有机无机肥料配施对“阳光玫瑰”葡萄产量、品质及土壤养分的影响

王春兰，和爱玲，刘高远，杜　君

（河南省农业科学院植物营养与资源环境研究所/河南省农业资源与环境重点实验室，河南 郑州　450002）

[摘　要] 明确有机肥、中微量元素肥与化肥配施对“阳光玫瑰”葡萄产量品质及土壤养分的影响，可以为选择适宜的施肥方式及优质葡萄生产提供参考依据。本试验以单施化肥（CK）为对照，设置含腐植酸生物有机肥+80%化肥氮（T1）、含腐植酸生物有机肥+60%化肥氮（T2）、含腐植酸生物有机肥+40%化肥氮（T3）、含腐植酸生物有机肥+60%化肥氮+根施钙镁硼肥（T4）和含腐植酸生物有机肥+60%化肥氮+根施+叶面喷施钙镁硼肥（T5）处理，分析有机无机肥料配施对“阳光玫瑰”葡萄产量、品质及土壤养分的影响。结果表明，含腐植酸生物有机肥替代40%化肥并配施钙镁硼肥可以降低土壤pH，弱化土壤碱性，显著提高土壤有机质、氮磷钾养分及中微量元素养分含量。在有机替代比例中，40%的有机替代比例最有利于“阳光玫瑰”的产量提升，比对照产量提升17.9%。含腐植酸生物有机肥替代40%化肥并配施钙镁硼肥比常规施肥对照的“阳光玫瑰”产量提高了43.2%，可溶性固形物含量提高20%，酸度降低了29.4%。因此，有机肥、中微量元素肥与化肥配施有利于提升土壤养分含量、“阳光玫瑰”的色泽明亮度及饱和度及产量和风味。

[关键词] 有机无机肥料配施；“阳光玫瑰”葡萄；施肥；中微量元素肥；土壤养分；产量；品质
[中图分类号] S147.2　　[文献标志码] A　　[文章编号] 2097-4566（2026）08-0107-07

Effects of combined application of organic and inorganic fertilizers on yield, quality and soil nutrients of Shine Muscat grape

WANG Chunlan, HE Ailing, LIU Gaoyuan, DU Jun

(*Key Laboratory of Agricultural Resources and Environment of Henan Province, Institute of Plant Nutrition, Resource and Environment, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou* 450002, *China*)

Abstract: To clarify the effects of combined application of organic fertilizer, medium and trace element fertilizer and chemical fertilizer on the yield, quality of “Shine Muscat” grape and soil nutrients, so as to provide reference for selecting suitable fertilization methods and high-quality grape production. Taking a single application of chemical fertilizer (CK) as the control, this experiment set up the treatments including humic acid-containing bio-organic fertilizer + 80% chemical fertilizer nitrogen (T1), humic acid-containing bio-organic fertilizer + 60% chemical fertilizer nitrogen (T2), humic acid-containing bio-organic fertilizer + 40% chemical fertilizer nitrogen (T3), humic acid-containing bio-organic fertilizer + 60% chemical fertilizer nitrogen + root application of calcium-magnesium-boron fertilizer (T4), and humic acid-containing bio-organic fertilizer + 60% chemical fertilizer nitrogen + root application + foliar spraying of calcium-magnesium-boron fertilizer (T5). The effects of the combined application of organic and inorganic fertilizers on the yield, quality of “Shine Muscat” grape and soil nutrients are analyzed. The results show that substituting 40% of chemical fertilizer with humic acid-containing bio-organic fertilizer combined with calcium-magnesium-boron fertilizer can reduce soil pH, weaken soil alkalinity, and significantly increase the contents of soil organic matter, nitrogen, phosphorus, potassium nutrients as well as medium and trace element nutrients. Among the organic substitution ratios, 40% organic substitution ratio is the most favorable for the yield improvement of “Shine Muscat”, which increases the yield by 17.9% compared with the control. Compared with the conventional fertilization control, substituting 40% of chemical

收稿日期:2025-12-11
作者简介:王春兰(1994—　),女,河南焦作人,硕士,研究实习员,研究方向为葡萄高效施肥。
通信作者:杜　君(1978—　),男,河南周口人,博士,副研究员,主要从事植物营养与作物施肥研究。
基金项目:2023年河南省科技攻关项目(232102110060)

fertilizer with humic acid-containing bio-organic fertilizer combined with calcium-magnesium-boron fertilizer increases the yield of "Shine Muscat" by 43.2%, the content of soluble solids by 20%, and decreases the acidity by 29.4%. Therefore, the combined application of organic fertilizer, medium and trace element fertilizer and chemical fertilizer is beneficial to increase soil nutrient content, improve the color brightness and saturation, as well as the yield and flavor of "Shine Muscat" grape.

