

郭艳兰, 牟德生, 张勤德, 等. 化肥减量配施不同用量微生物菌肥对黑比诺葡萄生长、品质及土壤肥力的影响[J]. 江苏农业学报, 2023, 39(9): 1938-1944.

doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2023.09.016

化肥减量配施不同用量微生物菌肥对黑比诺葡萄生长、品质及土壤肥力的影响

郭艳兰, 牟德生, 张勤德, 赵连鑫, 李 栋, 王 鑫
(武威市林业科学研究院, 甘肃 武威 733000)

摘要: 为探讨在黑比诺葡萄生长过程中化肥减量配施不同用量微生物菌肥的可行性, 明确适宜的化肥减量比例, 采用田间试验研究不同化肥减量配施不同用量微生物菌肥处理(T1处理: 90%化肥+10%微生物菌肥; T2处理: 80%化肥+20%微生物菌肥; T3处理: 70%化肥+30%微生物菌肥; T4处理: 60%化肥+40%微生物菌肥; T5处理: 50%化肥+50%微生物菌肥)对黑比诺葡萄生长、品质及土壤肥力的影响。结果表明: 与对照(100%化肥, CK)相比, 60%化肥+40%微生物菌肥处理(T4处理)黑比诺葡萄的叶面积增加了22.13%, SPAD值提高了69.38%, 可溶性固形物含量、可溶性糖含量、糖酸比、花青素含量、总类黄酮含量分别提高了31.49%、17.12%、90.15%、11.76%、20.13%; 土壤蔗糖酶、脲酶、碱性磷酸酶活性分别提高了40.94%、40.09%、37.44%; 土壤中速效钾、有机质含量分别提高了39.63%、134.24%。综上, 化肥减量配施不同用量微生物菌肥可实现黑比诺葡萄品质的提升, 并可提高土壤可持续生产能力, 以化肥减量40%配施40%微生物菌肥处理的综合效果最好。

关键词: 葡萄; 化肥减量; 微生物菌肥; 果实品质; 土壤肥力

中图分类号: S663.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2023)09-1938-07

Effects of chemical fertilizer reduction combined with microbial fertilizer on growth, quality and soil fertility of Pinot Noir grape

GUO Yan-lan, MU De-sheng, ZHANG Qin-de, ZHAO Lian-xin, LI Dong, WANG Xin
(Wuwei Academy of Forestry Sciences, Wuwei 733000, China)

Abstract: In order to explore the feasibility of chemical fertilizer reduction combined with microbial fertilizer and determine the appropriate proportion of chemical fertilizer reduction, field experiments were conducted to study the effects of different proportions of chemical fertilizer reduction combined with microbial fertilizer on the growth, quality and soil fertility of Pinot Noir grape. The results showed that compared with the control (100% chemical fertilizer, CK) the leaf area and SPAD value of Pinot Noir grape in the treatment of 60% chemical fertilizer + 40% microbial fertilizer (T4 treatment) increased by 22.13% and 69.38% respectively. And the soluble solids content, soluble sugar content, sugar acid ratio, anthocyanin content and total flavonoid content increased by 31.49%, 17.12%, 90.15%, 11.76% and 20.13% respectively.

收稿日期: 2023-07-27

基金项目: 武威市科技人才与科学普及计划项目(WW2201RPT045); 甘肃省创新基地与人才计划项目(18JR2TH001)

作者简介: 郭艳兰(1986-), 女, 河南周口人, 硕士研究生, 高级工程师, 研究方向为经济林栽培。(E-mail) guoyanlan86@163.com

The activities of soil sucrase, urease and alkaline phosphatase increased by 40.94%, 40.09% and 37.44%. Moreover, the contents of available potassium and organic matter in soil increased by 39.63% and 134.24% respectively. In summary, the reduction of chemical fertilizer combined with microbial fertilizer could achieve the pur-

pose of improving the quality of Pinot Noir grape and the sustainable production capacity of soil. The comprehensive effect of 40% reduction of chemical fertilizer combined with 40% microbial fertilizer was the best.

