

doi: 10.11838/sfsc.1673-6257.20195

化肥减量配合有机替代对柑橘果实、叶片及橘园土壤的影响

裴宇^{1,2}, 伍玉鹏^{1,2*}, 张威¹, 姜炎彬¹, 孙福来³, 陈云峰⁴

(1. 华中农业大学资源与环境学院, 湖北 武汉 430070; 2. 新型肥料湖北省工程试验室, 湖北 武汉 430070; 3. 滨州市农业农村局, 山东 滨州 256600; 4. 农业农村部废弃物肥料化利用重点试验室, 湖北 武汉 430064)

摘要: 用有机肥替代部分化肥, 是降低橘园化肥施用量的重要途径之一。为明确橘园有机肥替代化肥的最适比例, 在湖北当阳柑橘主产区开展了两年的田间试验, 比较了不同比例化学氮肥减量配合饼肥施用对柑橘果实产量品质、叶片营养及橘园土壤肥力的影响。结果表明: 与常规施肥处理相比, 化学氮肥减量 30% 以内配合饼肥施用并未显著改变 2018 及 2019 年的柑橘产量。然而, 饼肥完全替代化学氮肥处理相比常规施肥处理产量显著降低。2019 年, 化学氮肥减量 30% 以内配合饼肥施用处理的柑橘果实中可滴定酸含量显著低于常规施肥处理, 固酸比则显著高于常规施肥处理。在生长周期内各处理柑橘叶片中 C、N、P、K、Ca 及 Mg 的含量变化趋势基本一致, 且在同一时期内各处理间均无显著差别。但饼肥完全替代化学氮肥导致叶片中的 N 含量在大部分时间内均低于其他处理。在土壤养分方面, 各处理土壤有机质、全 N、有效 P、速效 K、有效 Ca 及有效 Mg 含量均无显著差异。研究结果说明, 在当阳地区常规施肥的基础上, 通过配施饼肥减少化学氮肥 30% 的投入是可行的, 并不会减少柑橘产量, 同时对果实品质也有一定的提升作用。

关键词: 柑橘; 有机替代; 果实; 叶片; 土壤

柑橘是我国第二大产销水果, 近年来柑橘产业发展迅速, 据中华人民共和国国家统计局数据, 2018 年我国柑橘园总面积达 248.669 万 hm^2 , 总产量达 4138.14 万 t, 已多年位居全球首位^[1]。虽然氮、磷、钾是柑橘产量及品质形成的重要因素, 但多年来果农为了追求高产往往过量施用化肥。雷靖等^[1]调查显示, 我国柑橘园氮、磷、钾施用过量面积分别占 57.3%、76.6%、69.1%, 过量施用量分别为 36.1 万、42.2 万、35.4 万 t。柑橘园中化肥过量投入, 不仅导致了柑橘果实产量和品质的下降, 使柑橘种植经济效益降低, 还导致了土壤板结、酸化、有机质含量降低等问题; 同时, 过量肥料导致的养分流失也带来了面源污染等环境问题^[2-6]。合理降低化肥施用量, 是提高柑橘果实产量和品质的关键, 也是我国柑橘产业良性可持续发展亟需解决的问题。

2015 年农业部通过并启动实施《到 2020 年化肥使用量零增长行动方案》, 并在方案中提出通过合理利用有机养分资源, 用有机肥替代部分化肥, 实现有机无机相结合。然而, 在我国柑橘园中, 仅 47.8% 的柑橘园施用有机肥, 年均有机氮、磷、钾养分分别仅占总施用量的 9.58%、19.6%、6.24%, 使有机肥投入严重不足^[1]。因此, 有机替代这一技术路径在实现柑橘化肥减量上显得尤为重要。已有较多学者针对橘园有机替代开展了试验, 但均侧重于有机肥施用后的实际效果研究, 包括对提高柑橘产量和果实品质的作用、橘园生态环境的影响、橘园土壤的改良等方面^[6-16], 却很少有学者去比较不同比例有机替代对柑橘产量、生长和橘园土壤的影响。能否在橘园中用有机肥替代全部化学肥料? 橘园有机肥替代化学肥料的最适比例是多少? 明确这些问题, 是指导橘园进行科学有机替代的重要前提。

湖北省柑橘园总面积达 22.72 万 hm^2 , 占全国柑橘园总面积的 9.1%, 总产量达 488.05 万 t, 是我国重要的柑橘主产区之一。本研究选择湖北省当阳市柑橘主产区开展定位试验, 利用当地易获得且广泛使用的菜籽饼肥作为有机肥源, 探究饼

