

顾一凡,吴月燕,夏静芬,等. 葡萄枝条不同还田模式对土壤理化性质与葡萄生长结果的影响[J]. 江苏农业科学,2025,53(12):228-234. doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2025.12.031

葡萄枝条不同还田模式对土壤理化性质与葡萄生长结果的影响

顾一凡, 吴月燕, 夏静芬, 林清泉, 赵郁灵, 施佩
(浙江万里学院生物与环境学院, 浙江宁波 315000)

摘要:为探究不同还田模式对土壤理化性质、酶活性与植株生长状况的影响,以果园土壤田间常规处理(CK)为对照,设置粉碎枝条混合生物菌剂直接还田(T1)和粉碎枝条混合生物菌剂发酵后还田(T2)2个处理,探究葡萄枝条还田对土壤质量、葡萄生长状况与果实品质的影响。结果显示:与CK相比,T1与T2均显著改善了叶片生长状况;T1的果实横径、单果重、可溶性固形物含量较CK分别增加17.97%、19.45%和21.39%,T2的果实横径、单果重、可溶性固形物含量较CK分别显著增加19.73%、24.62%和27.22%。在100d时,T2的果实已成熟,但T1的果实仍需要3~7d才能成熟。在果实品质上,T1较T2无显著差异;田间分解的枝条使T1与T2的pH值下降,缓解了电导率的上升;T1显著增加了处理75、100d时的有机质、全氮、全磷、速效磷、速效钾与碱解氮的含量,并提升了多酚氧化酶和碱性磷酸酶的活性,T2显著增加了各时期有机质、全氮、全磷、速效磷、速效钾与碱解氮的含量,且在处理75、100d时T1与T2无显著差异。综上,葡萄枝条混合生物菌剂直接还田与堆肥后还田均能够有效改良土壤理化性质,促进葡萄叶片发育,提高葡萄果实品质,但堆肥后还田能提早葡萄成熟期。

关键词:葡萄枝条;还田模式;土壤;理化性质;生长状况;果实品质

中图分类号:S663.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2025)12-0228-07

葡萄(*Vitis vinifera* L.)是我国种植的主要经济类果树,果树的整形修剪是果园管理的重要措施,

收稿日期:2024-07-05

基金项目:宁波市科技创新2025重大专项(编号:2019B10015);浙江省重点研发计划(编号:2021C02053)。

作者简介:顾一凡(1998—),男,浙江绍兴人,硕士,主要从事土壤生态评价与管理。E-mail:hy840170208@qq.com。

通信作者:施佩,硕士,讲师,主要从事土壤生态评价与管理研究。E-mail:4547381@qq.com。

通过修剪果树的部分营养器官,改善果树的枝叶分布,可以提高果树的净光合速率,从而提高果实品质^[1-3]。2012—2022年期间,葡萄种植面积由61.275万hm²增长至73万hm²,按照Sacn haz的方式计算,果园整形修剪会产生12000~15000kg/(hm²·年)的葡萄枝条^[4]。有研究指出,葡萄枝条含有丰富的氮、磷、钾及有机质等植物生长所必需的营养元素,同时具有优化土壤的团粒构

[35] Chang C L, Guo Y, Tang K Q, et al. Straw from different crop species recruits different communities of lignocellulose-degrading microorganisms in black soil[J]. *Microorganisms*, 2024, 12(5):938.

[36] Zheng X H, Oba B T, Shen C B, et al. Effect of the bacterial community assembly process on the microbial remediation of petroleum hydrocarbon-contaminated soil[J]. *Frontiers in Microbiology*, 2023, 14:1196610.

[37] Liu W J, Graham E B, Dong Y, et al. Balanced stochastic versus deterministic assembly processes benefit diverse yet uneven ecosystem functions in representative agroecosystems[J]. *Environmental Microbiology*, 2021, 23(1):391-404.

[38] Ruan Z P, Chen K, Cao W M, et al. Engineering natural microbiomes toward enhanced bioremediation by microbiome modeling[J]. *Nature Communications*, 2024, 15(1):4694.

[39] Dai T, Wen D, Bates C T, et al. Nutrient supply controls the linkage

between species abundance and ecological interactions in marine bacterial communities[J]. *Nature Communications*, 2022, 13(1):175.

[40] 林欣欣. 不同年限秸秆深还对黑土有机碳和微生物群落结构的影响[D]. 长春:吉林农业大学,2021.

[41] Zhao Y Z, Wang S Y, Zhang M L, et al. Nitrogen application and rhizosphere effect exert opposite effects on key straw-decomposing microorganisms in straw-amended soil[J]. *Microorganisms*, 2024, 12(3):574.

[42] Wang Y, Chen Y L, Gao X Q, et al. Unveiling the driving role of pH on community stability and function during lignocellulose degradation in paddy soil[J]. *Frontiers in Microbiology*, 2024, 15:1338842.

[43] 綦洋,李凯旋,赵紫玥,等. 黄萎病对棉花根内细菌组成和群落构建的影响[J]. *中国生态农业学报(中英文)*, 2024, 32(7):1183-1192.

