

童晨晓, 邹双全, 胡坤, 等. 废菌棒替代泥炭土对金线莲生长和品质的影响[J]. 江西农业大学学报, 2020, 42(5): 915-922.



废菌棒替代泥炭土对金线莲生长和品质的影响

童晨晓^{1,2}, 邹双全³, 胡坤^{1,3}, 王晓朋^{1,2}, 黄昭昶^{1,3}, 毛艳玲^{1,2*}

(1. 福建农林大学 资源与环境学院, 福建 福州 350002; 2. 土壤生态系统健康与调控福建省高校重点实验室, 福建 福州 350002; 3. 自然生物资源保育利用福建省高校工程研究中心, 福建 福州 350002)

摘要:【目的】为探究废菌棒在替代泥炭土后对金线莲生长与品质的影响。【方法】采用盆栽栽培的方法种植金线莲, 利用废菌棒替代泥炭土作为金线莲生长基质, 共设置5个处理: 100% 泥炭土, 70% 泥炭土+30% 废菌棒, 70% 泥炭土+30% 废菌棒+木醋液, 40% 泥炭土+50% 废菌棒+10% 竹炭, 40% 泥炭土+50% 废菌棒+10% 稻谷炭, 分析金线莲生长和品质指标, 为废菌棒的利用提供理论依据。【结果】废菌棒替代泥炭土后各处理在生长和品质上均有提升, 其中使用70% 泥炭土+30% 废菌棒+木醋液处理的金线莲生长状况最佳, 株高显著高于其他处理, 提高了16.57%, 且在Vc、黄酮、多糖、总酚、游离氨基酸上较纯泥炭土分别提高了41.37%、64.40%、10.27%、54.98%、17.63%; 1 mg/mL的金线莲多糖对羟自由基、亚硝酸根离子及DPPH·的清除率分别提高了21.21%、19.21%和34.31%; 同时其经济效益最佳, 高于对照112.52%。【结论】70% 泥炭土+30% 废菌棒+木醋液在本试验中效果最佳, 值得推广。

关键词: 金线莲; 废菌棒; 生长; 品质; 基质

中图分类号: S567.23*9 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2020)05-0915-08

Effect of Used Bagasse Substrate Substituting Peat Soil on Growth and Quality of *Anoectochilus roxburghii*

TONG Chen-xiao^{1,2}, ZOU Shuang-quan³, HU Kun^{1,3}, WANG Xiao-peng^{1,2},
HUANG Zhao-chang^{1,3}, MAO Yan-ling^{1,2*}

(1. College of Resources and Environment, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China; 2. University Key Lab of Soil Ecosystem Health and Regulation in Fujian, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China; 3. Fujian Colleges and Universities Engineering Research Institute of Conservation & Utilization of Natural Bioresources, Fuzhou 350002, China)

Abstract: [Objective] To investigate the impact of spent mushroom substrates replacing peat soil on the

收稿日期: 2019-12-31 修回日期: 2020-03-03

基金项目: 福建省科技厅重大专项专题项目(2017NZ0001)、中央财政林业技术科技推广示范项目(闽[2018]TG15号)和科技创新专项基金项目(CXZX2017226)

Project supported by the Fujian Science and Technology Department (2017NZ0001), Central Finance Forestry Technology Promotion and Demonstration Project ([2018] TG15) and Science and Technology Innovation Special Fund Project

作者简介: 童晨晓, orcid.org/0000-0002-7121-4546, tcx8716@163.com; *通信作者: 毛艳玲, 教授, 博士, 主要从事土壤碳氮组分研究, orcid.org/0000-0003-0542-3419, fafum@126.com。

