

吕亮雨,段国珍,李发毅,等.微生物菌剂对枸杞生长及土壤养分的影响[J].江苏农业科学,2023,51(1):168-175.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.01.025

微生物菌剂对枸杞生长及土壤养分的影响

吕亮雨^{1,2},段国珍^{2,3},李发毅^{1,2},苏彩凤^{1,2},樊光辉^{2,3}

(1. 青海大学农牧学院,青海西宁 810016; 2. 青海大学农林科学院,青海西宁 810016;

3. 青海高原林木遗传育种实验室,青海西宁 810016)

摘要:为探讨微生物菌剂对柴达木地区有机枸杞生长发育、产量品质及土壤养分的影响,以枸杞品种宁杞 7 号为试验材料,设置对照(不施微生物菌剂,CK)、泰旺宝粉剂(木霉菌,TWB1、TWB2)、碧苗水剂(多种高活性微生物菌,BM1、BM2)、绿能 2 号(芽孢杆菌,LN1、LN2)和混合肥料(木霉菌等多种有益菌,HHF1、HHF2)9 组试验处理,比较不同用量的 4 种微生物菌剂处理对枸杞生长的影响及土壤养分含量差异。结果表明,与 CK 相比,施用微生物菌剂后降低了土壤电导率和 pH 值,提高了土壤全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、速效钾和有机质含量,HHF1 和 HHF2 处理土壤改良效果最好,与 CK 差异显著;施用微生物菌剂后,枸杞叶片的过氧化物酶(POD)和多酚氧化酶(PPO)活性显著增强,枸杞叶片光合特性得到改善,枸杞植株树高、冠幅和结果枝长显著提高,TWB2 和 HHF2 处理效果最佳;施用 TWB、BM、LN 和 HHF 后,各处理产量分别增加了 12.1%~30.9%、27.1%~35.7%、12.7%~24.7%和 23.9%~34.9%,并改善了枸杞果实品质,枸杞果实中枸杞多糖、黄酮、类胡萝卜素、甜菜碱、抗坏血酸和多酚含量均较 CK 显著提高,HHF2 处理果实品质最好。经综合评价后得出,8 种微生物菌剂处理下枸杞的生长状况均得到一定程度改善,土壤理化性质得到改良,其中泰旺宝粉剂和碧苗水剂 2 种微生物菌剂分别施 41.250 kg/hm²、33.000 L/hm² 效果最好。

关键词:微生物菌剂;枸杞;土壤养分;生长;产量品质

中图分类号:S567.1⁺90.6 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)01-0168-07

枸杞(*Lycium barbarum* L.)为落叶灌木,在世界各地均有分布。枸杞在我国主要分布于西北、华北等地区^[1]。枸杞果实中有许多对人体有益的成分,如类胡萝卜素、黄酮、甜菜碱、枸杞多糖等^[2-3],具有止咳、明目、抗肿瘤、延缓衰老等作用^[4-5]。枸杞既可做保健品又是酸甜可口的水果,是我国重要的植物资源^[6-7]。随着人们生活水平的提高,对果品和保健产品的无公害要求以及营养元素含量需求也愈来愈高。有机枸杞进入了人们的视野,由于种植有机枸杞使用的有机肥料较化学肥料存在生效慢以及肥料流失等问题,如何提高有机肥料分解速度,提高土壤养分含量,进而提高有机枸杞产量及品质引起了许多学者的关注^[8-10]。

微生物菌剂作为一种优良的土壤改良剂,不仅能加速有机肥分解,改善土壤环境,促进植物生长,还能改良果实品质,提高植株抗逆能力^[11]。菌剂施入可加速土壤微生物活动,改善根系土壤微环境,促进有机质的矿化;微生物菌剂还能够提高有机肥利用效率,减少肥料浪费和潜在环境污染^[12]。包慧芳等将化肥、有机肥和微生物菌剂混施,发现微生物菌剂不仅能够明显提高枸杞产量和品质还可以改良土壤营养结构^[13];罗青等曾将 Nutrismart 微生物菌剂使用在枸杞种植中,发现施用微生物菌剂后枸杞的产量以及果实中的多糖含量明显增多^[14];赵栋等研究发现有机肥混施微生物菌剂会对枸杞生长发育和抗逆能力产生影响,结果显示,使用微生物菌剂后,枸杞叶片叶绿素含量、叶片酶活性都远远高于不施肥处理,且有效降低了枸杞发病率^[10]。

当前,国内对施用微生物菌剂的相关研究大都集中在小麦、玉米和水稻等粮食作物上^[15-18],对施用微生物菌剂对枸杞的影响,尤其对于干旱区(特别是柴达木盆地)有机枸杞的生长及土壤养分含量的研究报道相对较少。为此,本试验配施了不同用量的 4 种微生物菌剂进行田间试验,以分析不同的施肥

收稿日期:2022-06-06

基金项目:青海省中央引导地方科技发展资金(编号:2022-ZY-014);青海省创新平台建设专项(编号:2020-0747-NCC-0001);青海省重点研发与转化计划(编号:2022-NK-113)。

作者简介:吕亮雨(1997—),男,山东烟台人,硕士研究生,主要从事经济林栽培研究。E-mail:1670240560@qq.com。

通信作者:樊光辉,副研究员,主要从事枸杞良种选育和良种繁育研究。E-mail:qhgh@163.com。

方式对枸杞生长以及土壤养分含量的影响,并在此基础上制定合理的施肥措施,希望为有机枸杞园土壤肥力的提高和可持续发展提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2021 年 6—11 月在青海省海西蒙古族藏族自治州诺木洪农场进行。试验区地处柴达木盆地东南部(36°~37°N,96°~97°E),海拔高度约为 2 800 m。属于高原大陆性气候,空气干燥,光照时间长,昼夜温差大。年平均温度 4.4℃,年平均降水量约 40 mm,年平均蒸发量 2 800 mm^[19]

