图5)。目前新平县冰糖橙果园养分投入量及其比例均存在一定优化空间,应结合果实发育、树体生长、肥料利用、土壤养分释放等多角度,对县域果园的科学施肥提供理论指导。

3.2 新平县冰糖橙氮磷钾推荐用量

柑橘生长需要消耗大量养分,合理的肥料供应不仅能增加果园产量,还可提升果实风味,而施肥过量与不足均会对果园种植带来负面影响。有研究显示,施氮过多易造成植株徒长,果皮粗厚,降低果实可食率与出汁率,且一定程度增加果实的酸度^[5-7]。磷是生命物质的组成,适宜的磷元素有利于果树开花与抽梢,促进产量形成^[24],但施用过量的磷会抑制柑橘根系生长,且抑制植株对于氮、钙、锌、硼等元素吸收,影响果实品质^[22-23,25]。钾对柑橘品质形成具有非常重要的作用,被誉为植物的品质元素。施用适宜的钾能增加果树产量^[25],并且提升果实糖、酸品质,增加果实风味^[26]。因此,科学的施肥对柑橘果园产量和品质提升具有重大意义。

基于“以果定肥”计算目标产量柑橘果实养分的携出量,结合“测土配方施肥”,确定合理的果园氮、磷、钾养分投入已经大量应用于柑橘科学施肥研究^[3-4,18]。本研究基于“以果定肥”计算了新平县冰糖橙果园氮磷钾的投入量,进一步明确了新平县不同产能果园养分合理投入量,结果显示,新平县冰糖橙果园整体产量处于中产水平,而果园氮投入略微过量,磷钾投入则严重过量,导致新平县冰糖橙果园土壤磷钾含量处于高量水平(图4),进而影响果园产量(图5、图6)。

综上,新平县冰糖橙果园磷、钾投入过量,肥料利用率降低,导致土壤中大量营养累积,相当一部分果园土壤有效磷、速效钾含量处于高量水平。由于高量的肥料投入导致土壤营养失衡引起的果园产量下降,同时影响县域产业的绿色、可持续发展。基于“以果定肥、以土调肥”的思路,评估不同产能水平果园肥料减施潜力,推荐县域冰糖橙果园施肥量,可为新平地区冰糖橙产业健康发展提供依据。

参考文献 References

- [1] 邓秀新,彭抒昂.柑橘学[M].北京:中国农业出版社,2013:250-264.DENG X X, PENG S A. Citology [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2013: 250-264 (in Chinese).
- [2] 董燕,王正银.矿质营养对柑橘品质的影响[J].土壤肥料,2004(6):37-40,46.DONG Y, WANG Z Y. The effects of mineral nutrition on citrus qualities [J]. Soils and fertilizers, 2004(6):37-40 (in Chinese with English abstract).
- [3] 武松伟,梁珊珊,胡承孝,等.我国柑橘园“因土补肥”与化肥减施增效生态分区[J].华中农业大学学报,2022,41(2):9-19.WU S W, LIANG S S, HU C X, et al. Ecological region division of soil based supplementary fertilization and decrement fertilization in China citrus orchards [J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2022, 41(2): 9-19 (in Chinese with English abstract).
- [4] 雷靖,梁珊珊,谭启玲,等.我国柑橘氮磷钾肥用量及减施潜力[J].植物营养与肥料学报,2019,25(9):1504-1513.LEI J, LIANG S S, TAN Q L, et al. NPK fertilization rates and reducing potential in the main citrus producing regions of China [J]. Journal of plant nutrition and fertilizers, 2019, 25(9): 1504-1513 (in Chinese with English abstract).
- [5] 凌丽俐,彭良志,淳长品,等.赣南脐橙叶片营养状况对果实品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2012,18(4):947-954.LING L L, PENG L Z, CHUN C P, et al. The relationship between leaf nutrients and fruit quality of navel orange in southern Jiangxi Province of China [J]. Plant nutrition and fertilizer science, 2012, 18(4): 947-954 (in Chinese with English abstract).
- [6] 黄成能,卢晓鹏,李静,等.柑橘氮素营养生理研究进展[J].湖南农业科学,2013(15):76-79.HUANG C N, LU X P, LI J, et al. Advances in nutrient and physiology of nitrogen in Citrus [J]. Hunan agricultural sciences, 2013(15): 76-79 (in Chinese with English abstract).
- [7] 曾伟男,谭启玲,胡承孝,等.不同氮水平对温州蜜柑产量、叶绿素及碳氮代谢物的影响[J].湖北农业科学,2015,54(3):539-542.ZENG W N, TAN Q L, HU C X, et al. Effects of different nitrogen levels on production, chlorophyll, carbon and nitrogen metabolites of Satsuma mandarin [J]. Hubei agricultural sciences, 2015, 54(3): 539-542 (in Chinese with English abstract).