Key words: grape; chemical fertilizer reduction; microbial fertilizer; fruit quality; soil fertility

甘肃河西走廊位于36~40°N,是中国较好的酿酒葡萄产区之一^[1-2]。武威地处河西走廊最东端,也是全国唯一的“中国葡萄酒城”。随着区域酿酒葡萄种植的产业化,加上土壤本身贫瘠且偏碱性,使得土壤有机质匮乏,保水保肥能力差^[3]。为了追求经济效益的最大化,企业和葡萄种植户在生产中普遍存在过度施用化肥的现象^[4],不仅造成生产成本过高,而且会造成土壤板结、盐化、微生物群落失衡等问题^[5],严重阻碍武威葡萄酒产业的健康可持续发展。

化肥减量施用是实现农业健康可持续发展的有效途径^[6-7]。微生物菌肥是一种新型有机肥料,其中含有大量有益微生物菌群、微量元素及活性酶等,不仅能促进作物生长、提高产量,还能提高土壤中微生物的数量和整体活性,有助于改善土壤结构、提升土壤肥力^[8-9]。目前,化肥减量配施不同用量微生物菌肥的研究已在粮食^[10]、蔬菜^[11]及经济类作物^[12]中大量开展,且研究表明,在适量减施化肥的情况下增施微生物菌肥,不仅能提高化学肥料的利用率、减轻因过度施肥对环境造成的污染,还可以提高土壤肥力,提升作物产量和品质,达到化肥减量增效的目标^[13-14]。为此,本研究以黑比诺葡萄为对象,研究化肥减量配施微生物菌肥对其生长、品质及土壤肥力的影响,探寻适宜的化肥减量及配施的微生物菌肥用量,以期为该地区化肥的科学合理使用和酿酒葡萄产业的健康发展提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于甘肃省武威市林业科学研究院综合试验站内,属大陆温带干旱半干旱气候区,海拔1 484 m,年平均气温7.9℃,无霜期158~173 d,年平均降水量161 mm,年平均蒸发量2 020 mm,年平均日照时数2 968 h,土壤以沙质土为主,基础理化性质如下:pH值8.73,碱解氮含量17.14 mg/kg,有效磷含量3.83 mg/kg,速效钾含量184.33 mg/kg,有机质含量6.35 g/kg。

1.2 试验材料

供试品种为黑比诺,于2014年定植,南北行向,

株距×行距为3.0 m×1.0 m,架型为倾斜主干水平龙干(单篱架“厂”字形),沟灌,冬季机械埋土越冬。

供试微生物菌肥由河南漂效王生物科技股份有限公司生产(有效菌种为褐球固氮菌,1 ml有效活菌数 $\geq 2.0 \times 10^8$);尿素(N含量 $\geq 46.4\%$)由甘肃刘化(集团)有限责任公司生产;磷酸二铵(N含量:P₂O₅含量=16:46)由中磷(云南)农业科技有限公司生产;复合肥(N含量:P₂O₅含量:K₂O含量=18:5:25)由四川眉山凯尔化工有限公司生产;硫酸钾(K₂O含量 $\geq 52\%$)由巴彦卓尔市蒙润钾肥有限公司生产。

1.3 试验设计

试验于2021年5-9月进行,采用随机区组设计,参考葡萄基地的正常施肥水平(CK),设置5个处理,每个处理设3次重复,共计15个小区,单行为1个处理,每个小区长40 m,田间管理同正常葡萄园管理。各处理的施肥种类及肥料投入量见表1。

1.4 指标的测定

1.4.1 叶片生理指标的测定 于果实成熟期采集当年生新梢上第4~6节位功能成熟叶片,带回室内后用叶面积仪(产自浙江托普云农科技股份有限公司,YMJ-B)测量叶面积(LA),用叶绿素测定仪(产自浙江托普云农科技股份有限公司,TYS-A)测定叶绿素含量(SPAD值)。

1.4.2 果实品质的测定 每个处理随机取6个标准果穗,带回室内后用电子天平(精度为0.1 g)测定果穗质量,随后剪取全部果粒,随机取30粒果粒,用游标卡尺(精度为0.01 mm)测量果粒纵横径,用电子天平测定果粒质量,用糖度计(产自日本爱拓科技有限公司,PAL-1)测定可溶性固形物含量,用蒽酮比色法^[15]测定可溶性糖含量,用NaOH中和滴定法^[15]测定可滴定酸含量,分别用Folin-Ciocalteu法^[16]、Folin-Denis^[17]法测定总酚、单宁含量,用盐酸甲醇比色法测定花青素、总类黄酮含量,均以U表示^[18]。1 g果皮中的花青素含量= $OD_{530}-OD_{600}$,1 g果皮中的总类黄酮含量= OD_{325} ^[19]。每个指标的测定设置3个重复。

1.4.3 土壤理化指标及土壤酶活性的测定 于果

实成熟期分别采集各处理 0~20.0 cm、20.1~40.0 cm、40.1~60.0 cm 3 层土壤样品,分层混合均匀后带回室内测定土壤理化性质和土壤酶活性。土壤 pH 值、有机质含量、碱解氮含量、有效磷含量和速效钾含量参考鲍士旦^[20]的方法进行测定。土壤过氧