growth and quality of *Anoectochilus*. [Method] Pot cultivation was used to grow *Anoectochilus*, and waste fungus sticks were used to replace peat soil as a growth substrate for *Anoectochilus*. The following five treatments were set up: 100% peat soil, 70% peat soil + 30% spent mushroom substrates, 70% peat soil + 30% spent mushroom substrates and wood vinegar, 40% peat soil + 50% spent mushroom substrates + 10% bamboo biochar and 40% peat soil + 50% spent mushroom substrates, 70% peat soil + 30% spent mushroom substrates and wood vinegar, 40% peat soil + 50% spent mushroom substrates + 10% bamboo biochar and 40% peat soil + 50% spent mushroom substrates + 10% rice husk biochar, and then its growth and quality indicators were analyzed, so as to provide a theoretical basis for the use of waste fungus sticks. [Result] The results showed that the growth and quality of the treatments were improved after the replacement of peat soil by spent mushroom substrates. The growth of *A* using 70% peat soil and 30% spent mushroom substrates and wood vinegar was the best, and the plant height was remarkably larger than that of other treatments. Compared with pure peat, Vc, flavonoids, polysaccharides, total phenols and free amino acids increased by 41.37%, 64.40%, 10.27%, 54.98% and 17.63%, respectively. The scavenging rate of 1 mg/mL *Anoectochilus* polysaccharide on hydroxyl radical, nitrite ion and DPPH· increased by 21.21%, 19.21% and 34.31%. The economic benefit was the best, which was 112.52% higher than that of the control 112.52%. [Conclusion] The treatment of 70% peat soil + 30% spent mushroom substrates with wood vinegar has the best effect in this experiment and is worth popularizing.

Keywords: *Anoectochilus roxburghii*; spent mushroom substrates; growth; quality; substrate

【研究意义】金线莲(*Anoectochilus roxburghii*)为兰科开唇兰属植物,别称金线兰、花叶开唇兰等,因其具有良好的药用价值而享有“药王”之称。金线莲在我国主要分布于福建、广东、广西、台湾等南方热带及亚热地区。金线莲全株均可食用,富含多糖、氨基酸、Vc、黄酮、多酚等成分,具有清凉解毒,消炎止痛、降血压等功效^[1],其中金线莲多糖对羟基自由基有良好的清除作用^[2]。由于山地开发和生态环境破坏,野生金线莲资源匮乏^[3]。为保护野生金线莲资源及满足金线莲的市场需求,人工栽培金线莲成为了最有效的途径。金线莲为喜阴喜湿植物,对其生长环境要求高。目前,金线莲栽培苗主要为组培苗,从组培环境下转移至基质后会由于环境剧变而严重影响其生长状况^[4],因而基质的选择至关重要。福建省是食用菌生产大省,采收后会剩下大量的废菌棒是最主要的废弃物,由于广大农村地区废弃物缺乏处置设施、农民环保意识薄弱以及不规范的利用方式与习惯等^[5],导致资源浪费和环境污染。【前人研究进展】近年来,越来越多的研究表明,废菌棒残留大量菌丝和有益菌,并含有大量糖类、蛋白质、脂肪、纤维素、N、P、K以及微量元素等物质,其营养成分是与天然有机肥相当的可利用资源^[6],能够增加土壤肥力^[7],且废菌棒分解后,能改善基质结构,使其具有更好的透气蓄水能力^[8],与泥炭土相比,废菌棒通气性更好,渗透性强,持水量少。废菌棒大中颗粒径较多,泥炭小颗粒较多;废菌棒通气孔隙较多,泥炭土持水孔隙多;废菌棒渗透系数大,泥炭土渗透系数小;废菌棒pH较高,泥炭土pH偏低^[9],如将其混合合理运用可以取长补短,减轻环境污染,并能带来可观的经济效益。生物炭具比表面积大、孔隙发达、富含碳素、表面官能团丰富等特点^[10],能中和酸性土壤,提高酶活性和速效养分^[11];木醋液可以改良土壤,减少病虫害发生,并提高作物产量及品质^[12]。郝千萍等^[13]发现废菌棒和生物炭的单用和配用均可提高玉米的株高和叶绿素,减少重金属污染。

【本研究切入点】目前,泥炭土为金线莲主流的栽培基质,但其成本高昂,而废菌棒成本较低,且含有大量的养分,在此方面利用较少。【拟解决的关键问题】本试验旨在利用废菌棒替代泥炭土,并增施竹炭、稻谷炭、木醋液,通过测定金线莲生长及品质指标,筛选出适合金线莲生长的替代比例,以期降低基质成本,并减轻废弃物造成的环境污染。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本试验采用金线莲组培苗为试验材料。废菌棒取自古田县食用菌生产企业,为香菇废菌棒,原料