1.2 试验材料

供试土壤为旱田内陆盐碱土,土壤电导率 EC(水土比 1:5)为 5.13 mS/cm,pH 值(水土比 1:2.5)为 8.47。土壤养分含量分别为:有机质 10.69 g/kg、全氮 0.62 g/kg、全磷 1.92 g/kg、全钾 24.04 g/kg、碱解氮 128 mg/kg、速效磷 46.26 mg/kg、速效钾 350.60 mg/kg。

供试肥料泰旺宝粉剂由上海大井生物工程有限公司生产,为黑色粉末,有效活菌为哈茨木霉菌和棘孢木霉菌,有效活菌数≥2 亿/g,特别添加矿源黄腐酸≥5%;碧苗水剂也由上海大井生物工程有限公司生产,为深棕色液体,含有多种高活性微生物菌,有效活菌数≥2 亿/mL,特别添加有机质≥45%,腐殖酸≥5%,氨基酸≥5%;绿能 2 号由青海灿铭农牧科技有限公司生产,为黑色粉末,主要成分为解淀粉芽孢杆菌,活菌数≥2 亿/g,特别添加腐殖酸≥40%;作为基肥施用的有机肥有机质含量≥40%,N+P₂O₅+K₂O≥5%。

供试品种是“宁杞 7 号”枸杞,该品种具备生长迅速、抗逆性强、产量高、品质好等优点^[20]。树龄为 5 年,栽植枸杞 3 300 株/hm²,株高为 0.8~0.9 m。

1.3 试验设计

试验施用的微生物菌剂种类及用量如表 1 所示,每种肥料设置 2 个梯度,并以不施微生物菌剂做对照(CK),共 9 个处理。每个处理重复 3 次,一共 27 个小区,每个小区均栽植 30 株枸杞树,株距 1 m,行距 3 m,小区面积 90 m²。于 2021 年 7 月 1 日在植株滴水线下方挖穴,穴长 80 cm、宽 20 cm、深 30 cm,将微生物菌剂与基肥混合施入穴中,对照组施加清水,覆土。在施肥后马上灌水,使肥料均匀分布在枸杞根部,田间管理同大田生产。

表 1 不同试验处理生物有机肥种类及用量

处理	肥料名称	施用量
TWB1	泰旺宝粉剂	44.550 kg/hm ²
TWB2	泰旺宝粉剂	74.250 kg/hm ²
BM1	碧苗水剂	36.927 L/hm ²
BM2	碧苗水剂	51.975 L/hm ²
LN1	绿能 2 号	44.550 kg/hm ²
LN2	绿能 2 号	74.250 kg/hm ²
HHF1	泰旺宝粉剂+碧苗水剂	24.750 kg/hm ² +24.750 L/hm ²
HHF2	泰旺宝粉剂+碧苗水剂	41.250 kg/hm ² +33.000 L/hm ²
CK	—	0

1.4 试验指标测定及方法

1.4.1 土壤指标测定 于 2021 年 10 月 1 日采集土样,按照 5 点混合取样法采集各个小区 0~30 cm 土层处土壤,混匀成 1 份样品,阴干。参照《土壤农化分析(第三版)》,测定土壤有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、速效钾、电导率、pH 值等指标^[21-22]。

1.4.2 枸杞生长指标的测定 每个小区选 3 株长势一致的树做样树,使用卷尺测定其树高、冠幅、结果枝长度。树高每株样树测 3 次取平均值。冠幅测量相互垂直的 2 个方向树冠直径,每株样树测 3 次取平均值。每株样树选取 3 条上部新生枝条作为结果枝测量枝条长度,每条结果枝测量 3 次取平均值。自 2021 年 7 月 1 日开始,每隔 15 d 测量 1 次。

1.4.3 枸杞生理指标的测定 每个小区选择长势一致的枸杞 3 株作为样树,在样树上部选取 9 个新生枝条作标准枝,每个枝条随机摘取 5 片健康叶片,将采摘的叶片用锡箔纸包裹后放入液氮罐中带回实验室测量其酶活性。过氧化物酶(POD)活性参照李忠光的方法^[23]测定;多酚氧化酶(PPO)活性使用分光光度计法^[24]测量。在标准枝上选取健康叶片使用 SPAD-502 叶绿素仪测定叶片 SPAD 值。光合特性在盛果期使用 Li-COR6400 便携式光合测定仪进行测定,选择天气晴朗的时间测量并记录净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、叶片气孔导度(G_s)、胞间 CO₂ 浓度(C_i)^[25]。

1.4.4 枸杞果实产量和品质测定 青海柴达木地区枸杞每年成熟 3 次,分别于 8 月 5 日、8 月 30 日、10 月 5 日,采摘每株样树第一茬、第二茬及第三茬果实,于塑料大棚中晾干至恒质量后称其干质量,计算其单株的平均产量,根据单株产量计算得出每公顷产量。然后采用四分法选取每个处理的干果

作为样品,测定其内含物。枸杞多糖根据 GB/T 18672—2014《枸杞》中的测定方法进行测定;总黄酮按照《保健食品功效成分及卫生指标检验规范》中的测定方法进行测定;多酚通过分光光度法(UV)测定其含量;甜菜碱通过离子色谱法测量其含量;总抗坏血酸参照 GB12392 - 1990《蔬菜、水果及其制品中总抗坏血酸的测定方法》进行测定;类胡萝卜素可参照 GB 5009.83—2016《食品安全国家标准 食品中胡萝卜素的测定》中的测定方法对其含量进行测定^[9,26]。

1.5 数据处理

试验结果以所测数据的平均值表示。数据分析使用 Microsoft Office Excel 2010 软件,同时采用 SPSS 21.0 软件进行数据整理、分析各处理间的差异显著性($\alpha=0.01$)。

