

有机肥对酿酒葡萄土壤微生物、 酶活性及产量的影响

郭鹏飞,葛新伟,王 锐,孙 权

(宁夏大学农学院,宁夏 银川 750021)

摘 要:为明确施用不同有机肥对土壤有机质、酶活性和微生物以及酿酒葡萄产量的影响,采用田间小区设计,以 5 a 生赤霞珠酿酒葡萄为试验材料,研究不同有机肥对土层 0~20、20~40 cm 和 40~60 cm 中土壤有机质、酶活性和微生物的影响。以不施用有机肥为对照(CK),设置沼渣(BR)、羊粪有机肥(SMOF)、牛粪有机肥(CMOF)、猪粪有机肥(PMOF)、牛粪+沼渣有机肥(CMOF+BR)5 个处理进行大田试验。结果表明:不同有机肥施用后与 CK 相比,土壤有机质增加 6.79%~44.97%,土壤微生物碳增加 19.78%~91.53%,微生物氮增加 2.22 倍~3.93 倍,碱性磷酸酶增加 57.78%~512.55%,过氧化氢酶增加 53.45%~240.48%,增产 15.12%~46.89%。不同土层施用牛粪有机肥相对于其它有机肥处理土壤有机质含量增长 8.49%~33.29%;土壤中微生物碳、氮的含量分别增加 5.30%~42.46%和 6.12%~49.65%;碱性磷酸酶增大 8.01%~184.63%,过氧化氢酶增加 5.14%~84.27%,脲酶提高 25.58%~410.70%,蔗糖酶升高 6.00%~107.65%;微生物总数增多 5.99%~56.56%。施用牛粪有机肥相比较其它有机肥增产 7.08%~27.60%。说明在宁夏地区施用有机肥可有效提高土壤有机质的含量,增加微生物的数量,增加土壤酶活性,促进酿酒葡萄的生长发育,提高产量,其中以牛粪效果最为显著。

关键词:有机肥;土壤微生物;土壤酶活性;土壤有机质;酿酒葡萄;产量

中图分类号:S141 **文献标志码:**A

Effects of organic manure on soil microbial community, enzyme activity and yield of wine grape

GUO Pengfei, GE Xinwei, WANG Rui, SUN Quan

(Agriculture College of Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China)

Abstract: In order to better understand the impacts of different organic fertilizers on soil organic matter, enzyme activity, microorganisms, and wine grape production, a field experiment was conducted and 5 a raw Cabernet Sauvignon wine grapes were used as test materials to study the effects of different organic fertilizers on soil organic matter, enzyme activity, and microorganisms in soil layers of 0~20, 20~40 cm, and 40~60 cm. The treatments included none-organic fertilizer as the control (CK), biogas residue (BR), sheep manure (SMOF), cow manure (CMOF), pig manure (PMOF), and cow manure + biogas residue organic fertilizer (CMOF+BR). The results showed that compared with CK after application of different organic fertilizers, soil organic matter content increased by 6.79%~44.97%, soil microbial carbon increased by 19.78%~91.53%, microbial nitrogen increased by 2.22~3.93 times, and alkaline phosphatase increased by 57.78%~512.55%, catalase increased by 53.45%~240.48%, the grape yield increased by 15.12%~46.89%. Compared with other organic fertilizers treatments, the organic matter content of cow manure applied in different soil layers increased by 8.49%~33.29%; the content of microbial carbon and nitrogen in the soil increased by 5.30%~42.46% and 6.12%~49.65%, respectively; alkaline phosphatase increased by 8.01% to 184.63%, catalase increased by 5.14% to 84.27%, urease increased by 25.58% to 410.70%, invertase increased by 6.00% to 107.65%, and the total number of microorganisms increased by 5.99%

收稿日期:2019-07-03

修回日期:2020-02-17

基金项目:宁夏回族自治区重点研发计划项目(2019BCF01001,2018BBF02021,2017BN05)

作者简介:郭鹏飞(1995-),男,山西蒲县人,硕士研究生,研究方向为农业资源利用。E-mail:2316499852@qq.com

通信作者:孙权(1965-),内蒙古乌拉特前旗人,教授,主要从事农业资源利用研究。E-mail:sqnxu@sina.com

to 56.56%. Compared with other organic fertilizers in this experiment, the application of organic manure from cow dung increased the yield by 7.08%~27.60%. It showed that the application of organic fertilizer in Ningxia area effectively increased the content of soil organic matter, increased the number of microorganisms, enhanced soil enzyme activity, promoted the growth and development of wine grapes, and increased yield. Among them, cow manure had the most significant effect.

Keywords: organic fertilizer; soil microorganism; enzyme activity; organic matter; wine grape; production

宁夏酿酒葡萄产业主要集中在贺兰山东麓,该区位于北纬 38°43', 东经 105°46', 处于世界葡萄种植的黄金地带。优越的地理条件为宁夏贺兰山东麓构建葡萄产业体系奠定了基础。在当地葡萄栽培中,为追求产量长期大量施用化肥,忽视了有机肥的施用^[1],造成土壤有益菌大量死亡;由于有机质和腐殖质供应不足,土壤团粒结构遭到破坏,造成土壤板结,降低了土壤微生物的数量和活性,使物质难以转化及降解^[2]。近年随着化肥“零增长”目标的制定,施用有机肥逐渐引起人们的重视。有机肥富含有机质和养分^[3],不仅可以直接为作物提供养分,还可以增强土壤微生物活性^[4],促进物质转化;有机肥含有多种有益微生物,能够改善土壤结构功能,为微生物的生存提供养分和场所^[5],也能够提高微生物多样性。

目前,关于沼渣、羊粪有机肥、牛粪有机肥、猪粪有机肥等不同种类有机肥在娃娃菜、茶树、苹果、冬瓜、烟草、辣椒等多种作物上施用已经有非常多的报道。例如,沼渣处理与化肥相比使土壤中可培养细菌和放线菌数量分别增加 102.53%和 291.89%,土壤由真菌型向细菌型过渡,有利于降低真菌病害的发生率,土壤蔗糖酶、中性磷酸酶、脲酶和过氧化氢酶的活性分别提高 43.11%, 41.28%, 35.29% 和 6.13%^[6]。连续 2 a 施用沼渣以及沼渣与化肥配施均能够增加玉米产量,而施用 45 000 kg·hm⁻²的沼渣增产幅度最大^[7];羊粪替代部分化肥处理与常规施肥相比,显著提高了茶树根际土壤微生物的碳源代谢活性和微生物多样性^[8],施用羊粪 3×10⁴ kg·hm⁻²,相对于不施肥增产 64.1%^[9];牛粪有机肥能显著增加 20~40 cm 和 40~60 cm 土层中有机质含量,能显著提高各土层土壤脲酶、磷酸酶、蔗糖酶的活性^[10],牛粪处理葡萄产量较 CK 增产 28.91%;猪粪处理葡萄产量较 CK 增产 18.13%^[11]。廖道龙等^[12]研究表明有机肥对冬瓜根际土壤放线菌、真菌和细菌数量及微生物总量影响极显著,施有机肥后,放线菌数量提高 19.38%~86.15%。蔡秋华等^[13]研究表明有机肥与化肥配施与常规施肥相比,移栽 55 d 的烟草根际细菌数量增加 31.13%,放线菌数量增加