为:棉籽壳、木屑、石灰、麸皮和玉米粉,去袋粉碎待用。木醋液提纯于废菌棒碳化过程的液化产物,其密度为 1.02 g/cm^3 ,pH值4.07,有机酸含量为3.5%,全钾含量为 3.1 mg/L 。泥炭土收购于河南普林园艺用品有限公司,pH值6.80,有机质含量为60.8%,总氮磷钾分别为 15.6 g/kg 、 12.6 g/kg 和 3.0 g/kg 。竹炭pH为11.2,养分含量分别为:全氮 6.9 g/kg 、全磷 2.0 g/kg 、全钾 10.1 g/kg ;稻壳炭pH为7.85,养分含量分别为:全氮 0.2 g/kg 、全磷 0.9 g/kg 、全钾 4.8 g/kg 。

1.2 试验方法

本试验采用盆栽栽培方式,选取生长状况相似且无病虫害侵染的金线莲苗进行移栽。分别设置盆栽基质为:100%泥炭土(T1),70%泥炭土+30%废菌棒(T2),70%泥炭土+30%废菌棒+木醋液(T3),40%泥炭土+50%废菌棒+10%竹炭(T4),40%泥炭土+50%废菌棒+10%稻壳炭(T5)。种植前将基质混匀并加入多菌灵并保持湿润,放置两周后进行种植。各处理设置3个重复,每盆种植10株金线莲苗。试验期间各处理水肥管理、温度及光照因子相同。

1.3 项目测定

移栽180 d后测量各处理金线莲成活率、株高、茎粗、鲜质量、根长、根数、不定根数、叶片数、叶长、叶宽数据;采收后取部分样品冷藏保鲜,用2,6-二氯酚靛酚法测定Vc含量;另一部分进行烘干,用于计算折干率和品质分析。金线莲游离氨基酸测定采用茚三酮法,总酚测定采用福林酚法,总黄酮测定采用紫外分光光度法,多糖测定采用苯酚-硫酸法。

多糖的抗氧化性活性测定方法参照黄丽华等^[14]的研究报告。对羟自由基清除作用参照Fenton体系,采用分光光度法,取2 mL各(0.1,0.5,1.0 mg/mL)质量浓度的多糖提取液,分别加入2 mL的6 mmol/mL双氧水、6 mmol/mL硫酸亚铁及6 mmol/mL水杨酸-乙醇溶液,于37℃恒温水浴30 min,用分光光度计510 nm处测定其吸光值 A_1 。按以上相同方法分别测定用2 mL去离子水代替多糖提取液(A_2)和2 mL去离子水代替6 mmol/mL双氧水(A_3)的吸光值。并按下式计算:

$$\text{羟自由基清除率} = \frac{A_2 - (A_1 - A_3)}{A_2} \times 100\% \quad (1)$$

多糖提取液对亚硝酸根离子清除率测定:取2 mL各(0.1,0.5,1.0 mg/mL)质量浓度的多糖提取液于25 mL容量瓶中,分别加入2 mL的5 $\mu\text{g/mL}$ 亚硝酸钠溶液,25℃放置30 min后加入2 mL的4 mg/mL对氨基苯磺酸溶液,混匀静置4 min后加入1 mL的2 mg/mL盐酸萘乙二胺溶液,用去离子水定容后25℃下放置15 min,用分光光度计538 nm处测定其吸光值 A_1 。同时测定相同方法下不加多糖提取液的空白对照(A_2)和不加亚硝酸钠(A_3)时的吸光值,按下式计算:

$$\text{亚硝酸根离子清除率} = \frac{A_2 - (A_1 - A_3)}{A_2} \times 100\% \quad (2)$$

多糖提取液对DPPH清除率测定:取1 mL各(0.1,0.5,1.0 mg/mL)质量浓度的多糖提取液,分别加入5 mL的0.4 $\mu\text{g/mL}$ 的DPPH甲醇溶液,25℃避光条件下放置1 h后在517 nm处测定吸光值 A_1 ;相同方法下测定用1 mL甲醇替代提取液的吸光值 A_2 。并按下式计算:

$$\text{DPPH·清除率} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right) \times 100\% \quad (3)$$

