

施用生物菌肥对桃园土壤养分及微生物功能多样性的影响

于会丽¹,徐国益¹,徐变变¹,袁玉洁¹,邵微^{1,2},
王新卫¹,朱更瑞¹,鲁振华¹,司鹏¹

(1.中国农业科学院郑州果树研究所,河南 郑州 450009;2.河南农业大学林学院,河南 郑州 450002)

摘 要:以不同施肥处理下的桃园土壤为试验材料,设置不同梯度的生物菌肥 T1(200 kg·667m⁻²)、T2(300 kg·667m⁻²)、T3(500 kg·667m⁻²)及 T4(1 000 kg·667m⁻²)4 个处理,以鸡粪为 CK(2 000 kg·667m⁻²),研究生物菌肥对桃园土壤养分及微生物功能多样性的影响。结果表明:随生物菌肥施用量的增加,桃园土壤 pH 值、有机质、铵态氮、速效钾、有效磷含量、微生物单孔颜色平均变化率(AWCD)、微生物多样性指数及微生物对六类碳源的利用强度先增加后降低,硝态氮含量下降。生物菌肥 200 kg·667m⁻²处理下,0~20 cm 土层有效磷含量较 CK 提高 53.98%(*P*<0.05),而与生物菌肥 300 kg·667m⁻²处理差异不显著。生物菌肥 300 kg·667m⁻²处理下,土壤微生物对羧酸类化合物利用强度最高,较 CK 提高 22.67%(*P*<0.05)。生物菌肥 300 kg·667m⁻²处理下 20~40 cm 土层的土壤有效磷、速效钾含量、微生物多样性指数(Simpson 优势度指数)及微生物对碳水化合物利用强度较 CK 分别提高 33.49%、129.61%、0.22%和 18.06%(*P*<0.05)。冗余分析表明,土壤微生物对氨基酸化合物利用强度与有机质显著正相关,相关系数为 0.68。主成分分析中,生物菌肥 300 kg·667m⁻²处理对土壤微生物多样性指数、碳源利用强度及土壤养分影响得分最高,分别为 2.42 和 1.36。因此,生物菌肥能够提高土壤微生物活性、功能多样性、微生物对碳源的利用强度及养分含量,其中以生物菌肥 300 kg·667m⁻²处理效果最佳。

关键词:桃园土壤养分;生物菌肥;土壤微生物;功能多样性

中图分类号:S662.1;S144 **文献标志码:**A

Effects of bio-fertilizer on soil nutrients and microbial functional diversity in peach orchard

YU Huili¹, XU Guoyi¹, XU Bianbian¹, YUAN Yujie¹, SHAO Wei^{1,2},
WANG Xinwei¹, ZHU Gengrui¹, LU Zhenhua¹, SI Peng¹

(1. Institute of Zhengzhou Fruit Research, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou, Henan 450009, China;
2. College of Forestry, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002, China)

Abstract: To explore the effects of bio-fertilizer on soil nutrient and microbial functional diversity of peach soil, the soil under different fertilization treatments were used as test materials. Different rates of biological bacterial fertilizer T1 (200 kg·667m⁻²), T2 (300 kg·667m⁻²), T3 (500 kg·667m⁻²), and T4 (1 000 kg·667m⁻²) were set, with chicken manure as CK (2 000 kg·667m⁻²). The results indicated that with increasing the amount of bio-fertilizer, the soil pH, organic matter, ammonia N, available P, available K content, average well color development (AWCD), microbial diversity index, and utilization intensity of six types of carbon sources showed an upward trend and then decreased, while the NO₃⁻-N content showed a downward trend. In 0~20 cm soil, the available P content of 200 kg·667m⁻² treatment significantly increased by 53.98% compared with that of the control (*P*<0.05), while the difference between 200 kg·667m⁻² and 300 kg·667m⁻² was not significant. The soil microbial

收稿日期:2020-02-27 修回日期:2020-10-13

基金项目:国家重点研发计划项目(2018YFD0201409);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(Y2018PT64);中国农业科学院科技创新工程(CAAS-ASTIP-2019-ZFRI)

作者简介:于会丽(1987-),女,河南三门峡人,助理研究员,主要从事果树新型肥料研制与施肥技术研究。E-mail:yuhuili@caas.cn

通信作者:司鹏,副研究员,主要从事果树营养与施肥技术研究。E-mail:sipeng@caas.cn

community of $300 \text{ kg} \cdot 667 \text{ m}^{-2}$ had the highest utilization intensity of carboxylic acid compounds, which was significantly increased by 22.67% compared with that of the control. In the 20~40 cm soil layer, soil available P, available K content, microbial diversity index (Simpson index D), and microbial utilization intensity of carbohydrates treated with $300 \text{ kg} \cdot 667 \text{ m}^{-2}$ were significantly increased by 33.49%, 129.61%, 0.22%, and 18.06% compared with CK ($P < 0.05$). Redundant analysis revealed that the utilization of amino acid compounds by the soil microbial community was significantly positively correlated with organic matter, and the correlation coefficient was 0.68. In the principal component analysis, the $300 \text{ kg} \cdot 667 \text{ m}^{-2}$ comprehensive score was the highest, with 0~20 cm soil layer and 20~40 cm soil layer being 2.42 and 1.36, respectively. Therefore, bio-fertilizer can increase peach soil microbial activity, functional diversity, utilization intensity of carbon sources by microorganisms and soil nutrient content, and $300 \text{ kg} \cdot 667 \text{ m}^{-2}$ was the best.

