



陈星月,孙毛毛,付鹏鸿,等.有机肥替代部分化肥对橘园土壤肥力和金秋砂糖橘果实品质及产量的影响[J].江西农业大学学报,2024,46(5):1186-1195.

CHEN X Y,SUN M M,FU P H,et al.Effects of partial substitution of chemical fertilizer by organic fertilizer on soil fertility in Citrus Orchard and fruit quality and yield of *Citrus reticulata* 'Jinqiushatangju'[J].Acta agriculturae universitatis Jiangxiensis,2024,46(5):1186-1195.

有机肥替代部分化肥对橘园土壤肥力和金秋砂糖橘果实品质及产量的影响

陈星月¹,孙毛毛²,付鹏鸿³,胡婷婷¹,车奇凤¹,张婧¹,涂起红^{1*}

(1.东华理工大学地球科学学院,江西南昌330013;2.江西省鹰潭市余江区农业技术推广中心,江西鹰潭335211;3.江西省南城县农业科学技术研究中心,江西抚州344799)

摘要:【目的】施用有机肥是改善金秋砂糖橘品质、提高金秋砂糖橘产量的重要措施之一。旨在探讨不同有机肥施用比例对橘园土壤肥力、金秋砂糖橘产量以及品质影响。【方法】试验设T₁-常规施肥、T₂-有机无机配施(M替代15%化肥氮)、T₃-有机无机配施(M替代30%化肥氮)、T₄-有机无机配施(M替代45%化肥氮)、T₅-有机无机配施(M替代60%化肥氮)共5个施肥处理。研究了不同比例有机肥替代化肥对金秋砂糖橘产量、品质、果园土壤肥力以及经济效益的影响,并采用皮尔逊相关系数分析了产量、品质以及土壤肥力之间的相关关系,同时利用隶属度函数值法综合评价了不同施肥处理的效果。【结果】施用有机肥对金秋砂糖橘产量及品质有明显的促进作用,与常规施肥相比,T₄处理(M替代45%化肥氮)的效果最佳,45%的有机肥替代化肥处理的产量较常规施肥处理可提高16.2%,可溶性固形物含量、可溶性糖含量以及维C含量较常规施肥处理可分别提高14.8%、25.3%、18.8%。同时随着有机肥施用比例的增加,土壤pH、有机质、速效钾、有效磷、全氮以及阳离子交换量整体呈升高的趋势,其中以T₄处理的效果最佳。从投入产出比来看,T₄处理的纯收入较常规施肥处理提高了25%,投入产出比也达到最高。由皮尔逊相关分析可知,金秋砂糖橘的产量与品质、土壤肥力之间存在一定的关系。借助隶属度函数值对其进行综合评价,结果表明T₄处理的评价系数最高,其次为T₅处理,其余施肥处理的评价系数为T₃>T₂>T₁。【结论】有机肥替代部分化肥是提高金秋砂糖橘产量、品质以及培肥土壤的有效方法,综合考虑金秋砂糖橘的产量、品质以及土壤肥力和经济效益各方面因素,各施肥处理的综合效果由优到劣依次为T₄、T₅、T₃、T₂、T₁。

关键词:金秋砂糖橘;有机肥替代部分化肥;产量和品质;土壤肥力

中图分类号:S666

文献标志码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

文章编号:1000-2286(2024)05-1186-10



收稿日期:2024-03-02 修回日期:2024-05-01

基金项目:江西“双千计划”自然科学类长期创新领军人才基金项目(900/2120800004)

Project supported by the Jiangxi 'Double-Thousand Plan' Natural Science Long-term Innovation Leading Talent Fund Project(900/2120800004)

作者简介:陈星月,硕士生,orcid.org/0009-0002-4425-3731,cxy2011238772@163.com; *通信作者:涂起红,博士,主要从事农业资源与环境研究,orcid.org/0000-0002-8779-3319,qihtu@163.com。

©《江西农业大学学报》编辑部,开放获取CC BY-NC-ND协议

Effects of partial substitution of chemical fertilizer by organic fertilizer on soil fertility in citrus orchard and fruit quality and yield of *Citrus reticulata* ‘Jinqiushatangju’

CHEN Xingyue¹, SUN Maomao², FU Penghong³, HU Tingting¹,
CHE Qifeng¹, ZHANG Jing¹, TU Qihong^{1*}

(1. Department of Tourism Geology, East China University of Science and Technology, Nanchang 330013, China; 2. Agricultural Technology Promotion Center of Yujiang District, Yingtan City, Jiangxi Province, Yingtan, Jiangxi 335211, China; 3. Agricultural Science and Technology Research Center of Nancheng County, Jiangxi Province, Fuzhou, Jiangxi 344799, China)