化氢酶、蔗糖酶、碱性磷酸酶及脲酶活性均采用酶联免疫分析(ELISA)试剂盒进行测定。

1.5 数据处理与分析

采用 Excel 2007 软件进行数据整理,用 SPSS 25.0 统计软件进行显著性分析。

表 1 黑比诺葡萄各生长期不同化肥减量配施不同用量微生物菌肥处理的肥料种类及投入量

Table 1 Fertilizer types and inputs of different chemical fertilizer reducing and microbial fertilizers increasing treatments in different growth stages of Pinot Noir grape

处理	萌芽期肥料投入量 (kg/hm ²)	花前期肥料投入量 (kg/hm ²)	膨大期肥料投入量 (kg/hm ²)	转色期肥料投入量 (kg/hm ²)
CK	291.84U+391.00DAP	254.16U+344.00DAP	300CF	750KS
T1	262.66U+351.90DAP+30.00MA	228.69U+309.60DAP+30.00MA	270CF+30MA	675KS+15MA
T2	233.47U+312.80DAP+45.00MA	203.28U+275.20DAP+45.00MA	240CF+45MA	600KS+30MA
T3	204.29U+273.70DAP+60.00MA	177.91U+240.80DAP+60.00MA	210CF+60MA	525KS+45MA
T4	175.10U+234.60DAP+75.00MA	152.50U+206.40DAP+75.00MA	180CF+75MA	450KS+60MA
T5	145.92U+195.50DAP+90.00MA	127.08U+172.00DAP+90.00MA	150CF+90MA	375KS+75MA

CK:100%化肥;T1:90%化肥+10%微生物菌肥;T2:80%化肥+20%微生物菌肥;T3:70%化肥+30%微生物菌肥;T4:60%化肥+40%微生物菌肥;T5:50%化肥+50%微生物菌肥。U:尿素;DAP:磷酸二铵;CF:复合肥;KS:硫酸钾;MA:微生物菌肥。

2 结果与分析

2.1 化肥减量配施不同用量微生物菌肥对黑比诺葡萄叶片生理指标的影响

如表 2 所示,与 CK 相比,T2、T3 处理的叶面积有所减少,其余各处理的黑比诺葡萄叶面积均增加,以 T4 处理的叶面积最大;叶片长度以 T1 处理最长,叶片宽

度以 T5 处理最宽,叶片长宽比以 T1 处理最大,但各处理间均无显著差异。此外,化肥减量配施不同用量微生物菌肥可以提高黑比诺葡萄叶片的 SPAD 值,与 CK 相比,各处理黑比诺葡萄叶片的 SPAD 值提高了 16.93%~69.38%,其中 T4 处理黑比诺葡萄叶片的 SPAD 值最高,达 67.75,且显著高于 CK,其余各处理间黑比诺葡萄叶片 SPAD 值无显著差异。

表 2 不同化肥减量施用配施不同用量微生物菌肥处理的黑比诺葡萄叶片生理指标

Table 2 Physiological indices of Pinot Noir grape leaves under different chemical fertilizer reducing and microbial fertilizers increasing treatments

处理	叶面积(mm ²)	叶片长度(mm)	叶片宽度(mm)	叶片长宽比	SPAD 值
CK	9 736.42±757.05ab	87.42±3.74ab	158.14±7.45a	0.55±0.02a	40.00±5.36b
T1	10 620.19±1 136.11ab	92.19±4.76a	158.37±7.69a	0.57±0.03a	50.62±1.81ab
T2	9 721.49±882.13ab	82.55±3.93ab	162.23±4.19a	0.51±0.02a	48.22±1.24ab
T3	8 984.07±613.39b	79.89±2.46b	156.32±4.04a	0.51±0.02a	46.77±1.37ab
T4	11 890.98±884.33a	91.15±2.38ab	169.35±5.12a	0.54±0.02a	67.75±20.09a
T5	11 057.75±784.94ab	86.03±4.71ab	169.73±3.64a	0.50±0.02a	51.31±1.10ab

CK、T1~T5 处理见表 1 注。同列数据后标有不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。

2.2 化肥减量配施不同用量微生物菌肥对黑比诺葡萄果实品质的影响

由表 3 可知,与 CK 相比,不同化肥减量配施微生物菌肥处理对黑比诺葡萄果实纵径、横径及穗质量的影响不大;与 CK 相比,T4、T5 处理的单果质量

增加,且 T5 处理增加显著,T2、T3 处理有所降低,但与 CK 之间差异不显著;与 CK 相比,各处理黑比诺葡萄果实的可溶性固形物含量显著增加,以 T4 处理增加得最多,增幅为 31.49%,而 T5 处理较 T4 处理略有下降,但差异不显著。