Keywords: soil nutrients of peach orchard; bio-fertilizer; soil microorganism; functional diversity

生物菌肥是由一种或多种有益微生物经发酵而成的具有高效广谱、绿色环保、安全无毒特性的生物性肥料^[1-3]。除含有较高有机质外,还含具有特定功能的有益微生物,不仅活化土壤养分,改善土壤理化性质^[4]和土壤微生物群落结构^[5],提高土壤肥力^[6-8],还促进作物养分吸收,提高作物产量和品质^[9-10],增强作物抗病和抗逆性^[11-12]。刘德兴等^[13]在甜瓜上施用生物菌肥发现,生物菌肥能够提高甜瓜单果重和改善甜瓜品质。陶爱群等^[14]的研究表明,施用生物菌肥可改善玉泉冬枣的光合作用及提高果实产量和改善果实品质。

土壤微生物是土壤生态系统重要的组成部分和土壤养分循环的重要参与者^[15],在土壤有机物质分解、养分释放和能量转移中起着重要作用^[16]。随着人们对生物多样性重要性认识的不断深入,广泛应用各种测定方法,如微生物醭法、脂肪酸法、TGGE、DGGE 和 Biolog 法等研究微生物代谢功能多样性,微生物醭法、脂肪酸法、TGGE 和 DGGE 等技术方法无法获得有关微生物群落总体活性与代谢功能的信息^[17],Biolog 方法可克服这一缺点,被广泛用于评价土壤微生物的功能多样性^[18]。司鹏等^[19]通过 Biolog 法研究表明,在葡萄行间种植毛叶苕子能显著增加土壤微生物群落对六类碳源的利用。陈琳等^[20]采用 Biolog 法研究生物有机肥对板栗土壤微生物群落代谢活性的影响,结果表明,生物有机肥处理能提高土壤中微生物的活性。赵兰凤等^[21]利用 Biolog 法分析了不同施肥处理对香蕉根际土壤微生物群落功能多样性的影响,表明生物有机肥处理的根际微生物活性和土壤微生物对聚合物类和胺类的利用能力均高于对照和有机肥。然而有关生物菌肥对桃园土壤微生物功能多样性影响的相关研究较少。

本研究采用 Biolog-Eco 板技术,研究生物菌肥

不同施用量对桃园土壤微生物功能多样性及有效养分的影响,明确其最佳施用量,为生物菌肥在桃生产上的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地基本情况

试验区位于新疆西部中心昌吉国家农业园区老龙河大棚试验基地($44^{\circ}15'36''\text{N}$, $87^{\circ}20'53''\text{E}$)。海拔 470 m,日照充足,年日照时数为 2 700 h,年平均气温 6.8°C ,年平均降水量为 190 mm,夏季降水量明显多于冬季,年无霜期为 175 d。

1.2 试验设计

试验于 2018 年 9 月 15 日进行,设置 5 个处理:鸡粪 $2\ 000 \text{ kg} \cdot 667 \text{ m}^{-2}$ (CK),生物菌肥 $200 \text{ kg} \cdot 667 \text{ m}^{-2}$ (T1),生物菌肥 $300 \text{ kg} \cdot 667 \text{ m}^{-2}$ (T2),生物菌肥 $500 \text{ kg} \cdot 667 \text{ m}^{-2}$ (T3),生物菌肥 $1\ 000 \text{ kg} \cdot 667 \text{ m}^{-2}$ (T4)。每个处理设置 3 个小区,小区面积 25 m^2 ($5 \text{ m} \times 5 \text{ m}$),共种植 18 棵桃树,随机区组排列,每相邻小区间隔 1 排桃树作为保护行。单边沟施,沟深 30 cm,沟宽 30~40 cm,所有处理均将肥料一次性施入并与土混合均匀。

1.3 试验材料

供试生物菌肥有效活益菌 $\geq 2 \times 10^8 \text{ CFU} \cdot \text{g}^{-1}$,功能菌为解淀粉芽孢杆菌和多粘类芽孢杆菌,有机质 $\geq 50\%$,蛋白质 $\geq 30\%$, $\text{N} + \text{P}_2\text{O}_5 + \text{K}_2\text{O} \geq 10\%$,特别添加抗病性有益菌和铁、锰、硼、锌等微量元素,该产品执行 NY884-2012 肥料标准。对照用的鸡粪有机质 $\geq 48.58\%$, $\text{N} + \text{P}_2\text{O}_5 + \text{K}_2\text{O} \geq 10\%$ 。

1.4 土样采集

2019 年 5 月 13 日采集土样,取样方法为梅花形布点法,每个试验小区选 5 个点,沿桃树树冠垂直投影面积 $2/3$ 处取 0~20 cm 和 20~40 cm 土壤样品,剔除石块、植物残根等杂物后,每个小区同层土