收稿日期: 2020-04-10; 录用日期: 2020-04-30

基金项目: 国家重点研发计划 (2017YFD0202000)。

作者简介: 裴宇 (1995-), 男, 湖北荆州人, 硕士研究生, 从事环境生态学研究。E-mail: p1157117320@163.com。

通讯作者: 伍玉鹏, E-mail: wuyupeng19851205@126.com。

肥施用下不同比例化学氮肥减量对柑橘果实、叶片和土壤的影响,确定饼肥施用下最适的化学肥料减量比例。试验结果将为当阳地区果农合理开展有机替代提供理论依据,其研究思路亦对其它柑橘主产区有机替代模式的研究具有一定的指导意义。

1 材料与方 法

1.1 试验区概况

试验点位于湖北宜昌当阳半月镇凤凰山柑橘基地(30° 39' 48.98" N, 111° 48' 24.82" E),属亚热带季风气候,年均气温 16.4℃,年均降水量 936 ~ 1048 mm,海拔高度 78 m。试验点柑橘品种为当地主栽的无核椪柑,树龄 15 年,冠幅 3 m × 2.5 m,树高约 2.5 m,均处于盛果期。试验点柑橘园土壤为典型黄棕壤,有机质含量 19.2 g/kg, pH 值 4.59,有效磷含量 55.1 mg/kg,速效钾含量 242.2 mg/kg。土壤质地(国际制)为粉质黏壤土,含砂粒 11.79%、粉粒 48.49%、黏粒 39.72%。试验点全年常规施肥, N、P₂O₅、K₂O 有效养分含量分别为 371.3、181.5、330.0 kg/hm²。

试验用有机肥为当地较易获得且广泛使用的菜籽饼肥,购买于当地肥料市场。连续两年测定平均值显示,饼肥有机质含量为 75%,有效养分含量分别为 N 4.60%、P₂O₅ 2.48% 和 K₂O 1.40%。试验用化肥为采购于湖北三宁化工股份有限公司的尿素(N 46.4%)、过磷酸钙(P₂O₅ 12%)和硫酸钾(K₂O 45%)。

1.2 试验设计

于 2017 年 9 月开始布置小区,并于 2017 年还阳肥施肥时开始长期定位施肥处理。在当地果农常规化肥施用量的基础上减少化学氮肥用量并配施饼肥,并在之后每年相应施肥时间按照试验处理进行施肥,共设置不施氮配施饼肥(N0%+C)、常规施氮量的 70% 配施饼肥(N70%+C)、常规施氮量的 85% 配施饼肥(N85%+C)、常规施氮配施饼肥(N100%+C)及常规施肥(CF) 5 个处理。雷靖等^[1]研究显示,我国柑橘氮肥减施潜力达 28.3%。因此,本研究中设计饼肥配施下化学氮肥最高减量 30%,以便研究结果更加贴近实际农业生产。每个处理设 3 次重复,采用随机排列方式,共设置 15 个小区,小区面积为 35 m²,每小区包含 5 棵柑橘树,小区与小区之间用塑料板

打入地内隔开以防止不同小区之间土壤养分的交换。

因饼肥中氮含量较低,若各处理采用等氮量施肥原则会导致化学氮肥减量处理中大量饼肥的施用,并不符合实际农业生产。因此,结合前期广泛调研,本研究中各施用饼肥的处理均定量按照 825 kg/(hm²·年)[1 kg/(株·年)] 施入。此外,各处理磷、钾单质肥施用量与常规保持一致(表 1)。所有处理全年施肥两次,还阳肥(11 ~ 12 月)施入全年量 50% 的化学肥料,施入全年量的饼肥,壮果肥(6 ~ 7 月)施入全年量 50% 的化学肥料。所有处理施肥方式均为树体单侧开沟施肥,果园内日常管理按照当地种植模式统一进行。

表 1 试验各处理肥料用量 (kg/hm²)

处理	化肥有效养分含量			有机肥 (菜籽饼肥)
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
CF	371.3	181.5	330.0	—
N0%+C	—	181.5	330.0	825.0
N70%+C	259.9	181.5	330.0	825.0
N85%+C	315.6	181.5	330.0	825.0
N100%+C	371.3	181.5	330.0	825.0