造、提升土壤肥力的能力,适于作为肥料加以利用。葡萄废弃枝条大量堆积不仅妨碍果园管理,同时给果园带来火灾隐患^[5-6]。因此,果园枝条资源化再利用受到越来越多的关注,有着非常广阔的前景。

葡萄枝条含有丰富的生物质能源,是一种很好的堆肥基质。殷姿等发现,添加微生物菌剂可以使葡萄枝条得到资源化利用^[7];次仁吉保等的研究表明,通过调节葡萄枝条的 C/N 可以加速葡萄枝条的降解速度^[8]。Gaiotti 等研究表明,对赤霞珠葡萄长期施用葡萄枝条堆肥可以有效提高土壤养分,促进植株生长,提升果实品质^[9];郭军成等发现,葡萄枝条还田够提高果园土壤养分含量,改善土壤环境,同时还可以缓冲土壤温度的急剧变化,有效保持土壤水分^[10]。枝条堆肥还田增加了枝条的养分利用率,但在其收集、运输、处理的过程中会消耗大量的人力资源和时间成本;枝条直接还田虽然节省了人力成本,缩短了处理时间,但存在掠夺土壤养分用以扩大土壤微生物种群的情况,无法有效利用枝条,而施用微生物菌剂能够加快枝条分解,缩短堆肥时间,提升土壤肥力,缓解土壤原有微生物种群扩大而造成的养分过度消耗。因此,本研究以果园田间常规土壤为对照,设置葡萄枝条添加微生物菌剂直接还田和添加微生物菌剂发酵堆肥后再还田 2 种处理,比较不同处理后不同时期的土壤理化性质、酶活性、葡萄叶片生长和果实品质的差异,探究葡萄枝条不同还田方式在葡萄生产中的应用效果,验证枝条混合生物菌剂直接还田的可行性,在减少时间和人力耗费的基础上,降低对土壤中的微生物种群的影响,对实现绿色生态环保、降生产成本投入、实现葡萄园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

试验地位于浙江省宁波市镇海滴翠园(29°59'32.25"N,121°32'5.06"E)进行,该地区属于温暖湿润的北亚热带季风气候,年均日照时数 1 850 h,年日均温 ≥ 10 °C 的积温达到 5 080 °C,年降水 1 555.4 mm,年均气温 18.2 °C。供试土壤为红壤,当地农场的土壤基本理化性质为:pH 值 5.73;电导率 0.80 mS/cm;有机碳含量 13.86 g/kg;全磷含量 0.33 g/kg;全氮含量 2.26 g/kg;速效钾含量 75.02 mg/kg;有效磷含量 56.58 mg/kg;碱解氮含量 108.7 mg/kg。

1.2 试验设计

本试验以 3 年生阳光玫瑰作为材料,试验地为宁波市镇海区滴翠园农场,采用大棚设施栽培,面积约为 3 333.3 m²,东西行种植,株行距为 3 m × 4 m;采用单主干双主蔓整形,棚架式栽培,高 2 m。于 2022 年 11 月将修剪枝条粉碎成 1~2 cm 的碎片,自然晾干,2023 年 1 月 10 日进行枝条堆肥,每 50 kg 粉碎枝条配施 0.3 kg 的生物菌剂、适量的水和尿素,搅拌均匀后,用塑料膜包裹后设置翻堆温度为 65 °C,发酵至物料呈黑褐色结束厌氧发酵作为 T2 处理材料;2023 年 3 月 14 日进行枝条混合生物菌剂,每 50 kg 粉碎枝条配施 0.3 kg 的生物菌剂、适量的水和尿素,搅拌均匀后作为 T1 处理材料。试验开始于 2023 年 3 月 14 日设置 3 个处理,10 株为 1 个处理,随机排列,重复 3 次,处理分别为 CK(不做任何施肥处理),T1(按 7 500 kg/hm² 的用量施用粉碎枝条混合生物菌剂),T2(按 7 500 kg/hm² 的用量施用粉碎枝条堆肥)。施肥方式采用条沟单侧式施肥,施于距离植株藤茎主脉 50 cm、深 30 cm 的条沟中,统一栽培管理,所有灌溉修剪和病虫害防治措施一致,不做任何施肥处理。

试验所用生物菌剂由宁波费尔诺公司提供,主要成分为细菌与真菌等活性菌群,活性菌含量 ≥ 3 亿个/g。

1.3 指标测定与方法

分别在施肥后 25、50、75、100 d 采集土壤测定其理化性质与酶活性。由于葡萄根系集中于 20~40 cm 的土层,故利用土钻采集种植区内均匀分布的 5 个点的土壤样品(20~40 cm 土层),将 5 个点的土壤样品合为 1 份,用四分法取土样 1 kg,在阴凉处风干后,用过 2 mm 筛子保存。土壤 pH 值和电导率(EC)通过数字 pH 计和电导率计在土壤和水的混合物中测量(pH 值的水土质量比为 1:2.5,EC 的水土质量比为 1:5),土壤有机碳(SOC)含量采用 H₂SO₄-K₂Cr₂O₇ 氧化滴定法测定,全氮(TN)含量采用凯氏定氮法测定,全磷(TP)含量采用 H₂SO₄-HClO₄ 消解钼蓝比色法测定,全钾(AK)含量采用 NH₄Ac-Hac(pH 值=7.0)浸提 ICE-AES 测定,有效磷(AP)含量采用 NH₄F-HCl 浸提钼蓝比色法测定,碱解氮(AN)含量采用碱扩散盐酸滴定法测定^[2]。过氧化氢酶(CAT)活性采用高锰酸钾滴定法测定,碱性磷酸酶活性(ALP)活性采用磷酸苯二钠比色法测定,脲酶(UE)活性采用苯酚钠-次氯酸钠比色法