样混合。一部分土样风干过筛进行土壤理化性质测定,一部分土样贮藏于-80℃冰箱进行土壤微生物功能多样性测定。

1.5 测定方法

1.5.1 土壤理化性质测定 土壤 pH 值采用 pH 计测定,水土比为 2.5 : 1;有机质采用重铬酸钾氧化-外加热法,有效磷采用 0.5 mol · L⁻¹ NaHCO₃ 浸提法,速效钾采用 NH₄OAc 浸提-火焰光度法,硝态氮用酚二磺酸比色法,铵态氮用 2 mol · L⁻¹ KCl 浸提-靛酚蓝比色法^[22]。

1.5.2 土壤微生物群落测定 将相当于 1 g 烘干土的新鲜土壤加入到盛有 99 mL 0.85%灭菌生理盐水的 250 mL 三角瓶中,28℃、200 r · min⁻¹条件下振荡培养 30 min,使土样与生理盐水充分混匀,再放置在 4℃冰箱内静置 30 min,然后加样于 Biolog-Eco 板微孔板中,每孔加入 150 μL。25℃下培养 192 h,每 24 h Biolog 自动读取仪读数 1 次。

微生物群落功能多样性的计算^[23]:

Biolog-Eco 板测定平均吸光值 (average well color development,AWCD),用来表示微生物的整体代谢活性^[23]:

$$AWCD = \sum (Ci - R)/n$$

McIntosh 指数(*U*):
$$U = \sqrt{\sum ni^2}$$

Shannon-Wiener 指数(*H'*):

$$H' = - \sum (Pi \cdot \ln Pi)$$

Simpson 指数(*D*) 又称优势度指数:

$$D = 1 - \sum Pi^2$$

Pielou 均匀度指数(*E*):

$$E = H'/\ln S$$

丰富度指数(*S*) 指被利用的碳源的总数,为每孔中 (C-R) 的值大于 0.25 的孔个数。

1.5.3 数据处理与分析 采用 Microsoft Excel 2010 进行数据处理;用 SPSS 17.0 统计软件分别进行方差分析和主成分分析;用 Canoco 4.5 进行冗余分析 (redundancy analysis, RDA)。

2 结果与分析

2.1 施用生物菌肥对桃园土壤养分的影响

生物菌肥对桃园土壤主要理化参数的影响见表 1。随生物菌肥施用量的增加,土壤 pH 值、有机质、硝态氮、铵态氮、有效磷和速效钾含量呈先增加后降低趋势。

与 CK 相比,0~20 cm 土层 T1、T2 和 T3 处理土壤 pH 值和有机质含量均增加,其中 T1 处理土壤 pH 值和有机质含量最高,分别增加 3.08% 和 20.00%,但各处理间差异未达显著水平。除 T1 处理外,生物菌肥处理的硝态氮含量均显著低于 CK, T2 处理铵态氮含量较 CK 增加 86.26% (*P*<0.05),其他处理与 CK 差异不显著。生物菌肥处理的土壤有效磷和速效钾含量均高于 CK,其中 T3 处理有效磷含量和 T1 处理速效钾含量最高,较 CK 分别提高 61.29% 和 277.43% (*P*<0.05)。

20~40 cm 土层,与 CK 相比,生物菌肥处理土壤有机质和硝态氮含量降低,土壤 pH 值、铵态氮和速效钾含量提高,其中,T1 处理土壤 pH 值和速效钾含量最高,较 CK 分别增加 5.75% 和 265.71% (*P*<0.05),且 T1 处理速效钾含量与其他处理差异显著。T3 处理土壤铵态氮和有效磷含量最高,较 CK 分别增加 53.59% 和 109.51% (*P*<0.05)。

表 1 不同处理对土壤主要理化参数的影响

Table 1 Effects of different treatments on main physical and chemical parameters of soil							
土层/cm Soil layer	处理 Treatment	pH	有机质/% Organic matter	硝态氮/(mg · kg ⁻¹) Nitrate N	铵态氮/(mg · kg ⁻¹) Ammonium N	有效磷/(mg · kg ⁻¹) Available P	速效钾/(mg · kg ⁻¹) Available K
0~20	CK	6.50±0.12a	1.65±0.16a	29.00±3.47a	13.03±0.89b	108.06±9.61c	103.05±19.32d
	T1	6.70±0.10a	1.98±0.14a	30.53±1.98a	15.99±1.08b	166.39±17.95ab	388.94±16.41a
	T2	6.63±0.03a	1.87±0.16a	21.87±0.88b	24.27±1.93a	146.90±17.9abc	192.25±10.14c
	T3	6.63±0.12a	1.74±0.20a	19.09±1.98b	15.05±1.24b	174.29±10.18a	249.57±22.07b
	T4	6.50±0.06a	1.47±0.16a	17.77±1.38b	12.30±1.39b	125.74±7.98bc	191.53±12.02c
20~40	CK	6.43±0.09b	1.51±0.11a	33.13±2.52a	12.69±0.71b	111.09±7.15c	91.69±10.63c
	T1	6.80±0.12a	0.92±0.12b	22.75±2.25b	17.07±2.09ab	147.44±11.87b	335.32±12.58a
	T2	6.70±0.06ab	1.26±0.06a	13.79±1.51c	14.31±1.66ab	148.29±11.95b	210.53±25.10b
	T3	6.50±0.06b	0.81±0.12b	14.38±0.28c	19.49±1.66a	232.74±5.63a	137.99±9.13c
	T4	6.53±0.09ab	0.62±0.09b	15.87±0.79c	15.15±1.36ab	105.64±13.77c	127.09±11.87c