1.3 采样时期及方法

于 2018、2019 年柑橘果实采收期(S7)采集果实样。沿每株树的树冠外围 4 个方向采集代表性果实 4 个,同小区 5 株柑橘树的果实混合后成为一个样品。

于 2018、2019 年柑橘生长周期的 S1(萌芽期,3 月)、S4(生理落果期,6 月)、S5(果实膨大期,7 ~ 9 月)和 S7(采收期,12 月)采集叶片。环树采集当年生春梢叶片,每株采 8 片,同小区 5 株柑橘树的叶片混合后成为一个样品。叶片样品除去叶柄后,经自来水、稀盐酸、去离子水 3 步洗涤,105℃下杀青 0.5 h,在 65 ~ 75℃下烘干至恒重,磨样机磨碎待测。

于 2018、2019 年柑橘果实收获后,在小区内随机选取 5 点采集 0 ~ 20 cm 土样,采集时注意避开施肥沟和根系。土壤自然风干,挑出根系、石子等杂物,磨碎过筛。

1.4 样品测定

果实样单果重、可食率及出汁率用电子天平、量筒测定;横径、纵径和皮厚用游标卡

尺测定；可溶性固形物以手持数显糖量计测定；可滴定酸采用NaOH中和滴定法测定；维生素C (Vc) 用2, 6-二氯靛酚氧化还原滴定法测定。

植物样全C、N用元素分析仪测定；全P、K在H₂SO₄-H₂O₂消煮后分别用钼锑抗比色法和火焰光度计测定；全Ca、Mg含量经HNO₃-HClO₄消煮后用原子吸收光谱仪测定。

土壤样有机质、全N用元素分析仪测定；有效P用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法测定；速效K用1 mol/L乙酸铵浸提后火焰光度计测定；有效Ca、Mg用1 mol/L中性乙酸铵浸提后原子吸收光谱仪测定。

1.5 数据分析

利用Excel 2013进行数据处理，SPSS 19.0进行数据差异显著性检验（单因素方差分析-LSD， $P < 0.05$ ），Origin 2017进行作图分析。

2 结果与分析

2.1 化肥减量配合有机替代对柑橘产量及品质的影响

2.1.1 对柑橘产量及其产量构成因素的影响

表2显示，2018年各处理柑橘产量整体上均要高于2019年的柑橘产量。饼肥施用配合化学氮肥减量（N70%+C、N85%+C和N100%+C）处理相比常规种植（CF）处理并未显著改变2018及2019年的柑橘产量。然而，利用饼肥替代全部化学氮肥（N0%+C）处理相比CF处理导致了2018及2019年柑橘产量的显著下降，尤其是在2018年中，其下降幅度达24.96%。从产量构成上进行分析，N70%+C、N85%+C和N100%+C处理相比CF处理均未对单果重及挂果数产生显著影响，但N0%+C处理相比CF处理导致了挂果数量的显著降低，且在2018年也导致了单果重的显著降低。

表2 化肥减量配合有机替代下柑橘单果重、挂果数和产量

年份	处理	单果重 (g)	挂果数 (个)	产量 (kg/hm ²)	增产率 (%)
2018	CF	109.50a	267a	22077.89a	—
	N0%+C	101.11b	190b	16077.99b	-24.96
	N70%+C	108.45a	261a	22988.85a	4.13
	N85%+C	112.40a	256a	24227.50a	9.74
	N100%+C	110.06a	246a	22499.58a	1.91
2019	CF	78.37a	120a	7728.57a	—
	N0%+C	77.92a	111b	7141.18b	-7.60
	N70%+C	83.70a	124a	8529.06a	10.36
	N85%+C	74.48a	146a	9030.53a	16.85
	N100%+C	80.44a	132a	8823.90a	14.17

注：同年同列数据后标有不同字母表示处理间差异显著（ $P < 0.05$ ）。下同。

2.1.2 对果实外在品质的影响

柑橘果实外在品质数据（表3）显示，2018年各处理柑橘果实个体均要大于2019年的柑橘果实个体，但从果形指数来看，各年各处理均在0.80~0.90之间，不同处理也并未在果形指数上体现出显著差异。虽然施用饼肥的处理在2018年显著降低了果皮厚度，但这一差异显著性在2019年并未再次观测到。

2.1.3 对果实内在品质的影响

柑橘果实内在品质数据（表4）显示，各处

理2019年柑橘果实相比2018年柑橘果实均表现较高的可溶性固形物含量及可滴定酸含量，较低的Vc含量和出汁率。但在2018年中，各处理均未对所测定的柑橘果实内在品质产生显著的影响。在2019年中，N70%+C、N85%+C和N100%+C处理可滴定酸含量显著低于CF和N0%+C处理，固酸比显著高于CF和N0%+C处理。说明饼肥施用配合化学氮肥减量在一定程度上提升了果实口感。