Abstract: [Objective] Organic fertilizer application is one of the important measures to improve the quality and yield of *Citrus reticulata* ‘Jinqiushatangju’. This study aims to explore the effect of different organic fertilizer application ratio on the soil fertility of orange groves, the yield and quality of *Citrus reticulata* ‘Jinqiushatangju’ s. [Method] The experiment was set up with five fertilization treatments: T₁—conventional fertilization, T₂—organic and inorganic dosing (M replacing 15% of fertilizer nitrogen), T₃—organic and inorganic dosing (M replacing 30% of fertilizer nitrogen), T₄—organic and inorganic dosing (M replacing 45% of fertilizer nitrogen), T₅—organic and inorganic dosing (M replacing 60% of fertilizer nitrogen), and T₅—organic and inorganic dosing (M replacing 60% of chemical fertilizer nitrogen). The effects of different proportions of organic fertilizers replacing chemical fertilizers on the yield, quality, soil fertility and economic benefits of *Citrus reticulata* ‘Jinqiushatangju’ were investigated, the correlation between yield, quality and soil fertility was analyzed by Pearson correlation analysis, the effects of different fertilization treatments were comprehensively evaluated by using the method of the subordinate degree of function value. [Result] The results showed that the application of organic fertilizer had obvious promotion effect on the yield and quality of *Citrus reticulata* ‘Jinqiushatangju’. Compared with the conventional fertilization, the T₄ treatment (M replacing 45% of chemical fertilizer nitrogen) had the best effect, and the yield of 45% organic fertilizer replacing chemical fertilizer treatment could be increased by 16.2% compared with that of the conventional fertilization treatment. The content of soluble solids, soluble sugar, and Vitamin C could be increased by 14%, 25.3%, and 18.3%, respectively. Meanwhile, as the proportion of organic fertilizer application increased, the soil pH, organic matter, quick-acting potassium, effective phosphorus, total nitrogen, and cation exchange showed an overall increasing trend. Among them, the T₄ treatment had the best effect. In terms of input-output ratio, the net income of T₄ treatment was 25% higher than that of conventional fertilization treatment, and the input-output ratio was also the highest. The Pearson correlation analysis showed that there was a certain correlation between the yield of *Citrus reticulata* ‘Jinqiushatangju’ and quality and soil fertility. With the help of the affiliation function, the value for its comprehensive evaluation showed that the evaluation coefficient of T₄ treatment was the highest, followed by T₅ treatment, and the evaluation coefficients of the rest of the fertilization treatments were T₃>T₂>T₁. [Conclusion] Replacing part of the chemical fertilizer with organic fertilizer is an effective way to improve the yield and quality of golden autumn tangerine as well as fertilize the soil. Considering the yield and quality of golden autumn tangerine, as well as the factors of soil fertility and economic benefits. Ranging from high to low, the comprehensive effect of each fertilizer treatment is T₄, T₅, T₃, T₂ and T₁.

Keywords: *Citrus reticulata* ‘Jinqiushatangju’; partial substitution of chemical fertilizer by organic fertilizer; yield and quality; soil fertility

【研究意义】化肥是提高粮食产量的重要因素,据联合国粮食和农业组织的资料显示,当前化肥对粮食的增产贡献率可达到40%以上^[1]。化肥作为一种重要的肥料,在促进农业发展、提高粮食产量及品质方面发挥了重要作用,但过量施用化肥会导致生产成本提高,还会引起土壤酸化、板结及环境污染等一系列问题^[2-3]。据中华人民共和国国家统计局数据,2021年我国农用化肥施用量已达5 191.3万t,自上世纪70年代到2021年我国化肥施用量持续增加^[4]。科学合理地施用有机肥,既可提高作物产量、改善农产品品质,又可培肥土壤,防止土壤退化。【前人研究进展】国内外的一些研究结果显示,有机无机配施或有机肥替代部分化肥后,可协调有机与无机养分的平衡供应,增加土壤有机质含量,并提供作物生长所需的养分,在提高作物产量和品质的同时减少化肥施用量^[5-6]。侯海军等^[7]、吴文明等^[8]研究表明有机肥替代部分化肥有利于增加单果质量、提高产量,并有效改善果实品质。陈大超等^[9]、辛浩然等^[10]、俞巧钢等^[11]研究表明施用有机肥在一定程度可增加土壤营养元素的含量,改善柑橘果实品质,并实现柑橘增产增效的目的。刘国群等^[12]研究表明施用商品有机肥,橘园土壤的酸度有所降低,有效地增加了土壤肥力,并增强了土壤的保肥性能。万连杰等^[13]研究表明以适当的有机肥替代部分化肥,可提高果实的产量、改善果实品质,并促进土壤理化性质的改善。并通过主成分分析可知,施用有机肥对椪柑各项指标均有较好的影响,尤其以T₃处理(即以有机肥替代N、P、K的比例为20%、51%和36%)时的效果最好。丰智松等^[14]研究发现,在温州蜜柑的生产过程中,合理施肥不仅可以改善其产量与品质,同时可以促进树体营养均衡,激发树体的产量潜能。

【本研究切入点】研究拟以金秋砂糖橘为研究对象,探讨不同有机肥施用比例对土壤肥力、金秋砂糖橘产量、品质以及经济效益的影响,并利用隶属函数法综合评价不同施肥处理的结果。【拟解决的关键问题】通过本试验研究以期探寻出最适宜当地的有机肥替代化肥施用的肥料配比,为果农科学施肥提供相应的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点与材料

试验于2021年12月—2022年12月在江西省抚州市南城县建昌镇姚家巷村(27°36'N, 116°36'E)进行,该地属亚热带湿润季风性气候,气候四季分明、雨热同期。试验地土壤类型为红壤,土壤养分含量为,全氮含量2.18 g/kg,速效钾含量78 mg/kg,有效磷含量19.9 mg/kg,有机质含量28.7 g/kg, pH值为5.3。柑橘品种为金秋砂糖橘(砧木为红橘,母本为爱媛30号,父本为金秋砂糖橘),试验果园种植的金秋砂糖橘树龄5年,选取的供试果树为生长状况较好、冠幅和株高较一致的挂果植株,株行距为3.0 m×2.5 m,果园管理良好。供试肥料尿素(N≥46.4%),过磷酸钙(P₂O₅≥12%),硫酸钾(K₂O≥50%),有机肥料为九江礼涑生物科技有限公司生产的有机肥(N 1.08%, P₂O₅ 1.96%, K₂O 1.02%, 有机质≥40.04)。