注:同列数据后不同小写字母表示各处理间在 *P*<0.05 水平差异显著,下同。
Note: Values followed by different lowercase letters within a column were significant difference between each treatment at *P*<0.05 level. The same below.

2.2 施用生物菌肥桃园土壤微生物群落功能多样性

2.2.1 土壤微生物平均吸光值变化特征 平均颜色变化率(AWCD)是表征土壤微生物群落对底物碳源利用强度的指标,AWCD 值越大表明微生物密度越大,活性越高;反之微生物密度越小,活性越低^[24]。由图 1 可知,不同施肥处理下 0~20 cm 和 20~40 cm 土层 AWCD 值随培养时间的延长而升高。在 24~96 h 内,AWCD 值迅速增加,这说明土壤微生物代谢能力增强,在培养 96 h 后,AWCD 值增长趋于缓慢。在培养结束时,0~20 cm 土层微生物活性 AWCD 高低依次为 T2>CK>T3>T1>T4,20~40 cm 土层微生物活性高低依次为 T2>CK>T1>T3>T4,T2 处理的 AWCD 值最高,说明在此条件下,生物群落代谢最快,活性最强,对碳源利用能力最高。

2.2.2 不同施肥处理土壤微生物群落功能多样性指数分析 选取土样培养 96 h 数据进行土壤微生物代谢多样性分析,不同施肥处理对桃树土壤微生物群落功能多样性指数影响不同,如表 2 所示,随生物菌肥施用量的增加,土壤微生物群落功能多样性指数呈先增加后降低趋势。

0~20 cm 土层,T2 处理的土壤微生物群落优势度指数、丰富度指数和多样性指数最高,较 CK 分别增加 0.21%、5.09%和 0.92%,差异不显著。T2 和 T3 处理土壤微生物群落优势度指数和均一性指数较 T1 处理分别提高 0.42%、23.48%和 0.42%、19.57% ($P<0.05$)。

20~40 cm 土层,土壤微生物群落优势度指数为 T3>T2>T1>CK>T4,其中,T2 和 T3 处理土壤微生物群落优势度指数较 CK 分别提高 0.22%和 0.25% ($P<0.05$),除 T4 外,生物菌肥处理间无显著差异。T4 处理的土壤微生物群落丰富度指数、均一性指数和多样性指数显著低于其他处理,且其他处理间无显

著差异。结果表明,T2 处理增加土壤微生物群落多样性指数,T4 处理降低土壤微生物群落多样性指数。

2.2.3 不同施肥处理土壤微生物对六类碳源的利用强度 由图 2 可知,施生物菌肥处理与鸡粪(CK)处理土壤微生物对 Biolog-Eco 板中不同类碳源利用强度存在差异,随生物菌肥施用量的增加土壤微生物对 Biolog-Eco 板中每一类碳源的利用强度呈先增加后减少趋势。

0~20 cm 土层,T2 处理土壤微生物对羧酸类利用强度最高,较 CK 提高 22.67% ($P<0.05$),T4 处理对聚合物和碳水化合物利用强度低于其他处理,较 CK 分别降低 31.11%和 23.91% ($P<0.05$)。

20~40 cm 土层,与 CK 相比,T3 处理对聚合物利用强度提高 25.00% ($P<0.05$),其他处理间无显著性差异。T2 处理对碳水化合物利用强度较 CK 和 T4 分别提高 18.06%和 30.77% ($P<0.05$),与 T1 和 T3 处理差异不显著。由此表明,T2 处理促进土壤微生物对羧酸类和碳水化合物这两类碳源的利用,T4 处理抑制土壤微生物对六类碳源的利用。

2.3 土壤微生物功能多样性与土壤养分之间的冗余分析

如图 3 所示,冗余分析结果表明各个碳源之间存在相关关系。PM 与 AM 呈显著正相关性,相关系数为 0.69;PA、AA、CA 和 AM 呈极显著正相关性,相关系数分别为 0.85、0.80 和 0.80;CH 与 PA、CA 呈显著正相关性,相关系数分别为 0.69 和 0.64;PA 与 CA、AA 呈极显著正相关性,相关系数分别为 0.82 和 0.87;有机质与 AA 呈显著正相关,相关系数为 0.68;pH 与速效钾呈极显著正相关关系,相关系数为 0.85。