表 3 化肥减量配合有机替代下果实外在品质

年份	处理	横径 (mm)	纵径 (mm)	果形指数	果皮厚度 (mm)
2018	CF	61.89a	49.47a	0.80a	3.20a
	N0%+C	62.32a	53.28a	0.85a	2.80b
	N70%+C	60.47a	49.80a	0.82a	2.98b
	N85%+C	60.13a	49.44a	0.82a	2.80b
	N100%+C	61.66a	55.33a	0.90a	3.03b
2019	CF	58.90a	50.49a	0.86a	2.91a
	N0%+C	55.28a	49.01a	0.89a	2.90a
	N70%+C	57.47a	50.08a	0.87a	2.95a
	N85%+C	54.36a	48.62a	0.89a	2.97a
	N100%+C	51.87a	46.24a	0.90a	2.97a

表 4 化肥减量配合有机替代下果实内在品质

年份	处理	可溶性固形物含量 (%)	可滴定酸含量 (%)	固酸比	Vc (mg/100 g)	出汁率	可食率
2018	CF	12.87a	1.04a	12.39a	34.70a	0.62a	0.74a
	N0%+C	13.63a	1.18a	11.53a	35.65a	0.63a	0.75a
	N70%+C	13.60a	1.08a	12.72a	36.36a	0.64a	0.75a
	N85%+C	13.67a	1.11a	12.46a	35.40a	0.63a	0.76a
	N100%+C	13.50a	1.25a	11.33a	36.19a	0.62a	0.75a
2019	CF	16.76ab	1.78a	8.88b	25.28a	0.58a	0.73a
	N0%+C	15.98b	1.93a	9.03b	23.79a	0.54a	0.73a
	N70%+C	19.00a	1.49b	12.84a	27.98a	0.58a	0.73a
	N85%+C	17.82ab	1.52b	11.76a	24.93a	0.55a	0.72a
	N100%+C	19.01a	1.42b	13.46a	25.64a	0.55a	0.71a

2.2 化肥减量配合有机替代对柑橘叶片营养状况的影响

图 1 展示了 2018、2019 年全年各处理柑橘叶片在萌芽期、生理落果期、果实膨大期和采收期的各营养物质含量。总体来看,各处理叶片的 C、N、P、K、Ca 及 Mg 含量随采样时间的不同其变化趋势均一致。且处理间在同一采样时间内的营养元素含量均无显著差别。但值得注意的是, N0%+C 处理的叶片 N 含量在大部分采样时间内均要低于其他处理 (2018 年 S1、S4、S5 及 2019 年 S4、S5 时期均为 N0%+C 处理叶片 N 含量最低)。

2.3 化肥减量配合有机替代对柑橘土壤性质的影响

2018、2019 年各处理橘园土壤的性质如表 5

所示。整体来看,各处理土壤有机质、全 N、有效 P、速效 K、有效 Ca 及有效 Mg 含量均无显著差异,说明在两年的时间内化肥减量配合有机替代并未显著改变土壤养分状况。即使是在不施用任何化肥的 N0%+C 处理中,土壤养分含量在两年的时间内也没有显著下降。但值得注意的是,施用饼肥的处理在 2018 及 2019 年采样中的有机质含量均表现出高于 CF 处理,而 N0%+C 处理在 2018 及 2019 年采样中的全 N 含量均表现出低于其他处理。这在一定程度上可以说明长期饼肥施用有助于提高土壤有机质含量,而完全不施化学氮肥则可能会导致土壤氮素的缺乏。