测定,多酚氧化酶(PPO)活性采用邻苯三酚比色法测定^[6]。

在施肥后 25、50、75、100 d 采摘新梢基部向上第 7~8 张叶片,每个处理选取 1 株葡萄树上形态相近的叶片 3 张。用 Microtek ScanMaker i800plus 扫描仪正片模式扫描获取图像,其分辨率设置为 300 dpi,用叶面积软件进行分析,获得叶长、叶宽与叶面积。叶绿素 a、叶绿素 b 与类胡萝卜素的含量测定采用 95% 乙醇提取分光光度计法^[11]测定。

在施肥后 25、50、75、100 d 采摘果实样品,每个处理选取 1 株葡萄树上形态相近的果穗 2 个,在 100 d 果穗的上部、中部、下部各取 3 粒果,用分析天平测定果实重量,用游标卡尺测量横纵径,用便携式折光仪测定可溶性固形物含量,用酸碱中和滴定法测定可滴定酸含量^[10],重复 3 次,每个处理共计 54 粒果。处理组与对照组所有果实测量完成后的数值取平均值。

1.4 数据处理

试验数据采用 GraphPad 9 进行数据图的绘制,利用 SPSS 26 软件采用 Duncan's 法做数据显著性分

析,以折线图表示土壤各类性质变化趋势,以直方图对施肥 100 d 时的数据做显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对植株生长和结果的影响

表 1 显示,叶片生长状况与叶绿素含量呈现上升的趋势,且在施肥后 100 d 到达最大值。T1 增加了叶长、叶宽、叶面积,但在 75 d 及之前与 CK 无显著差异,75 d 后叶片生长状况发生显著变化,且在 100 d 后叶长、叶宽、叶面积、叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量和类胡萝卜素含量分别比 CK 提高 20.72%、17.96%、42.44%、125.58%、106.82 和 101.30%; T2 则显著增加了叶长、叶宽、叶面积及叶绿素 a、叶绿素 b 和类胡萝卜素含量,在 100 d 较 CK 分别提高了 25.16%、20.82%、51.31%、134.88%、120.45% 和 119.48%。在 100 d,叶片生长状况与叶绿素含量达到最大值,T1 与 T2 总体是无显著差异。粉碎枝条混合生物菌剂直接还田与粉碎枝条堆肥后还田虽然发挥肥效时间不同,但均能显著改善叶片生长状况。

表 1 不同处理对叶片质量的影响

| 施肥后时间(d) | 处理 | 叶长(cm) | 叶宽(cm) | 叶面积(cm ²) | 叶绿素 a 含量(mg/g) | 叶绿素 b 含量(mg/g) | 类胡萝卜素含量(mg/g) |
|----------|----|----------------|----------------|-----------------------|----------------|----------------|---------------|
| 25 | CK | 17.46 ± 0.94b | 18.19 ± 1.33b | 318.70 ± 38.78b | 1.17 ± 0.06c | 0.52 ± 0.07b | 0.56 ± 0.07b |
| | T1 | 16.95 ± 1.12b | 16.63 ± 0.36b | 282.04 ± 22.76b | 1.54 ± 0.07b | 0.66 ± 0.05b | 0.69 ± 0.03b |
| | T2 | 22.01 ± 2.32a | 24.99 ± 1.21a | 550.31 ± 33.53a | 2.84 ± 0.11a | 0.84 ± 0.04a | 1.16 ± 0.06a |
| 50 | CK | 18.15 ± 1.42b | 17.91 ± 0.75b | 325.36 ± 21.02b | 1.38 ± 0.07c | 0.54 ± 0.05b | 0.59 ± 0.03c |
| | T1 | 22.21 ± 3.31ab | 21.04 ± 3.19ab | 478.05 ± 41.01ab | 1.65 ± 0.09b | 0.77 ± 0.18ab | 0.79 ± 0.02b |
| | T2 | 26.62 ± 2.35a | 26.28 ± 1.53a | 702.98 ± 48.21a | 3.14 ± 0.11a | 1.25 ± 0.31a | 1.34 ± 0.03a |
| 75 | CK | 20.53 ± 0.92b | 20.10 ± 0.76b | 413.12 ± 32.62b | 1.53 ± 0.09c | 0.62 ± 0.05b | 0.64 ± 0.03c |
| | T1 | 25.30 ± 1.71ab | 24.72 ± 1.63a | 625.41 ± 70.85a | 3.44 ± 0.17b | 1.63 ± 0.10a | 0.83 ± 0.04b |
| | T2 | 27.46 ± 1.12a | 26.80 ± 2.30a | 736.26 ± 37.66a | 3.76 ± 0.11a | 1.73 ± 0.11a | 1.54 ± 0.09a |
| 100 | CK | 24.28 ± 2.27c | 24.83 ± 1.49b | 602.69 ± 9.63b | 1.72 ± 0.09b | 0.88 ± 0.04b | 0.77 ± 0.05b |
| | T1 | 29.31 ± 1.11b | 29.29 ± 1.97a | 858.49 ± 92.44a | 3.88 ± 0.13a | 1.82 ± 0.06a | 1.55 ± 0.05a |
| | T2 | 30.39 ± 1.26a | 30.00 ± 2.12a | 911.93 ± 38.10a | 4.01 ± 0.11a | 1.94 ± 0.10a | 1.69 ± 0.09a |