1.4 数据分析

数据运用Excel 2016软件统计分析,SPSS 18.0进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对金线莲生长的影响

2.1.1 不同处理对金线莲根叶的影响 从表1可以看出,T3(70%泥炭土+30%废菌棒+木醋液)处理中金线莲根长生长状况最佳,显著高于对照组T1,长达7.63 cm,较对照组增长30.65%,根长顺序由大到小依次为T3,T1,T4,T5,T2;各组金线莲根数和不定根数均无显著性差异,根数由多到少依次为T3,T4,T2,T5,T1,其中T3处理根数为4.32条;T5处理中不定根数最高达2.22条,较对照组增长27.58%,不定根数

由多到少依次为T5、T2、T3、T4和T1;结果表明,废菌棒替代泥炭土后对金线莲根部生长有一定的促进作用,但未达到显著水平,而在30%废菌棒替代泥炭土的条件下增施木醋液对根系生长效果最佳,且在根的生长上有显著的效果。T5处理金线莲叶片数最多,平均达5.25片,较对照提高11.46%,与T1处理有显著性差异,各处理叶片数由多到少依次为T5、T4、T2、T3和T1。叶长和叶宽数值均无显著性差异,叶长由大到小依次为T3、T4、T5、T2和T1,其中T3处理叶长最长为3.01 cm,较对照提高14.89%;叶宽由大到小依次为T5、T3、T4、T2和T1,T5处理中叶宽最大为2.13 cm,较对照提高13.29%。结果表明,不同处理对金线莲叶片生长均有一定作用,且在50%废菌棒替代下叶片数量更多,而混合使用废菌棒和稻谷炭条件下对叶片数提高有显著效果。

表1 不同处理对根叶的影响

Tab.1 Effect of different treatment on roots and leaves

处理 Treatment	根长/cm Root length	根数 Root number	不定根数 Adventitious root	叶片数 Vane number	叶长/cm Leaf length	叶宽/cm Leaf width
T1	5.84±0.45 ^b	3.95±0.23 ^a	1.74±0.13 ^a	4.71±0.12 ^b	2.62±0.26 ^a	1.88±0.15 ^a
T2	6.26±0.33 ^{ab}	4.16±0.77 ^a	2.04±0.06 ^a	5.06±0.33 ^{ab}	2.77±0.10 ^a	1.91±0.03 ^a
T3	7.63±0.61 ^a	4.32±0.40 ^a	2.06±0.22 ^a	5.01±0.42 ^{ab}	3.01±0.02 ^a	2.08±0.01 ^a
T4	6.93±0.78 ^{ab}	4.18±0.22 ^a	2.00±0.11 ^a	5.16±0.15 ^{ab}	2.88±0.07 ^a	1.96±0.07 ^a
T5	6.07±0.26 ^{ab}	4.15±0.63 ^a	2.19±0.08 ^a	5.25±0.25 ^a	2.81±0.11 ^a	2.13±0.23 ^a

同列数据不同小写字母表示在 $P<0.05$ 水平差异显著

Different lowercase letters in the same column represented significant difference ($P<0.05$)

2.1.2 不同处理对金线莲株高、茎粗、鲜质量、成活率及折干率的影响 从表2可以看出,各处理株高均高于对照组,且T3处理的金线莲株高与其他处理存在显著差异,平均株高达14.49 cm,与对照组相比增长了16.57%,各处理中株高由大到小依次为T3、T4、T2、T5和T1;各处理茎粗无显著性差异,茎粗由大到小依次为T3、T4、T5、T2和T1,T3处理中茎粗为2.87 mm,提高4.74%;各处理金线莲鲜质量大小依次为T3、T4、T5、T2和T1,T3处理质量最大为2.28 g,较对照提高29.54%,存在显著性差异;成活率由大到小依次为T4、T2、T3、T5和T1,各处理成活率均显著高于对照组。各处理金线莲的折干率由大到小依次为T3、T2、T5、T4和T1,且T3处理折干率最大为14.41%,与T1和T4存在显著性差异,提高了45.44%。结果表明,废菌棒替代泥炭土后均能显著提高金线莲折干率,30%泥炭土替代下金线莲在折干率方面优于50%废菌棒替代的处理。