21.15%,微生物总量增加 29.77%。杨海征^[14]研究表明施用鸡粪有机肥,土壤中蔗糖酶和中性磷酸酶活性呈现先增加后降低的趋势,鸡粪有机肥降低了土壤过氧化氢酶活性,而猪粪有机肥则相反;土壤碱性磷酸酶和脲酶活性随着施肥时期的延长呈现先增加后下降的趋势;猪粪有机肥比鸡粪有机肥对土壤酶活性的改善和提高效果更加明显^[15]。由上述案例可以得出不同有机肥对提高土壤有机质含量、酶活性、微生物数量和产量的效果有所不同。

由于有机肥种类繁多,来源广泛,不同有机肥养分特性存在明显差异^[16],本文选取 5 种常规有机肥,研究不同有机肥对土壤有机质、酶活性、微生物以及酿酒葡萄产量的影响,旨在为宁夏地区有机肥在酿酒葡萄种植上合理应用提供理论依据与技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验区位于宁夏回族自治区吴忠市红寺堡汇达阳光生态酒庄种植基地(105°45'E, 38°43'N)。该地年均气温 8.7℃,气候干旱,昼夜温差大,有利于葡萄色素沉淀、糖分累积;年降雨量 288 mm,干旱少雨,光照充足,年蒸发量高达 2 050 mm。试验地常年种植葡萄,试验用土为灰钙土,土壤质地为壤质,试验前表层土壤(0~20 cm) pH 值 8.15、有机质 9.62 g·kg⁻¹、全氮 0.56 g·kg⁻¹、碱解氮 17.82 mg·kg⁻¹、有效磷 7.53 mg·kg⁻¹、速效钾 158.31 mg·kg⁻¹;中层土壤(20~40 cm) pH 值 8.10、有机质 8.79 g·kg⁻¹、全氮 0.55 g·kg⁻¹、碱解氮 20.03 mg·kg⁻¹、有效磷 7.33 mg·kg⁻¹、速效钾 170.51 mg·kg⁻¹;下层土壤(40~60 cm) pH 值 8.15、有机质 8.46 g·kg⁻¹、全氮 0.54 g·kg⁻¹、碱解氮 16.31 mg·kg⁻¹、有效磷 7.19 mg·kg⁻¹、速效钾 174.17 mg·kg⁻¹;50 km 内无工业污染源,酿造出了纯正的葡萄酒。

田间供试品种为 5 a 生赤霞珠,试验园南北行向,行长 75 m,行距 3.5 m,株距为 0.6 m,5 月上旬统一施入底肥,9 月中旬进行采摘,试验选用枝条粗细相对一致、无病虫害的酿酒葡萄果树。

试验于 2017 年 5 月开始,整个生育期灌水定额为 $4\,250\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$,其中伤流期 $1\,000\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$,萌芽期 $500\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-2}$,花期 $500\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$,膨大期 $750\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$,着色期 $500\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$,埋土期 $1\,000\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ 。试验共设 6 个小区,每个小区有葡萄树 10 株,小区面积 60 m^2 ,每个小区重复 3 次,施肥量均为 70 kg 。共设置 6 个处理,处理 1:不施肥处理(CK);处理 2:沼渣(BR);处理 3:羊粪有机肥(SMOF);处理 4:牛粪有机肥(CMOF);处理 5:猪粪有机肥(PMOF);处理 6:牛粪+沼渣有机肥(CMOF+BR);随机排列。底肥在种植前统一施入,施肥量为 $12\,000\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,整个生育期不再追肥。有机肥在葡萄树萌芽前一次性施入,开沟施肥,距树体 42 cm ,沟宽 38 cm ,沟深 58 cm ,将有机肥均匀施入 $40\sim 60\text{ cm}$ 土层中,因葡萄的根系主要分布在 $40\sim 50\text{ cm}$ 深的土层,将有机肥集中施在根系伸展部位,可充分发挥其肥效。有机肥养分含量见表 1。

表 1 不同有机肥养分含量

肥料类型 Fertilizer type	水分含量/% Moisture content	有机质/% Organic matter	全氮/% Total nitrogen	全磷/% Total phosphorus	全钾/% Total potassium
沼渣 Biogas residue	65.00	15.40	0.48	0.49	1.48
羊粪有机肥 Sheep manure organic fertilizer	26.42	19.82	0.82	0.52	2.72
牛粪有机肥 Cow manure organic fertilizer	37.20	32.00	1.60	1.50	2.30
猪粪有机肥 Pig manure organic fertilizer	15.96	19.06	1.86	3.66	1.86
沼渣+牛粪有机肥 Biogas residue+cow manure organic fertilizer	40.48	17.23	1.17	2.08	1.67

1.2 项目测定与方法

1.2.1 土样采集 果实收获时(2018-09-25)采用“S”采样法采样,混合土样并自然风干,用四分法取其中 1 份,过 0.25 mm 筛子,获得 0.25 mm 土样进行有机质指标测定。取根际土壤样品,同时挖取根系周围 $0\sim 20$ 、 $20\sim 40\text{ cm}$ 和 $40\sim 60\text{ cm}$ 土样,分层充分混合后作为非根际土壤样品。充分混匀后取样风干,用于土壤酶活性测定。测定多酚氧化酶活性的土样过 0.25 mm 筛,测定其它酶活性的土样过 1 mm 筛。供微生物分析的鲜土样装入已消毒过的密封塑料袋带回实验室,磨细过 2 mm 筛后,置于 4°C 冰

箱内保存。

1.2.2 有机质的测定 重铬酸钾-硫酸氧化法^[17]:在加热恒温条件下(180°C 沸腾 5 min),用一定量的标准重铬酸钾-硫酸溶液氧化土壤有机质(碳),剩余的重铬酸钾用硫酸亚铁滴定,从所消耗的重铬酸钾量即可计算出有机碳的含量,根据有机碳含量计算出有机质含量。

1.2.3 微生物碳、氮的测定 土壤微生物生物量碳、氮含量的测定采用熏蒸培养法^[18]。

土壤微生物量碳 = (熏蒸土壤有机碳-未熏蒸土壤有机碳)/0.45

式中,0.45 为将熏蒸提取法提取液的有机碳增量换算成土壤微生物生物量碳所采用的转换系数。

土壤微生物量氮 = (熏蒸土壤微生物量氮-未熏蒸土壤微生物量氮) $\times 0.53$

式中,0.53 为转换系数。

1.2.4 微生物数量的测定 样品采集靠近植株根部,去除 $0\sim 5\text{ cm}$ 的表土,多点采集 $5\sim 20\text{ cm}$ 土壤剖面,混匀后四分法取 1 kg 土样,装无菌塑料袋带回,分别制成 10^{-2} 、 10^{-3} 、 10^{-4} 、 10^{-5} 、 10^{-6} 、 10^{-7} 、 10^{-8} 不同稀释度的土壤悬液。细菌、放线菌、真菌分别选择 $10^{-4}\sim 10^{-6}$ 、 $10^{-3}\sim 10^{-5}$ 和 $10^{-2}\sim 10^{-4}$ 浓度的悬液,采用稀释平板法,各设置 3 个浓度梯度,2 次重复。接种后培养,真菌、细菌和放线菌各需培养 $2\sim 3\text{ d}$ 、 $3\sim 4\text{ d}$ 和 $5\sim 7\text{ d}$ 。培养结束后观察结果并计数。