由表 4 可以看出,与 CK 相比,化肥减量配施微生物菌肥能够降低黑比诺葡萄果实中的可滴定酸含量,但各处理间的差异不显著;与 CK 相比,黑比诺葡萄果实的可溶性糖含量均有所增加,其中 T5 处理增幅最大,为 17.30%,且与 CK 间差异显著,T1 处理增幅最小,仅为 3.49%,且与 CK 间差异不显著;与 CK 相比,各处理的糖酸比提高了 17.48%~90.15%,其中 T4 处理的糖酸比最高,为 35.90,显著高于 CK,其余各处理的糖酸比与 CK 相比虽然均有所提高,但差异不显著。化肥减量施用不利于黑比诺葡萄果实中总酚、单宁的积累,与 CK 相比,各处

理果实中总酚、单宁含量均显著降低(除 T1 处理的单宁含量与 CK 无显著差异外),且均以 T5 处理最低,其总酚、单宁含量分别较 CK 降低了 30.35%、45.67%。化肥减量配施微生物菌肥处理能够促进黑比诺葡萄中花青素、总类黄酮的积累,其中花青素含量除了 T1、T2 处理与 CK 间无显著差异外,T3、T4、T5 处理的花青素含量与 CK 相比均显著增加,以 T3 处理最高,为 1.54 U/g,其次为 T4 处理,为 1.52 U/g;与 CK 相比,各处理的总类黄酮含量均显著增加,以 T2、T4、T5 处理最高,为 1 g 果皮中 1.85 OD_{325} ,比 CK 提高了 20.13%。

表 3 不同化肥减量配施不同用量微生物菌肥处理的黑比诺葡萄果实外观品质及可溶性固形物含量

Table 3 Fruit appearance quality and soluble solids content of Pinot Noir grape under different chemical fertilizer reducing and microbial fertilizers increasing treatments

处理	纵径(mm)	横径(mm)	单果质量(g)	穗质量(g)	可溶性固形物含量(%)
CK	14.44±0.37a	14.48±0.46a	1.59±0.09bc	190.29±15.93a	17.75±0.38b
T1	14.03±0.15a	13.77±0.36a	1.59±0.07bc	179.43±9.49a	21.68±0.66a
T2	14.13±0.34a	13.84±0.17a	1.54±0.04bc	158.23±23.50a	22.92±0.87a
T3	14.39±0.35a	14.09±0.39a	1.46±1.19c	153.83±16.23a	23.10±0.59a
T4	15.63±1.30a	14.90±0.93a	1.77±0.08b	176.87±13.31a	23.34±0.30a
T5	14.11±0.16a	13.92±0.13a	2.43±0.05a	164.48±17.42a	23.04±0.38a

CK、T1~T5 处理见表 1 注。同列数据后标有不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。

表 4 不同化肥减量配施不同用量微生物菌肥处理的黑比诺葡萄果实内在品质

Table 4 Fruit interior quality of Pinot Noir grape under different chemical fertilizer reducing and microbial fertilizers increasing treatments

处理	可滴定酸含量(%)	可溶性糖含量(%)	糖酸比	总酚含量(mg/g)	单宁含量(mg/g)	花青素含量(U/g)	总类黄酮含量(OD_{325} , 1 g 果皮)
CK	0.94±0.11a	17.17±0.32c	18.88±2.50b	6.36±0.20a	19.40±0.50a	1.36±0.02c	1.54±0.01c
T1	0.81±0.06a	17.77±0.54bc	22.18±2.08ab	4.55±0.06c	19.49±0.51a	1.35±0.02c	1.63±0.01b
T2	0.75±0.11a	19.99±1.04a	27.56±3.20ab	5.02±0.10b	16.21±0.51b	1.36±0.02c	1.85±0.01a
T3	0.75±0.11a	19.76±0.38ab	27.92±3.89ab	4.60±0.07c	15.85±0.52b	1.54±0.02a	1.83±0.01a
T4	0.63±0.17a	20.11±0.20a	35.90±8.10a	4.54±0.06c	15.45±0.52b	1.52±0.02a	1.85±0.01a
T5	0.75±0.12a	20.14±0.36a	28.07±4.38ab	4.43±0.05c	10.54±0.54c	1.44±0.02b	1.85±0.01a