Key words: combined application of organic and inorganic fertilizers; "Shine Muscat" grape; fertilization; medium and trace element fertilizer; soil nutrient; yield; quality

"阳光玫瑰"是日本果树研究所将安芸津21号与白南杂交选育出的二倍体欧美杂交种葡萄[1]，其抗病性强、产量高、味道香浓、耐储藏运输，深受广大消费者和种植户的青睐[2]。"阳光玫瑰"葡萄喜大肥大水，近年来，在葡萄生产过程中存在因盲目施用肥料造成肥料浪费、土壤养分过量和土壤污染等问题，影响葡萄产业的可持续发展[3-4]。

有机肥替代化肥有利于实现农业有机废弃物再生利用、化肥减量增效，也是发展绿色农业的重要途径[5]。大量研究表明，减施化肥配合增施有机肥、氨基酸水溶性肥可有效提高土壤的有机质、氨基酸含量，改善土壤物理化学性质、增强微生物活性等，为作物提供较好的生长发育环境，达到增产和提质的目的[6-7]。随着人们对生态环境及食品安全、农产品风味的重视，诸多学者开展了生物有机肥及中微量元素肥等新型肥料与化肥配施对土壤健康及农产品产量和品质的影响研究。甘甜等[8]研究表明，减量施用化肥可以显著提高葡萄可溶性固形物和还原糖含量。谢蜀豫等[9]研究显示，有机肥配施过磷酸钙和化肥可以显著提升"阳光玫瑰"的产量和品质，并可以使果实的香味更浓郁。马忠明等[10]研究发现，化肥减半配施有机肥不仅有效抑制河西灌区酿酒葡萄的营养生长，且显著提高葡萄产量和品质。田益华等[11]设置有机肥梯度试验，结果表明基肥配施有机肥有利于促进夏黑葡萄叶片的光合作用和化学物质的转化和积累，改善果实品质，但有机肥的施用量过多会适得其反。因此，确定科学的有机无机肥配比对实现土质提升和果实优质高产具有重要意义。

针对新乡地区葡萄生产中面临的葡萄品质下降、化肥利用效率低以及土壤肥力退化等问题，以新乡市河南现代农业研究开发基地的葡萄园为试点，以"阳光玫瑰"葡萄为试材，研究不同比例的有机肥替代化肥施肥处理以及配施中微量元素肥对葡萄产量、品质以及土壤肥力的影响，对葡萄园科学合理施肥以及改善土壤质量、提高果实品质和产量及保障葡萄产业的可持续发展具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

本研究于2023—2024年在河南省新乡市河南现代农业研究开发基地开展。试验地地处黄河北岸，属暖温带大陆性季风气候，海拔81 m，年平均气温约14.4 ℃，年均降雨量550 mm，无霜期220 d。该地区土壤类型为灰潮土，土壤质地属砂土类，颗粒组成以砂粒为主，但含有一定比例的黏土成分，保水保肥能力强，适宜种植葡萄、梨等多种果树。试验开始前0～40 cm土层理化性质如下：pH 8.76，w（有机碳）8.29 g/kg，w（全氮）0.42 g/kg，w（全磷）0.64 g/kg，w（全钾）17.5 g/kg，w（碱解氮）71.9 mg/kg，w（有效磷）19.1 mg/kg，w（速效钾）148.2 mg/kg，w（硼）0.51 mg/kg，b（交换性镁）3.46 cmol/kg。

1.2 试验设计

根据"阳光玫瑰"葡萄生长发育养分需求特征，设置单施化肥（对照CK）、含腐植酸生物有机肥+80%化肥氮（T1）、含腐植酸生物有机肥+60%化肥氮（T2）、含腐植酸生物有机肥+40%化肥氮（T3）、含腐植酸生物有机肥+60%化肥氮+根施钙镁硼肥（T4）、含腐植酸生物有机肥+60%化肥氮+根施+叶面喷施钙镁硼肥（T5）6个处理，重复3次，共18个小区。每个小区3～5棵葡萄树，完全随机排列设计。供试葡萄品种为"阳光玫瑰"，树龄为8年，所有处理化肥和有机肥施用量见表1。在化肥中，N、P_2O_5和K_2O采用肥料种类分别为尿素（w(N) 46.7%）、过磷酸钙（w(P_2O_5) 12.0%）和硫酸钾（w(K_2O) 60.0%）；试验所用有机肥为含腐植酸生物有机肥，由15%硝基腐植酸与75%生物有机肥混合而成。其中，所用矿源硝基腐植酸由河南修邦生态科技有限公司提供，腐植酸中的碳、氢、氧和氮质量分数分别为47.00%、4.89%、1.04%和33.56%。考虑磷、钾含量，不足部分利用化肥等量补充；试验所用中微量元素肥信息如下，硼肥所选材料为硼

砂（$Na_2B_4O_7·10H_2O$，w(B)11.3%），镁肥所选材料为硫酸镁（$MgSO_4·7H_2O$，w(Mg) 9.8%），钙肥所选材料为过磷酸钙（磷酸二氢钙（$Ca(H_2PO_4)_2·H_2O$）与硫酸钙（$CaSO_4·2H_2O$）的混合物，w(Ca) 15%），中微量元素肥喷施在膨果期（果实直径2～3 cm时）、转色前10～15 d，各喷1～2次，间隔7～10 d，喷施溶液质量分数为过磷酸钙0.3%+硫酸镁0.2% +硼砂0.1%（混合后总质量分数≤0.6%）。施肥时期为采收后、萌芽－花前、膨大期和转色期；施肥位置位于距中心干60 cm处的架前和架后；施肥方式为条沟状施肥，沟宽30 cm、深40 cm。树体修剪、灌水、病虫害防控、杂草防控等其他田间管理均与当地农户“阳光玫瑰”葡萄园保持一致。有机肥及钙镁硼肥于秋季基施，深度20～40 cm；其他化肥进行追施，使用量根据各阶段养分需求量确定。