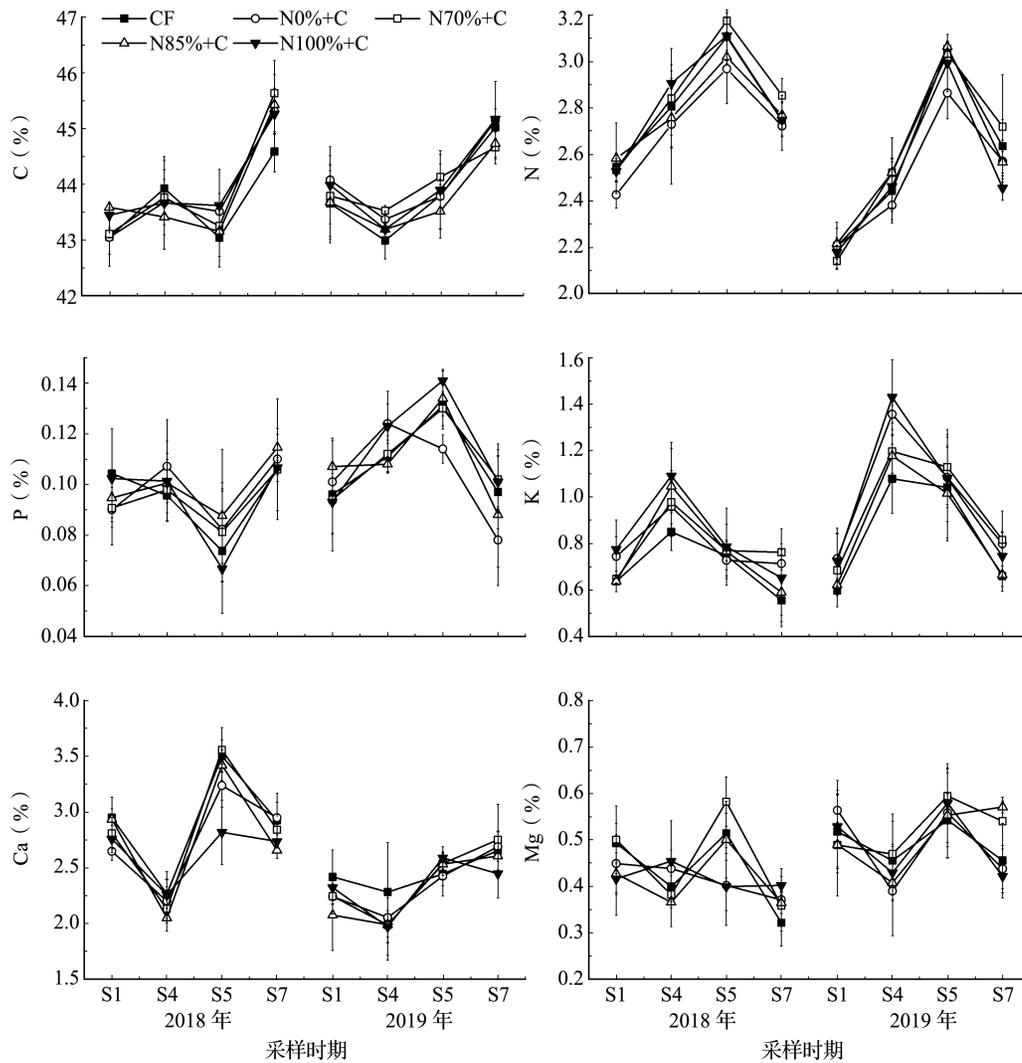


图 1 化肥减量配合有机替代下柑橘叶片养分含量的动态变化

表 5 化肥减量配合有机替代下橘园土壤性质

年份	处理	有机质 (g/kg)	全 N (g/kg)	有效 P (mg/kg)	速效 K (mg/kg)	有效 Ca (mg/kg)	有效 Mg (mg/kg)
2018	CF	19.47a	1.39a	27.11a	213.34a	1841.27a	225.03a
	N0%+C	20.62a	1.29a	20.00a	215.46a	1918.20a	263.17a
	N70%+C	19.79a	1.45a	18.44a	248.30a	1740.60a	218.70a
	N85%+C	21.78a	1.58a	32.10a	286.24a	1626.93a	269.43a
	N100%+C	21.06a	1.41a	32.73a	250.99a	1559.20a	200.47a
2019	CF	18.24a	1.31a	48.88a	168.86a	1606.02a	213.21a
	N0%+C	19.12a	1.28a	48.67a	167.74a	1534.05a	226.60a
	N70%+C	19.02a	1.35a	57.47a	161.71a	1633.45a	214.20a
	N85%+C	19.00a	1.29a	54.07a	179.70a	1786.10a	207.86a
	N100%+C	20.18a	1.42a	52.54a	187.39a	1503.40a	208.52a