1.2.5 土壤酶活性的测定 土壤中脲酶活性以脲素为基质,根据酶促产物氨与苯酚-次氯酸钠作用生成蓝色的靛酚来分析。测定磷酸酶常用的 pH 缓冲体系有乙酸盐缓冲液(pH $5.0\sim 5.4$)、柠檬酸盐缓冲液(pH 7.0)、三羟甲基氨基甲烷缓冲液(pH $7.0\sim 8.5$)和硼酸缓冲液(pH $9\sim 10$),磷酸酶测定时常用基质是磷酸苯二钠。蔗糖酶酶解生成的还原糖与 3,5-二硝基水杨酸反应而生成橙色的 3-氨基-5-硝基水杨酸,颜色深度与还原糖量相关,因而可用测定的还原糖含量来表示蔗糖酶的活性。土壤中过氧化氢酶的测定是根据土壤(含有过氧化氢酶)和过氧化氢作用析出的氧气体积或过氧化氢的消耗量,测定过氧化氢的分解速度,以此代表过氧化氢酶的活性。

1.2.6 果实形态及产量测定 成熟期时每个处理随机选取 100 粒果实用电子天平(精度为 0.01 g)进行称重并记录数值;每个处理随机挑选 20 粒葡萄用游标卡尺测粒径和果穗长;每个处理的全部采摘量作为产量(kg)。

1.3 数据计算与统计

以 Excel 2010 软件整理数据,采用 SPSS 22.0 软件进行统计分析,对相关性指标进行显著性检验,显著性水平为 ($P<0.05$, $n=6$),并对相关性指标做多元线性回归分析,采用主成分分析进行综合评价。

2 结果与分析

2.1 不同有机肥处理对土壤有机质的影响

有机质含量是反映土壤肥力的重要指标。由图 1 可得,各处理土壤有机质含量随着土层深度的加深呈逐渐下降的趋势。施用有机肥的处理相较于 CK 都存在显著性差异。0~20 cm 土层土壤中有有机质为 CMOF>PMOF>SMOF>BR>CMOF+BR>CK, CMOF 处理土壤有机质含量最高,其值为 $13.80\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,分别较 CK、BR、SMOF、PMOF、CMOF+BR 增多 44.08%、22.66%、12.02%、8.49%、24.11%;20~40 cm 土层中有有机质为 CMOF>PMOF>SMOF>BR>CMOF+BR>CK, CMOF 处理土壤有机质含量最大,其值为 $12.74\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,分别较 CK、BR、SMOF、PMOF、CMOF+BR 增多 44.97%、33.01%、21.56%、9.63%、33.29%;40~60 cm 土层中有有机质为 CMOF>PMOF>SMOF>BR>CMOF+BR>CK, BR、SMOF 之间不存在显著性差异,CMOF 处理土壤有机质含量最大,其值为 $11.54\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,分别较 CK、BR、CMOF、PMOF、CMOF+BR 增加 37.71%、28.95%、14.27%、13.70%、29.38%。总体而言,有机培肥能有效提升土壤中有有机质含量,对土壤有机质含量提升效果最好的为牛粪。

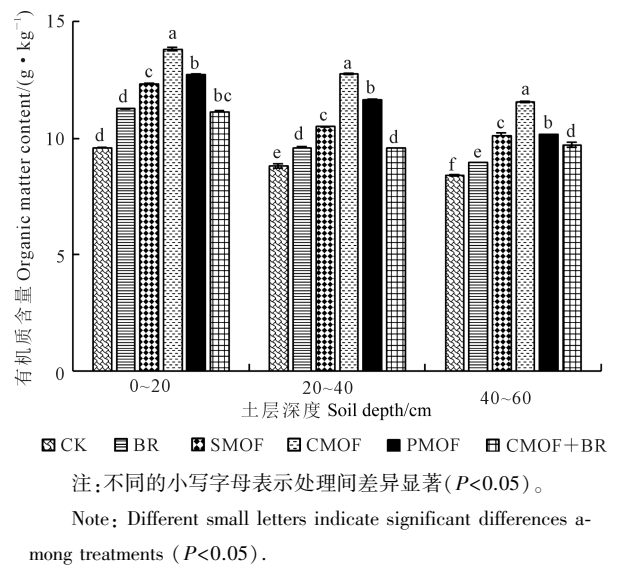


图 1 不同有机肥处理对土壤有机质含量的影响

Fig.1 Effect of different organic fertilizers on soil organic matter

2.2 不同有机肥处理对土壤微生物碳的影响

土壤微生物生物量是指土壤中体积小于 $5\times10^3\text{ }\mu\text{m}^3$ 的生物总量,是土壤有机质中最为活跃的组分,其中微生物碳是其重要的组成部分^[19]。由表 2 可知,施用有机肥能够增加土壤中微生物碳含量,相对于 CK 存在显著性差异。0~20 cm 土层土壤微生物碳含量表现为 CMOF>SMOF>BR>CMOF+BR>PMOF>CK, CMOF 处理下微生物碳含量最高,其值为 $168.54\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,分别较 CK、BR、PMOF、CMOF+BR 增加 70.64%、22.52%、42.46%、23.61%;20~40 cm 土层,土壤微生物碳含量表现为 CMOF+BR>CMOF>BR>SMOF>PMOF>CK, CMOF+BR 处理下微生物碳含量相对最高,其值为 $177.87\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,分别较 CK、BR、SMOF、PMOF 增加 91.53%、5.30%、10.27%、17.61%;40~60 cm 土层土壤微生物碳含量表现为 SMOF>CMOF+BR>CMOF>BR>PMOF>CK, SMOF 处理下微生物碳含量相对最高,其值为 $169.32\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,分别较 CK、BR、SMOF、CMOF 增加 76.95%、11.58%、7.31%、17.29%。

土壤微生物量氮 (MBN) 是土壤有机态氮中最活跃的组分,是土壤有机-无机态氮转化的关键环节之一^[20]。由表 2 可知,在不施肥处理 (CK 处理) 下,各土层之间的微生物氮含量之间没有显著差异。相对于 CK 处理,施用有机肥可显著提高微生物氮的含量。0~20 cm 土层,微生物氮含量表现为 CMOF>SMOF>PMOF>CMOF+BR>BR>CK, CMOF 处理下微生物氮含量最高,其值为 $46.08\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,分别较 CK、BR、PMOF、CMOF+BR 增加 348.69%、40.02%、7.64%、25.35%;20~40 cm 土层,微生物氮含量表现为 SMOF>CMOF>CMOF+BR>PMOF>BR>CK, SMOF 处理下微生物氮含量最高,其值为 $33.09\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,分别较 CK、BR 增加 387.88%和 49.65%;40~60 cm 土层,微生物氮含量表现为 SMOF>CMOF>CMOF+BR>>PMOF1>PMOF>CK, SMOF 处理微生物氮含量最高,其值为 $55.31\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,分别较 CK、BR、PMOF、CMOF+BR 增加 421.79%、30.17%、6.12%、7.59%。综合来看施用有机肥微生物氮含量增高。

微生物熵 (QMB) 是指土壤微生物量碳与土壤有机碳总量 (MBC/SOC) 的比值^[21]。由表 2 可知,各处理之间的微生物熵值在 1.79%~3.18% 范围内,从不同土层来看不施肥处理 (CK) 生物熵值最小,0~20 cm 土层的 CK 处理值为 1.79%,20~40 cm 土层的 CK 处理值为 1.82%,20~40 cm 土层的 CK 处理值为 1.95%,各土层的不施肥处理 (CK) 值相差不