2 结果与分析

2.1 微生物菌剂对土壤养分含量、电导率、pH 值的影响

由表 2 可见,施用微生物菌剂后土壤各养分含量较 CK 均显著提高,土壤 pH 值和电导率明显降低。各个施肥处理土壤性状改良情况各不相同。TWB2 处理土壤的全钾含量最高,达到 29.21 g/kg,

比 CK 增加了 24.7%,显著高于其他 7 个施肥处理和 CK。BM2 处理土壤的速效磷和有机质含量最高,分别为 89.67 mg/kg 和 18.34 g/kg,和 CK 相比增量分别为 38.9% 和 57.0%,差异显著。HHF1 处理土壤的全氮和碱解氮含量均最高,分别达到 0.91 g/kg 和 204.67 mg/kg,比 CK 分别增加了 51.7% 和 52.7%,差异显著。HHF2 处理土壤的全氮和速效钾含量最高,达到 2.65 g/kg 和 544.00 mg/kg,比 CK 增加 44.8% 和 33.6%,除 HHF1、BM2 外,与其他 4 个处理和 CK 差异显著。整体来看,土壤养分含量随微生物菌剂使用量的增加而增加,而土壤电导率与 pH 值的变化趋势则相反。各处理土壤电导率为 2.88~4.35 mS/cm,电导率从高到低依次为 CK、TWB1、TWB2、LN1、BM2、LN2、BM1、HHF2、HHF1,各处理相比,HHF1 能够更好地降低土壤电导率,较 CK 降低了 33.8%,差异显著;各处理土壤 pH 值为 7.94~8.68,pH 值从高到低依次为 CK、TWB1、LN1、BM1、TWB2、HHF2、BM2、LN2、HHF1,各处理相比,HHF1 能够更好地降低土壤 pH 值,较 CK 降低 0.74,各处理均与 CK 差异显著。由此可以看出,施用微生物菌剂可以降低土壤电导率和 pH 值并提高土壤养分含量,进而改善土壤理化性状,效果以 HHF1 最好,HHF2 次之。

表 2 微生物菌剂对枸杞植株土壤理化性质的影响

处理	养分含量							pH 值	土壤电导率 (mS/cm)
	全氮 (g/kg)	全磷 (g/kg)	全钾 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	有机质 (g/kg)		
TWB1	0.77±0.01d	2.12±0.01d	27.35±0.01b	170.67±2.52c	73.63±0.15cd	482.67±2.52c	15.39±0.02c	8.45±0.03b	3.89±0.24b
TWB2	0.85±0.02b	2.06±0.02de	29.21±0.02a	184.67±3.06b	81.17±2.67b	537.67±1.53a	16.11±0.13bc	8.07±0.05d	3.81±0.24bc
BM1	0.81±0.02c	2.27±0.15c	26.41±0.02bc	181.33±6.03b	77.43±0.40bc	515.33±2.52b	16.45±1.00abc	8.29±0.02c	3.36±0.18e
BM2	0.90±0.01a	2.42±0.02b	25.34±1.54c	202.33±9.02a	89.67±7.44a	535.67±2.29a	18.34±1.73a	7.95±0.03ef	3.50±0.07cde
LN1	0.62±0.02f	2.15±0.03cd	25.47±0.02c	147.33±2.08d	70.67±0.15de	475.67±2.08c	16.43±1.18abc	8.33±0.04c	3.75±0.03bed
LN2	0.70±0.02e	1.96±0.03ef	25.38±0.04c	150.33±1.53d	74.47±0.15cd	505.33±2.52b	17.03±0.03abc	7.95±0.06ef	3.45±0.03de
HHF1	0.91±0.02a	2.56±0.01a	26.45±0.08bc	204.67±1.53a	81.23±0.25b	540.00±1.00a	15.77±0.03c	7.94±0.01f	2.88±0.03f
HHF2	0.83±0.02bc	2.65±0.02a	27.35±0.03b	198.33±5.03a	88.40±0.1a	544.00±2.65a	18.03±0.03ab	8.03±0.02de	3.02±0.05f
CK	0.60±0.02f	1.83±0.02f	23.42±0.03d	134.00±1.00e	64.57±0.06e	407.33±1.53d	11.68±0.02d	8.68±0.03a	4.35±0.02a

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.01 水平差异显著,下同。

2.2 微生物菌剂对枸杞生长量的影响

由图 1 可以看出,施用微生物菌剂后枸杞的生长状况得到了明显改善,枸杞的树高、冠幅、结果枝长与 CK 相比都有明显提高。10 月 15 日各施肥处理的枸杞树高分别高出 CK 3.3%~17.8%,以 LN2 和 HHF2 处理变化最为明显,其中 LN2 处理枸杞树

高最大,为 112.1 cm。各施肥处理枸杞冠幅均较 CK 明显增加,10 月 15 日 HHF2 处理枸杞冠幅最大,达到 88.43 cm,BM2 处理次之,为 87.67 cm,各施肥处理和 CK 相比增量达到 6.2%~18.3%。施用微生物菌剂后枸杞结果枝长度明显增加,10 月 15 日 8 种施肥处理的结果枝长度和 CK 相比分别高出

12.5%、15.2%、14.8%、24.2%、15.1%、19.4%、25.1%和27.2%，以HHF2变化最为明显，其结果枝长达到33.45 cm，HHF1处理次之，为32.91 cm。由此可以看出，施用微生物菌剂可以促进枸杞生长发育，效果以HHF2相对较好。