3 讨论

本研究显示 2018 与 2019 年柑橘产量存在较大差距, 这与果树结果的大小年特点有关^[17]。此外, 2019 年湖北地区遭遇的不利气候进一步加重了大小年现象, 并导致当阳地区 2019 年整体柑橘产量的下降。但在同一年内进行比较, 饼肥施用配合化学氮肥减量处理相比 CF 处理对柑橘产量无显著影响, 但对果实品质有显著提升。有机肥长期施用对果树果实产量及品质的提升作用已有较多的报道, 在柑橘、苹果、桃和芒果等果树的研究中均发现, 施用有机肥显著增加了果实产量, 有效改善了果实品质^[18-24]。本研究目前仅执行了两年, 饼肥施用配合化学氮肥减量处理与 CF 处理在果实产量及品质上虽然并无显著差异, 但可以证明饼肥配施下减少化学氮肥 30% 在当阳地区是可行的, 亦可以依据产量、品质各指标数据及前人的研究结果预测, 饼肥配施下减少化学氮肥 30% 在未来有潜力显著提高柑橘产量及品质, 并形成明显的经济效益提升。但同时需要注意, 本研究中 N0%+C 处理相比 CF 处理降低了柑橘产量, 尤其是在柑橘高产的 2018 年, 其下降幅度更大, 达 24.96%。这说明在当阳地区使用饼肥完全替代化学氮肥的投入并不现实, 尤其是在高产橘园中, 化学氮元素投入的减少将会直接限制柑橘的产量。

柑橘叶片为柑橘树体的生长发育和果实形成提供所需的能量物质, 在柑橘生长过程中, 养分的缺乏会对叶片生长和光合作用产生影响, 进而影响树体的生长发育^[25]。因此, 可以通过叶片营养状况的分析, 对树体的营养状况进行诊断。本研究发现, 各处理在同一采样时间内, 所测定的营养元素含量均无显著差别。这说明在两年内饼肥施用配合化学氮肥减量并未限制柑橘树体营养状况。褚长彬等^[26]研究发现, 长期施用有机肥后, 不仅可以提高柑橘叶片氮和钾的含量, 同时也提高了叶片中其他中微量元素的含量, 如镁、铁、铜和锌的含量。王宏伟等^[27]、黄爱星^[28]的研究结果也均体现了有机肥施用对树体生长的积极影响, 具体表现为能够提高果树的叶重、株高、径围等, 同时还能加强果树的光合作用和蒸腾作用, 并提高树体对养分的吸收利用效率。但本研究并未得到类似的效果, 一方面与试验周期较短有关, 据报道有机措施一般要在持续实施 5 年以上才会在植物本身上有所体

现^[29]; 另一方面, 柑橘是多年生常绿果树, 其对饼肥等缓效肥料的响应较慢。但在 N0%+C 的处理中, 本研究观察到多个时期其叶片全氮含量均低于其它处理, 说明树体对速效氮肥完全缺失产生了响应, 叶片的这一变化也有助于解释 N0%+C 中柑橘果实产量下降的现象。

研究表明, 有机肥施用可显著提高果园土壤肥力, 具体表现为增加有机质、全氮、碱解氮、有效磷、速效钾等的含量^[30-32], 但这是一个长期而缓慢的过程。因此, 本研究中也并未观察到不同处理在所测定的土壤性质上存在显著差异。此外, 本研究中柑橘施肥采用树体两侧沟施的方式进行, 而为避免土壤采样直接采集到肥料, 在采样过程中均避开施肥沟进行, 这也是导致各处理土壤性质无显著差异的原因。

整体来看, 在本研究实施饼肥替代下最高减少化学氮肥用量 30%, 柑橘产量无显著变化, 柑橘品质部分指标有显著提升。这一结果能够为指导当阳地区橘园进行科学有机替代提供理论依据。但在不同的地区, 土壤理化性质并不相同, 有机肥替代化学肥料的最佳比例也均不相同。此外, 随着有机替代的进行土壤肥力不断提升, 有机替代化学肥料的最佳比例也会随之发生变化。徐明岗^[33]指出, 当土壤有机质含量达到 30 g/kg 的时候, 有机肥可以百分之百的替代化肥而保持高产。总之, 有机肥替代的基本原则就是要根据土壤肥力来替代, 肥力低则替代比例低, 肥力高则替代比例高, 培肥土壤才是减肥增效的最有效措施。