表 2 不同有机肥处理对土壤微生物碳的影响

Table 2 Effect of different organic fertilizers on soil microbial carbon				
土层/cm Soil layer	处理 Treatment	土壤微生物碳 Soil microbial carbon /(mg·kg ⁻¹)	土壤微生物氮 Soil microbial nitrogen /(mg·kg ⁻¹)	土壤微生物熵 Soil microbial entropy/%
0~20	CK	98.77±0.34d	10.22±0.08d	1.79±0.08c
	BR	137.56±1.20b	32.91±1.83c	2.11±0.31b
	SMOF	165.34±3.23 a	42.81±1.51a	2.31±0.19a
	CMOF	168.54±3.24a	46.08±1.09a	2.50±0.20a
	PMOF	118.31±10.53c	37.84±0.50b	1.83±0.05c
	CMOF+BR	136.36±1.12b	36.76±1.10b	1.85±0.10c
20~40	CK	92.87±2.14e	10.15±0.11c	1.82±0.14d
	BR	168.91±3.39bc	33.09±1.78b	2.78±0.28b
	SMOF	161.32±4.44c	49.52±1.69a	2.39±0.36c
	CMOF	174.11±2.65ab	48.65±3.19a	2.71±0.02b
	PMOF	151.24±1.24d	44.28±1.63a	2.72±0.06b
	CMOF+BR	177.87±1.73a	47.93±0.70a	3.18±0.38a
40~60	CK	95.68±3.43d	11.21±0.34d	1.95±0.39b
	BR	151.74±1.31bc	42.49±1.17c	2.33±0.38ab
	SMOF	169.32±3.61a	55.31±1.08a	2.61±0.36a
	CMOF	157.78±3.03b	52.12±1.36ab	1.97±0.36b
	PMOF	144.35±3.11c	41.84±0.80c	2.48±0.50a
	CMOF+BR	168.79±1.83a	51.41±1.27b	2.47±0.48a

注:同列不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。下同。
Note: Different small letters in the same column indicate significant difference among treatments ($P<0.05$). The same below.

大。0~20 cm 土层的微生物熵 CMOF 处理最大,其值为 2.50%,分别较 CK、BR、PMOF、CMOF+BR 增加 39.66%、18.48%、36.61%、35.14%;20~40 cm 土层的微生物熵 CMOF+BR 处理最大,其值为 3.18%,分别较 CK、BR、SMOF、CMOF、PMOF 增加 74.73%、14.39%、33.05%、17.34%、16.91%;40~60 cm 土层的微生物熵 SMOF 处理最大,其值为 2.61%,分别较 CK、CMOF 增加 33.85%、32.49%。

2.3 不同有机肥处理对土壤微生物酶活性的影响

土壤酶活性是指土壤酶催化物质转化的能力,参与了土壤中腐殖质的合成与分解,有机化合物、动植物和微生物残体的水解与转化以及土壤中有有机、无机化合物的各种氧化还原反应等生物化学过程^[22]。由表 3 可得,随着土层深度加深,CK 处理碱性磷酸酶活性呈下降趋势。0~20 cm 土层中碱性磷酸酶活性表现为 CMOF>PMOF>SMOF>BR>CMOF+BR>CK,处理间存在显著性差异,各处理较 CK(对照)处理增加了 67.04%~131.76%,CMOF 处理碱性磷酸酶活性最大,其值为 10.34 mg·g⁻¹·h⁻¹,分别较 CK、BR、SMOF、PMOF、CMOF+BR 增高 131.76%、17.86%、12.85%、8.01%、38.75%;20~40 cm 土层中碱性磷酸酶活性为 PMOF>CMOF+BR>SMOF>

CMOF>BR>CK,PMOF 处理碱性磷酸酶活性最大,与 CK、BR、SMOF 存在显著差异,其值为 11.32 mg·g⁻¹·h⁻¹,分别较 CK、BR、SMOF、CMOF 增高 214.25%、99.24%、19.03%、44.49%;40~60 cm 土层中碱性磷酸酶活性为 PMOF>CMOF+BR>CMOF>SMOF>BR>CK,PMOF 处理碱性磷酸酶活性最大,其值为 16.11 mg·g⁻¹·h⁻¹,分别较 CK、BR、SMOF、CMOF、CMOF+BR 增高 511.78%、184.63%、106.54%、38.01%、37.57%。

过氧化氢酶广泛存在于土壤中,它能够通过酶促反应分解过氧化氢,解除过氧化氢对植物体的毒害作用^[23]。由表 3 可得,随着土层深度加深,CK 处理过氧化氢酶活性呈下降趋势。0~20 cm 土层中过氧化氢酶活性表现为 CMOF+BR>BR>SMOF>CMOF>PMOF>CK,处理间都存在显著差异,施用有机肥较 CK(对照)处理增加 78.52%~157.50%,CMOF+BR 处理过氧化氢酶活性最高,其值为 0.163 ml·g⁻¹·20min⁻¹,分别较 CK、BR、SMOF、CMOF、PMOF 增加 157.50%、5.84%、10.88%、18.37%、44.25%;20~40 cm 土层土壤中过氧化氢酶为 CMOF>BR=SMOF>CMOF+BR>PMOF>CK,BR、SMOF 之间不存在显著性差异,PMOF、CMOF+BR 之间也不存在显著性差异,CMOF 处理过氧化氢酶活性最大,其值为 0.164 ml·g⁻¹·20min⁻¹,分别较 CK、BR、SMOF、PMOF、CMOF+BR 增加 182.76%、10.81%、10.59%、84.27%、79.63%;40~60 cm 土层中过氧化氢酶表现为 SMOF>CMOF>PMOF>CMOF+BR>BR>CK,PMOF、CMOF+BR 之间不存在显著差异。SMOF 处理过氧化氢酶活性最大,其值为 0.143 ml·g⁻¹·20min⁻¹,分别较 CK、BR、CMOF、PMOF、CMOF+BR 增加 238.77%、27.95%、5.14%、17.17%、20.42%。

脲酶能水解有机物分子中的肽键,其活性反映土壤有机态氮向有效态氮转化的能力,以及土壤无机态氮的供应能力^[24]。由表 3 可得,0~20 cm 土层脲酶活性表现为 PMOF>CMOF+BR>SMOF>CMOF>BR>CK,CK、BR 无显著性差异,PMOF 处理脲酶活性最大,其值为 9.55 mg·g⁻¹·h⁻¹,分别较 CK、BR、SMOF、CMOF、CMOF+BR 增大 508.28%、410.70%、107.16%、186.50%、51.51%;20~40 cm 土层土壤中脲酶活性表现为 CMOF+BR>PMOF>SMOF>CMOF>BR>CK,SMOF、PMOF 之间不存在显著性差异,CMOF+BR 处理脲酶活性最大,其值为 10.79 mg·g⁻¹·h⁻¹,分别较 CK、BR、SMOF、CMOF、PMOF 增高 887.22%、315.13%、61.17%、112.60%、53.39%;40~60 cm 土层中脲酶活性表现为 CMOF+BR>PMOF>BR>SMOF>CMOF

表 3 不同有机肥处理对土壤微生物酶活性的影响

Table 3 Effect of different organic fertilizers on soil microbial enzyme activities