1.2 试验方案

试验设T₁-常规施肥、T₂-有机无机配施(M替代15%化肥氮)、T₃-有机无机配施(M替代30%化肥氮)、T₄-有机无机配施(M替代45%化肥氮)、T₅-有机无机配施(M替代60%化肥氮)共5个处理。各处理施肥情况见表1。

表1 不同处理施肥方案

Tab.1 Fertilization schemes for different treatments

处理 Treatment	试验内容 Test content	有机肥 Organic fertilizer	氮肥 Nitrogen fertilizer	磷肥 Phosphate fertilizer	钾肥 Potash
T ₁	常规施肥	0		常规施肥	
T ₂	有机无机配施	M替代15%N	85%N	P-PM	K-KM
T ₃	有机无机配施	M替代30%N	70%N	P-PM	K-KM
T ₄	有机无机配施	M替代45%N	55%N	P-PM	K-KM
T ₅	有机无机配施	M替代60%N	40%N	P-PM	K-KM

试验共设5个处理,采用随机区组排列,每个处理重复3次。每小区6株果树,选取的果树长势一致且无病害,试验周边设置保护行,其他果园管理措施与常规管理一致。施肥量为施纯氮量为0.69 kg/株,

纯磷量为0.57 kg/株,纯钾量为0.55 kg/株。有机肥作为基肥一次施入,化肥运筹按 $m(\text{基肥}):m(\text{促花肥}):m(\text{壮果肥})=4:3:3$;于1月25日施基肥(春芽萌动前10~15 d),有机肥全部用作基肥,无机肥占全年化肥的40%;于3月28日施促花肥(3月底至4月初),施肥量为全年化肥的30%;于7月12日施壮果肥(放秋梢前10~15 d),施肥量为全年化肥的30%。果园管理按常规措施进行,于12月29日按小区进行单株单收测产。

1.3 样品的采集与测定

于果实成熟期按单株调查产量,记录单果质量,并采集果实样品,沿树冠东南西北各方位各采2个果,3株树为1个混合样品,每份果实样品共24个果,同时每个处理3次重复,用游标卡尺测定果实横纵径,并将直径大于60 mm、大于35 mm且小于60 mm以及小于35 mm分别列为大果、中果和小果。同时在摘果前采集土壤样品,在离树冠滴水线施肥穴15 cm处进行采集,每3株树的土壤样品混合为1份土壤样品,每个处理3次重复。将所采集的果实样品以及土壤样品委托具备资质的检测公司检测维C含量、可溶性固形物含量、可溶性糖含量以及土壤理化性质等数据。采用百分天平测定果实单果质量,利用PAL-1数显糖度仪、蒽酮比色法以及2,6-二氯酚靛酚溶液滴定法分别测定果实可溶性固形物含量、可溶性糖含量以及维C含量。利用NY/T 1121.6—2006重铬酸钾容量法测定土壤有机质,土壤有效磷含量采用NY/T 1121.7—2014钼锑抗比色法测定,pH值采用NY/T 1377—2007电位法,利用NY/T 1121.24—2012自动定氮仪法测定土壤全氮含量,乙酸铵浸提—火焰光度计法测定土壤速效钾含量,阳离子交换量采用NY/T 1221.5—2006进行测定。

1.4 数据处理方法

用Excel 2019对数据进行统计,运用SPSS27.0软件对数据进行处理和分析,采用单因素方差分析进行显著性检验并采用Duncan's法检验处理间显著水平,并用Origin.21作图。

利用隶属度值法对金秋砂糖橘的产量、品质、土壤理化性质以及经济效益等指标进行综合评价。当某一指标与评价性质呈正相关时,利用下列公式求各指标的隶属度值:

$$R(X_i) = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (1)$$

式(1)中, X_i 为指标的测定值, X_{\max} 和 X_{\min} 为某一测试指标的最大值和最小值,若某一指标与评价性质呈负相关时,则采用下列公式计算其隶属度值:

$$R(X_i) = 1 - \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (2)$$

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对金秋砂糖橘产量及经济性状的影响

由图1可知,随有机肥替代比例的上升,金秋砂糖橘的产量呈上升趋势,且不同施肥处理的金秋砂糖橘产量较常规施肥处理增产5.7%~16.2%。除 T_2 处理外,其余施肥处理的金秋砂糖橘产量较常规施肥处理均有显著差异($P<0.05$)。其中 T_4 处理的金秋砂糖橘产量最高,达29.8 kg/株, T_5 处理次之,达29.5 kg/株。

由表2可知,不同施肥处理的金秋砂糖橘果实大小均有一定差异。不同施肥处理的金秋砂糖橘大果(直径>60 mm)质量较常规施肥处理的大果质量分别增重10.6%~23.9%,不同施肥处理较常规施肥处理均有显著差异($P<0.05$),其中 T_4 处理的金秋砂糖橘大果质量最高,达7.2 kg, T_5 处理次之。不同施肥处理的金秋砂糖橘中果(直径35~60 mm)质量较常规施肥处理显著增重5.7%~22.1%($P<0.05$),其中 T_4 、 T_5 处理较常规施肥处理有显著差异,而 T_2 、 T_3 较常规施肥处理之间差异不显著。不同施肥处理的金秋砂糖橘小果(直径<35 mm)质量较常规施肥处理显著减重21.4%~46.4%($P<0.05$)。不同施肥处理的中果单株果重较常规施肥处理显著增加了6.8%~23.0%($P<0.05$)其中 T_4 处理较常规施肥处理均显著增加。由此可见,有机肥替代部分化肥能有效实现增产,且以 T_4 处理的增产效果最好。