- stract).
- [8] 张翠英. 新平县柑橘产业发展现状及思路对策[J]. 南方农业, 2013, 7(10): 64-68. ZHANG C Y. Present situation and countermeasures of citrus industry development in Xinning County[J]. South China agriculture, 2013, 7(10): 64-68 (in Chinese).
- [9] 周先艳, 朱春华, 李进学, 等. 云南冰糖橙果实矿质营养与品质及产量的关系[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2018, 44(4): 382-387. ZHOU X Y, ZHU C H, LI J X, et al. The relationship between fruit mineral nutrients and fruit quality and yield of Bingtang sweet orange in Yunnan Province[J]. Journal of Hunan Agricultural University (natural sciences edition), 2018, 44(4): 382-387 (in Chinese with English abstract).
- [10] 张绩, 李俊杰, 杨江波, 等. 新平冰糖橙果园营养水平与产量、品质状况系统分析[J]. 中国土壤与肥料, 2020(3): 164-171. ZHANG J, LI J J, YANG J B, et al. Study on the relationship between yield, fruit quality and nutrient level of Bingtang sweet orange (*Citrus sinensis*) orchards in Xinning County[J]. Soil and fertilizer sciences in China, 2020(3): 164-171 (in Chinese with English abstract).
- [11] 寸待泽, 普金安, 高俊燕, 等. 云南冰糖橙果皮和果肉矿质元素含量与果实品质的关系[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(24): 207-214. CUN D Z, PU J A, GAO J Y, et al. Relationship between mineral elements content in peel and pulp of Yunnan sugar orange and fruit quality[J]. Jiangsu agricultural sciences, 2020, 48(24): 207-214 (in Chinese).
- [12] 李有芳, 张超博, 易晓瞳, 等. 云南玉溪柑橘园土壤养分状况与分布特征[J]. 土壤, 2020, 52(3): 487-493. LI Y F, ZHANG C B, YI X T, et al. Characteristics of soil nutrients and frequency distribution of Yuxi citrus orchards in Yunnan[J]. Soils, 2020, 52(3): 487-493 (in Chinese with English abstract).
- [13] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 25-114. BAO S D. Soil and agricultural chemistry analysis[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000: 25-114 (in Chinese).
- [14] 庄伊美. 柑桔营养诊断指导施肥的实践[J]. 浙江柑桔, 1996, 13(2): 8-11. ZHUANG Y M. Practice of citrus nutrition diagnosis guiding fertilization[J]. Zhejiang Ganju, 1996, 13(2): 8-11 (in Chinese).
- [15] 鲁剑巍, 陈防, 王富华, 等. 湖北省柑橘园土壤养分分级研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2002, 8(4): 390-394. LU J W, CHEN F, WANG F H, et al. Study of classification of the soil nutrient status of citrus orchard in Hubei Province[J]. Plant nutrition and fertilizing science, 2002, 8(4): 390-394 (in Chinese with English abstract).
- [16] WEBB R A. Use of the Boundary Line in the analysis of biological data[J]. Journal of horticultural science, 1972, 47(3): 309-319.
- [17] SHATAR T M, MCBRATNEY A B. Boundary-line analysis of field-scale yield response to soil properties[J]. The journal of agricultural science, 2004, 142(5): 553-560.
- [18] 刘小曼, 刘晓东, 刘伟栋, 等. 我国不同种类柑橘养分状况及氮磷钾推荐用量研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2021, 27(4): 565-574. LIU X M, LIU X D, LIU W D, et al. Nutritional status of different citrus trees and the recommended dosages of N, P and K for citrus production in China[J]. Journal of plant nutrition and fertilizers, 2021, 27(4): 565-574 (in Chinese with English abstract).
- [19] 黄鸿. 湖北省秭归地区三个品种脐橙矫正施肥及其效应研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2012. HUANG H. Research on nutritional diagnosis and fertilization of three navel orange culture-vars in Zigui, Hubei Province [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2012 (in Chinese with English abstract).
- [20] 朱兆良, 文启孝. 中国土壤氮素[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1992: 800-940. ZHU Z L, WEN Q X. Soil nitrogen in China [M]. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press, 1992: 800-940 (in Chinese).
- [21] 闫湘, 金继运, 何萍, 等. 提高肥料利用率技术研究进展[J]. 中国农业科学, 2008, 41(2): 450-459. YAN X, JIN J Y, HE P, et al. Recent advances in technology of increasing fertilizer use efficiency[J]. Scientia agricultura sinica, 2008, 41(2): 450-459 (in Chinese with English abstract).
- [22] 位高生, 胡承孝, 谭启玲, 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 (in Chinese with English abstract).
- [23] 刘怀伟, 谭启玲, 陈敏, 等. 磷减量配施锌肥对琯溪蜜柚果实产量和品质的影响[J]. 华中农业大学学报, 2021, 40(1): 70-76. LIU H W, TAN Q L, CHEN M, et al. Effects of phosphorus reduction combined with zinc foliar fertilizer on yield and quality of Guanxi pomelo fruit [J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2021, 40(1): 70-76 (in Chinese with English abstract).
- [24] 廖炜, 李先信, 阳志慧, 等. 氮磷肥对柑橘的影响研究进展[J]. 湖南农业科学, 2010(24): 34-35. LIAO W, LI X X, YANG Z H, et al. Research progress on the effects of nitrogen and phosphorus fertilizers on citrus [J]. Hunan agricultural sciences, 2010(24): 34-35 (in Chinese).
- [25] 朱宗瑛, 李明, 张长明, 等. 纽荷尔脐橙高产优质的磷钾最佳配比研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2018, 24(4): 1105-1112. ZHU Z Y, LI M, ZHANG C M, et al. Optimum P and K ratio for high yield and good quality of 'Newhall' navel orange[J]. Journal of plant nutrition and fertilizers, 2018, 24(4): 1105-1112 (in Chinese with English abstract).
- [26] 林咸永, 章永松, 蔡妙珍, 等. 磷、钾营养对柑桔果实产量、品质和贮藏性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(1):