表1　不同处理生育期内施肥量

Table 1　Fertilizer application rates during the growth period under different treatments　kg/hm²

处理	化肥用量			有机肥用量	Ca肥量	Mg肥量	B肥量
	N	P_2O_5	K_2O				
CK	240	180	330				
T1	192	180	330	30 000			
T2	144	180	330	45 000			
T3	96	180	330	60 000			
T4	144	180	330	45 000	30.0	15.0	1.50
T5	144	180	330	45 000	30.0	15.0	1.50

1.3　样品采集

在花期施肥前和果实采收后，在距葡萄主干45 cm处采用五点取样法，分别在各小区随机选5个取样点，用土钻采集0～40 cm土样，剔除碎根系、小石块等杂物，混匀后将样品装入自封袋，带回实验室自然风干、磨碎、过筛、贴标签后备用。

成熟期，随机选取3株植株，将果穗全部采摘、称量，计算平均产量。同时，分别从每个处理随机选择10个果穗，用于测定单穗质量。之后，在10个果穗上均匀采集30粒浆果，用于测定单果横径、纵径和单果质量。将30粒浆果挤汁，用于分析果实可溶性固形物与可滴定酸含量及固酸比。

1.4　样品分析测定

1.4.1　土壤养分测定

土壤pH、有机质、碱解氮、有效磷、速效钾、全氮、全磷、全钾、有效硼、交换性钙和镁、阳离子交换量（CEC）等的分析测定参照文献［12］。

1.4.2　葡萄果实产量和品质测定

产量测定：利用电子秤（精确值0.0019 g）测定单穗质量和单果质量，并计算单位面积产量，计算公式为产量（kg/hm²）＝单穗质量（kg/穗）×单株穗数（穗/株）×株数（株/hm²）。

果实外观品质测定：利用数显游标卡尺测量果粒纵横径；利用CR-10Plus色差计（柯尼卡美能达公司）测定果实赤道部位的L^*、a^*和b^*值，并计算色泽饱和度C^*［$C^*=(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$］。$L^*$表示果面色泽明亮度，$a^*$表示果面红（正值）绿（负值）色程度，$b^*$表示果面黄（正值）蓝（负值）色程度，$C^*$表示果面的彩度（$C^*$越大表示所测的颜色越纯），$h^\circ$表示果皮色调绿（大）黄（小）程度。

果实内在品质测定：利用PAL-1型便携式数显折光仪（日本ATAGO公司）测定可溶性固形物含量；以NaOH滴定法测定可滴定酸含量；利用GY-2型指针式水果硬度计（杭州托普仪器有限公司）测定果实硬度。

1.5　数据统计分析

采用Excel 2013整理数据并绘制图。利用SPSS 25.0进行均值比较和单因素方差分析（ANOVA，Duncan检验）。

2　结果分析

2.1　有机无机肥料配施对土壤养分的影响

有机无机肥料配施对土壤养分的影响见表2。由表2可知，花期施肥前，与CK相比，T5显著降低了土壤pH，缓解了土壤的碱性。T4、T5均比CK显著提高了土壤有机质、速效钾以及全氮的含量。T2、T4、T5显著提高了碱解氮含量。T4处理显著提高了土壤有效磷的含量。各个施肥处理的全磷和全钾含量无显著差异。在“阳光玫瑰”采摘期，T5处理土壤pH显著降低，土壤酸碱度最靠近中性，最有利于植物生长发育。T5的有机质、碱解氮含量均高于其他处理，T4次之。T4的有效磷和速效钾含量最高，均显著高于CK。土壤全量养分处理之间的变化差异较小，T5处理的全氮和全磷含量显著高于CK处理，全钾养分含量差异不显著。

不同施肥处理对土壤中微量元素影响见表3。由表3可知，在花期肥前，T4、T5处理土壤有效硼的含量高于其他处理，但是差异不显著。T5处理的交换性镁含量显著高于CK及T1、T2处理。T3、T5处理的交换性钙含量显著高于CK处理。T5处理的阳离子交换量显著高于CK及T1、T2处理。在采摘期，与CK相比，其余各处理的w(有效硼）均

表 2 不同处理的两个生育期的土壤养分含量变化

Table 2 Changes in soil nutrient content during two growth periods under different treatments