2.2 不同施肥处理对金秋砂糖橘品质的影响

由图2可知,随有机肥替代比例的上升,不同施肥处理的可溶性固形物含量、可溶性糖以及维C含

量均有所增加,各施肥处理的可溶性糖之间差异达显著水平($P<0.05$),相较于常规施肥处理,各施肥处理的可溶性糖含量增加了 4.1%~25.3%。而可溶性固形物含量以及维 C 含量虽有增加,但差异不显著($P>0.05$)。

2.3 不同施肥处理对金秋砂糖橘园土壤肥力的影响

由表 3 可知,不同施肥处理的土壤理化性状指标均较常规施肥处理均有所提高。其中土壤 pH、全氮、有效磷、速效钾以及阳离子交换量较常规施肥处理分别提高了 1.4%~4.1%、2.3%~7.3%、0.4%~5.2%、6.6%~21.1%、2.9%~12.3%,但各施肥处理之间差异未达显著水平($P>0.05$)。各施肥处理的土壤有机质含量相较于常规施肥处理,除 T₂ 处理不显著外,其余处理的有机质含量均显著高于常规施肥

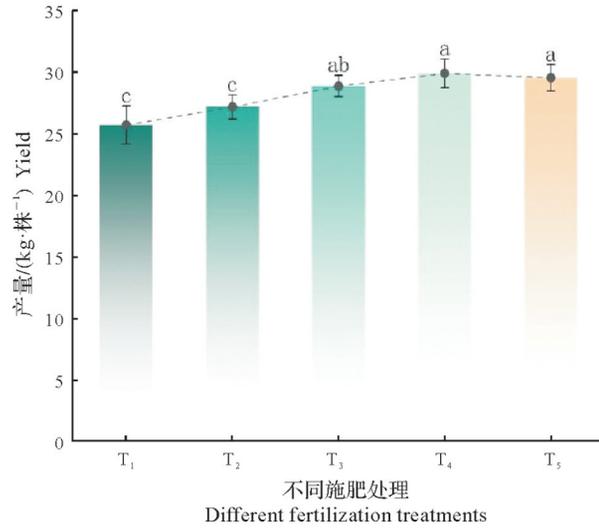


图 1 不同施肥处理对金秋砂糖橘产量的影响

Fig.1 Effect of different fertilization treatments on yield of *Citrus reticulata* 'Jinqiushatangju'

表 2 不同施肥处理对金秋砂糖橘果实大小的影响

Tab.2 Effect of different fertilization treatments on fruit size and yield per plant of *Citrus reticulata* 'Jinqiushatangju'

处理 Treatment	大果 Pistachio nuts (Calibre>60 mm)		中果 Sino-fruit (Calibre 35 ~ 60 mm)		小果 Gadget (Calibre<35 mm)		中果单株果质量/kg Fruit weight per plant
	株数 Number of plant	质量/kg Weights	株数 Number of plants	质量/kg Weights	株数 Number of plants	质量/kg Weights	
	T ₁	6	5.77±0.26 ^d	6	134.33±12.66 ^c	6	
T ₂	6	6.38±0.18 ^c	6	142±11 ^{bc}	6	14.67±1.53 ^b	23.5±0.96 ^{bc}
T ₃	6	6.71±0.19 ^{bc}	6	154±11.53 ^{abc}	6	13±1 ^{bc}	25.61±1.33 ^{ab}
T ₄	6	7.15±0.14 ^a	6	164±10.15 ^a	6	10±1 ^c	27.07±1.07 ^a
T ₅	6	6.92±0.22 ^{ab}	6	158.67±10.02 ^{ab}	6	12.33±0.58 ^{bc}	26.26±0.86 ^a

同列不同小写字母表示处理间差异有显著差异($P<0.05$)。

The same column with different lowercase letters indicates significant differences between treatments.

处理($P<0.05$),不同比例施肥的土壤有机质增幅分别为 3.9%、8.9%、10.3%、12.6%,由此可知,随着化肥量的减少并增施一定比例的有机肥,可促进土壤有机质含量的提升,故土壤有机质的增加与有机肥的施用之间存在密切关系。

2.4 不同施肥处理对金秋砂糖橘经济效益的影响

由表 4 可知,不同施肥处理的金秋砂糖橘总产值、纯收入以及投入产出比均有差异。不同施肥处理的金秋砂糖橘产值为 708.82~779.72 元/hm²,且较常规施肥处理产值增加了 5.7%~14.9%。不同施肥处理的金秋砂糖橘纯收入为 440.22~508.59 元/hm²,其中 T₄ 处理的经济效益最优,纯收入为 508.59 元/hm²,较常规施肥处理增收 101.75 元/hm²,提高了 25%。从投入产出比来看,T₄ 处理的投入产出比也达到了最高,为 1:2.88。故当有机肥替代比例达到 45% 时能有效增加金秋砂糖橘的经济效益。

2.5 不同施肥处理对金秋砂糖橘产量、品质及土壤理化性质的相关性分析

选取金秋砂糖橘的产量、品质以及土壤理化性质等指标进行皮尔逊相关分析,由图 3 可知,金秋砂糖橘的每株单产与可溶性糖、有机质均呈极显著正相关,与可溶性固形物、阳离子交换量呈显著正相关。可溶性糖含量与有机质均呈极显著正相关,与可溶性固形物、pH 值、阳离子交换量呈显著正相关。可溶性固形物含量与维 C 含量以及土壤养分指标均呈极显著正相关。维 C 含量与土壤养分指标均呈极显著正相关。土壤 pH 与其他土壤养分指标均呈极显著正相关。全氮与有效磷、速效钾以及阳离子交换量均