土层深度 Soil layer/cm	处理 Treatment	碱性磷酸酶 Alkaline phosphatase /(mg · g ⁻¹ · h ⁻¹)	过氧化氢酶 Catalase /(ml · g ⁻¹ · 20min ⁻¹)	脲酶 Urease /(mg · g ⁻¹ · h ⁻¹)	蔗糖酶 Sucrase /(mg · g ⁻¹ · h ⁻¹)
0~20	CK	4.460±0.080f	0.063±0.001f	1.570±0.050 e	0.330±0.003c
	BR	8.770±0.100d	0.154±0.001b	1.870±0.070e	0.500±0.006b
	SMOF	9.160±0.060c	0.147±0.001c	4.610±0.100c	0.530±0.006a
	CMOF	10.340±0.140a	0.138±0.001d	3.330±0.130d	0.337±0.003c
	PMOF	9.570±0.100b	0.113±0.001e	9.550±0.260a	0.333±0.006c
	CMOF+BR	7.450±0.080e	0.163±0.002a	6.300±0.250b	0.337±0.012c
20~40	CK	3.600±0.030e	0.058±0.001d	1.090±0.090e	0.427±0.009e
	BR	5.680±0.090d	0.148±0.001b	2.600±0.260d	0.653±0.003c
	SMOF	9.510±0.040b	0.148±0.002b	6.700±0.240b	0.683±0.009b
	CMOF	7.840±0.150c	0.164±0.001a	5.080±0.100c	0.997±0.009a
	PMOF	11.320±0.100a	0.089±0.001c	7.040±0.080b	0.480±0.006d
	CMOF+BR	11.150±0.080a	0.091±0.001c	10.790±0.290a	0.660±0.010bc
40~60	CK	2.630±0.060e	0.042±0.001e	1.010±0.090f	0.260±0.019e
	BR	5.660±0.070d	0.112±0.001d	9.130±0.150c	0.900±0.006b
	SMOF	7.800±0.190c	0.143±0.001a	8.420±0.150d	0.680±0.007d
	CMOF	11.670±0.180b	0.136±0.001b	6.690±0.050e	1.020±0.019a
	PMOF	16.110±0.120a	0.122±0.001c	10.260±0.150b	0.810±0.006c
	CMOF+BR	11.710±0.080b	0.119±0.001c	12.880±0.160a	0.780±0.015c

>CK,CMOF+BR 处理下脲酶活性最大,其值为12.88 mg · g⁻¹ · h⁻¹,分别较 CK、BR、SMOF、CMOF、PMOF 增高 1175.25%、41.12%、53.03%、92.62%、25.58%。

蔗糖酶可以促进蔗糖转化分解为单糖,为土壤微生物生存活动提供能量。由表 3 可得,CK 处理随着土层深度加深,蔗糖酶活性呈先上升后下降趋势。0~20 cm 土层中蔗糖酶活性表现为 SMOF>BR>CMOF+BR>CMOF>PMOF>CK,CK、CMOF、PMOF、CMOF+BR 之间不存在显著差异,SMOF 处理下蔗糖酶活性最大,其值为 0.530 mg · g⁻¹ · h⁻¹,分别较 CK、BR、CMOF、PMOF、CMOF+BR 增加 60.61%、6.00%、57.41%、59.16%、57.41%;20~40 cm 土层中蔗糖酶活性表现为 CMOF>SMOF>BR>CMOF+BR>PMOF>CK,CMOF 处理蔗糖酶活性最大,其值为 0.997 mg · g⁻¹ · h⁻¹,分别较 CK、BR、SMOF、PMOF、CMOF+BR 增加 133.58%、52.56%、45.87%、107.65%、51.02%;40~60 cm 土层中蔗糖酶活性表现为 CMOF>BR>BR>CMOF+BR>SMOF>CK,PMOF、CMOF+BR 之间没有显著性差异,CMOF 处理下蔗糖酶活性最大,其值为 1.02 mg · g⁻¹ · h⁻¹,分别较 CK、BR、SMOF、PMOF、CMOF+BR 增加 298.64%、13.70%、51.22%、26.33%、30.64%。

2.4 不同有机肥处理对土壤微生物数量的影响

由表 4 可得,随着土层深度加深,CK 处理细菌数量呈下降趋势。0~20 cm 土层土壤中细菌数量为 CMOF>BR>PMOF>SMOF>CMOF+BR>CK,CMOF 处理细菌数量最多,其值为 15.79×10⁵ CFU · g⁻¹,分别

较 CK、SMOF、PMOF、CMOF+BR 增多 23.10%、16.22%、13.95%、19.14%;20~40 cm 土层细菌数量为 BR>CMOF+BR>CMOF>PMOF>SMOF>CK,BR 处理下细菌数量最多,其值为 20.42×10⁵ CFU · g⁻¹,分别较 CK、SMOF、PMOF 增高 128.04%、14.53%、12.90%;40~60 cm 土层细菌数量为 CMOF>BR>CMOF+BR>SMOF>PMOF>CK,BR、CMOF+BR 之间无显著差异,细菌数量最多的为 CMOF 处理,其值为 21.44×10⁵ CFU · g⁻¹,分别较 CK、BR、SMOF、PMOF、CMOF+BR 增多 205.85%、13.30%、35.78%、59.56%、17.50%。

通过对不同土层 CK 处理进行比较,随着土层深度的加深,放线菌数量呈下降趋势,地表放线菌数量大于底层土壤。0~20 cm 土层土壤中放线菌数量为 BR>CMOF>SMOF>CMOF+BR>PMOF>CK,SMOF、CMOF+BR 之间不存在显著差异,BR 处理下放线菌数量最多,其值为 25.76×10⁴ CFU · g⁻¹ 分别较 CK、SMOF、CMOF、PMOF、CMOF+BR 增多 100.86%、12.49%、5.09%、18.53%、12.97%;20~40 cm 土层中放线菌数量为 BR>CMOF>PMOF>SMOF>CMOF+BR>CK,BR 处理放线菌数量最多,其值为 18.12×10⁴ CFU · g⁻¹,分别较 CK、SMOF、CMOF、PMOF、CMOF+BR 增多 27.18%、17.71%、3.68%、16.50%、24.27%;40~60 cm 土层中放线菌数量为 CMOF>BR>CMOF+BR>SMOF>PMOF>CK,CMOF 处理下放线菌数量最多,其值为 15.15×10⁴ CFU · g⁻¹,分别较 CK、BR、SMOF、PMOF、CMOF+BR 增多

53.79%、6.91%、25.48%、25.75%、7.04%。

真菌参与土壤中有机的分解、腐殖质的形成、团聚体的形成以及土壤中的氨化作用,真菌数量虽然比细菌少,但其生物量却很大,在土壤中起着十分重要的作用^[25]。由表 4 可得,随着土层深度加深,CK 处理真菌数量呈下降趋势。0~20 cm 土层土壤中真菌数量为 BR>SMOF>CMOF+BR>CMOF>CK>PMOF, BR 处理真菌数量最多,其值为 9.23×10^3 CFU · g⁻¹, 分别较 CK、SMOF、CMOF、PMOF、CMOF+BR 增多 9.27%、1.21%、5.73%、7.36%、3.59%; 20~40 cm 土层中真菌数量为 SMOF>BR>CMOF>PMOF>CMOF+BR>CK。SMOF 处理真菌数量最多,其值为 10.31×10^3 CFU · g⁻¹, 分别较 CK、BR、CMOF、PMOF、CMOF+BR 增加 36.84%、25.62%、26.23%、27.27%、31.94%; 40~60 cm 土层土壤中真菌数量为 SMOF>CMOF>CMOF+BR>BR>PMOF>CK, BR、PMOF、CMOF+BR 之间不存在显著差异, SMOF 处理真菌数量最多,其值为 9.02×10^3 CFU · g⁻¹, 分别较 CK、BR、CMOF、PMOF、CMOF+BR 增加 53.46%、31.41%、14.80%、32.31%、25.85%。

通过对不同土层 CK 处理进行比较,随着土壤深度加深,微生物总数呈下降趋势。0~20 cm 土层中微生物总数为 CMOF>BR>PMOF>SMOF>CMOF+BR>CK, CMOF 处理微生物总数最多,其值为 18.33×10^5 CFU · g⁻¹, 分别较 CK、SMOF、PMOF、CMOF+BR 增多 23.94%、14.78%、13.78%、17.35%; 20~40 cm 土