表2 不同处理对产量及成活率的影响

Tab.2 Effect of different treatment on the yield and survival rate

处理 Treatment	株高/cm Plant height	茎粗/mm Stem diameter	鲜质量/g Fresh weight	成活率/% Survival rate	折干率/% Drying rate
T1	12.43±0.22 ^b	2.57±0.13 ^a	1.76±0.13 ^b	73.00±21.00 ^b	9.91±0.68 ^c
T2	12.48±0.26 ^b	2.76±0.05 ^a	1.98±0.14 ^{ab}	93.00±6.00 ^a	14.31±1.04 ^a
T3	14.49±0.17 ^a	2.87±0.02 ^a	2.28±0.09 ^a	90.00±10.00 ^a	14.41±1.74 ^a
T4	13.00±0.44 ^b	2.82±0.05 ^a	2.14±0.16 ^{ab}	95.00±6.00 ^a	12.06±0.34 ^b
T5	12.46±0.28 ^b	2.80±0.01 ^a	2.02±0.12 ^{ab}	90.00±10.00 ^a	13.03±1.01 ^{ab}

同列数据不同小写字母表示在 $P<0.05$ 水平差异显著

Different lowercase letters in the same column represented significant difference ($P<0.05$)

结果表明,废菌棒替代泥炭土能在一定程度上提高株高、茎粗、鲜质量和折干率,并能显著提高金线莲成活率。30%废菌棒替代下增施木醋液能显著提高金线莲株高,并对茎粗和鲜质量有一定的提升,但无显著效果。

2.2 不同处理对金线莲品质的影响

2.2.1 不同处理对金线莲品质指标含量的影响 Vc为人体内重要的抗氧化剂,在抗癌、治疗贫血、胶原

蛋白的合成和提高免疫力上有一定效果。由表 3 可知,废菌棒替代泥炭土处理均能显著提升金线莲 Vc 含量,各处理 Vc 含量由大到小依次为 T4、T2、T3、T5 和 T1,其中 T2、T3、T4、T5 处理的金线莲 Vc 含量显著高于对照组,分别为 0.259 9、0.256 7、0.251 3、0.232 5 mg/g,较对照分别提高 41.37%、39.60%、36.69% 和 26.49%。总黄酮、多糖、氨基酸和总酚是中药药材中的主要有效成分,为金线莲内主要的化学成分,具有清除自由基、降血糖等功能,植物酚类物质具有抗氧化抗衰老的作用,具有一定的医疗保健作用。各处理的金线莲总黄酮含量差异显著,T3 处理下的金线莲总黄酮含量为 10.07 mg/g,显著高于其他处理,与对照相比提高了 64.40%,总黄酮含量由大到小依次为 T3、T5、T2、T4 和 T1;各处理对金线莲多糖含量并无显著性差异,含量高低由大到小依次为处理 T5、T4、T3、T1 和 T2,其中 T5 处理中的金线莲多糖含量为 60.93 mg/g,与对照相比提高了 13.84%。由图 5 可知,各处理对金线莲游离氨基酸含量均有显著提升作用,除对照外各处理无明显差异,各处理游离氨基酸含量由大到小依次为 T5、T4、T3、T2 和 T1,其中 T5 处理金线莲游离氨基酸含量为 5.45%,与对照相比提高了 20.88%。由表 3 可知,T3 处理金线莲总酚含量显著高于其他处理(除 T2 外),其含量为 1.08%,与对照相比提高 54.94%,各处理金线莲总酚含量由大到小依次为 T3、T2、T5、T1 和 T4。结果表明,使用废菌棒替代泥炭土后对金线莲总黄酮含量显著性提升,但在增施木醋液后存在显著性的差异,说明喷施木醋液能显著提高金线莲黄酮含量;在多糖方面,废菌棒替代量提高时多糖含量有一定提升,但无显著差异;使用 310% 及 50% 废菌棒替代泥炭土能显著提高金线莲游离氨基酸含量;30% 废菌棒替代泥炭土条件下金线莲总酚含量优于 50% 废菌棒替代,且在增施木醋液后总酚含量显著高于对照。