生育期	处理	pH	w(有机质)/(g·kg⁻¹)	w(碱解氮)/(mg·kg⁻¹)	w(有效磷)/(mg·kg⁻¹)	w(速效钾)/(mg·kg⁻¹)	w(全氮)/(g·kg⁻¹)	w(全磷)/(g·kg⁻¹)	w(全钾)/(g·kg⁻¹)
花期肥前	CK	8.72 ± 0.03a	7.69 ± 0.18b	59.29 ± 5.86c	25.46 ± 6.14d	129.90 ± 9.30d	0.50 ± 0.02c	0.61 ± 0.09b	16.86 ± 0.83a
	T1	8.69 ± 0.06ab	7.75 ± 0.67b	57.75 ± 3.05c	26.36 ± 3.70d	138.40 ± 8.92d	0.53 ± 0.05bc	0.64 ± 0.06b	17.47 ± 0.91a
	T2	8.67 ± 0.05ab	9.51 ± 0.95a	81.62 ± 9.83b	34.93 ± 5.01cd	151.30 ± 12.04cd	0.56 ± 0.04b	0.65 ± 0.05b	17.80 ± 0.68a
	T3	8.62 ± 0.1abc	8.43 ± 0.47ab	64.68 ± 4.69c	32.15 ± 2.46cd	192.50 ± 15.01bc	0.58 ± 0.06ab	0.62 ± 0.07b	17.04 ± 1.14a
	T4	8.63 ± 0.08abc	9.75 ± 0.34a	77.00 ± 3.83b	39.94 ± 4.63bc	171.30 ± 11.80c	0.63 ± 0.10ab	0.66 ± 0.04b	17.82 ± 0.86a
	T5	8.52 ± 0.06cd	10.04 ± 0.55a	79.31 ± 4.23b	36.04 ± 7.13bcd	189.50 ± 17.58bc	0.69 ± 0.08a	0.69 ± 0.06ab	18.12 ± 0.73a
采摘期	CK	8.63 ± 0.07abc	6.05 ± 0.97c	61.6 ± 4.42c	34.31 ± 2.24c	154.20 ± 16.00cd	0.45 ± 0.07c	0.60 ± 0.06b	17.48 ± 0.77a
	T1	8.65 ± 0.04ab	8.10 ± 0.50b	73.15 ± 7.7bc	31.69 ± 6.98cd	162.80 ± 10.58c	0.55 ± 0.09abc	0.63 ± 0.11ab	17.80 ± 0.58a
	T2	8.56 ± 0.02c	8.34 ± 0.27b	77.00 ± 5.14b	37.09 ± 3.89bc	175.80 ± 15.42c	0.55 ± 0.05bc	0.71 ± 0.08ab	17.70 ± 1.37a
	T3	8.64 ± 0.01b	7.77 ± 0.40b	80.85 ± 3.68b	47.60 ± 8.43abc	217.50 ± 18.29b	0.57 ± 0.03b	0.66 ± 0.07ab	17.57 ± 0.90a
	T4	8.51 ± 0.09cd	8.97 ± 1.12ab	88.85 ± 8.4ab	50.21 ± 4.04a	246.10 ± 6.11a	0.58 ± 0.08abc	0.72 ± 0.03ab	18.29 ± 1.54a
	T5	8.46 ± 0.03d	9.50 ± 0.14a	103.95 ± 6.93a	42.94 ± 3.38b	240.90 ± 14.75ab	0.64 ± 0.07ab	0.76 ± 0.06a	18.20 ± 1.03a

显著提高，其中T5达到最高，为0.88 mg/kg。T5处理的交换性镁含量显著高于CK，为3.76 cmol(+)/kg。

表 3 不同处理的两个生育期土壤的中微量元素及CEC值变化

Table 3 Changes in soil medium and trace elements as well as CEC values during two growth periods under different treatments

生育期	处理	w(有效硼)/(mg·kg⁻¹)	b(交换性镁)/(cmol(+)·kg⁻¹)	b(交换性钙)/(cmol(+)·kg⁻¹)	阳离子交换量(CEC)/(cmol(+)·kg⁻¹)
花肥前期	CK	0.54 ± 0.05b	2.92 ± 0.41b	6.07 ± 0.68b	9.28 ± 1.29b
	T1	0.51 ± 0.09b	3.2 ± 0.26b	6.26 ± 0.72ab	10.46 ± 0.63b
	T2	0.58 ± 0.04b	3.36 ± 0.22b	6.69 ± 0.99ab	10.56 ± 1.06b
	T3	0.54 ± 0.02b	3.63 ± 0.32ab	7.25 ± 0.45a	12.04 ± 0.72ab
	T4	0.63 ± 0.07b	3.64 ± 0.38ab	7.31 ± 0.62ab	12.36 ± 1.18ab
	T5	0.63 ± 0.04b	3.81 ± 0.11a	7.6 ± 0.83a	12.51 ± 0.87a
采摘期	CK	0.6 ± 0.08b	3.16 ± 0.27b	6.27 ± 0.55b	9.96 ± 1.77ab
	T1	0.78 ± 0.06a	3.39 ± 0.43ab	6.07 ± 0.89ab	10.49 ± 1.64ab
	T2	0.85 ± 0.11a	3.51 ± 0.31ab	6.63 ± 1.2ab	10.27 ± 1.49ab
	T3	0.81 ± 0.07a	3.61 ± 0.54ab	7.19 ± 0.71ab	11.86 ± 1.21ab
	T4	0.86 ± 0.08a	3.54 ± 0.37ab	7.77 ± 0.46a	12.08 ± 1.35ab
	T5	0.88 ± 0.10a	3.76 ± 0.16a	7.26 ± 0.63ab	12.37 ± 1.02ab

T4处理的交换性钙含量显著高于CK处理，为7.77 cmol(+)/kg，T5次之，但是与CK相比差异不显著。与CK相比，其余处理的阳离子交换量均有所提高，其中T5最高，为12.37 cmol(+)/kg，但是处理间均未达到显著差异水平。