注:同列数据后不同小写字母表示同时期的不同处理差异显著($P < 0.05$)。

图 1 为施肥后不同时期果穗外形变化情况。处理 25 d 时 T1 与 T2 均已进入幼果期,CK 处于花穗期到幼果期之间;处理 50 d 时 T1 与 T2 均已进入膨大期且发育较饱满,CK 同样进入膨大期但果穗较小;处理 75 d 时 T2 的果实已经开始转黄色进入转色期,T1 与 CK 仍在膨大期,T1 果穗明显大于 CK;处理 100 d 时,T2 果穗已成熟,T1 果穗需 5 d 成熟,

CK 需 10 d 成熟。

表 2 为 100 d 时不同处理对果实品质差异的影响,T1 的果实横径、纵径、单果重、可溶性固形物含量较 CK 分别增长 17.97%、6.72%、19.45% 和 21.39%,T2 的果实横径、纵径、单果重、可溶性固形物含量较 CK 分别显著增加 19.73%、9.78%、24.62% 和 27.22%,各项指标均呈现 T2 ≈ T1 > CK,

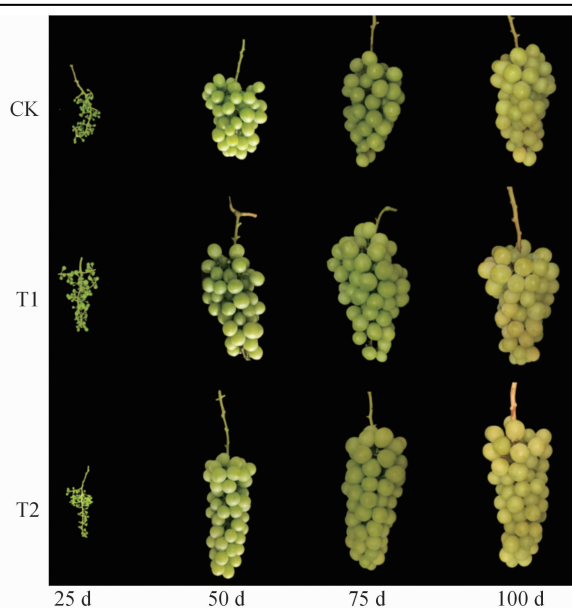


图1 施肥后不同时期果穗外形变化

表明 T1 和 T2 处理均可有效促进果实的生长,提高果实品质,且 T1 与 T2 无显著差异。可滴定酸含量则呈现 T1 与 T2 显著小于 CK,表明 T1 与 T2 均可以有效降低果实中可滴定酸含量。

表2 施肥后 100 d 时不同处理对葡萄果实品质的影响

| 处理 | 横径 (cm) | 纵径 (cm) | 单果重 (g) | 可溶性固形物含量 (%) | 可滴定酸含量 (mL/100 g) |
|----|---------------|---------------|--------------|-----------------|----------------------|
| CK | 21.76 ± 1.50b | 25.60 ± 0.78b | 6.17 ± 0.18b | 13.09 ± 0.19b | 9.93 ± 0.36a |
| T1 | 25.67 ± 0.31a | 27.32 ± 0.40a | 7.37 ± 0.29a | 15.89 ± 0.56a | 6.12 ± 0.15b |
| T2 | 26.06 ± 0.57a | 28.10 ± 0.67a | 7.69 ± 0.19a | 16.65 ± 0.50a | 5.89 ± 0.35b |

土壤全氮含量(图 2 - d)、速效钾含量(图 2 - e)与碱解氮含量(图 2 - g)呈波动下降趋势,有效磷含量(图 2 - f)呈波动上升的趋势。由图 2 - d 可知,T1 的全氮含量的最大值出现在 25 d,T2 的全氮含量的最大值出现在 75 d,且在 100 d 时呈 T1 > T2 > CK 的趋势且各处理间均存在显著差异。由图 2 - e 可知,T1 的速效钾含量在 75 d 时达到最大值,T2 的速效钾含量在 50 d 时达到最大值,在 100 d 时 T1 与 T2 无显著差异,且 T1 与 T2 均显著大于 CK。由图 2 - f 可知,T1 与 T2 的速效钾含量在 75 d 时最大,在 100 d 时 T1 与 T2 无显著差异,且 T1 与 T2 均显著大于 CK。在 50 d 时各处理的碱解氮含量(图 2 - g)达到最大值,在 100 d 时呈 T2 > T1 > CK 的趋势,且各处理间均存在显著差异。果树枝条富含有机质与各类养分,本研究中粉碎枝条混合生物菌剂直接还田与粉碎枝条堆肥后还田相比 3 种速效