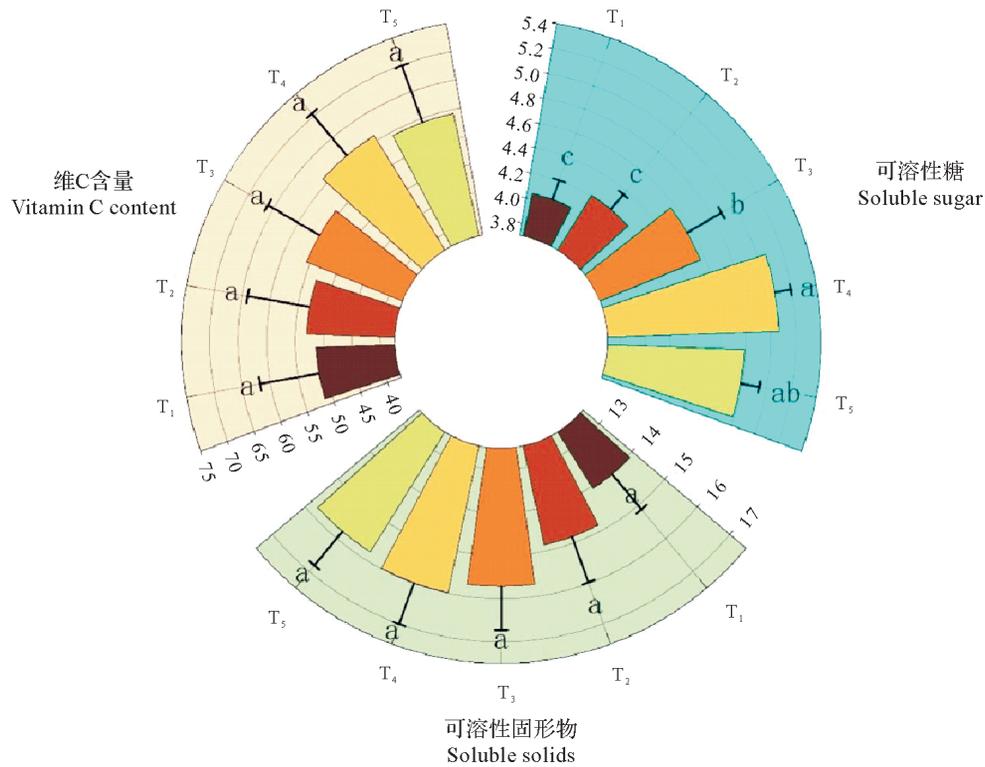


图2 不同施肥处理对金秋砂糖橘品质的影响

Fig.2 Effect of different fertilization treatments on the quality of *Citrus reticulata* 'Jinqiushatangju'

表 3 不同施肥处理的土壤理化性质

Tab.3 Soil physicochemical properties of different fertilization treatments

处理 Treatment	pH 值 pH value	有机质/(g·kg ⁻¹) Organic matter	全氮/(g·kg ⁻¹) Total nitrogen	有效磷/(mg·kg ⁻¹) Olsen-p	速效钾/(mg·kg ⁻¹) Available potassium	阳离子交换量 [cmol(+).kg ⁻¹]
T ₁	4.85±0.14 ^a	29.88±1.02 ^c	2.06±0.17 ^a	19.3±1.1 ^a	71±11 ^a	15.17±0.96 ^a
T ₂	4.92±0.11 ^a	31.05±1.02 ^{bc}	2.11±0.15 ^a	19.37±1.2 ^a	75.67±10.02 ^a	15.6±1.1 ^a
T ₃	4.95±0.11 ^a	32.54±1.02 ^{ab}	2.14±0.2 ^a	19.47±1.15 ^a	79.33±9.5 ^a	16.1±1.1 ^a
T ₄	5.05±0.05 ^a	33.64±1.05 ^a	2.21±0.11 ^a	20.3±1.1 ^a	86±6 ^a	17.03±1.05 ^a
T ₅	4.99±0.11 ^a	32.96±1.08 ^{ab}	2.18±0.15 ^a	19.77±1.15 ^a	78.67±12.34 ^a	16.57±1 ^a

同列不同小写字母表示处理间差异有显著差异(P<0.05)。

The same column with different lowercase letters indicates significant differences between treatments.

表 4 不同施肥处理对金秋砂糖橘经济效益的影响

Tab.4 Effects of different fertilization treatments on economic benefits of *Citrus reticulata* 'Jinqiushatangju'

处理 Treatment	肥料投入 Fertilizer input	农药投入 Pesticide input	人工投入 Labor input	总投入 Total input	总产值 Gross product	纯收入 Net income	投入产出比 Input-output ratio
T ₁	560	900	2 500	3 960	10 062.6	6 102.6	2.54
T ₂	629	900	2 500	4 029	10 632.3	6 603.3	2.64
T ₃	652	900	2 500	4 052	11 294.4	7 242.4	2.79
T ₄	667	900	2 500	4 067	11 695.8	7 628.8	2.88
T ₅	683	900	2 500	4 083	11 557.9	7 474.9	2.83

金秋砂糖橘单价按当时市场价 5.6 元/kg 计算。

The unit price of *Citrus reticulata* 'Jinqiushatangju' is calculated based on the market price at that time, which is 5.6 yuan per kilogram.