CK、T1~T5 处理见表 1 注。同列数据后标有不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。

2.3 化肥减量配施不同用量微生物菌肥对黑比诺葡萄园土壤肥力的影响

由表 5 可以看出,与 CK 相比,除 T1、T3 处理的黑比诺葡萄园土壤 pH 值无明显差异外,其余处理的黑比诺葡萄园土壤 pH 值均显著降低,其中 T5 处理的黑比诺葡萄园土壤 pH 值最低,为 8.23,其次为 T4 处理,pH 值为 8.47。黑比诺葡萄园土壤的碱解氮含量以 T3、T5 处理较高,显著高于 CK,较 CK 分

别提高了 117.44%、117.06%,T1、T4 处理黑比诺葡萄园土壤的碱解氮含量虽有提高,但与 CK 相比差异不显著。黑比诺葡萄园土壤的有效磷含量以 T1 处理最高,其次为 T5 处理,均显著高于 CK,其余各处理黑比诺葡萄园土壤的有效磷含量虽均较 CK 有所增加,但差异不明显。黑比诺葡萄园土壤的速效钾含量以 T5 处理最高,比 CK 提高了 40.31%,其次为 T2、T4 处理,均与 CK 有显著差异,而 T1、T3 处理

黑比诺葡萄园土壤的速效钾含量与 CK 差异不显著。黑比诺葡萄园土壤的有机质含量以 T5 处理增加得最显著,比 CK 提高了 185.11%,其次为 T4 处理,提高了 134.24%,其他各处理的黑比诺葡萄园土壤有机质含量与 CK 差异均不明显。

2.4 化肥减量配施不同用量微生物菌肥对黑比诺葡萄园土壤酶活性的影响

如表 6 所示,化肥减量配施微生物菌肥能提高黑比诺葡萄园土壤酶活性。与 CK 相比,各处理的黑比诺葡萄园土壤蔗糖酶活性提高了 12.60%~40.94%,其中 T4 处理的土壤蔗糖酶活性最高,达 1.79 U/g,显著高于 CK;相较于 CK,各处理的黑比

诺葡萄园土壤过氧化氢酶活性除 T5 处理略有下降外,其余各处理均增加,其中 T3、T2 处理的葡萄园土壤过氧化氢酶活性显著增加,分别增加了 17.50%、10.26%,而 T1、T4 处理的葡萄园土壤过氧化氢酶活性增加不显著。与 CK 相比,各处理黑比诺葡萄园土壤的脲酶、碱性磷酸酶活性均以 T4 处理提高最明显,分别提高了 40.09%、37.44%,其余各处理的土壤脲酶活性除 T1 处理与 CK 差异不显著外,T2、T3、T5 处理的土壤脲酶活性均显著高于 CK,而土壤碱性磷酸酶活性除 T3、T4 处理显著高于 CK 外,T1、T2、T5 处理的土壤碱性磷酸酶活性与 CK 均无显著差异。

表 5 不同化肥减量配施不同用量微生物菌肥处理的黑比诺葡萄园土壤理化指标

Table 5 Soil physical and chemical indicators under different chemical fertilizer reducing and microbial fertilizers increasing treatments

处理	pH 值	碱解氮含量 (mg/kg)	有效磷含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)	有机质含量 (g/kg)
CK	8.82±0.06a	15.65±3.22b	1.97±0.48c	199.33±13.91b	4.03±1.16c
T1	8.83±0.06a	24.24±2.16ab	8.39±4.12a	259.67±77.53ab	4.04±1.65c
T2	8.60±0.03bc	14.59±0.01b	2.67±1.08bc	277.00±40.65a	5.06±1.64bc
T3	8.68±0.05ab	34.03±4.40a	2.43±5.43bc	266.00±7.23ab	7.28±1.67abc
T4	8.47±0.07c	20.50±3.17b	4.37±1.81bc	278.33±25.89a	9.44±1.00ab
T5	8.23±0.09d	33.97±5.35a	6.47±1.48ab	279.67±10.99a	11.49±1.28a

CK、T1~T5 处理见表 1 注。同列数据后标有不同小写字母表示处理间差异显著 ($P<0.05$)。

表 6 不同化肥减量配施不同用量微生物菌肥处理的黑比诺葡萄园土壤酶活性

Table 6 Soil enzyme activities under different chemical fertilizer reducing and microbial fertilizers increasing treatments