2.2 不同处理对土壤理化性质的影响

由图 2 - a 可知,各处理土壤 pH 值均呈下降趋势,且在 100 d 到达最低,CK 下降了 13.16%,T1 下降了 15.90%,T2 下降了 21.77%,100 d 时 CK > T1 > T2 且存在显著差异。由图 2 - b 可知,土壤电导率 T1 为逐步上升的趋势、T2 为先下降后上升的趋势,CK 与 T1 的最低点出现在 25 d,T2 的最低点出现在 75 d,从 25 d 到 100 d,CK 上升 109.97%,T1 上升 57.43%,T2 上升 26.35%,100 d 时为 CK > T2 > T1,且 CK 与 T2 无显著差异,T2 显著大于 T1。添加枝条后土壤有机碳(图 2 - c)含量逐步下降,T1 在 75 d 时出现最低值,T2 的最低值出现在 100 d,从 25 d 到 100 d,CK 下降了 64.60%,T1 下降了 42.53%,T2 下降了 30.45%,呈现 T2 > T1 > CK 的趋势,且 T1 与 T2 无显著差异,T1 显著大于 CK。综合来看,粉碎枝条混合生物菌剂直接还田与粉碎枝条堆肥后还田都会增加土壤的酸性,抑制电导率上升,增加土壤有机碳含量,且变化趋势相近,表明 2 种处理均可改善土壤理化性质。

养分含量的最大值出现明显的延迟,这是因为堆肥过程中,枝条中的复杂化合物被降解为更容易分解的形态,养分能更快释放进入土壤^[12-14]。

2.3 不同处理对土壤酶活性的影响

图 3 为不同处理后的土壤酶活性各指标变化特征,多酚氧化酶、蔗糖酶与过氧化氢酶活性呈波动上升的趋势,碱性磷酸酶与脲酶呈波动下降的趋势。图 3 - a 显示,从 25 d 到 100 d,T1 处理下多酚氧化酶活性上升了 13.26%,T2 上升了 59.51%,且在 100 d 各处理表现为 T1 > T2 > CK 且处理间均存在显著差异。图 3 - b 为不同处理下碱性磷酸酶活性,CK 上升了 34.60%,T1 上升了 40.19%,T2 上升了 32.88%,在 25 d 时 T1 与 T2 的碱性磷酸酶活性达到最高,在 100 d 时,T1 显著大于 T2,T2 显著大于 CK。