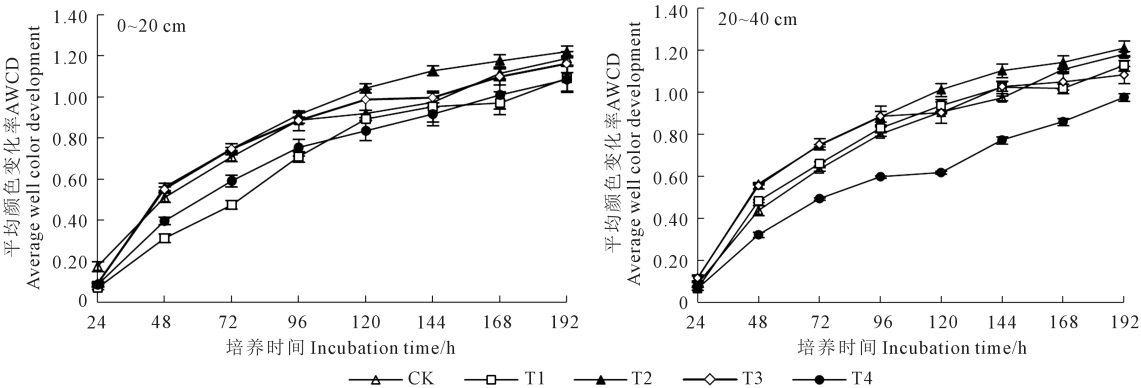
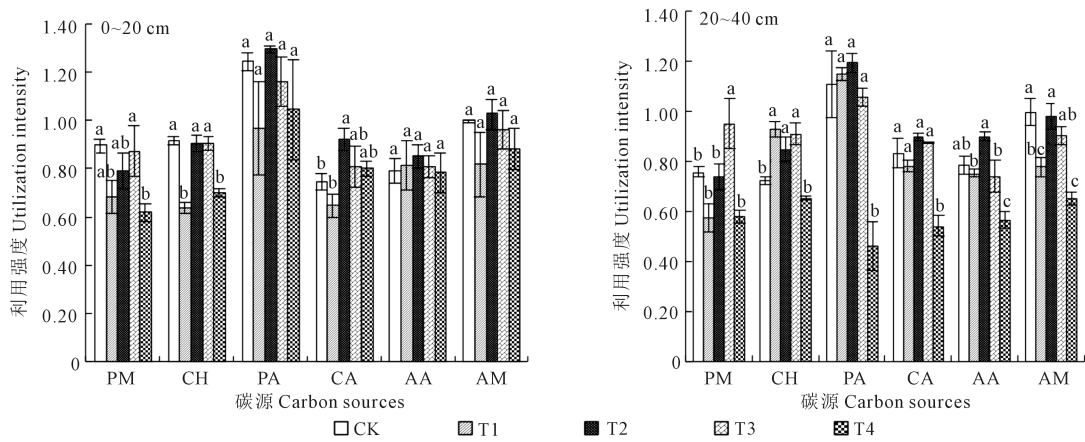


图 1 不同施肥处理土壤微生物平均吸光值随培养时间的变化
Fig.1 Changes of average well color development during incubation of soil microbial community under different fertilization treatments

表 2 土壤微生物群落多样性指数
Table 2 Diversity index of soil microbial communities

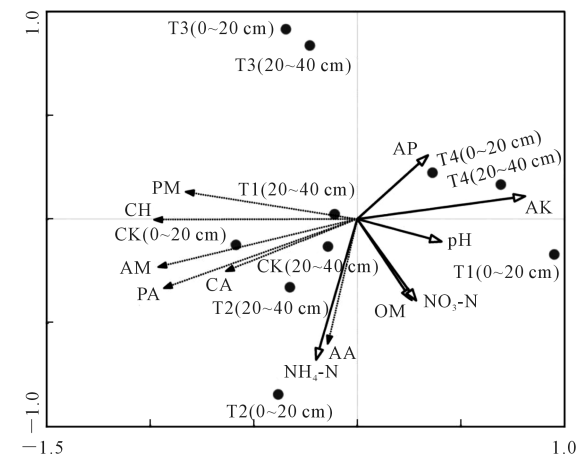
土层/cm Soil layer	处理 Treatment	优势度指数 <i>D</i> Simpson dominance index	均匀度指数 <i>E</i> Pielou substrate evenness index	丰富度指数 <i>S</i> Substrate richness index	均一性指数 <i>U</i> McIntosh index	多样性指数 <i>H'</i> Shannon's diversity index
0~20	CK	0.958±0.000ab	0.99±0.01a	26.33±0.33a	5.61±0.05a	3.25±0.01a
	T1	0.956±0.001b	1.00±0.01a	25.33±1.45a	4.60±0.16b	3.22±0.04a
	T2	0.960±0.001a	0.99±0.01a	27.67±1.20a	5.68±0.03a	3.28±0.02a
	T3	0.960±0.001a	0.99±0.00a	27.00±0.58a	5.50±0.22a	3.27±0.03a
	T4	0.958±0.001ab	1.00±0.00a	26.33±0.33a	4.79±0.24b	3.26±0.01a
20~40	CK	0.9568±0.0008bc	0.99±0.01a	26.00±1.00a	5.16±0.10a	3.24±0.02a
	T1	0.9580±0.0005ab	0.99±0.01a	26.00±0.58a	5.27±0.08a	3.24±0.01a
	T2	0.9589±0.0005a	1.00±0.01a	26.33±0.33a	5.55±0.13a	3.27±0.00a
	T3	0.9592±0.0007a	1.00±0.00a	26.33±0.33a	5.55±0.20a	3.26±0.02a
	T4	0.9553±0.0004c	1.00±0.00a	24.00±0.00b	3.91±0.04b	3.19±0.01b