处理	蔗糖酶活性 (U/g)	过氧化氢酶 活性(U/g)	脲酶活性 (U/g)	碱性磷酸酶 活性(U/g)
CK	1.27±0.09b	680.37±21.81cd	384.10±16.10b	0.665±0.03b
T1	1.43±0.15ab	731.07±27.31bcd	454.19±29.15ab	0.728±0.01b
T2	1.60±0.09ab	750.17±20.20ab	502.44±33.22a	0.732±0.06b
T3	1.67±0.16ab	799.41±11.52a	526.46±22.06a	0.909±0.03a
T4	1.79±0.06a	743.36±9.64abc	538.10±31.15a	0.914±0.05a
T5	1.50±0.23ab	671.45±27.73d	503.33±22.03a	0.678±0.05b

CK、T1~T5 处理见表 1 注。同列数据后标有不同小写字母表示处理间差异显著 ($P<0.05$)。

3 讨论

3.1 化肥减量配施不同用量微生物菌肥对黑比诺葡萄生长的影响

叶片是植物进行光合作用的关键器官,叶面积、叶绿素含量等对植物的生产能力均有直接影响^[21]。

本研究结果表明,化肥减量配施不同用量微生物菌肥处理整体上可以增加葡萄的叶面积,提高叶片的 SPAD 值,在化肥减量 40% 配施微生物菌肥(T4 处理)下,叶片增大及 SPAD 值增加得最明显,这与马忠明等^[22]的研究结果略有差异,可能与微生物菌肥的种类、施肥量有关^[23]。

3.2 化肥减量配施不同用量微生物菌肥对黑比诺葡萄果实品质的影响

优质酿酒葡萄的生产主要取决于其浆果品质,其品质的优劣又受到施肥方式、施肥种类等因素的影响^[24]。研究发现,增施有机肥可使葡萄单果质量增加,并能提高果实中可溶性固形物含量、可溶性糖含量、糖酸比、总酚含量、单宁含量及花色苷含量,降低其可滴定酸含量^[25-26],但在有机肥替代化肥施用的相关研究中,不同研究者对酿酒葡萄果实品质指标的研究结果各有差异。马忠明等^[22]研究发现,有机肥无机肥配施能显著影响酿酒葡萄品质,随着有机肥配施比例的提高,可溶性固形物含量、还原性糖含量、糖酸比、单宁含量、总酚含量及花色苷含量的

变化呈“单峰状”,先增加后减小,总酸含量先减小后增加,以50%化肥+有机肥处理的葡萄品质最优。张筠筠等^[23]研究发现,化肥减量施用提高了酿酒葡萄果实中可溶性糖、花色苷含量及糖酸比,但不利于总酚、单宁的积累,相较于不施肥和全量施用化肥处理,各化肥减量施用及使用有机肥处理的总酚、单宁含量均明显降低。本研究结果显示,在化肥减量配施微生物菌肥处理下,黑比诺葡萄的单果质量增加,可溶性固形物含量、可溶性糖含量、糖酸比、花青素含量、总类黄酮含量整体均明显提高,以T4处理较明显;总酚含量和单宁含量均不同程度地降低,以T5处理降低得较明显。这可能与各研究中选择的栽培品种、栽培环境及施用的化肥、微生物菌肥种类等因素有关^[27-28]。

3.3 化肥减量配施不同用量微生物菌肥对土壤肥力的影响

土壤养分是土壤肥力的重要组成因素,也是植物生长发育必不可少的物质基础^[29-30]。研究发现,施用微生物肥料可以提高土壤中速效钾、碱解氮等速效养分与有机质的含量^[31]。本试验结果表明,化肥减量配施微生物菌肥降低了土壤的pH值,提高了土壤中碱解氮、有效磷、速效钾和有机质含量,以T5处理pH值最低,为8.23,其碱解氮、有效磷、速效钾和有机质含量较CK均显著增加,分别增加了117.06%、228.43%、40.31%、185.11%,说明微生物菌肥中的有益微生物促进了土壤中矿质养分以及土壤中残枝、残根及落叶等有机物的分解转化,使土壤养分和有机质得到补充,从而提升了土壤的肥力水平^[32-33]。这与方成等^[34-35]的研究结果一致,但与张筠筠等^[23,36]的研究结果有一定差异,可能与使用的肥料种类、种植环境、气候条件等因素有关。

3.4 化肥减量配施不同用量微生物菌肥对土壤酶活性的影响

土壤酶是生态系统中最为活跃的生物活性物质,土壤酶活性的高低与土壤肥力高低相对应^[37-38]。研究发现,施用微生物肥料能提高土壤中蔗糖酶、过氧化氢酶等酶的活性^[39]。本研究中,化肥减量配施微生物菌肥处理提高了土壤中蔗糖酶、过氧化氢酶、脲酶、碱性磷酸酶的活性,其中蔗糖酶、脲酶和碱性磷酸酶活性均以T4处理最高,分别较CK提高了40.94%、40.09%、37.44%,过氧化氢酶活性以T3处理增加得最明显,较CK增加了