2.2 有机无机肥料配施对“阳光玫瑰”果实品质的影响

有机无机肥料配施对“阳光玫瑰”果实品质的影响见表4、图1。由表4可知，T5处理的L^*值显著高于其他处理，说明“阳光玫瑰”葡萄的色泽明亮度T5最佳。因为“阳光玫瑰”果实均为绿色，所以a^*值均为负数，本研究中a^*值绝对值从大到小为T2>T1>T5>T3>T4>CK，说明T2处理最绿。b^*值均为正值，说明“阳光玫瑰”偏黄色调，b^*值从大到小为T5>T4>T2>T1>T3>CK，说明T5处理最黄。本研究中C^*值从大到小依次为T5>T4>T2>T1>T3>CK，代表T5处理的“阳光玫瑰”果实色泽饱和度最优，CK处理最次。h°值代表果皮绿和黄的程度，T3、T4和T5的h°显著高于CK和T1、T2处理。

如图1所示，不同的施肥处理对“阳光玫瑰”果实的硬度、可溶性固形物以及酸度均有不同程度

表 4 不同处理“阳光玫瑰”的色差

Table 4 Color difference of “Shine Muscat” under different treatments

处理	L^*	a^*	b^*	C^*	h°
CK	42.09 ± 0.6b	−7.06 ± 0.25a	16.92 ± 0.6b	18.33 ± 0.64b	112.27 ± 0.29b
T1	42.90 ± 0.72b	−8.17 ± 0.27b	18.17 ± 0.87b	19.92 ± 0.9ab	112.68 ± 0.41b
T2	42.86 ± 0.68b	−8.43 ± 0.23b	18.19 ± 0.66b	20.05 ± 0.69ab	111.57 ± 0.62b
T3	43.07 ± 0.5b	−8.00 ± 0.17b	17.76 ± 0.57b	19.49 ± 0.56b	114.36 ± 0.58a
T4	43.47 ± 0.89b	−7.67 ± 0.32ab	18.73 ± 0.71ab	20.25 ± 0.78ab	114.37 ± 0.48a
T5	46.19 ± 1.09a	−8.05 ± 0.24b	20.55 ± 0.92a	22.08 ± 0.92a	114.95 ± 0.42a

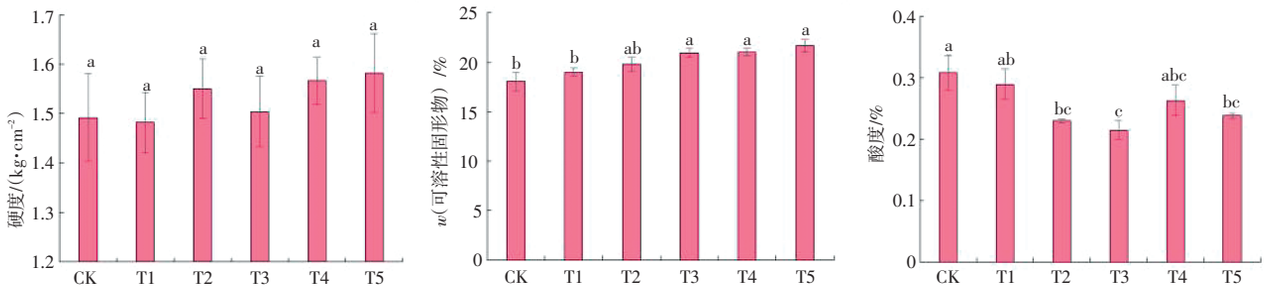

图 1　不同处理“阳光玫瑰”果实的硬度、可溶性固形物和酸度

Fig. 1　Fruit firmness, soluble solids and acidity of “Shine Muscat” under different treatments

的影响。不同处理间“阳光玫瑰”果实的硬度并无显著差异。可溶性固形物含量从大到小依次为T5>T4>T3>T2>T1>CK，其中T5、T4和T3处理显著高于CK和T1处理。与CK处理相比，T2、T3和T5处理均可显著降低“阳光玫瑰”果实酸度。

2.3　有机无机肥料配施对“阳光玫瑰”果实产量的影响

有机无机肥料配施对“阳光玫瑰”产量的影响见图2。由图2可知，T4、T5处理的“阳光玫瑰”果实产量显著高于其他处理，其中T5产量最高，可达51.39 t/hm²，T4次之，为47.25 t/hm²。CK产量最低，只有35.87 t/hm²。T5的单果质量和果粒横径分别为13.74 g、27.17 mm，均显著高于其他处理（见图3）。CK的单果质量和果粒横径分别为9.99 g、23.82 mm，均显著低于其他处理。