注: PM: 聚合物; CH: 碳水化合物; PA: 酚酸类化合物; CA: 羧酸类; AA: 氨基酸类; AM: 胺类,下同。不同字母表示在 $P<0.05$ 水平下各处理差异显著。
Note: PM: polymer; CH: carbohydrate; PA: phenolic acid compound; CA: carboxylic acids; AA: amino acids; AM: amine. The same below. Different letters indicate the significant difference between different treatments ($P<0.05$).

图 2 不同施肥处理土壤微生物对六类碳源的利用强度

Fig.2 Utilization intensity of six types of carbon sources by soil microorganisms under different fertilization treatments



注: OM: 有机质; AP: 速效磷; AK: 速效钾
Note: OM: organic matter; AP: available phosphorus; AK: available potassium

图 3 微生物功能多样性与土壤养分的冗余分析
Fig.3 Functional diversity of microorganisms and redundant analysis of soil nutrients

2.4 生物菌肥对土壤微生物多样性指数、碳源利用强度及土壤养分三因素综合影响主成分分析

通过主成分分析可知(表 3),0~20 cm 和 20~40 cm 土层,第 1 主成分特征值的变量解释度分别为 56.19%和56.15%,是最主要的解释变量,前 3 个成分特征值的变量解释度分别为 93.62%和93.57%,表明这 3 个成分是主要分析部分。对各处理在 4 个成分中进行综合评价(表 4),0~40 cm 土层 T2 得分最高,分别为 2.42 和 1.36,说明 T2 处理桃园土壤微生物多样性指数、碳源利用强度及养分含量最高。

表 3 指标总方差分解

土层 Soil layer /cm	主成分 Principal component	特征值 Eigenvalues	贡献率 Contributor rate/%	累计贡献率 Cumulative contribution rate/%
0~20	F1	9.55	56.19	56.19
	F2	4.29	25.24	81.44
	F3	2.07	12.18	93.62
20~40	F1	9.55	56.15	56.15
	F2	3.80	22.36	78.51
	F3	2.56	15.06	93.57

表 4 生物菌肥对土壤微生物多样性指数、碳源利用强度及土壤养分三因素综合影响评价
Table 4 Comprehensive effects of the effect of microbial agents on soil microbial diversity,
carbon source utilization intensity and soil nutrients

土层/cm Soil layer	处理 Treatment	主成分得分(F1) Principal component score	主成分得分(F2) Principal component score	主成分得分(F3) Principal component score	主成分得分(F4) Principal component score	综合得分 Comprehensive score	排名 Rank
0~20	CK	0.87	-2.20	2.02	-0.13	0.17	3
	T1	-4.53	1.92	0.59	-0.17	-2.00	5
	T2	3.63	1.89	-0.29	-1.01	2.42	1
	T3	1.38	0.56	-0.44	1.75	0.98	2
	T4	-1.36	-2.18	-1.89	-0.44	-1.57	4
20~40	CK	0.43	-3.26	-0.28	-0.63	-0.57	4
	T1	0.74	1.31	2.22	-0.92	0.98	3
	T2	2.13	-0.15	0.58	1.68	1.36	1
	T3	2.05	1.62	-2.19	-0.45	1.15	2
	T4	-5.36	0.48	-0.32	0.32	-2.93	5

3 讨 论

3.1 生物菌肥对桃园土壤养分的影响

生物菌肥能够活化土壤养分,提高土壤养分有效性。研究结果表明,施用生物菌肥能提高桃园土壤有效磷和速效钾含量,其中生物菌肥 300 kg · 667m⁻²效果最佳。可能因为生物菌肥中多数含有解淀粉芽孢杆菌等能够活化土壤难溶性磷、钾元素,从而提高有效磷和速效钾含量^[25]。柳晓磊等^[26]研究表明,复合微生物菌与氨基酸水溶肥配施提高了土壤碱解氮、有效磷和速效钾含量;丛山等^[27]在番茄上的研究发现,微生物菌肥处理均能增加土壤速效钾和有效磷含量。本研究发现,随施肥量增加土壤有效磷含量先增加后降低,其中,施肥量在 1 000 kg · 667m⁻²时,20~40 cm 土层土壤有效磷含量显著低于其他菌肥处理。王立伟等^[28]在番茄上施用生物菌肥也发现,生物菌肥可增加土壤中有效磷和速效钾含量,随生物菌肥施用量的增加先增加后降低。当施入土壤中的微生物菌剂过量时破坏了土壤中微生物的种群结构,进而影响土壤中磷素的有效性,使土壤有效磷含量降低^[29]。同时发现,土壤有机质含量随生物菌肥施用量的增加,总体呈现降低,这与前人研究结果相反^[30],可能是随生物菌肥施用量的增加,促进了微生物对碳水化合物和氨基酸类物质的利用,而这类物质能够产生正激发效应,加速土壤中有机质的腐解,土壤有机质含量降低^[31]。另外,施用生物菌肥较对照降低了土壤硝态氮含量,与刘继培等^[32]研究不一致,可能与土壤中碳含量有关,C/N 影响土壤中氮含量的转化^[33],具体原因有待进一步研究。