2.3 微生物菌剂对枸杞生理代谢和光合作用的影响

2.3.1 微生物菌剂对枸杞叶片 POD 活性和 PPO 活性的影响 POD 活性可以反映植物体内的代谢变化。由图 2-A 可知，不同用量的 4 种微生物菌剂处理均显著影响枸杞叶片 POD 活性。9 月 1 日和 10 月 1 日各施肥处理中，TWB2 处理 POD 活性最高，分别为 1 534、1 912 U/g，较 CK 分别增加 52.6% 和 54.1%。8 月 1 日各施肥处理中，BM2 处理 POD 活性最高，为 963 U/g，较 CK 增加 59.4%，差异显著。PPO 是一种重要的防御酶，其活性越高，说明植株对逆境胁迫耐受能力越强。由图 2-B 可知，8 月 1 日和 10 月 1 日，均为 HHF2 处理 PPO 活性最高，分别为 354、253 U/g，较 CK 增加 19.6% 和 91.1%，差异显著。9 月 1 日 TWB2 处理 PPO 活性最高，为 376 U/g，较 CK 增加 20.0%，差异显著。综合评价发现，木霉菌微生物菌剂的施入可显著提高枸杞酶活性，增强枸杞植株抗逆性，TWB2 处理枸杞叶片 POD、PPO 活性较高，HHF2 次之。

2.3.2 微生物菌剂对枸杞光合作用的影响 由表 3 可见，微生物菌剂的施入有利于枸杞叶片光合作用的进行。施入微生物菌剂后，各处理枸杞叶片净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、气孔导度(G_s)、胞间 CO_2 浓度(C_i)均较不施肥处理显著提高。其中 P_n 、 T_r 和 C_i 均在 HHF1 时最大，为 $11.61 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 、 $4.48 \text{ mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 、 $296.77 \mu\text{mol}/\text{mol}$ ，和 CK 相比

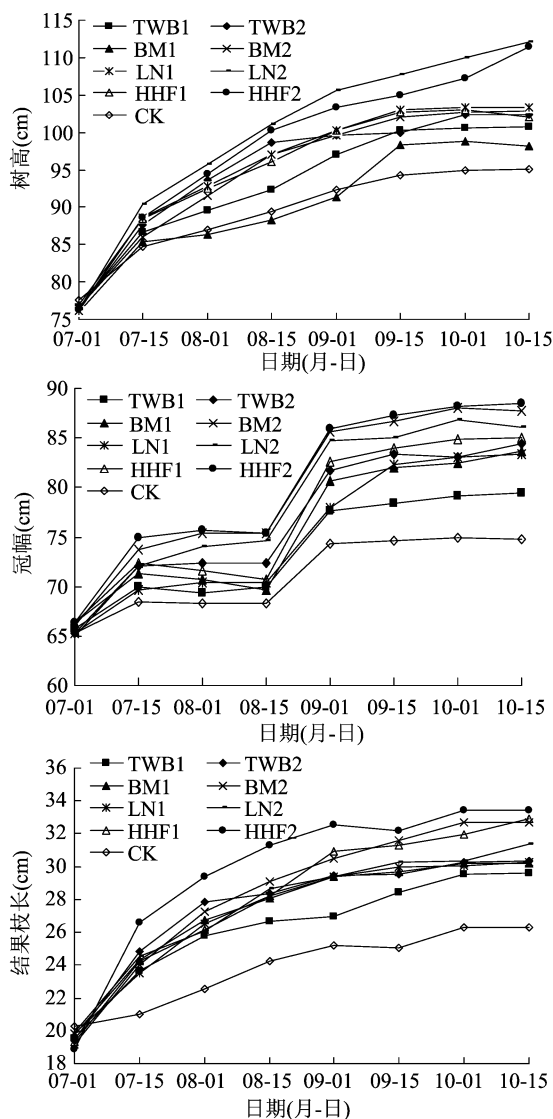


图1 微生物菌剂对枸杞树高、冠幅和结果枝长的影响

分别提高了 90.6%、43.1% 和 39.5%，差异显著。混施微生物菌剂也有利于枸杞叶片 G_s 的增加，和 CK 相比增量达到了 29.4%~63.0%，BM2 和 LN2 处理

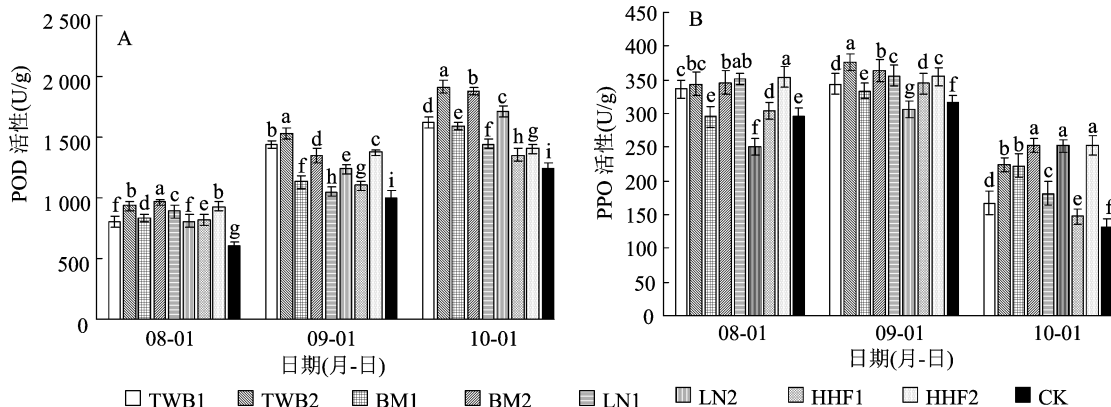


图2 微生物菌剂对枸杞叶片 POD 活性和 PPO 活性的影响

的气孔导度达到最大值,为 167.85 mmol/(m²·s),除 HHF2 外,与其他施肥处理和 CK 差异显著。试验结果表明,混施微生物菌剂后光合作用较 CK 明显提高且差异显著,HHF1 效果最好,HHF2 次之。