17.50%。这与前人研究结果一致^[10-11],表明微生物菌肥中含有的大量有益微生物菌群可以改善葡萄园土壤的微生态结构,从而促进土壤酶活性的提升^[40]。

4 结论

本试验结果表明,化肥减量配施微生物菌肥处理能增加黑比诺葡萄叶面积及SPAD值,提高葡萄果实中可溶性固形物含量、可溶性糖含量、糖酸比、花青素含量和总类黄酮含量,降低总酚和单宁含量,同时能提高土壤中碱解氮、有效磷、速效钾、有机质含量以及土壤蔗糖酶、过氧化氢酶、脲酶、碱性磷酸酶的活性,降低土壤pH值,其中以60%化肥+40%微生物菌肥处理效果最明显。说明化肥减量配施微生物菌肥可以通过改善酿酒葡萄园土壤的微生态结构,促进土壤酶活性的提升,从而活化土壤的有效养分和养分供应能力,改善土壤肥力,促进酿酒葡萄植株生长以及果实品质改善,以化肥减量40%配施微生物菌肥处理的综合效果最好,但此施肥模式对黑比诺葡萄产量、果实香气成分以及酿酒特性等的影响还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 李利,郝燕. 甘肃河西走廊葡萄酒产业发展的思考与建议[J]. 农业科技与信息, 2019, 36(11): 57-61.
- [2] 马麒龙,明小军. 河西走廊祁连山葡萄酒园葡萄成熟度的确定[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2009, 34(3): 50-52.
- [3] 吴玲玲,李玉忠. 河西走廊绿洲灌溉农业区葡萄产业发展的建议[J]. 果树实用技术与信息, 2013(5): 42-43.
- [4] 马宗恒. 滴灌条件下不同施氮时期对酿造葡萄碳氮代谢的影响[D]. 兰州:甘肃农业大学, 2016.
- [5] 胡紫璟. 不同氮素水平对酿酒葡萄“蛇龙珠”植株碳氮代谢影响的研究[D]. 兰州:甘肃农业大学, 2016.
- [6] 柳小刚,闫耀廷,张吉宁. 化肥减量配施有机肥对玉米生长发育及产量的影响[J]. 农业科技与信息, 2018, 15(15): 28-30.
- [7] 宋震震,李絮花,李娟,等. 有机肥和化肥长期施用对土壤活性有机氮组分及酶活性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20(3): 525-533.
- [8] 田露,刘景辉,赵宝平,等. 保水剂和微生物菌肥配施对旱作燕麦土壤微生物生物量碳、氮含量及酶活性的影响[J]. 水土保持学报, 2020, 34(5): 361-368.
- [9] 徐忠山,杨彦明,陈晓晶,等. 菌肥对混播牧草土壤酶活性及微生物的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2018(6): 77-83.
- [10] 朱望帅,韩震,胡一涵,等. 化肥减施配施微生物菌肥对盐碱地土壤质量及玉米产量和品质的影响[J]. 山东农业科学,