呈极显著正相关。有机质与全氮、有效磷、速效钾以及阳离子交换量均呈极显著正相关。有效磷与速效钾和阳离子交换量均呈正相关。速效钾与阳离子交换量之间也呈极显著正相关。

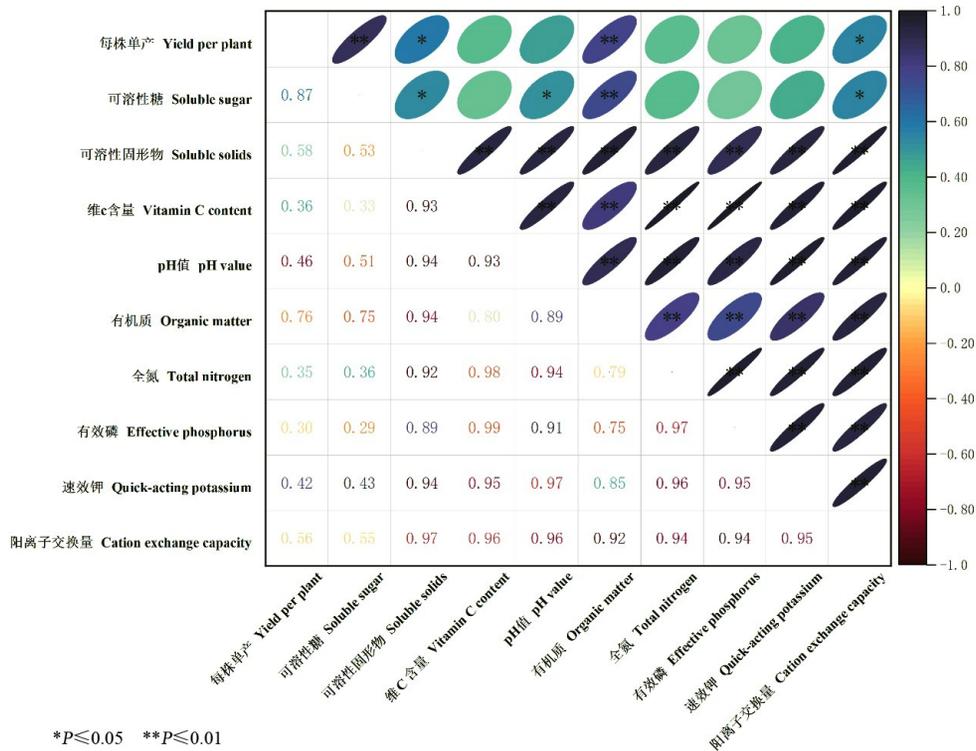


图3 Person's 相关分析

Fig.3 Person's correlation analysis

3 不同施肥处理效果的综合评价

金秋砂糖橘的产量、果实平均直径、可溶性固形物含量、维C含量等指标的高低是衡量金秋砂糖橘质量的标准之一,但单一的评价指标难以全面反映金秋砂糖橘的质量,而综合评价法可以在某种程度上弥补单一指标评价的不足。故本文采用隶属度函数法,以金秋砂糖橘产量、品质、土壤理化性质以及经济效益等指标进行综合评价,计算不同施肥处理的隶属度函数值的平均值,并进行排序。由表5可知,为T₄处理的评价系数最高,其评价系数为0.8,其次为T₅处理,其评价系数为0.68,其余施肥处理的评价系数为T₃>T₂>T₁。因此,综合来看,T₄处理即有机无机配施(M替代45%化肥氮)的评价结果最优。

4 讨论与结论

4.1 讨论

有机肥与化肥的施用量影响着金秋砂糖橘的产量以及果实品质的优劣。研究表明,适量有机肥替代化肥较常规施肥更能有效增加果实产量、可溶性固形物含量、维C含量以及可溶性糖含量^[15-16]。试验结果表明,不同比例有机肥替代化肥的中果单株果质量以及单株产量较常规施肥处理分别增加了5.71%~22.08%、5.66%~16.23%,且以有机肥替代T₄处理增产效果最好,T₅处理次之。万连杰等^[17]研究发现,有机肥替代处理较单施化肥处理在2019年和2020年间椪柑的产量平均增加7.2%~26.4%、2.0%~36.9%。本试验研究结果与其一致。刘红明等^[18]、尹雯靖等^[19]和李国良等^[20]的研究结果也均体现了有机肥替代部分化肥对提高果实产量有一定的影响。此外,本试验中有机肥替代部分化肥对金秋砂糖橘品质如果实平均直径、可溶性固形物含量、可溶性糖含量以及维C含量均有所增加。其原因可能是有机肥作为一种缓释型肥料,可均衡持久供应金秋砂糖橘生长所需要的养分,促进了果实产量的提高。同时有机肥加强了金秋砂糖橘叶片的光合作用,促进了可溶性固形物含量、维C含量以及可溶性糖含量的提高,在一定程度上促进了金秋砂糖橘品质的提升。这与前人^[15-16,21]研究结果类似。由此说明,一定比例的

表5 不同施肥处理的隶属度函数评价结果

Tab.5 Evaluation results of the affiliation function for different fertilization treatments

指标 Target	各指标在各处理中的隶属度值 Affiliation value of each indicator in each treatment				
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
	平均每株单产 Average yield per plant	0.24	0.45	0.69	0.83
大果 Large fruit	0.16	0.50	0.68	0.92	0.79
中果 Medium fruit	0.22	0.37	0.60	0.79	0.69
小果 small fruit	0.68	0.81	0.87	0.97	0.89
中果单株果质量 Fruit weight per plant	0.24	0.42	0.68	0.86	0.76
维C含量 mg/100g Vitamin C content	0.24	0.42	0.68	0.86	0.76
可溶性糖/% Soluble sugars	0.12	0.24	0.51	0.89	0.68
可溶性固形物含量/% Soluble solids content	0.26	0.46	0.67	0.74	0.69
pH值 pH value	0.34	0.51	0.59	0.85	0.69
有机质 Organic matter	0.17	0.38	0.63	0.82	0.70
全氮 Total nitrogen	0.39	0.50	0.57	0.73	0.66
有效磷 Effective phosphorus	0.34	0.36	0.40	0.66	0.49
速效钾 Quick-acting potassium	0.34	0.49	0.60	0.81	0.58
阳离子交换量 Cation exchange capacity	0.23	0.34	0.47	0.72	0.60
产值 Production value	0.00	0.35	0.75	1.00	0.92
纯收入 Net income	0.00	0.33	0.75	1.00	0.90
总投入 Total investment	1.00	0.44	0.25	0.13	0.00
平均隶属度值 Average affiliation value	0.29	0.43	0.61	0.80	0.68
排名 Rankings	5	4	3	1	2