表 3 微生物菌剂对枸杞光合作用的影响

处理	净光合速率 [μmol/(m ² ·s)]	蒸腾速率 [mmol/(m ² ·s)]	气孔导度 [mmol/(m ² ·s)]	胞间 CO ₂ 浓度 (μmol/mol)
TWB1	8.62 ± 0.05d	3.55 ± 0.01d	133.33 ± 2.52d	253.00 ± 2.00c
TWB2	11.26 ± 0.05b	4.01 ± 0.01bc	164.33 ± 1.53a	289.00 ± 3.00a
BM1	9.23 ± 0.06c	3.75 ± 0.03cd	147.43 ± 1.60c	276.12 ± 2.27b
BM2	11.49 ± 0.07ab	4.12 ± 0.01b	167.85 ± 0.82a	294.69 ± 1.60a
LN1	11.37 ± 0.21ab	4.15 ± 0.04b	151.74 ± 3.11bc	289.57 ± 7.31a
LN2	11.25 ± 0.09b	4.01 ± 0.02bc	167.85 ± 5.00a	295.45 ± 4.56a
HHF1	11.61 ± 0.21a	4.48 ± 0.20a	155.36 ± 4.04b	296.77 ± 2.79a
HHF2	11.50 ± 0.17ab	4.08 ± 0.35bc	164.73 ± 2.74a	292.08 ± 1.63a
CK	6.09 ± 0.05e	3.13 ± 0.02e	103.00 ± 2.00e	212.67 ± 3.51d

2.4 微生物菌剂对枸杞产量及品质的影响

2.4.1 微生物菌剂对枸杞产量的影响 不同试验处理对枸杞果实产量的影响如图 3 所示。施用微生物菌剂后,除第二茬果实的 TWB2、LN1 处理外,其他各处理枸杞产量均显著高于 CK。各施肥处理枸杞产量为 573.45 ~ 693.90 kg/hm²,其中 BM2 处理总产量最高,达到 693.90 kg/hm²,与 CK 相比增产 35.7%,差异显著。同时施用微生物菌剂对第一茬果实产量促进效果较第二茬、第三茬更明显,BM2 处理一茬果实产量最高,较 CK 增产 82.0%,HHF2 处理次之,较 CK 增产 62.2%。

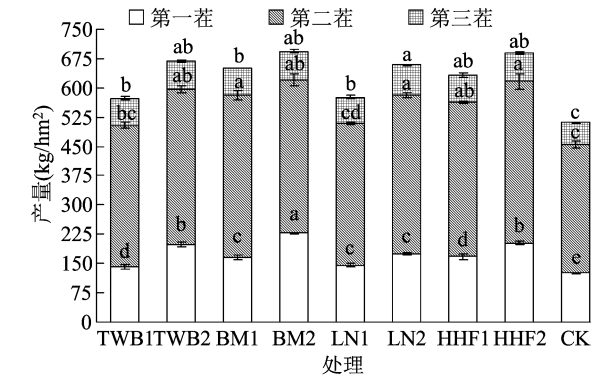


图3 微生物菌剂对枸杞果实产量的影响

2.4.2 微生物菌剂对枸杞果实品质的影响 由表 4 可知,施用微生物菌剂可显著提高果实中的枸杞多糖、黄酮、类胡萝卜素、甜菜碱、抗坏血酸和多酚含量。各施肥处理枸杞多糖含量为 3.48% ~ 6.95%,HHF2 处理含量最高,与 CK 相比增量达到 86.3%,差异显著。黄酮含量 TWB1、BM1 和 BM2 均达到 0.17%,与 CK 相比增量分别达到了

70.0%,差异显著。各施肥处理类胡萝卜素含量为 87.47 ~ 120.51 mg/100 g,各施肥处理均与 CK 差异显著,类胡萝卜素含量依次为 HHF2、HHF1、LN1、BM2、TWB2、BM1、LN2、TWB1、CK,HHF2 处理类胡萝卜素含量最高,相比 CK 提高 56.5%。各施肥处理甜菜碱含量为 0.62% ~ 0.78%,甜菜碱含量依次为 HHF2 > HHF1 > LN1 > BM2 > LN2 > BM1 > TWB1 > TWB2 > CK,HHF2 处理甜菜碱含量最多,为 0.78%,与 CK 差异显著。施用微生物菌剂也有利于枸杞果实中抗坏血酸含量的增加,HHF2 处理的抗坏血酸含量最高,为 26.43 mg/100 g,和 CK 相比增量达到了 30.8%,差异显著。多酚含量各处理和 CK 相比增量达到了 0.0% ~ 14.6%,LN1 处理的多酚含量达到最大值,为 0.94%,和 CK 差异显著。从果实品质方面来看,施用微生物菌剂后,果实品质显著升高。HHF2 处理效果最好,该处理下枸杞果实的枸杞多糖、类胡萝卜素、甜菜碱和抗坏血酸含量均最高,黄酮含量仅次于 TWB1、BM1 和 BM2,并显著高于 CK。

3 讨论

施用微生物菌剂可以明显改善枸杞的生长发育及土壤性状,但不同微生物菌剂对其改良效果不同,可能原因是不同的有益菌其生态位不同^[27]。柴达木地区枸杞根腐病严重^[28],且当地气候干燥,昼夜温差大,枸杞园土壤为内陆盐碱土,其严苛的环境条件导致多数有益菌不能快速繁殖建群。木霉菌和芽孢杆菌是自然界中广泛存在的拮抗微生物,其适应性强,对根腐病等病原微生物有拮抗作用,