层中微生物总数为 BR>CMOF>CMOF+BR>SMOF>PMOF>CK, BR 处理下微生物总数最多,其值为 22.31×10^5 CFU · g⁻¹, 分别较 CK、SMOF、PMOF、CMOF+BR 增加 113.49%、14.59%、13.13%、5.99%; 40~60 cm 土层中微生物总数为 CMOF>BR>CMOF+BR>SMOF>PMOF>CK, CMOF 微生物总数最多,其值为 23.03×10^5 CFU · g⁻¹, 分别较 CK、BR、SMOF、PMOF、CMOF+BR 增加 185.73%、12.84%、34.76%、56.56%、16.67%。

2.5 不同有机肥处理对果实形态的影响

不同有机肥处理对百粒重、粒径、果穗长均有一定的影响。由表 5 可知, CMOF 百粒重最重,其值为 121.91 g, 分别较 CK、BR、SMOF、PMOF、CMOF+BR 增重 24.81%、16.48%、8.40%、8.44%、5.73%; CMOF 粒径最大,为 13.21 mm, 分别较 CK、BR、SMOF、PMOF、CMOF+BR 增加 14.33%、9.22%、8.02%、6.36%、5.43%; CMOF 果穗最长,为 17.26 cm, 分别较 CK、BR、SMOF、PMOF、CMOF+BR 增加 37.80%、5.28%、4.54%、4.38%、1.11%。

2.6 不同有机肥处理对产量的影响

不同有机肥对作物产量有不同的影响。由表 6 可以看出施用有机肥可以提高酿酒葡萄的产量。各处理间存在显著性差异,产量从大到小依次为 CMOF、CMOF+BR、PMOF、SMOF、BR、CK, 其中 CMOF 产量最高,其值为 10415.09 kg · hm⁻², 分别较 CK、BR、SMOF、PMOF、CMOF+BR 增产 46.89%、27.60%、21.81%、7.08%、10.86%。施用不同有机肥增产范围在 15.12%~46.89%。

表 4 不同有机肥处理对土壤微生物数量的影响
Table 4 Effect of different organic fertilizers on soil microbial quantity

土层深度/cm Soil layer	处理 Treatment	细菌数量 Bacterial /(10 ⁵ CFU · g ⁻¹)	放线菌数量 Actinomycete /(10 ⁴ CFU · g ⁻¹)	真菌数量 Fungus /(10 ³ CFU · g ⁻¹)	微生物总数 Microbial total /(10 ⁵ CFU · g ⁻¹)
0~20	CK	12.82±0.18c	11.82±0.24e	8.45±0.05d	14.79±0.20c
	BR	15.02±0.45a	25.76±0.23a	9.23±0.17a	17.69±0.44a
	SMOF	13.59±0.20bc	22.90±0.25c	9.12±0.08ab	15.97±0.22b
	CMOF	15.79±0.52a	24.51±0.21b	8.73±0.12cd	18.33±0.51a
	PMOF	13.86±0.14b	21.73±0.43d	8.60±0.07cd	16.11±0.13b
	CMOF+BR	13.25±0.16bc	22.80±0.19c	8.91±0.08bc	15.62±0.17bc
20~40	CK	8.95±0.21c	14.25±0.19d	7.54±0.12d	10.45±0.21d
	BR	20.42±0.68a	18.12±0.09a	8.21±0.14b	22.31±0.69a
	SMOF	17.83±0.40b	15.40±0.15c	10.31±0.12a	19.47±0.42c
	CMOF	19.40±0.08a	17.48±0.14b	8.17±0.12b	21.23±0.09ab
	PMOF	18.08±0.12b	15.56±0.17c	8.10±0.09bc	19.72±0.10c
	CMOF+BR	19.51±0.20a	14.58±0.28d	7.82±0.04cd	21.05±0.19b
40~60	CK	7.01±0.10e	9.85±0.21d	5.88±0.38d	8.06±0.12e
	BR	18.92±0.39b	14.17±0.18b	6.87±0.17c	20.41±0.41b
	SMOF	15.79±0.52c	12.08±0.44c	9.02±0.13a	17.09±0.48c
	CMOF	21.44±0.60a	15.15±0.17a	7.86±0.05b	23.03±0.60a
	PMOF	13.44±0.37d	12.05±0.28c	6.82±0.17c	14.71±0.35d
	CMOF+BR	18.25±0.05b	14.16±0.17b	7.17±0.10c	19.74±0.04b

2.7 相关性分析

通过施用有机肥对地下微环境和酿酒葡萄的果实形态、产量的相关性分析,结果显示,施用有机肥后地下土壤有机质与地上部分百粒重、粒径、果穗长、产量存在极显著相关性且均为正相关,相关性系数分别为 0.909、0.819、0.668、0.909。

表 5 不同有机肥处理对果实形态的影响

Table 5 Effect of different organic fertilizers on fruit morphology			
处理 Treatment	百粒重/g Single weight	粒径/mm Particle size	果穗长/cm Ear length
CK	97.68±1.17d	11.55±0.44c	12.53±0.09c
BR	104.66±0.48c	12.09±0.01b	16.4±0.04b
SMOF	112.46±0.32b	12.23±0.02b	16.51±0.16b
CMOF	121.91±0.77a	13.21±0.28a	17.26±0.08a
PMOF	112.42±2.63b	12.42±0.05b	16.54±0.07b
CMOF+BR	115.3±0.77b	12.53±0.05b	17.07±0.03a

3 讨 论

3.1 有机肥对土壤有机质的影响

有机质在土壤中的含量比重基本上可以反映土壤肥力水平的高低。Li 等^[26]研究表明微生物发酵有机肥能明显提高土壤有机质含量。Zhang 等^[27]发现有机肥能显著提高土壤肥力,提高有机质含量。张水清等^[28]研究表明长期施用有机肥土壤有机质持续增加效果更明显。本试验研究发现施用

表 6 不同有机肥处理对产量的影响

Table 6 Effect of different organic fertilizers on yield		
处理 Treatment	产量/(kg·hm ⁻²) Produce	增产/% Increase production
CK	7090.17±155.8d	0.00
BR	8162.24±54.08c	15.12
SMOF	8550.32±70.26c	20.59
CMOF	10415.09±615.31a	46.89
PMOF	9394.42±41.61b	37.18
CMOF+BR	9726.25±102.18b	32.50

表 7 相关性分析

Table 7 Correlation analysis													
相关性 Correlation	百粒重 100-grain weight	粒径 Grain size	果穗长 Ear length	产量 Produce	有机质 Organic matter	土壤碳 Soil carbon	土壤氮 Soil nitrogen	碱性磷酸酶 Alkaline phosphatase	过氧化氢酶 Catalase	脲酶 Urease	蔗糖酶 Sucrase	细菌 Bacterial	放线菌 Actinomycete
粒径 Grain size	0.934 * *												
果穗长 Ear length	0.850 * *	0.784 * *											
产量 Produce	0.927 * *	0.887 * *	0.815 * *										
有机质 Organic matter	0.909 * *	0.819 * *	0.668 *	0.909 * *									
土壤碳 Soil carbon	0.113	0.104	0.408	0.347	0.010								
土壤氮 Soil nitrogen	0.079	0.019	0.432	0.228	-0.034	0.871 * *							
碱性磷酸酶 Alkaline phosphatase	-0.116	-0.160	0.227	-0.073	-0.285	0.633 *	0.857 * *						
过氧化氢酶 Catalase	-0.117	-0.094	0.083	0.045	-0.157	0.613 *	0.617 *	0.287					
脲酶 Urease	0.247	0.044	0.443	0.198	0.183	0.376	0.648 *	0.711 * *	0.050				
蔗糖酶 Sucrase	0.306	0.308	0.268	0.555	0.452	0.625 *	0.475	0.112	0.385	0.147			
细菌 Bacterial	0.211	0.101	0.268	0.453	0.230	0.829 * *	0.699 *	0.496	0.400	0.398	0.680 *		
放线菌 Actinomycete	-0.323	-0.212	-0.097	-0.371	-0.571	0.232	0.336	0.339	0.681 *	-0.05	-0.237	-0.094	
真菌 Fungus	-0.500	-0.435	-0.276	-0.322	-0.363	0.191	0.357	0.285	0.577 *	0.037	-0.017	0.049	0.380

注: * 表示在 0.05 水平下显著相关, * * 表示在 0.01 水平下极显著相关。
Note: * indicates significant correlation at the 0.05 level; * * indicates a very significant correlation at the 0.01 level.