3.2 生物菌肥对桃园土壤微生物功能多样性的影响

Biolog-Eco 板技术是通过测定土壤微生物对若干种不同单一碳源利用方式来鉴定微生物群落结

构组成,其代谢活性差异来表征微生物种群变化和多样性。多样性指数用来反映土壤微生物群落功能^[34]。本研究发现随生物菌肥用量增加,土壤微生物活性和多样性指数呈先增加后降低趋势(如表 4 所示),生物菌肥用量为 300 kg · 667m⁻²时,土壤微生物活性和群落多样性最高,随着用量增加土壤微生物活性和群落多样性降低。一方面可能是由于生物菌肥用量过大,改变了土壤微生物优势种群,促进某些微生物种群生长代谢,抑制其他微生物种群生长代谢,致使某些微生物功能群与其相关的特性消失,从而降低微生物代谢活性和微生物功能多样性^[35];另一方面可能是该生物菌肥含有丰富的解淀粉芽孢杆菌,用量过大导致其分泌的抗生素、抗菌蛋白等物质抑制了真菌和其它类细菌的生长,致使土壤微生物功能多样性减退^[36]。因此,生物菌肥施用量对土壤微生物群落影响须控制在一定的范围之内,过多则造成浪费,还影响其对土壤微生物效果的发挥。

本研究也表明,土壤有机质含量与微生物对氨基酸利用强度呈显著正相关关系。主要因为氨基酸是土壤有机质的重要组成部分,增加土壤碳和氮含量^[37],为微生物创造更好生长环境,从而增强土壤微生物对氨基酸类化合物利用强度^[38],有机质为土壤微生物提供生长所需的能量和营养,土壤有机质含量与微生物群落活动关系密切^[39]。同时研究发现,土壤速效钾含量随土壤 pH 值增加而增加,这与杨磊等^[40]和林毅等^[41]的研究相似,在一定范围内,pH 值越高,土壤速效钾含量越高,高 pH 值能使土壤速效钾的释放和转移。

4 结 论

生物菌肥能够提高新疆地区桃园土壤养分和土壤微生物对碳源利用的强度,增加土壤微生物活

性和功能多样性,其中,生物菌肥 300 kg · 667 m⁻² 在改善桃园土壤养分以及微生物功能多样性效果最佳。

参 考 文 献:

[1] 张淑花,周利军,贾森.生物菌肥对中型土壤动物群落结构的影响[J].河南农业科学,2019,48(8):68-73.

[2] 朱丹,张磊,韦泽秀,等.菌肥对青稞根际土壤理化性质以及微生物群落的影响[J].土壤学报,2014,51(3):627-637.

[3] 阎世江,李照全,张治家.生物菌肥的研究现状与应用[J].北方园艺,2017,41(5):189-192.

[4] 王涛,辛世杰,乔卫花,等.几种微生物菌肥对连作黄瓜生长及土壤理化性状的影响[J].中国蔬菜,2011,(18):52-57.

[5] 刘晓燕,张磊,韦泽秀,等.用 PCR-DGGE 研究菌肥对西藏青稞土壤微生物群落多样性的影响[J].西南大学学报,2014,36(7):39-48.

[6] Dębska B, Długosz J, Piotrowska-Długosz A, et al. The impact of a bio-fertilizer on the soil organic matter status and carbon sequestration-results from a field-scale study [J]. Journal of Soils and Sediments, 2016,16(10):2335-2343.

[7] Wu S C, Cao Z H, Li Z G, et al. Effects of biofertilizer containing N-fixers, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial [J]. Geoderma, 2005, 125(1-2):155-166.

[8] Aseri G K, Jain N, Panwar J, et al. Bio-fertilizers improve plant growth, fruit yield, nutrition, metabolism and rhizosphere enzyme activities of Pomegranate (*Punica granatum* L.) in Indian Thar Desert [J]. Scientia Horticulture. 2008, 117(2):130-135.

[9] 陈建明,葛顺峰,沙建川,等.微生物菌肥促进苹果花脸病植株氮素吸收和果实增产[J].植物营养与肥料学报,2017,23(5):1296-1302.

[10] 张姗姗,赵凡,邓岚,等.不同微生物肥料对西藏桃品质及土壤肥力的影响[J].农学学报,2016,6(11):27-31.

[11] 黄敦元,彭飞,余江帆,等.生物菌肥的研究现状及其在油茶种植上的应用前景[J].安徽农业科学,2013,41(3):1076-1078.

[12] 何凯,石纹豪,李振轮.生物有机肥防治植物土传病害研究进展[J].河南农业科学,2014,43(6):1-5.