4 结论

在湖北当阳柑橘园开展了为期两年的有机替代研究, 发现当地常规施肥与化学氮肥减量 30% 配合饼肥施用并未在柑橘产量、树体营养及土壤养分含量方面表现出显著的差异, 而在果实品质上显著降低了可滴定酸含量, 显著提高了固酸比, 其他品质指标无显著变化。结果说明, 在当阳地区常规施肥下, 通过施用饼肥减少化学氮肥 30% 的用量是可行的, 且能够预期未来有助于提高柑橘产量及品质, 促进当阳地区柑橘产业的可持续绿色发展。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] Fan M, Shen J, Yuan L, et al. Improving crop productivity and resource use efficiency to ensure food security and environmental quality in China [J]. Journal of Experimental Botany, 2011, 63 (1): 13-24.
- [4] 周鑫斌, 温明霞, 王秀英, 等. 三峡重庆库区柑橘园磷素平衡状况研究 [J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17 (3): 616-622.
- [5] 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.
- [6] Martínez-Alcántara B, Quiñones A, Forner-Giner M A, et al. Impact of fertilizer-water management on nitrogen use efficiency and potential nitrate leaching in citrus trees [J]. Soil Science & Plant Nutrition, 2012, 58 (5): 659-669.
- [7] 陈大超, 张跃强, 甘涛, 等. 有机肥施用量及深度对柑橘产量和品质的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2018 (4): 143-147.
- [8] 李永杰, 易时来, 高恒锦, 等. 不同有机肥对高接温州蜜柑衰弱树体生长、养分吸收和产品质量的影响 [J]. 浙江农业学报, 2019, 31 (11): 1871-1879.
- [9] 刘国群, 李玲玲, 王宏航, 等. 施用商品有机肥对橘园土壤的影响 [J]. 浙江农业科学, 2018, 59 (7): 1171-1173.
- [10] 卢梦玲, 贵会平, 鄢华捷, 等. 不同基肥处理对柑橘园土壤肥力和柑橘品质的影响 [J]. 湖北农业科学, 2016, 55 (17): 4441-4443.
- [11] 温明霞, 刘高平, 王允缤, 等. 黄岩区柑橘有机肥替代化肥应用研究初报 [J]. 浙江柑橘, 2018, 35 (3): 41-44.
- [12] 温明霞, 徐建军, 王允缤, 等. 有机肥对柑橘园生产效应的影响 [J]. 浙江柑橘, 2019, 36 (3): 12-15.
- [13] 郑寿龙. 施用有机肥对柑橘产量、品质及养分吸收的影响 [J]. 安徽农学通报, 2018, 24 (12): 46-47.
- [14] Belén M A, Mary-Rus M C, Almudena B, et al. Liquid organic fertilizers for sustainable agriculture: nutrient uptake of organic versus mineral fertilizers in citrus trees [J]. Plos One, 2016, 11 (10): 16-19.
- [15] Canali S, Trinchera A, Intrigliolo F, et al. Effect of long term addition of composts and poultry manure on soil quality of citrus orchards in Southern Italy [J]. Biology & Fertility of Soils, 2004, 40 (3): 206-210.
- [16] Zhang J, Hu K, Li K, et al. Simulating the effects of long-term discontinuous and continuous fertilization with straw return on crop yields and soil organic carbon dynamics using the DNDC model [J]. Soil & Tillage Research, 2017, 165: 302-314.
- [17] 白岗栓, 庞录侠, 燕志辉, 等. 陕北山地苹果“大小年”现象的成因及修剪防御措施 [J]. 安徽农业科学, 2020, 48 (5): 55-61, 64.
- [18] 冯焕德, 党志国, 倪斌, 等. 羊粪发酵肥替代化肥对芒果园土壤性状、叶片营养及果实品质的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2019 (6): 190-195.
- [19] 何应对, 林妃, 殷晓敏, 等. 增施有机肥及套袋对福橙外观品质、产量的影响 [J]. 安徽农学通报, 2019, 25 (7): 50-52.
- [20] 李荣飞, 王明明, 杨艺, 等. 不同施肥处理对龙安柚果实产量和品质的影响 [J]. 中国农学通报, 2020, 36 (10): 60-68.
- [21] 张蕊, 王钰馨, 赵雪惠, 等. 海藻有机肥不同施用量对土壤肥力及‘肥城’桃品质的影响 [J]. 植物生理学报, 2016, 52 (12): 1819-1828.
- [22] 仲光绪, 陈伟, 束怀瑞. 菌剂和有机质处理对苹果园土壤微生物和果实品质的影响 [J]. 中国果树, 2019 (5): 20-24.
- [23] Kumar A, Yadav D S. Use of organic manure and fertilizer in rice (*Oryza-sativa*) wheat (*Triticum-aestivum*) cropping system for sustainability [J]. Indian Journal of Agricultural Sciences, 1995, 65 (10): 703-707.
- [24] Yang Z C, Zhao N, Huang F, et al. Long-term effects of different organic and inorganic fertilizer treatments on soil organic carbon sequestration and crop yields on the North China Plain [J]. Soil & Tillage Research, 2015, 146: 47-52.
- [25] 徐海燕, 熊伟, 杨灿芳, 等. 开县柑橘叶片营养状况与果实品质的相关性研究 [J]. 西南大学学报 (自然科学版), 2012, 34 (4): 27-32.
- [26] 褚长彬, 吴淑杭, 张学英, 等. 有机肥施用方式对柑橘园土壤肥力和柑橘养分、品质的影响 [J]. 上海农业学报, 2012, 28 (1): 65-68.
- [27] 王宏伟, 张连忠, 路克国. 有机肥对红富士苹果生长及品质的影响 [J]. 安徽农业科学, 2009, 37 (28): 3572-3573.
- [28] 黄爱星. 琯溪蜜柚施用有机肥试验初报 [J]. 福建果树, 2011 (3): 21-22.
- [29] 伍玉鹏, 陈远新, 吴中波, 等. 不同年限有机种植与常规种植农业资源综合利用效率对比——以湖北省水稻种植为例 [J]. 中国生态农业学报, 2016, 24 (2): 201-209.
- [30] 韩建, 尹兴, 郭景丽, 等. 有机肥施用对红地球葡萄产量、品质及土壤环境的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2020, 26 (1): 131-142.
- [31] 刘莉君, 洪春来, 朱凤香, 等. 有机无机复混肥对柑橘园土壤及柑橘品质的影响 [J]. 浙江农业科学, 2017, 58 (7): 1155-1156, 1165.
- [32] Qiu S, Gao H, Zhu P, et al. Changes in soil carbon and nitrogen pools in a mollisol after long-term fallow or application of chemical fertilizers, straw or manures [J]. Soil & Tillage Research, 2016, 163: 255-265.
- [33] 徐明岗. 化肥有机替代 找回另一半农业 [J]. 中国农村科技, 2016 (2): 37-39.