有机肥替代部分化肥,对提高金秋砂糖橘品质的有一定的促进作用。

以适当比例的有机肥替代化肥可以综合二者的优势并在一定程度上减少二者的弊端,同时还能缓慢分解释放养分,保证作物生长发育所需要的养分需求^[22]。前期研究表明有机肥替代部分化肥可改善土壤质量和肥力。谢育利等^[23]通过研究发现,有机肥替代部分化肥可增加土壤微生物含量,提升地力,并实现土壤改良。巩庆利等^[24]研究表明有机无机配施可促进果树生长,同时改善果园土壤质量,并促进产量以及品质的提高。本试验研究发现,有机肥替代处理的土壤pH较常规施肥处理提高了1.37%~4.12%,对土壤酸化有一定的缓解作用,这与Yang等^[25]和Yousefzadeh等^[26]的研究结果类似。本试验中土壤各养分指标较常规施肥处理均有所增加,这与前人的研究结果类似。但土壤理化性质的改变是一个慢长的过程,因此,本研究中不同施肥处理所测定的土壤性质之间差异未达显著水平。因此,根据金秋砂糖橘的产量、品质、土壤肥力以及经济效益等情况,推荐有机肥替代化肥45%的处理,后期可通过对环境生态等进行综合评估,确定最优的有机肥替代比例。

4.2 结论

本试验研究结果表明,有机肥替代部分化肥对金秋砂糖橘产量、品质以及土壤肥力有一定的促进作用。同时利用隶属度函数值法对不同施肥处理进行综合评价,结果表明以T₄处理的效果最好,即以有机肥替代45%化肥氮效果最佳。

致谢:南城县2021年绿色种养循环农业项目同时对本研究给予了资助,谨致谢意!

参考文献 References:

- [1] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). FAO statistical pocketbook: World food and agriculture 2015[DB/OL]. <https://www.fao.org/3/i4691e/i4691e.pdf>, 2016-12-10.
- [2] LYU F L, SONG J S, GILTRAP D. Crop yield and N₂O emission affected by long-term organic manure substitution fertilizer under winter wheat-summer maize cropping system[J]. Science of the total environment, 2020, 732: 139321.
- [3] QIU F Y, LIU W H, CHEN L, et al. Bacillus subtilis biofertilizer application reduces chemical fertilization and improves fruit quality in fertigated Tarocco blood orange groves[J]. Scientia horticulturae, 2021, 281: 110004.

- [4] 中华人民共和国国家统计局.中国统计年鉴2022[M].北京:中国统计出版社,2022.
National Bureau of Statistics of the People's Republic of China.China statistical yearbook 2022[M].Beijing: China Statistics Press, 2022.
- [5] 温延臣,张曰东,袁亮,等.商品有机肥替代化肥对作物产量和土壤肥力的影响[J].中国农业科学,2018,51(11): 2136-2142.
WEN Y C, ZHANG Y D, YUAN L, et al.Crop yield and soil fertility response to commercial organic fertilizer substituting chemical fertilizer[J].Scientia agricultura Sinica, 2018, 51(11): 2136-2142.
- [6] 谢军,赵亚南,陈轩敬,等.有机肥氮替代化肥氮提高玉米产量和氮素吸收利用效率[J].中国农业科学,2016,49(20):3934-3943.
XIE J, ZHAO Y N, CHEN X J, et al.Organic fertilizer N replaces chemical fertilizer N to improve maize yield and nitrogen uptake and utilization efficiency[J].Chinese agricultural science, 2016, 49(20): 3934-3943.
- [7] 侯海军,韩健,黄继桃,等.配施有机肥和稻草对湘西北椪柑产量及品质的影响[J].湖南农业科学,2020(6):38-41.
HOU H J, HAN J, HUANG J T, et al.Effect of organic fertilizer and straw substitute for part of chemical fertilizer on yield and quality of Ponkan in northwestern Hunan[J].Hunan agricultural sciences, 2020, (6): 38-41.
- [8] 吴文明,黄贝,吴韶辉,等.有机叶面肥对柑橘生长和果实品质的影响[J].浙江农业科学,2020,61(1):65-66.
WU W M, HUANG B, WU S H, et al.Effects of organic foliar fertilizers on citrus growth and fruit quality[J].Zhejiang agricultural science, 2020, 61(1): 65-66.
- [9] 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.
CHEN D C, ZHANG Y Q, GAN T, et al.The response of citrus yield and quality to application of organic fertilizer with different depths and rates[J].Soil and fertilizer sciences in China, 2018(4): 143-147.
- [10] 辛浩然,雷云辉,代睿,等.有机肥配施化肥对橘园土壤肥力、果实品质及产量的影响[J].中国沼气,2022,40(2): 60-66.
XIN H R, LEI Y H, DAI R, et al.Effects of organic fertilizers combined with chemical fertilizers amendment on soil fertility, fruit quality and yield in Citrus orchards[J].China biogas, 2022, 40(2): 60-66.
- [11] 俞巧钢,孙万春,叶静,等.有机肥替代化肥对橘园土壤培肥及果实产量品质的影响[J].农业资源与环境学报,2023, 40(4):755-762.
YU Q G, SUN W C, YE J, et al.Effects of organic manure on soil fertility and fruit yield and quality in citrus orchard[J]. Journal of agricultural resources and environment, 2023, 40(4): 755-762.
- [12] 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.
LIU G Q, LI L L, WANG H H, et al.Effects of application of commercial organic fertilizer on orange orchard soil[J].Zhejiang agricultural science, 2018, 59(7): 1171-1173.
- [13] 万连杰,何满,李俊杰,等.有机肥替代部分化肥对椪柑生长、品质及土壤特性的影响[J].中国农业科学,2022,55(15):2988-3001.
WAN L J, HE M, LI J J, et al.Effects of partial substitution of chemical fertilizer by organic fertilizer on ponkan growth and quality as well as soil properties[J].Scientia agricultura Sinica, 2022, 55(15): 2988-3001.
- [14] 丰智松,段志平,李增源,等.优化施肥对上海产区温州蜜柑生长的影响[J].中国土壤与肥料,2023(2):171-177+233.
FENG Z S, DUAN Z P, LI Z Y, et al.Effects of application of commercial organic manure on soil in citrus on orchard[J].Zhejiang agricultural science, 2018, 59(7): 1171-1173.
- [15] 司若彤,刘维,林电.有机肥部分替代化肥对台农芒果产量和品质的影响[J].中国土壤与肥料,2020(4):107-114.
SI R T, LIU W, LIN D.Effect of partial replacement of chemical fertilizer by organic fertilizer on yield and quality of Tainong mango[J].Soils and fertilizers sciences in China, 2020(4): 107-114.
- [16] 刘中良,高俊杰,谷端银,等.有机肥替代化肥对土壤环境和番茄品质的影响[J].南方农业学报,2020,51(2): 357-363.
LIU Z L, GAO J J, GU D Y, et al.Effects of organic fertilizer substituting chemical fertilizer on soil environment and tomato quality[J].Journal of southern agriculture, 2020, 51(2): 357-363.
- [17] 万连杰,何满,田洋,等.有机肥替代化肥比例对椪柑生长发育、产量和土壤生物学特性的影响[J].植物营养与肥料学报,2022,28(4):675-687.
WAN L J, HE M, TIAN Y, et al.Effects of partial substitution of chemical fertilizer with organic fertilizer on Ponkan growth