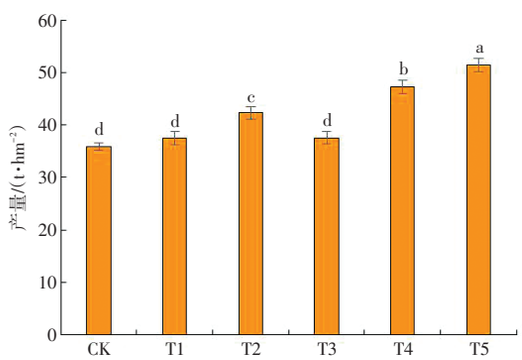

图 2　不同处理“阳光玫瑰”的产量

Fig. 2　Yield of “Shine Muscat” under different treatments

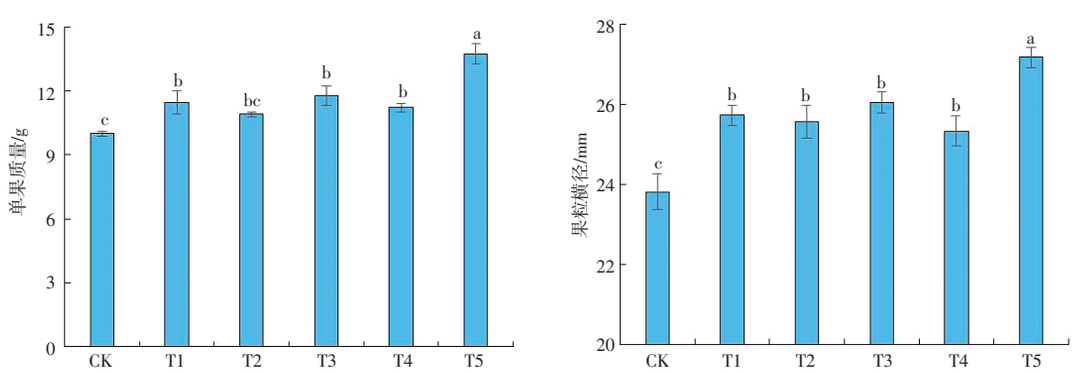

图 3　不同处理“阳光玫瑰”的单果质量和果粒横径

Fig. 3　Single berry weight and berry transverse diameter of “Shine Muscat” under different treatments

3　讨论

试验供试土壤为弱碱性灰潮土，供试有机肥为含腐植酸生物有机肥。本研究结果显示，与常规施肥对照相比，有机肥替代的比例越高，土壤中有机质含量越高。但是，并不是有机肥替代的比例越高就越好，房康睿等[13]研究表明，长期有机肥替代下，有机肥替代比例不超过50%能够稳产增效并改善土壤肥力，相反，过高的有机肥替代比例（>50%）则减缓养分释放、降低产量。张宇风等[14]研究表明，60%的有机肥替代水平下，番茄产量和果实品质达到最优。庄明育等[15]研究显示，有机肥替代比例为50%时，海南胶园土壤理化性质、活性SOC（土壤有机碳）及酶活性协同作用最佳。本研究结果显示，有机肥替代比例40%时，土壤速效养分含量达到最高值，说明此时土壤中可利用有效养分含量达到最佳水平。此外，有机肥替代比例为40%时，“阳光玫瑰”的产量、a^*值、b^*值、C^*值和硬度均比其他替代比例显著提高，说明本研究中最

有利于“阳光玫瑰”增产提质的有机肥替代比例为40%。

中微量元素是植物生长所必需的营养元素。钙肥强株健果、镁肥提光增产、硼肥保花保果。在施用有机肥基础上配施中微量元素不仅可以补充植物生长所需的中微量元素，还可以通过调节土壤理化性质、微生物活性、养分转化效率等，间接影响大量元素（氮、磷、钾）的有效性和土壤整体养分平衡，从而提高土壤肥力，保证作物增产提质。程昊[16]研究显示，施用含镁锌钼硼肥显著提高了土壤总有机碳、速效硼及交换性镁含量，并可以显著提高柑橘产量、维生素C含量，有利于培肥土壤及果实增产提质。刘佳月等[17]在室内培养条件下添加中微量元素肥料，结果显示，添加中微量元素后的有机肥在一定程度上可以减缓有机肥在风沙土中的矿化，提高土壤中活性有机碳、低活性有机碳、矿质结合态有机碳、微生物量碳含量，促进有机碳的周转和固存。朱盼盼[18]的研究结果显示，与农民习惯施肥相比，习惯施肥基础上增施钙镁肥、硼肥和多元微量元素肥料可提高果树挂果数、单果质量以及果实横径，并且改善脐橙的风味及营养元素含量。本研究结果表明，在有机肥替代的基础上增施钙镁硼肥可以显著提高“阳光玫瑰”的产量、单果质量和果实横径，还改善了“阳光玫瑰”的果实外观和风味，如提高了“阳光玫瑰”的L^*值、C^*值等外观指标以及硬度、糖度等品质指标。与单独底施中微量元素肥料相比，增量喷施的效果更加显著。

4 结论

含腐植酸生物有机肥替代部分化肥有利于土质改良和土壤培肥，但是替代量不能过大，否则会影响土壤的养分供应水平，从而抑制“阳光玫瑰”葡萄的产量和品质。中微量元素肥料是“阳光玫瑰”果实品质形成的重要因素，有利于提高果实的品质，底施的基础上配合叶面补充喷施更有利于叶片对养分的吸收，增产提质的效果最为显著。