有机肥相对不施肥土壤有机质含量提高 5.16% ~ 45.65%。马玉露等^[29]研究表明在盐碱土上施加牛粪改良效果较好,有机质平均上升 50%。对不同有机肥施用效果进行对比,发现施用牛粪后土壤中有有机质含量最高,相对于不施肥增加 45.65%,与前人研究结果一致。分析其原因:牛粪有机质含量本身高于其它肥料,果树只吸收其中一部分,存留在土壤中的有机质相对于试验中其它有机肥更多。

3.2 有机肥对土壤微生物碳、氮的影响

土壤微生物碳直接参与了土壤生物化学转化过程,而且是土壤中植物有效养分的储备库,使得土壤养分利用率得到提升,因此,在植物营养中发挥着重要作用。土壤微生物氮是土壤有机态氮中最活跃的组分,是土壤中有有机-无机态氮转化的关键环节之一^[30]。徐永刚等^[31]研究表明,长期施用有机肥可显著提高土壤微生物生物量碳和氮含量。Guo 等^[32]研究表明施用有机肥可以提高微生物碳、氮含量,本试验与前人研究结果一致。分析其原因:有机肥料具有激发效应,施入土壤后减缓了原有土壤中有机碳的分解。对不同有机肥进行对比,施用牛粪有机肥土壤 0~20 cm 土层微生物碳、氮含量最高,20~40 cm 土层牛粪及沼渣有机肥微生物碳含量最高,发现 40~60 cm 土层施用羊粪微生物碳、氮含量最高;20~40 cm 土层施用羊粪有机肥微生物碳、氮含量最高。分析原因:牛粪有机肥为微生物提供了生长所需要的碳和其它养分,促进微生物大量繁殖,牛粪中的碳和氮被微生物吸收导致土壤微生物量碳升高。牛粪有机肥激发效应高,牛粪的添加对长期不施肥激发效应达到 48.56%^[33],微生物碳、氮比其它有机肥提前激发出来,随着土壤运移到表层,故表层微生物碳、氮含量高。土壤微生物熵是描述土壤活性有机碳占总碳的比例,从微生物学的角度反映土壤肥力水平的差异。郭振等^[34]研究表明,施有机肥可以明显提高土壤微生物熵的值。本试验研究表明有机培肥可提升土壤微生物熵值,增幅为 1.03%~52.75%,与前人研究结果一致。这是由于施用有机肥改善了土壤理化性质,继而增强了土壤微生物活性,加快了有机碳和全氮的周转速率^[35]。

3.3 有机肥对土壤微生物数量的影响

土壤微生物是土壤中细菌、真菌、放线菌、藻类的总称,其种类和数量随土层深度的不同而变化,施用有机肥有益于微生物的生长和繁殖。Li 等^[36]研究表明,有机肥能显著改善土壤微生态指标。孔

涛等^[37]研究表明在盆栽试验下,连续 3 a 施用有机肥可以不同程度提高土壤微生物数量。有机肥和化肥混施处理能显著增加土壤真核微生物的数量,秸秆和牛粪处理效果最为显著^[38]。罗安程等^[39]研究发现有机肥能明显地提高水稻根际和非根际土壤真菌、放线菌和细菌的数量。本试验研究表明施用有机肥相对不施肥细菌数量增加 3.38%~205.85%,放线菌增加 2.34%~100.86%,真菌增加 1.78%~53.46%,这与前人的研究结果一致。

3.4 有机肥对土壤酶活性的影响

土壤酶活性可以预测营养物质的转化情况以及土壤肥力。有研究表明,在充分供水下施用有机肥可提高土壤中蔗糖酶、碱性磷酸酶、纤维素酶和过氧化氢酶活性及土壤微生物多样性^[40]。王永昕等^[41]研究表明,施用鸡粪可以有效提高土壤中脲酶和过氧化氢酶活性,提高土壤肥力水平。伊晓云等^[42]研究结果表明,施用有机肥不仅能增加土壤养分含量,还提高了土壤酶活性。吴荣^[43]研究表明施用鸡粪可以有效提高土壤中脲酶活性,提高土壤肥力水平。本试验研究结果表明:施用有机肥的土壤中脲酶、蔗糖酶、碱性磷酸酶、过氧化氢酶的活性均与不施肥处理之间存在显著性差异,其中碱性磷酸酶相对于不施肥增加 53.41%~214.25%,过氧化氢酶增加 53.45%~155.69%,脲酶增加 19.11%~1175.25%,蔗糖酶增加 0.91%~298.64%,与前人研究结果基本一致。

3.5 施用有机肥后土壤状况与酿酒葡萄生长的关系

有机肥含有大量有机质,有机质是土壤肥力的重要物质基础^[44]。土壤有机质能调节和缓冲土壤的酸碱度,增加土壤阳离子代换量,提高土壤的保肥性能;土壤有机质含量高有利于良好土壤结构的形成,特别是水稳性团粒结构的增加,从而改善土壤的松紧度、通气性、保水性和热状况,对决定土壤肥力的水、肥、气、热状况均有良好的作用^[45]。提高土壤肥力能够提升地上部分的果实形态,实现高产、稳产。试验通过施用不同有机肥发现果实形态、产量与有机质呈正相关,与其它土壤指标不存在相关性。分析其原因,土壤的微生物数量和土壤酶活性可能通过其它土壤指标对产量和果实形态起着间接的控制作用,这还有待于进一步研究发现。

4 结 论

有机培肥能有效提高土壤有机质含量、改善土壤微生物的特性和结构并对果实产量有很大提升。

通过施用不同有机肥,对地下部分有机质、土壤酶活性和土壤微生物以及地上部分酿酒葡萄果实形态、产量进行分析,表明在酿酒葡萄上施用效果较好的为牛粪有机肥。

参 考 文 献:

[1] 管恩江,杨怀亮,牟敦宝.微有机肥对茶园土壤肥力、产量和质量的影响[J].中国果菜,2005,(2):24.

[2] 韩晓日,郑国砥,刘晓燕.有机肥与化肥配合施用土壤微生物量氮动态、来源和供氮特征[J].中国农业科学,2007,40(4):765-772.

[3] Tian X M, Li J H, Wei C Z. Effects of continuous application of bio-organic fertilizer for three years on soil organic matter fractions, cotton nutrient absorption and yield[J]. Plant Nutrition & Fertilizer Science, 2012,18(5):1111-1118.

[4] 周东兴,李磊,李晶,等.玉米/大豆轮作下不同施肥处理对土壤微生物生物量及酶活性的影响[J].生态学杂志,2018,37(6):1856-1864.