- 2022,54(12):91-96.
- [11] 靳亚忠,熊亚男,孙雪,等. 化肥减施与木霉菌有机肥配施对辣椒产量、品质及根际土壤酶活性的影响[J]. 四川农业大学学报,2021,39(2):198-204.
- [12] 张建鹏. 化肥减量配施微生物菌肥及土壤调理剂对重茬马铃薯生长发育和土壤质量的影响[J]. 江苏农业科学,2023,51(7):205-212.
- [13] 陈龙,孙广正,姚拓,等. 干旱区微生物肥料替代部分化肥对玉米生长及土壤微生物的影响[J]. 干旱区资源与环境,2016,30(7):108-113.
- [14] 张旺林,张智英,吴颖欣,等. 微生物菌剂在冬枣肥料减施及果实品质提升中的试验研究[J]. 农业科技通讯,2021(4):172-174.
- [15] 张自强,王森,胡琼,等. 南方鲜食枣正常果与裂果不同时期内含物含量的比较[J]. 中南林业科技大学学报,2018,38(1):37-42.
- [16] 袁晓春,李辅碧. Folin-Ciocalteu 法测定昭通葡萄及其葡萄酒总酚含量[J]. 安徽农业科学,2014,42(33):11859-11860,11862.
- [17] 耿娜娜,李学英,顾丁,等. Folin-Denis 分光光度法测定五倍子中单宁酸的含量[J]. 安徽农业科学,2013,41(29):11848-11850,11915.
- [18] 叶小利,李加纳,唐章林,等. 甘蓝型黑籽和黄籽油菜种子发育过程中种皮色泽差异研究 I. 花色素、苯丙氨酸和苯丙氨酸解氨酶的变化及相关性[J]. 中国油料作物学报,2001(2):15-19.
- [19] PIRIE A, MULLINS M G. Changes in anthocyanin and phenolics content of grapevine leaf and fruit tissue treated with sucrose, nitrate and abscisic acid[J]. Plant Physiology, 1976,58(4):468-472.
- [20] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京:中国农业出版社,2000.
- [21] 宁改星,马宗恒,毛娟,等. 施氮量对荒漠区“蛇龙珠”葡萄叶片质量的影响[J]. 果树学报,2019,36(9):1150-1160.
- [22] 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.
- [23] 张筠筠,王竞,孙权,等. 化肥减施对贺兰山东麓土壤肥力及酿酒葡萄品质的影响[J]. 西南农业学报,2019,32(7):1601-1606.
- [24] 杨忠赞,迟凤琴,匡恩俊,等. 有机肥替代对土壤理化性状及产量的综合评价[J]. 华北农学报,2019,34(增刊1):153-160.
- [25] 郭洁,孙权,张晓娟,等. 生物有机肥对酿酒葡萄生长、养分吸收及产量品质的影响[J]. 河南农业科学,2012,41(12):76-80.
- [26] 陈国品,李玮,谢蜀豫,等. 2种类型微生物肥对夏黑葡萄生长发育及果实品质的影响[J]. 西南农业学报,2021,34(1):106-112.
- [27] 孔德谦,何振嘉,刘全祖,等. 施肥对贺兰山东麓滴灌条件下‘赤霞珠’葡萄产量和品质的影响[J]. 中国农业科技导报,2021,23(3):148-155.
- [28] 程杰山,蒋爱丽,奚晓军,等. 不同施肥量对‘巨玫瑰’葡萄生长和果实品质的影响[J]. 中国农学通报,2012,28(25):167-171.
- [29] 郭振威,李永山,陈梦妮,等. 长期秸秆还田和施用有机肥对连作棉田土壤化学性质及微生物数量的影响[J]. 中国农业大学学报,2022,27(11):177-186.
- [30] 朱海云,马瑜,柯杨,等. 不同年龄时期石榴园土壤养分、微生物量及酶活性[J]. 土壤通报,2022,53(3):588-595.
- [31] 刘璐,代红军,王振平. 微生物肥料对“赤霞珠”葡萄生长及土壤质量的影响[J]. 北方园艺,2016(17):175-179.
- [32] CHOI W J, RO H M, CHANG S X. Recovery of fertilizer-derived inorganic-¹⁵N in a vegetable field soil as affected by application of an organic amendment[J]. Plant and Soil, 2004,263(1/2):191-201.
- [33] SCHARFY D, GÜSEWELL S, GESSNER M O, et al. Invasion of solid ago gigantea in contrasting experimental plant communities: Effects on soil microbes, nutrients and plant-soil feedbacks[J]. Journal of Ecology, 2010,98:1379-1388.
- [34] 方成,岳明灿,王东升,等. 化肥减施配施微生物菌剂对鲜食玉米生长和土壤肥力的影响[J]. 土壤,2020,52(4):743-749.
- [35] 陈海玲,黄强,颜墩炜,等. 化肥减施配施微生物菌剂对结球紫甘蓝产量、品质及土壤肥力的影响[J]. 热带农业科学,2023,43(1):5-9.
- [36] 范晓晖,陈慕松,刘文婷,等. 化肥减量配施有机肥对葡萄产量、品质及土壤质量的影响[J]. 中国土壤与肥料,2022(3):46-51.
- [37] 秦秦,宋科,孙丽娟,等. 生物有机肥与化肥减量配施对稻田土壤酶活性和土壤肥力的影响[J]. 上海农业学报,2022,38(1):21-26.
- [38] 荆瑞勇,王丽艳,郭永霞. 生物有机肥对盆栽小白菜土壤酶活性和微生物数量的影响[J]. 水土保持研究,2015,22(2):79-83,89.
- [39] 汪立梅,桂丕,李化山,等. 改良剂与微生物菌剂联合施用对盐碱地土壤和耐盐植物的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(17):264-269.
- [40] 刘宝勇,刘欣玲,张成,等. 水肥一体化模式下不同施肥处理对沙地土壤理化性状及土壤酶活性的影响[J]. 安徽农业科学,2020,48(9):167-171.

(责任编辑:徐艳)