（1）含腐植酸生物有机肥替代40%化肥并配施钙镁硼肥可以培肥土壤，提高土壤大量元素及中微量元素含量，使得土壤更有利于作物生长。有机肥替代的比例为40%时，土壤碱解氮、有效磷、全磷和全钾含量高于其他替代比例。含腐植酸生物有机肥替代40%化肥并配施钙镁硼肥可以显著中和土壤的碱性，提高土壤的有机质、碱解氮、有效磷、速效钾及全量氮磷钾的含量，提高幅度分别达57%、68.7%、25.2%、56.2%、42.2%、26.7%和4.1%。对于土壤中微量元素，含腐植酸生物有机肥替代40%化肥并配施钙镁硼肥可以显著提高土壤有效硼，交换性钙、镁，以及阳离子交换量，分别提高了46.7%、15.8%、19%和24.2%。

（2）含腐植酸生物有机肥替代40%化肥并配施钙镁硼肥有利于提高“阳光玫瑰”的外观品质及风味。含腐植酸生物有机肥替代40%化肥并配施钙镁硼肥处理的L^*值、a^*值、b^*值、C^*值和h°分别较常规施肥处理提升9.7%、14%、21.5%、20.5%及2.4%。说明含腐植酸生物有机肥替代40%化肥配施钙镁硼肥可以提高“阳光玫瑰”果实的色泽明亮度和颜色饱和度。各个施肥处理之间硬度无显著差异，含腐植酸生物有机肥替代40%化肥并配施钙镁硼肥比常规施肥对照的可溶性固形物含量显著提高20%，酸度显著降低了29.4%，使得“阳光玫瑰”更加好看、可口。

（3）含腐植酸生物有机肥替代40%化肥比常规施肥处理的“阳光玫瑰”产量提高了17.9%，其他替代比例与对照无显著差异。含腐植酸生物有机肥替代40%化肥并配施钙镁硼肥可以显著提高“阳光玫瑰”的产量，比含腐植酸生物有机肥替代40%化肥处理提高21.5%，比常规施肥对照提高了43.2%。含腐植酸生物有机肥替代40%化肥并配施钙镁硼肥还可以显著提高“阳光玫瑰”果实的尺寸。

[参考文献]

[1] Yamada M, Yamane H, Sato A, et al. New grape cultivar ‘shine muscat’[J]. Bulletin of the National Institute of Fruit Tree Science, 2008, 7: 21-38.

[2] 杨治元，陈哲. 阳光玫瑰葡萄规模种植情况调查初报[J]. 中外葡萄与葡萄酒，2017(1)：59-60.

[3] 李明雷，刘三军，章鹏，等. ‘阳光玫瑰’葡萄黄化现象及防治技术[J]. 中外葡萄与葡萄酒，2024 (3)：88-93.
Li Minglei, Liu Sanjun, Zhang Peng, et al. Chlorosis phenomenon of ‘Shine Muscat’ grapevine and its control technology [J]. Sino-Overseas Grapevine & Wine, 2024 (3): 88-93.

[4] 王剑功，吴金焕，褚伟雄，等. 复合调节剂对阳光玫瑰葡萄品质和香气成分影响[J]. 食品工业，2023，44(10)：149-154.
Wang Jiangong, Wu Jinhuan, Chu Weixiong, et al. Effects of compound regulator on the quality and volatile substances of Shine Muscat grape[J]. The Food Industry, 2023, 44(10): 149-154.

[5] 刘莉. 有机肥替代化肥决策机制及效果研究[D]. 北京：中国农业科学院，2020.
Liu Li. The decision mechanism and effect of organic fertilizer substituting chemical fertilizer[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences Thesis, 2020.

[6] 武金欢，贺生兵，郝燕，等. 增施有机肥料(生物有机肥等)对葡萄的应用效果试验初报[J]. 农业科技与信息，2023(11)：68-72.

[7] 孔秋真. 生物有机肥对葡萄霜霉病控病促产效果研究[J]. 陕西农业科学，2023，69(11)：72-75.

Kong Qiuzhen. Effect of bio-organic fertilizer on grape downy mildew disease control and yield enhancement [J]. Shaanxi Journal of Agricultural Sciences, 2023, 69(11): 72-75.

[8] 甘甜, 刘昆玉. 减施化肥对阳光玫瑰葡萄果实品质的影响[J]. 农技服务, 2025, 42(8): 30-33.

[9] 谢蜀豫, 曹慕明, 黄秋凤, 等. 有机肥、微生物肥与化肥配施对阳光玫瑰葡萄果实品质及香气物质的影响[J]. 西南农业学报, 2022, 35(1): 153-161.
Xie Shuyu, Cao Muming, Huang Qiufeng, et al. Effect of organie fertilizer, microbial fertilizer combined with chemical fertilizer on fruit quality and aroma components in Shine Muscat grape [J]. Southwest China Journal of Agrieultural Scienees, 2022, 35(1): 153-161.

[10] 马忠明, 陈娟, 牛小霞, 等. 减施化肥和配施有机肥对酿酒葡萄梅鹿辄产量和品质的影响[J]. 水土保持通报, 2021, 41(2): 188-193,200.
Ma Zhongming, Chen Juan, Niu Xiaoxia, et al. Effects of chemical fertilizer reduction and chemical fertilizer applied with organic fertilizer on yield and quality of *Vitis vinifera* Merlot [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2021, 41(2):188-193, 200.

[11] 田益华, 王倩, 奚晓军, 等. 有机肥施肥量对‘夏黑’葡萄生长和果实品质的影响[J]. 中国农学通报, 2015, 31(31): 125-129.
Tian Yihua, Wang Qian, Xi Xiaojun, et al. Effects of different organic fertilizer application levels on the growth and fruit quality of ‘Xiahei’ grapes [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2015, 31(31): 125-129.