图 3 - c 为不同处理下蔗糖酶活性,在 100 d 时

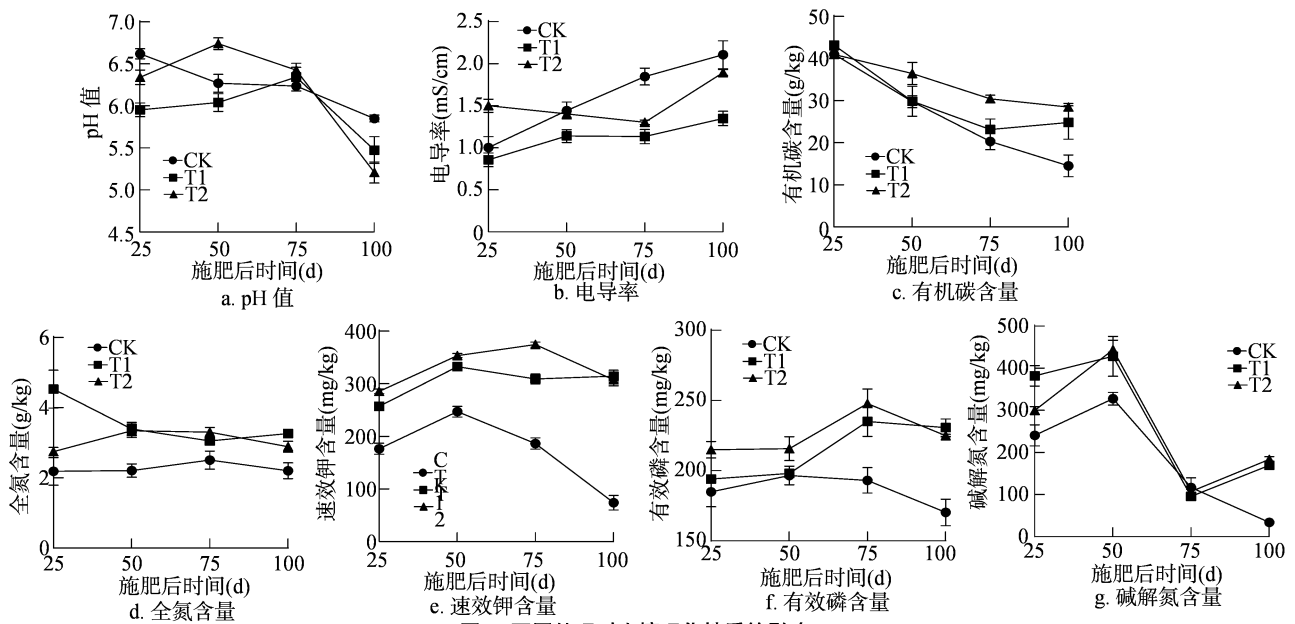


图2 不同处理对土壤理化性质的影响

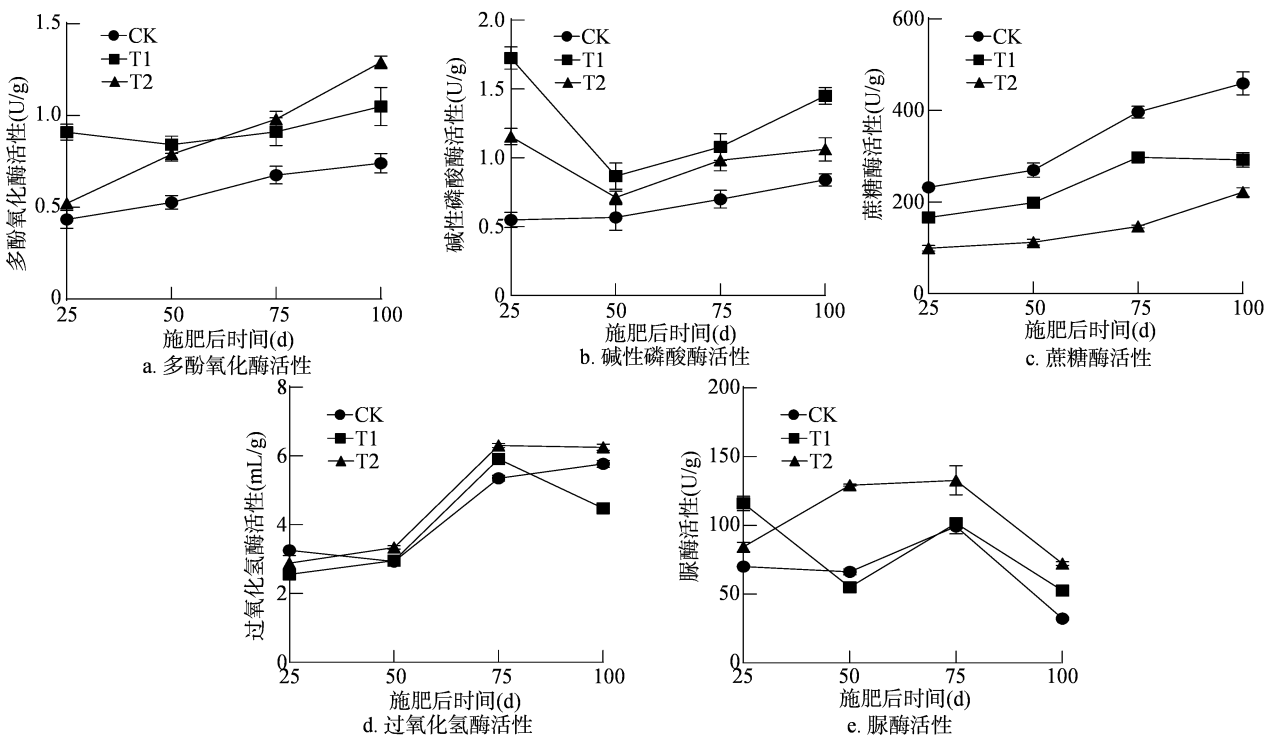


图3 不同处理对土壤酶活性的影响

为 CK > T1 > T2 且各处理间均存在显著差异。不同处理下过氧化氢酶活性的变化见图 3 - d, T1 与 T2 出现较大波动, 在 75 d 时 T1 与 T2 的过氧化氢酶活性达到最高, 在 100 d 时, 表现为 T2 > CK > T1 且各处理间均存在显著差异。图 3 - e 为不同处理下脲酶活性, T1 的最大值出现在 25 d 时, T2 的最大值出现在 75 d 时, 且各处理间均存在显著差异。本研究

中粉碎枝条混合生物菌剂直接还田与粉碎枝条堆肥后还田显著增强了多酚氧化酶、碱性磷酸酶、过氧化氢酶与脲酶活性, 改善了土壤结构。

3 讨论

3.1 不同处理对土壤理化性质的影响

土壤 pH 值和电导率是重要的指标之一, 是直

接影响养分有效性和微生物生存环境的关键因素^[15-16]。本研究结果显示,随着葡萄的生长,不同处理下的土壤 pH 值不断下降,处理 100 d 时 CK 的 pH 值显著大于 T1 与 T2,这可能是因为葡萄枝条还田后,在分解过程中释放了单宁、有机酸和大量氢离子,从而致使土壤 pH 值下降^[8,17]。本试验结果表明,CK 土壤的电导率会快速提高,T1 与 T2 可以降低电导率的增长速度,分析其原因主要是 T1 与 T2 增加了土壤有机质含量,增强了土壤团聚体稳定性,提高了土壤保水能力,减少了土壤水分蒸发,有效调节了土壤中的盐分分布情况,在 pH 值与电导率调节上 T1 优于 T2^[18]。

各种养分含量是评价土壤营养状况的重要指标,表征土壤肥力状况^[19]。本研究结果表明,T1 处理与 T2 处理均可有效增加土壤碱解氮、速效磷、速效钾的含量,与李敏等的研究结果^[20-21]相近。本研究发现,处理 75、100 d 时,葡萄会吸取土壤中的大量有效养分与有机质用以葡萄的生长,这与史祥宾等的研究发现^[22-23]一致。处理 25、50 d 时,土壤养分含量表现为 T2 > T1 > CK,处理 75、100 d 时,养分含量表现为 T2 ≈ T1 > CK,其原因可能为葡萄枝条还田后,土壤中的微生物和微生物菌剂中的微生物共同分解枝条,开始时由于菌群规模较小且处于厌氧环境下,T1 的枝条分解速度小于 T2,养分释放速度较慢,但随着植株的成长和气温的上升,土壤中的菌群活性和数量上升,从而使枝条分解速度加快,土壤养分含量上升^[24-25]。在 25 ~ 50 d,T2 的土壤肥力显著优于 T1,这可能是因为枝条堆肥使枝条中的复杂化合物被分解,使其更易于进入土壤,在 75 d 以后,T1 与 T2 的土壤养分趋近于一致,这可能是因为 T1 处理中的枝条分解养分释放,增加了土壤的养分。因此,T1 更适用于在植株生长早期进行,而后伴随时间的延长,养分释放进入土壤,T2 更适合用于短时间内的追肥,为植株补充养分。