表 4 微生物菌剂对枸杞果实品质的影响

处理	枸杞多糖含量 (%)	黄酮含量 (%)	类胡萝卜素含量 (mg/100 g)	甜菜碱含量 (%)	抗坏血酸含量 (mg/100 g)	多酚含量 (%)
TWB1	4.63 ± 0.08d	0.17 ± 0.01a	87.47 ± 0.82g	0.62 ± 0.03de	17.61 ± 1.01d	0.89 ± 0.01abc
TWB2	3.59 ± 0.19fg	0.13 ± 0.02b	106.00 ± 0.95d	0.62 ± 0.02de	23.00 ± 0.5b	0.82 ± 0.03c
BM1	5.39 ± 0.17c	0.17 ± 0.01a	101.02 ± 0.76e	0.66 ± 0.01cd	22.73 ± 1.80b	0.86 ± 0.01bc
BM2	6.18 ± 0.05b	0.17 ± 0.01a	111.78 ± 0.97c	0.74 ± 0.01ab	20.90 ± 0.17c	0.87 ± 0.01bc
LN1	3.48 ± 0.07g	0.13 ± 0.01b	115.58 ± 1.92b	0.75 ± 0.04a	23.40 ± 0.56b	0.94 ± 0.05a
LN2	3.76 ± 0.17e	0.11 ± 0.01c	96.63 ± 0.64f	0.69 ± 0.06bc	16.70 ± 0.36d	0.93 ± 0.09ab
HHF1	5.47 ± 0.06c	0.16 ± 0.01a	116.39 ± 0.86b	0.77 ± 0.02a	25.30 ± 1.35a	0.87 ± 0.01bc
HHF2	6.95 ± 0.14a	0.16 ± 0.01a	120.51 ± 0.92a	0.78 ± 0.02a	26.43 ± 0.31a	0.87 ± 0.01bc
CK	3.73 ± 0.31e	0.10 ± 0.01c	77.00 ± 1.00h	0.57 ± 0.04e	20.20 ± 0.50c	0.82 ± 0.01c

能加速土壤有机物分解,改良土壤环境,协助植物吸收营养,提高作物产量和品质,并对环境污染小,是生产“有机农产品”的理想微生物菌剂肥料^[29]。

施用微生物菌剂后可以提高土壤的自我调节能力,增加土壤微生物数量,使土壤团粒结构得到改良,降低土地盐碱度,使土壤理化性质得到改善^[30-32]。褚义红等的试验中施用微生物菌剂后降低了土壤电导率和 pH 值^[33],与本试验随着微生物菌剂的施用土壤电导率和 pH 值较 CK 显著降低的研究结果一致。于会丽等的试验表明施用微生物菌剂后,会增加土壤中微生物的种类和数量,加速土壤中有有机物质的分解,促进土壤养分含量的增加^[34]。本试验结果表明,施用微生物菌剂后,土壤中养分的含量较 CK 明显提高,与于会丽等的研究结果^[34]一致。

本研究还发现,施用微生物菌剂还可明显改善枸杞生长发育,枸杞的株高、冠幅、结果枝长都会出现不同程度的增长,与何嘉等的研究结果^[9]一致,HHF2 处理对枸杞生长发育的促进效果最佳。同时微生物菌剂的施用增加了枸杞叶片酶活性,与王善仙等的研究结果^[35]一致。也有学者通过种植豌豆、燕麦等试验,发现施用微生物菌剂后植物叶片的 PPO 和 POD 活性均较对照得到显著提高^[36-37]。本试验与其结果一致,随着微生物菌剂的施入,叶片 PPO 和 POD 的活性在各生育期明显增加,且在 8 月提高程度大于 10 月,可能原因是:8 月时各处理土壤微生物数量相差较大,而到 10 月,随着土壤微生物的大量繁殖,各处理差异逐渐缩小。同时施微生物菌剂后,各处理在不同时期的变化趋势相似,说明施用微生物菌剂对提高枸杞抗逆能力的影响是持续的,可以有效减少干旱、盐碱胁迫对枸杞造成

的损害。张雪娇等探究了微生物菌剂与有机肥混施会提高叶片的 SPAD 值并使其光合速率提高^[38],本试验与其研究结果一致。本研究发现,微生物菌剂的施用增强了枸杞的光合作用,其蒸腾速率、胞间 CO₂ 浓度、净光合速率、气孔导度与 CK 相比显著提高,HHF1 和 HHF2 处理效果最好。

施用微生物菌剂后枸杞的产量和品质显著提升。包慧芳等研究发现,施用微生物菌剂可以提高果实产量^[13],本试验施用不同用量的 4 种微生物菌剂均可显著提高产量的结果与之一致。何嘉等研究发现,施用微生物菌剂后枸杞果实中多糖和可溶性固形物含量明显提高^[9]。李小刚等研究发现,施用微生物菌剂能够明显提高枸杞中类胡萝卜素、黄酮、甜菜碱含量^[39]。本试验与他们的研究结果相一致,试验表明:施用不同用量的微生物菌剂均可提高果实的枸杞多糖、黄酮、类胡萝卜素、甜菜碱、抗坏血酸和多酚含量,改善果实的品质,其中 HHF2 处理效果最好。

综上所述,在柴达木地区的有机枸杞种植园施用微生物菌剂对枸杞生长发育、产量品质及土壤性状均有积极影响。也有学者研究表明,在施用微生物菌剂时,要控制其施入量,如果施入量过低,微生物菌剂中微生物数量过低,则不能更好地促进枸杞的生长发育及土壤品质的提高,在适宜的微生物菌剂施入量范围内,植物的生长随着施入微生物菌剂的增加而增加。但微生物菌剂对枸杞生长发育的促进作用会出现“阈值”现象,即施入的微生物菌剂用量过高,会对枸杞的生长发育及果实品质产生抑制作用,并且会导致成本增加,如果大规模推广,不仅会造成微生物菌剂的浪费还会抑制枸杞植株的生长^[40-42]。本试验 4 种微生物菌剂仅选用了 2 种不同的施用量,试验结果表明 HHF2 微生物菌剂对