[13] 刘德兴,亓鑫,孙中涛,等.多粘性芽孢杆菌对甜瓜生长及品质的影响[J].山东农业科学,2017,(7):19.

[14] 陶爱群,王仁才,莫红专,等.不同肥料对玉泉冬枣光合特性及果实品质的影响[J].湖南农业大学学报,2017,43(2):166-170.

[15] Zhang M, Riaz M, Zhang L, et al. Response of fungal communities in different soils to biochar and chemical fertilizers under simulated rainfall conditions [J]. Science of the Total Environment, 2019, 691: 654-663.

[16] 周桔,雷霆.土壤微生物多样性影响因素及研究方法的现状与展望[J].生物多样性,2007,15(3):306-311.

[17] 田雅楠,王红旗. Biolog 法在环境微生物功能多样性研究中的应用[J].环境科学与技术,2011,34(3):50-57.

[18] 郑华,欧阳志云,方治国,等. BIOLOG 在土壤微生物群落功能多样性研究中的应用[J].土壤学报,2004,(3):456-461.

[19] 司鹏,于会丽,高登涛,等.生草对沙地葡萄园土壤微生物群落碳源利用特征的影响[J].干旱地区农业研究,2017,35(2):247-254.

[20] 陈琳,谷洁,胡婷,等.生物有机肥对板栗土壤微生物群落代谢活性的影响[J].应用生态学报,2013,24(6):1627-1632.

[21] 赵兰凤,胡伟,刘小锋,等.生物有机肥对香蕉根际土壤生物多样性的影响[J].华南农业大学学报,2013,34(2):144-148.

[22] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000:20-108.

[23] 司鹏,邵微,于会丽,等.小分子有机物对土壤酶活性及微生物多样性的影响[J].中国土壤与肥料,2019,(2):75-82.

[24] Garland J L. Analysis and interpretation of community-level physiological profiles in microbial ecology [J]. FEMS Microbiology Ecology, 1997, 24(4):289-300.

[25] 崔文艳,何朋杰,杨丽娟,等. B9601-Y2 溶磷解钾固氮能力及促玉米生长效果研究[J].玉米科学,2019,(3):24.

[26] 柳晓磊,齐钊,闫臻,等.复合微生物菌剂与氨基酸水溶肥组合施用对香蕉土壤理化性质及微生物群落的影响[J].中国土壤与肥料,2019,(1):151-158.

[27] 丛山,孙瑶,王志典.微生物菌肥对设施番茄生长特性及酸化土壤化学性质的影响[J].安徽农业科学,2018,46(10):120-122.

[28] 王立伟,王明友.生物菌肥对番茄连作土壤质量及根结线虫病的影响[J].河南农业科学,2014,43(4):51-55.

[29] 刘盼盼,周毅,付光玺,等.基于秸秆还田的小麦-玉米轮作体系施肥效应及其对土壤磷素有效性的影响[J].南京农业大学学报,2014,37(5):27-33.

[30] 岳自慧,翟汝伟,罗世武,等.作物秸秆配施生物菌肥对宁南山区新修梯田土壤理化性状的影响[J].中国水土保持,2018,(2):50-53,69.

[31] 孙婧,田永强,高丽红,等.秸秆生物反应堆与菌肥对温室番茄土壤微环境的影响[J].农业工程学报,2014,30(6):153-164.

[32] 刘继培,刘唯一,周婕,等.施用腐植酸和生物肥对草莓品质、产量及土壤农化性状的影响[J].农业资源与环境学报,2015,32(1):54-59.

[33] 应金耀,阮弋飞,郭奇峰,等.有机肥配施生物物质炭对土壤肥力与蔬菜生长的影响[J].中国农学通报,2019,35(16):82-87.

[34] Bending G D, Turner M K, Jones J E. Interactions between crop residue and soil organic matter quality and the functional diversity of soil microbial communities [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2002, 34(8):1073-1082.

[35] 王杰,李刚,修伟明,等.贝加尔针茅草原土壤微生物功能多样性对氮素和水分添加的响应[J].草业学报,2014,23(4):343-350.

[36] 李超,吴为中,吴伟龙,等.解淀粉芽孢杆菌对鱼腥藻的抑藻效果分析与机理初探[J].环境科学学报,2011,31(8):1602-1608.

[37] 杨金娟,马琨,丁东,等.不同培肥方式对旱作区耕地土壤的影响[J].西北农业学报,2013,22(12):75-81.

[38] 牛红霞,马琨.宁夏中部干旱区定位培肥对耕地土壤微生物的影响[J].宁夏农林科技,2015,56(3):27-30.

[39] 杨倩.黄土高原保护性耕作下轮作系统根际土壤质量及其微生物机制[D].兰州:兰州大学,2013.

[40] 杨磊,林清火,华元刚,等.阳江农场胶园土壤 pH 值与养分含量相关性分析[J].热带农业科学,2013,33(5):30-32,37.

[41] 林毅,梁颂捷,朱其清.三明烟区土壤 pH 值与土壤有效养分的相关性[J].烟草科技,2003,6(1):35-37.