3.2 不同处理对土壤酶活性的影响

土壤新陈代谢中,酶是各物质形态变化的重要引擎,是反映土壤生物化学反应活跃程度和土壤 N、P、K 养分循环状况的重要依据^[26-29]。葡萄枝条还田后土壤酶活性提高,其主要原因是酶促反应中底物的增加和土壤中活性酶的积累^[26,30]。本研究发现,T1 与 T2 处理可以有效增强土壤多酚氧化酶、碱性磷酸酶、脲酶和过氧化氢酶活性,这与前人的研究结果^[24-25]相似。T1 与 T2 处理显著降低了土壤

中的蔗糖酶活性,这可能与作物残茬腐解中产生并积累大量感物质,影响了土壤微生物成分,造成蔗糖酶活性偏弱有关^[18,31]。土壤过氧化氢酶能够促进土壤过氧化氢的分解,加速土壤内微生物的代谢。本研究发现,T1 处理与 T2 处理土壤过氧化氢酶活性不断上升,这与潘晶等的研究结果“脲酶可以促进有机态氮向有效态氮转化,有利于植物的吸收与利用”^[32]相近。由本研究可知,T2 处理和 CK 脲酶活性在 75 d 时到达顶峰,而 T1 处理可能是因为处理材料中自带有活性生物,直接增加了活性酶的积累,在 25 d 时酶活性到达顶峰。T1 与 T2 均可改善土壤中的酶活性,但 T1 效果优于 T2,这可能是因为 T1 施入的是完整枝条,含有大量复杂化合物,为部分酶提供充足底物,同时外源细菌提供了部分活性酶,使 T1 的酶活性在早期优于 T2,而后随着时间变化,土壤中微生物代谢变化,T1 与 T2 趋近于一致。

3.3 不同处理对植株生长的影响

叶绿素含量是植物叶片光合能力及生理活性的重要指标。土壤环境中速效养分的提高加速了葡萄叶片的生长,增加了葡萄叶片中叶绿素和类胡萝卜素以及葡萄果实中糖分的积累,从而使葡萄果实体积增大^[32-33]。T1 处理在处理 75、100 d 时显著提高土壤的供养能力,但是在果实与叶片生长上会导致果实成熟略晚于 T2,这一点同样体现在不同处理各阶段的采样时间不同。在处理 25、50 d 后,因 T1 发生肥效的时间较晚,相比 T2 对改善土壤理化性质和叶片生长状况存在显著差异,处理 75、100 d 时 T1 与 T2 无显著差异,且果实品质无显著差异,但是从葡萄进入不同生长发育阶段来看,T2 的果实成熟较 T1 提前 5 d,能加速葡萄成熟。同时堆肥后还田还能使葡萄采摘期提前几天,但 T2 处理需要在前期提早进行堆肥,存在占用土地和影响果园生态环境的因素,T1 处理可以在果园休眠期将葡萄枝条混合微生物菌剂作为基肥直接施入土壤,减少人工消耗,提高果园的生产效益。

4 结论

相比果园常规土壤,葡萄枝条添加微生物菌剂直接还田(T1)和堆肥后再还田(T2)均能够显著提高土壤质量,改善葡萄生长状况,提升果实品质。因此,葡萄枝条混合生物菌剂直接还田具备可行性,果农可基于果园的实际情况选择不同处理方

式,提高土壤质量,改善葡萄生长状况,提升果实品质。

参考文献:

- [1]刘文彬,崔诗宇,陈 锋,等. 对比不同微生物肥料与化肥对茶园土壤肥力和茶叶品质的影响[J]. 中国土壤与肥料,2023(6):78-86.
- [2]李 祥,杨美悦,韩智勇,等. 枝条还田方式对葡萄枝条腐解、土壤性质的影响[C]//中国环境科学学会2023年科学技术年会论文集:二. 南昌,2023:550-557.
- [3]郭振威,李永山,王 慧,等. 长期棉花秸秆还田和施用有机肥对棉田土壤养分含量和酶活性的影响[J]. 中国生态农业学报(中英文),2023,31(6):877-884.
- [4]Sánchez A, Ysunza F, Beltrán - García M J, et al. Biodegradation of viticulture wastes by *Pleurotus*: a source of microbial and human food and its potential use in animal feeding[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002, 50(9):2537-2542.
- [5]刘文政,平凤姣,白雪冰,等. 葡萄枝条资源化利用研究现状及进展[J]. 农业工程学报,2022,38(16):270-283.
- [6]刘 辉,范东芳,黄引娣,等. 农村混合污水灌溉对土壤养分含量、酶活性及微生物多样性的影响[J]. 生态学杂志,2019,38(8):2426-2432.
- [7]殷 姿. 不同 C/N 和菌剂处理对葡萄修剪枝条堆肥效果的影响[D]. 银川:宁夏大学,2016.
- [8]次仁吉保,赵联芳,王 成,等. 添加菌剂和不同 C/N 对葡萄枝条堆肥效果的影响[J]. 安徽农业科学,2019,47(2):71-74.
- [9]Gaiotti F, Marcuzzo P, Belfiore N, et al. Influence of compost addition on soil properties, root growth and vine performances of *Vitis vinifera* cv Cabernet sauvignon[J]. Scientia Horticulturae, 2017, 225:88-95.
- [10]郭军成,王明国,李 欣,等. 覆盖腐熟和不腐熟林木枝条对宁夏葡萄园沙地土壤水肥的影响[J]. 农业科学研究,2019,40(3):14-18.
- [11]王 震,朱计谋,阎腾飞,等. 不同光照度对信阳五月鲜桃叶片生长发育和光合作用的影响[J]. 江苏农业科学,2021,49(18):134-138.
- [12]Zhu Q Q, Xie X W, Xu Y M. Fertilization regulates grape yield and quality in by altering soil nutrients and the microbial community[J]. Sustainability, 2022, 14(17):10857.
- [13]Zhou E D, Lyu S S, Du G D, et al. Evaluation of the effects of returning apple shoots in situ on soil quality in an apple orchard[J]. Agronomy, 2022, 12(11):2645.
- [14]Wang R, Hou T, Sun Q, et al. Organic fertilizers and soil conditioner recover chemical fertilizer - induced changes in soil bacterial community diversity in wine grape rhizosphere soil[J]. Polish Journal of Environmental Studies, 2021, 30(2):1853-1863.
- [15]Gattullo C E, Mezzapesa G N, Stellacci A M, et al. Cover crop for a sustainable viticulture: effects on soil properties and table grape production[J]. Agronomy, 2020, 10(9):1334.
- [16]Su H, Zhang H, Wang C X, et al. Grape pruning material improves root development and soil microecology in 'Shine Muscat' grape soils[J]. HortScience, 2011(12):2011-2022.
- [17]侯 婷,闫鹏科,庞群虎,等. 行内覆盖对果园土壤特性及酿酒葡萄产量和品质的影响[J]. 河南农业大学学报,2019,53(6):869-875.
- [18]王妹婧,王利娜,孙 佳,等. 外源有机碳对新疆骏枣园土壤肥力及土壤酶活性的影响[J]. 中南林业科技大学学报,2023,43(4):134-143.
- [19]Wang J L, Jing H Y, Xu T Y, et al. Application effect of straw returning and biochar in the improvement of saline - alkali land in Northeast China[J]. Biology Bulletin, 2023, 50(5):825-836.
- [20]李 敏. 三种苹果枝物料与氮素配施对苹果氮素利用及损失的影响[D]. 泰安:山东农业大学,2022:1-56.
- [21]勉有明,李 荣,侯贤清,等. 秸秆还田配施腐熟剂对砂性土壤性质及滴灌玉米生长的影响[J]. 核农学报,2020,34(10):2343-2351.
- [22]史祥宾,王孝娣,王宝亮,等. '巨峰'葡萄不同生育期植株矿质元素需求规律[J]. 中国农业科学,2019,52(15):2686-2694.
- [23]孙海高. 有机无机肥配施对葡萄果实品质和主要矿质营养影响研究[D]. 北京:中国农业科学院,2020:4-33.
- [24]李 威,成永旭,孙 颖,等. 秸秆还田配施氮肥对冬春季稻虾田水质、土壤养分及酶活性的影响[J]. 中国生态农业学报(中英文),2020,28(7):1051-1060.
- [25]刘 思. 贺兰山东麓葡萄园行内覆盖对微域生态环境、葡萄及葡萄酒品质的影响[D]. 银川:宁夏大学,2019:1-23.
- [26]Sharma S, Singh P, Choudhary O P, et al. Nitrogen and rice straw incorporation impact nitrogen use efficiency, soil nitrogen pools and enzyme activity in rice - wheat system in north - western India[J]. Field Crops Research, 2021, 266:108131.
- [27]Seeger M, Rodrigo - Comino J, Iserloh T, et al. Dynamics of runoff and soil erosion on abandoned steep vineyards in the Mosel area, Germany[J]. Water, 2019, 11(12):2596.
- [28]Zhu S M, Liang Y L, Gao D K. Study of soil respiration and fruit quality of table grape (*Vitis vinifera* L.) in response to different soil water content in a greenhouse[J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2018, 49(21):2689-2699.
- [29]毛妮妮,苏西娅,任俊鹏,等. 水分调亏对“夏黑”葡萄叶片形态及光合特性的影响[J]. 江苏农业科学,2022,50(16):133-138.
- [30]Pisciotta A, di Lorenzo R, Novara A, et al. Cover crop and pruning residue management to reduce nitrogen mineral fertilization in Mediterranean vineyards[J]. Agronomy, 2021, 11(1):164.
- [31]黄 薇,吴凉萍,宋路遥,等. 配施不同腐秆剂对还稻田麦秸腐解和水稻产量的影响[J]. 土壤,2022,54(1):40-46.
- [32]潘 晶,杨 墨,黄琳丽,等. 秸秆还田对土壤主要微生物数量、酶活性及细菌群落结构、多样性的影响[J]. 沈阳师范大学学报(自然科学版),2021,39(3):266-271.
- [33]邹浩然,刘轩溢,张 豪,等. 秸秆和枝条还田对日光温室网纹甜瓜生长发育的影响[J]. 中国果树,2021(12):35-39.
- [34]江 莉,陈清西,陈 婷,等. 树形改造对‘巨峰’葡萄叶片光合特性和果实品质的影响[J]. 北方园艺,2020(17):16-22.