82-88.LIN X Y,ZHANG Y S,CAI M Z,et al.Effects of phosphorus and potassium application on yield,quality,and storabil-

ity of citrus fruits [J]. Plant nutrition and fertilizer science, 2006,12(1):82-88 (in Chinese with English abstract).

Preliminary studies on current input and recommended application amount of nitrogen, phosphorus, and potassium in Bingtang orange orchards in Xinning County

CHEN Mengxin^{1,2},JIANG Zhengpin²,LI Yongping³,LI Yourong⁴,
ZHANG Chaochun¹,ZHANG Yueqiang⁵,HU Chengxiao⁶,DONG Zhihao^{1,2}

1.College of Resources and Environment,China Agricultural University,Beijing 100000,China;

2.Yunnan Chushi Agriculture Co.,Ltd.,Kunming 650000,China;

3.Yunnan Green Food Development Center,Kunming 650000,China;

4.Zhelong Agricultural and Rural Comprehensive Service Center,Yuxi 653400,China;

5.College of Resources and Environment,Southwest University,Chongqing 400715,China;

6.College of Resources and Environment,Huazhong Agricultural University,Wuhan 430070,China

Abstract A combination of the field survey and the collection and analysis of soil/fruit sample was conducted in 70 Bingtang orange orchards in Xinning County to clarify the current input of nitrogen, phosphorus, and potassium in orchards in Xinning County. The status of fertilization practices, available nutrient in soil, and nutrient removal of fruit in different Bingtang orange orchards in the county was investigated. The recommend amount of fertilizer for orchards was studied based on the yield. The results showed that orchards in Xinning County were fertilized 2-4 times throughout the year, with the main fertilization being 3 times, mainly concentrated in February-March, May, and December. The average input of nitrogen (N), phosphorus (P_2O_5), and potassium (K_2O) in the county was 444.43, 407.07, 507.35 kg/hm², respectively, with an input ratio of 1:0.92:1.14. The soil pH value and average content of organic matter was 6.08 and 17.97 g/kg, respectively, generally at an appropriate level. The average content of alkaline hydrolyzed nitrogen in orchards was 74.43 mg/kg, generally at a deficiency level. 78.26% of orchards had lower content of alkaline hydrolyzed nitrogen. The average content of available phosphorus and available potassium in orchards was 91.57 and 245.05 mg/kg, generally at a high level. More than 50% of orchard had high content of available phosphorus/potassium in soil. The potential for reducing the application of nitrogen, phosphorus, and potassium in the Bingtang orange orchards in Xinning County was 8.53%-70.31%, 56.95%-87.35%, and 33.64%-78.69%, respectively. According to the removal and utilization efficiency of nutrient in orchards, the recommended amount of nitrogen, phosphorus, and potassium for orchards with different yield levels is 82.39-386.80 kg/hm², 33.89-163.59 kg/hm², and 69.20-299.25 kg/hm², respectively. It is indicated that the large input of fertilizer in the Bingtang orange orchards in Xinning County has caused a surplus of nutrients in soil. Targeted fertilization should be applied to Bingtang orange orchards in Xinning County with different production capacities through increasing the input of organic fertilizer and optimizing application structure of fertilizer.

Keywords Xinning county; Bingtang orange; input of fertilizer; recommend fertilizer; nutrient removal; utilization efficiency of nutrient

(责任编辑:葛晓霞)