The impacts of substituting organic fertilizers for chemical fertilizer on fruit, leaf and soil in citrus orchard

PEI Yu^{1, 2}, WU Yu-peng^{1, 2*}, ZHANG Wei¹, JIANG Yan-bin¹, SUN Fu-lai³, CHEN Yun-feng⁴ (1. College of Resources and Environment, Huazhong Agricultural University, Wuhan Hubei 430070; 2. Hubei Provincial Engineering Laboratory for New-Type Fertilizers, Wuhan Hubei 430070; 3. Binzhou Municipal Bureau of Agricultural and Rural Affairs, Binzhou Shandong 256600; 4. Key Laboratory of Fertilization from Agricultural Wastes, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Wuhan Hubei 430064)

Abstract: Substituting organic fertilizers for chemical fertilizer is one of the effective ways to reduce the chemical fertilizer application in orangery. To clear and definite the optimal ratio of substituting organic fertilizers for chemical fertilizer, a field experiment was carried out in Dangyang, Hubei province for two years, and compared the effects of different proportions of chemical nitrogen reduction combined with cake fertilizer application on citrus fruit yield and quality, leaf nutrition, and orange orchard soil fertility. Results showed there was no significant difference that citrus yield of 2018 and 2019 in the treatment of cake fertilizer application with nitrogen chemical fertilizer reduced less than 30% compared with the treatment of conventional fertilization. On the contrary, cake fertilizer application with non-nitrogen chemical fertilizer led to the significant lower yield than the conventional fertilization. The treatment of cake fertilizer application with nitrogen chemical fertilizer reduced less than 30% showed a significant lower citrus fruit titratable acid content, but a significant higher ratio of soluble solids to titratable acid than the treatment of conventional fertilization in 2019. The contents of C, N, P, K, Ca and Mg in the leaves showed similar dynamics in each treatment during the citrus growing period, but no significant difference was detected between different treatments in the same period. However, the treatment of cake fertilizer application with nitrogen chemical fertilizer showed a lower leaves TN content than other treatments in most of sample points. In terms of soil nutrients, there was no significant difference on organic matter, total N, available P, available K, available Ca and available Mg contents among the treatments. Thus, on the basis of conventional fertilization in Dangyang area, it was feasible to reduce 30% of chemical nitrogen input with the substituting of cake fertilizer, which may no effect the yield and significantly improve the quality of citrus fruit.

Key words: citrus; organic substitution; fruit; leaf; soil