- and yield and soil biological properties[J].Journal of plant nutrition and fertilizers,2022,28(4):675-687.
- [18] 刘红明,龙春瑞,潘艳华,等.化肥减量配施有机肥对柠檬树体生长、果实产量及品质的影响[J].中国农学通报,2020,36(24):42-46.
- LIU H M, LONG C R, PAN Y H, et al.Effects of chemical fertilizer reduction combined with organic fertilizer application on growth, fruit yield and quality of lemon trees[J].Chinese agricultural science bulletin,2020,36(24):42-46.
- [19] 尹雯靖,何伟,田艳领,等.有机肥替代部分化肥对黄金梨产量和品质的影响[J].落叶果树,2022,54(6):37-40.
- YIN W J, HE W, TIAN Y L, et al.Effects of chemical fertilizer reduction combined with organic fertilizer application on yield, quality and soil properties of Whankeumbae pear[J].Deciduous fruits,2022,54(6):37-40.
- [20] 李国良,何兆桓,杨苞梅.有机肥配施微生物菌剂对贡柑品质、产量和土壤肥力的影响[J].广东农业科学,2019,46(7):60-65.
- LI G L, HE Z H, YANG B M.Effects of organic fertilizer combined with microbial agents on quality and yield of *Citrus reticulata* Blanco var. Gonggan and soil fertility[J].Guangdong agricultural sciences,2019,46(7):60-65.
- [21] 谢军,赵亚南,陈轩敬,等.有机肥氮替代化肥氮提高玉米产量和氮素吸收利用效率[J].中国农业科学,2016,49(20):3934-3943.
- XIE J, ZHAO Y N, CHEN X J, et al.Nitrogen of organic manure replacing chemical nitrogenous fertilizer improve maize yield and nitrogen uptake and utilization efficiency[J].Scientia agricultura Sinica,2016,49(20):3934-3943.
- [22] 蒋强,刘子凡,王燕武,等.生物有机肥替代化肥对樱桃番茄产量、品质及土壤理化性质的影响[J].中国瓜菜,2023,36(10):71-77.
- JIANG Q, LIU Z F, WANG Y W, et al.Effects of bio- organic fertilizer application as partial replacement for chemical fertilizers on yield, quality and soil fertility of cherry tomatoes[J].Chinese squash,2023,36(10):71-77.
- [23] 谢育利,王瑾,苏天明,等.氨基酸有机肥对沃柑产量、品质及土壤理化性质的影响[J].广西科学院学报,2022,38(3):281-287.
- XIE Y L, WANG J, SU T M, et al.Effects of amino acid organic fertilizer on the yield, quality and soil physical and chemical properties of orah[J].Journal of Guangxi academy of sciences,2022,38(3):281-287.
- [24] 巩庆利,翟丙年,郑伟,等.渭北旱地苹果园生草覆盖下不同肥料配施对土壤养分和酶活性的影响[J].应用生态学报,2018,29(1):205-212.
- GONG Q L, ZHAI B N, ZHENG W, et al.Effects of grass cover combined with different fertilization regimes on soil nutrients and enzyme activities in apple orchard in Weibei dryland, China[J].Chinese journal of applied ecology,2018,29(1):205-212.
- [25] 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.
- [26] YOUSEFZADEH S, MODARRES SANAVY S A M, GOVAHI M, et al.Effect of organic and chemical fertilizer on soil characteristics and essential oil yield in dragonhead[J].Journal of plant nutrition,2015,38(12):1862-76.