[12] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京:中国农业出版社, 2000.

[13] 房康睿, 张文学, 徐新朋, 等. 不同比例有机肥替代下早稻产量、养分利用率及土壤养分化学计量特征[J]. 植物营养与肥料学报, 2025, 31(10): 1932-1944.
Fang Kangrui, Zhang Wenxue, Xu Xinpeng, et al. Characteristics of yield, nutrient use efficiency and soil nutrient stoichiometry in early rice under different ratios of organie fertilizer substitution[J]. Journal of Plant Nutrition and Fertilizers, 2025, 31(10): 1932-1944.

[14] 张宇风, 任辉. 生物有机氮肥替代比例对番茄盛果期光合特性、产量及品质的调控效应[J]. 特产研究, 2025, 47(5): 1-5.
Zhang Yufeng, Ren Hui. The regulatory effeet of the proportion of bio-organic nitrogen fertilizer substitution on the photosynthetie characteristics, yield, and quality of tomatoes during the peak fruiting period [J]. Special Wild Economic Animal and Plant Research, 2025, 47(5): 1-5.

[15] 庄明育, 包徐娇, 刘天鸿, 等. 不同比例有机肥等氮替代化肥对海南胶园土壤活性有机碳组分及酶活性的影响[J]. 环境科学: 1-14.
Zhuang Mingyu, Bao Xujiao, Liu Tianhong, et al. Effects of different equaln substituting proportions of chemical fertilizer with organic fertilizer on soil active organic carbon components and enzyme activities in rubber plantation field of Hainan, China[J]. Environmental Science: 1-14.

[16] 程昊. 含镁锌钼硼肥料施用对柑橘园土壤碳组分、果实品质和养分的影响[D]. 武汉: 华中农业大学, 2024.
Cheng Hao. The effects of applying fertilizers containing magnesium zinc molybdenum boron on soil carbon composition, fruit quality, and nutrients in citrus orchards[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2024.

[17] 刘佳月, 寇威, 原建强, 等. 添加中微量元素对风沙土矿化特征和土壤有机碳组分的影响[J]. 干旱区研究, 2025, 42(7): 1246-1256.
Liu Jiayue, Kou Wei, Yuan Jianqiang, et al. Effects of incorporating medium and trace elements on the mineralization characteristics and soil organic carbon components of aeolian sandy soil[J]. Arid Zone Research, 2025, 42(7): 1246-1256.

[18] 朱盼盼. 不同种类中微量元素肥料对脐橙产量和品质的影响及硒营养强化研究[D].武汉:华中农业大学, 2023.
Zhu Panpan. Study on the effects of different kinds of secondary-macronutrient and micronutrient fertilizers on the yield and quality of navel orange and selenium-enriched in the fruit[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2023.

（上接第62页）

Zeng Qian, Zhuang Yan, Li Jinyu. Preparation and properties of a phosphorus-nitrogen flame retardant [J]. Engineering Plastics Application, 2020, 48(2): 114-118.

[21] 刘梦茹,黄福临,孙俊杰,等.基于焦磷酸哌嗪阻燃硬质聚氨酯泡沫制备及性能[J].过程工程学报,2023,23(4):571-579.
Liu Mengru, Huang Fulin, Sun Junjie, et al. Preparation and properties of piperazine pyrophosphate based flame retardant rigid polyurethane foam [J]. The Chinese Journal of Process Engineering, 2023, 23(4): 571-579.

[22] Zhu Min, Jia Pengfei, Sun Pengfei, et al. Core-shell structure antioxidant microencapsulated piperazine pyrophosphate towards improving service performance and fire safety of styrenic thermoplastic elastomer[J]. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 2023, 174: 107732.

[23] 武伟红,张竞,张葛,等.焦磷酸哌嗪@COF阻燃剂的制备及其对环氧树脂的阻燃作用[J].中国塑料,2024,38(8):88-93.
Wu Weihong, Zhang Jing, Zhang Ge, et al. Preparation of piperazine pyrophosphate @COF flame retardant and its flame retardant effect on epoxy resin [J]. China Plastics, 2024, 38(8): 88-93.

[24] Wang Yiming, Meng Fanjing, Zhu Junling, et al. Synergistic effect of carbon nanotube on improving thermal stability, flame retardancy, and electrical conductivity of poly (butylene succinate)/piperazine pyrophosphate composites[J]. Colloid and Polymer Science, 2023, 301(12): 1529-1537.

[25] 张简,邓雅馨,徐雪玲,等.焦磷酸哌嗪/纳米阻燃剂协效阻燃PBS[J].塑料,2024,53(5):7-13.
Zhang Jian, Deng Yaxin, Xu Xueling, et al. Synergistic flame retardant effect of piperazine pyrophosphate and nano flame retardant in polybutylene succinate[J]. Plastics, 2024, 53(5): 7-13.

[26] Yuan Zha, Wen Hui, Liu Yuan, et al. Synergy between piperazine pyrophosphate and aluminum diethylphosphinate in flame retarded acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer [J]. Polymer Degradation and Stability, 2021, 190: 109639.