枸杞生长的促进更好,但最适施用量还需要后续继续深入研究。

4 结论

施用微生物菌剂能够有效增加枸杞园土壤全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、速效钾和有机质含量,调节土壤电导率和 pH 值,培肥土壤。施用微生物菌剂还可促进枸杞植株的生长发育,其树高、冠幅、结果枝长均较 CK 显著增加,其中以 HHF2 处理效果最好,分别较 CK 提高 17.1%、18.3% 和 27.2%,差异显著。同时施用微生物菌剂还有助于枸杞保护酶活性增强,并提高枸杞光合能力进而增加产量,各施肥处理产量较对照显著增加了 12.1%~35.7%。施用微生物菌剂还能够改善果实品质,有效提升枸杞果实枸杞多糖、黄酮、类胡萝卜素、甜菜碱、抗坏血酸和多酚含量,效果以 HHF2 处理最佳。综上所述,施用泰旺宝粉剂 41.250 kg/hm² 和碧苗水剂 33.000 L/hm² 效果最好,该施肥处理提高土壤肥力和促进枸杞生长发育的效果最佳,枸杞园生产的经济效益也最好。

参考文献:

- [1] 何微,朱捷,岳苑,等. 宁夏枸杞种植地土壤中微生物分布调查及降解农残研究[J]. 安全与环境学报,2022,22(1):360-370.
- [2] 秦昱,戴国礼,曹有龙,等. 制干用枸杞新品种‘宁杞7号’[J]. 园艺学报,2012,39(11):2331-2332.
- [3] 李赫,陈敏,马文平,等. 不同成熟期枸杞中类胡萝卜素含量的变化规律[J]. 中国农业科学,2006,39(3):599-605.
- [4] 甘露,张声华. 枸杞多糖的抗肿瘤活性和对免疫功能的影响[J]. 营养学报,2003,31(2):93-95,107.
- [5] 党宏万,王欣瑜,杨小英,等. 枸杞中甜菜碱、牛磺酸、枸杞多糖对 β -胡萝卜素在比格犬体内药动学的影响[J]. 中国药学杂志,2013,48(23):2034-2039.
- [6] 刘朋召,李孟浩,宋仰超,等. 滴灌水肥一体化对枸杞产量、水氮利用及经济效益的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2021,27(10):1820-1828.
- [7] 尹志荣,雷金银,赵营,等. 滴灌灌水量对枸杞土壤水分及养分迁移特征的影响[J]. 水土保持研究,2021,28(4):62-69.
- [8] Gerzabek M H, Antil R S, Knicker H, et al. How are soil use and management reflected by soil organic matter characteristics: a spectroscopic approach[J]. European Journal of Soil Science,2006,57(4):485-494.
- [9] 何嘉,马婷慧,白小军,等. 不同微生物菌剂对枸杞生长发育及产量品质的影响[J]. 西南农业学报,2021,34(6):1296-1301.
- [10] 赵栋. 微生物肥料在枸杞上的应用研究[D]. 兰州:甘肃农业大学,2012:12-15.
- [11] Liu C, Wang S, Yan J, et al. Soil fungal community affected by regional climate played an important role in the decomposition of organic compost[J]. Environmental Research,2021,197(315):111076.
- [12] 王君正,张琪,高子星,等. 2种微生物菌剂对有机基质袋培秋黄瓜产量、品质及根际环境的影响[J]. 中国农业科学,2021,54(14):3077-3087.
- [13] 包慧芳,王宁,侯敏,等. 生物有机肥对枸杞产量、品质及土壤性状的影响[J]. 新疆农业科学,2020,57(3):545-552.
- [14] 罗青,李晓莺,何军,等. NutriSmart生态型肥料对枸杞产量与品质的影响[J]. 北方园艺,2007,15(9):39-40.
- [15] Zhao W, Zhou Q, Tian Z, et al. Apply biochar to ameliorate soda saline-alkali land, improve soil function and increase corn nutrient availability in the Songnen Plain[J]. Science of The Total Environment,2020,722(7):137428.
- [16] 刘艳,李波,孙文涛,等. 生物有机肥对盐碱地春玉米生理特性及产量的影响[J]. 作物杂志,2017,17(2):98-103.
- [17] 张金柱. 生物有机肥对盐碱土理化性质及苜蓿生理反应影响的研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2007:4-23.
- [18] 李北齐,王倡宪,孟瑶,等. 生物有机肥对盐碱土壤养分及玉米产量的影响[J]. 中国农学通报,2011,27(21):182-186.
- [19] 耿盛,张西营,郭晓宁,等. 柴达木盆地大气降尘可溶盐物源探讨及其资源与环境影响[J]. 地质学报,2021,95(7):2082-2098.
- [20] 杨瑞芳. 古浪县沿沙区宁杞7号枸杞栽培技术试验研究[J]. 农业开发与装备,2020,84(1):125,129.
- [21] 刘国梁,李素艳,孙向阳,等. 有机无机肥配施对梨园土壤肥力及果实品质的影响[J]. 土壤通报,2022,53(1):181-186.
- [22] 王爱斌,宋慧芳,张流洋,等. 生物肥和菌肥对蓝莓苗生长及土壤养分的影响[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2020,44(6):63-70.
- [23] 李忠光,龚明. 植物多酚氧化酶活性测定方法的改进[J]. 云南师范大学学报(自然科学版),2005,25(1):44-45,49.
- [24] 潘林,李波,李红. PEG胁迫对辐射种子的无芒雀麦幼苗叶片中抗氧化酶活性的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医,2020,30(7):116-118.
- [25] 郝水源,宝格日乐,苏晓东,等. 不同施肥措施对黄灌区枸杞光合特性及产量品质的影响[J]. 中国农业科技导报,2018,20(2):101-107.
- [26] 包慧芳,王宁,侯敏,等. 生物有机肥对枸杞产量、品质及土壤性状的影响[J]. 新疆农业科学,2020,57(3):545-552.
- [27] 赵栋,王有科,李杰,等. 4种微生物肥对枸杞生长及抗病性的影响[J]. 甘肃农业大学学报,2012,47(6):87-92.
- [28] 刘刚. 青海省专家调研海西州枸杞根腐病发生防治情况[J]. 农药市场信息,2016,77(9):77-78.
- [29] 许艳丽,张红骥,张匀华,等. 施用根腐病生防颗粒剂对大豆田土壤微生物区系的影响[J]. 大豆科学,2007,17(2):198-203.
- [30] Cong P, Ouyang Z, Hou R, et al. Effects of application of microbial fertilizer on aggregation and aggregate-associated carbon in saline soils[J]. Soil & Tillage Research,2017,168(5):33-41.
- [31] 宋双双,孙保平,张建锋,等. 保水剂与微生物菌剂对土壤水分、养分的影响[J]. 干旱区研究,2018,35(4):761-769.