[5] 张传更,高阳,张立明,等.水分管理措施对施用有机肥麦田土壤酶活性和微生物群落结构的影响[J].灌溉排水学报,2018,37(2):38-44.

[6] 尹淑丽,张丽萍,习彦花,等.沼渣对土壤微生态结构、土壤酶活性及理化性状的影响[J].中国沼气,2017,35(1):72-76.

[7] 肖洋,李丽,田里,等.东北高寒区沼渣连年施用对玉米产量、效益和土壤肥力的影响[J].水土保持学报,2017,31(2):262-266.

[8] 李艳春,李兆伟,林伟伟,等.施用生物质炭和羊粪对宿根连作茶园根际土壤微生物的影响[J].应用生态学报,2018,29(4):1273-1282.

[9] 赵营,包经珊,梁锦秀.不同施肥措施对风沙土西拉葡萄产量与品质的影响[J].中外葡萄与葡萄酒,2009,(5):8-11.

[10] 王亚奇,杜桂英,崔晓文,等.一次性施入牛粪对土壤肥力和土壤微生物及酶活性的影响[J].山东农业大学学报:自然科学版,2018,49(2):181-186.

[11] 高英杰,侯振安,刘利鹏,等.不同有机肥对葡萄产量和品质的影响[J].新疆农垦科技,2013,(9):30-31.

[12] 廖道龙,胡艳平,云天海,等.嫁接和有机肥对冬瓜生长发育和根际土壤微生物的影响[J].热带作物学报,2018,39(11):47-53.

[13] 蔡秋华,赵正雄,左进香,等.有机肥配施减量化肥对烤烟青枯病及其根际微生物的影响[J].烟草科技,2018,51(11):26-33.

[14] 杨海征.鸡粪堆肥对重金属污染土壤藜蒿品质、土壤 Cu、Cd 形态和酶活性影响[D].武汉:华中农业大学,2009.

[15] 杜少平,马忠明,薛亮.不同有机肥对砂田西瓜产量、品质和养分吸收的影响[J].应用生态学报,2019,30(4):1269-1277.

[16] 关天霞,马国泰,张昊.不同类型畜禽粪有机肥对辣椒产量及根际土壤酶活性的影响[J].广东农业科学,2018,45(11):53-59.

[17] 陈英,宋凡,黄萍.重铬酸钾法测定猪粪便中有机质的不确定度评定[J].粮食与饲料工业,2018,377(9):58-60,64.

[18] 郭振,王小利,徐虎,等.长期施用有机肥增加黄壤稻田土壤微生物量碳氮[J].植物营养与肥料学报,2017,23(5):1168-1174.

[19] Wang G B, Ruan H H, Tang Y F, et al. A review on the dynamics of soil microbial biomass in forest ecosystems[J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2009, 36(1):100-104.

[20] Hao X H, Liu S L, Tong C L, et al. The influence of long-term fertilization on microbial biomass nitrogen and organic nitrogen fractions in paddy soil[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2007,(4):757-764.

[21] Liu Y Q, Wei X H, Guo X M. The long-term effects of reforestation on soil microbial biomass carbon in sub-tropic severe red soil degradation areas[J]. Forest Ecology & Management, 2012, 285(6):77-84.

[22] 关松荫.土壤酶与土壤肥力[J].土壤通报,1980,1(6):41-44.

[23] 傅丽君,李华亮,钟开新.杀灭菊酯对土壤过氧化氢酶活性的影响[J].生态毒理学报,2009,4(2):265-270.

[24] 程万莉,樊廷录,张建军,等.氮条件下长期施用有机物料氮替代部分无机氮对黑垆土氮素及相关酶活性的影响[J].中国土壤与肥料,2018,(3):42-47.

[25] 王丹.长期不同施肥条件下太湖地区水稻土团聚体颗粒组的细菌、真菌多样性研究[D].南京:南京农业大学,2011.

[26] Li J J, Li C Z, Gao L J, et al. Impact of different organic fertilizers on soil humus, microbiomass and quality of cabbage[J]. Advanced Materials Research, 2014, 955-959:628-632.

[27] 张恩平,张淑红,李天来,等.有机肥与无机肥配施对菜田土壤氮磷钾养分含量的影响[J].黑龙江农业科学,2001,(2):5-8.

[28] 张水清,黄绍敏,李慧,等.华北潮土区长期有机培肥下土壤有机碳和养分状况的动态变化[J].核农学报,2014,28(12):2247-2253.

[29] 马玉露,侯迷红,范富,等.不同物料改良盐碱地效果研究[J].内蒙古民族大学学报(自然科学版),2017,32(1):70-76.

[30] 白玲.有机无机肥配施对滴灌棉田氮素转化生物学过程的影响研究[D].石河子:石河子大学,2014.

[31] 徐永刚,宇万太,马强.长期不同施肥制度对潮棕壤微生物生物量碳、氮及细菌群落结构的影响[J].应用生态学报,2010,21(8):2078-2085.

[32] Guo Z, Wang X L, Xu H, et al. A large number of long-term application of organic fertilizer can effectively increase microbial biomass carbon and nitrogen in yellow paddy soil[J]. Journal of Plant Nutrition & Fertilizer, 2017,23(5):1168-1174.

[33] 戚瑞敏,赵秉强,李娟,等.添加牛粪对长期不同施肥潮土有机碳矿化的影响及激发效应[J].农业工程学报,2016,32(z2):118-127.

[34] 郭振,王小利,徐虎.长期施用有机肥增加黄壤稻田土壤微生物量碳氮[J].植物营养与肥料学报,2017,23(5):1168-1174.

[35] 郭振,王小利,徐虎,等.长期施用有机肥增加黄壤稻田土壤微生物量碳氮[J].植物营养与肥料学报,2017,23(5):1168-1174.

[36] Li Y W, Zhou B Y, Ma F M. Effects of bio-organic fertilizer on the soil micro-ecology of Pinus koraiensis seedlings[J]. Journal of Northeast Forestry University, 2005,33(5):49-50.

[37] 孔涛,马瑜,刘民.有机肥对土壤养分和土壤微生物的影响[J].干旱区研究,2016,33(4):884-891.

[38] 朱敏,郭志彬,曹承富,等.不同施肥模式对砂姜黑土微生物群落丰度和土壤酶活性的影响[J].核农学报,2014,28(9):1693-1700.

[39] 罗安程,Subedi T B,章永松.有机肥对水稻根际土壤中微生物和酶活性的影响[J].植物营养与肥料学报,1999,5(4):321-327.

[40] 张传更,高阳,张立明,等.水分管理措施对施用有机肥麦田土壤酶活性和微生物群落结构的影响[J].灌溉排水学报,2018,37(2):38-44.

[41] 王永昕,孙约兵,徐应明,等.施用鸡粪对海泡石钝化修复镉污染菜地土壤的强化效应及土壤酶活性影响[J].环境化学,2016,35(1):159-169.

[42] 伊晓云,马立锋,石元值.茶园有机肥使用和有机肥替代化肥技术[J].中国茶叶,2018,40(6):10-13.

[43] 吴荣.小麦—玉米轮作下有机废弃物施用对土壤重金属及微生物特性的影响[D].泰安:山东农业大学,2014.

[44] 宁川川,王建武,蔡昆争.有机肥对土壤肥力和土壤环境质量的影响研究进展[J].生态环境学报,2016,25(1):175-181.

[45] 刘效东,乔玉娜,周国逸.土壤有机质对土壤水分保持及其有效性的控制作用[J].植物生态学报,2011,35(12):1209-1218.