高磊,孙新旺,宋玉伟. 南阳市城市绿地中的月季应用现状与景观评价[J]. 江苏农业科学,2023,51(1):175-182.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.01.026

南阳市城市绿地中的月季应用现状与景观评价

高磊¹,孙新旺²,宋玉伟¹

(1. 南阳师范学院,河南南阳 473061; 2. 南京林业大学,江苏南京 210037)

摘要:月季作为我国十大名花之一,栽培应用广泛,深受公众喜爱,对其在城市绿地中的应用现状进行系统分析评价具有较强的实践价值。本研究对南阳市城市绿地中的月季应用类型、数量、品种等实际情况进行调研和统计分析,并依据城市绿地分类标准选取 22 个典型样地进行实地调研,基于网络层次分析法(ANP 法)构建月季景观评价模型,从公众视角对南阳市城市绿地中的月季景观特征和质量进行定量分析。研究表明:(1)南阳市城市绿地中的月季应用类型主要为丰花月季和大花月季,近年来随着城市建设,藤本月季、树状月季和微型月季的应用也逐渐增多;(2)月季应用规模占城市总绿地面积的 23.37%,应用最多的前 10 个品种占总量的 79.2%;(3)22 个样地景观综合评价得分在 58.16~82.86 分之间,均值为 72.05 分,评价较高的样地特点为造型新颖、色彩丰富、景观层次分明、与周围环境协调性较好;(4)未来需要从提升设计艺术水准、丰富应用场景、融入文化元素、增强新品种推广和提高养管水平等方面提升月季在南阳市城市绿地中的应用水平。本研究结果可为月季这类特色主体植物在城市绿地中的应用提供科学的理论依据。

关键词:城市绿地;月季;应用状况;公众评价;ANP 法;南阳市

中图分类号:TU986.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)01-0175-08

月季(*Rosa chinensis* Jacq)在南阳地区的应用已有 2 000 多年历史,从古代单一的庭院绿化发展到

如今全方位的城市绿地景观,月季在河南省南阳地区的应用历程被人形象地总结为“始于汉唐、兴与明清、发展于当代”^[1]。

南阳地区栽培月季的历史最早可追溯到战国时期,楚国王室建立“兰圃、蕙圃”用以种植香月季^[2];东汉时,被称为现代月季之母的“月月红”就被广泛栽植于皇家苑囿中,并被记载于石刻上;唐代开始,月季作为古代南阳地区私家庭院绿化植物传入民间,在宋代时培育出了季季开花的月季,民间的私家园林开始搭建花架供月季攀爬生长进行

收稿日期:2022-02-24

基金项目:国家自然科学基金(编号:U1404303);河南省高等教育教学改革研究与实践项目(编号:2021SJGLX230Y);河南省研究生教育改革与质量提升工程项目(编号:YJS2021JD17、YJS2022AL123)。

作者简介:高磊(1997—),男,河南淅川人,硕士研究生,主要从事特色植物种质创新与高效栽培技术研究。E-mail:973270991@qq.com。

通信作者:宋玉伟,博士,教授,主要从事植物生理学研究。E-mail:nanyangyws@126.com。

[32]李硕,秦闯,魏欢,等.设施茄子各生育期施用微生物菌剂对产量及土壤性状的影响[J].河北农业大学学报,2019,42(6):65-70.

[33]褚义红,崔世茂,付崇毅,等.不同微生物菌肥对生菜生长及品质的影响[J].蔬菜,2014,8(3):20-24.

[34]于会丽,徐国益,路绪强,等.微生物菌剂对连作西瓜土壤微环境及果实品质的影响[J].果树学报,2020,37(7):1025-1035.

[35]王善仙,刘宛,李培军,等.生物有机肥调控对盐碱胁迫下向日葵幼苗生长及生理指标的影响[J].生态学杂志,2011,30(4):682-688.

[36]吕丽媛,伍玉鹏,孙振钧,等.有机肥对盐碱土蓖麻苗生长的调控作用[J].中国农业大学学报,2013,12(3):73-80.

[37]黄铨程.复合微生物菌肥对盐碱地燕麦与箭筈豌豆生理特性及土壤速效养分的影响[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2018:

6-18.

[38]张雪娇,石晶晶,常娜,等.多功能土壤微生物菌剂在冬小麦上的应用效果[J].江苏农业科学,2017,45(14):46-49.

[39]李小刚,周倩倩,李捷,等.2种微生物肥料对景电灌区枸杞产量及品质的影响[J].四川农业大学学报,2013,31(2):163-168.

[40]孟思达,张文祥,郑听雨,等.不同微生物菌肥对日光温室袋培番茄生长,产量和品质的影响[J].北方园艺,2021,26(7):49-54.

[41]李晶晶,刘聪,王鑫鑫,等.微生物菌剂对青椒生长,品质和土壤养分状况的影响[J].北方园艺,2021,18(13):1-10.

[42]王国丽,张晓丽,张晓霞,等.施用功能微生物菌剂对重度盐碱地向日葵生长及土壤微生物的影响[J].中国土壤与肥料,2021,37(5):133-139.