表 3 不同处理对品质指标含量的影响
Tab.3 Effect of different treatment on index of quality

处理 Treatment	Vc/ (mg·100 g ⁻¹)	总黄酮/(mg·g ⁻¹) Total flavonoids	多糖/(mg·g ⁻¹) Polysaccharide	游离氨基酸/% Free amino acids	总酚/% Total phenolic
T1	18.38±3.02 ^b	6.12±1.17 ^b	53.52±4.22 ^a	4.33±0.57 ^b	0.70±0.12 ^b
T2	25.66±3.69 ^a	6.86±0.90 ^b	53.09±2.83 ^a	5.09±0.35 ^a	0.89±0.06 ^{ab}
T3	25.13±5.23 ^a	10.01±0.11 ^a	56.08±2.99 ^a	5.10±0.13 ^a	1.08±0.20 ^a
T4	25.99±1.70 ^a	6.31±1.33 ^b	60.14±7.13 ^a	5.24±0.12 ^a	0.64±0.02 ^b
T5	23.25±1.82 ^a	8.04±0.28 ^{ab}	60.93±1.52 ^a	5.45±0.08 ^a	0.77±0.14 ^b

同列数据不同小写字母表示在 $P<0.05$ 水平差异显著
Different lowercase letters in the same column represented significant difference ($P<0.05$)

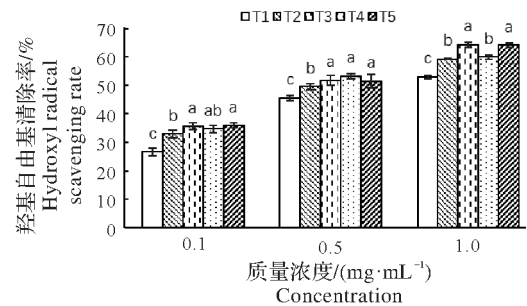


图 1 不同处理多糖对羟基自由基清除率的影响
Fig.1 Effect of different treatment polysaccharides on the elimination rate of hydroxyl radicals

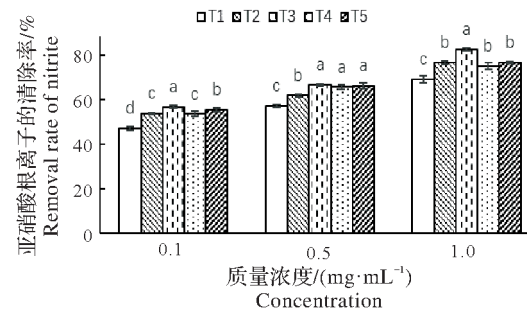


图 2 不同处理多糖对亚硝酸根离子清除率的影响
Fig.2 The effect of different treatment polysaccharides on the elimination rate of nitrite

2.3.3 不同处理对金线莲多糖抗氧化活性的影响 如图 1 所示,金线莲多糖对羟基自由基清除率随多糖质量浓度增加而提高,其中 1 mg/mL 浓度的金线莲多糖对羟基自由基的消除率最高,施用木醋液处理(T3)提升了 21.21%,且各处理均有显著提升。金线莲多糖对亚硝酸根离子清除率随多糖质量浓度增加而提高(图 2),不同浓度金线莲多糖对亚硝酸根离子的清除率在 1 mg/mL 最佳,其中木醋液

处理(T3)显著高于其他处理,较对照提高 19.21%,其他处理也均有显著提升。金线莲多糖对 DPPH· 自由基消除率如图 3 所示,DPPH· 自由基消除率和金线莲多糖含量呈正相关,且在 1 mg/mL 浓度下效果最佳,其中木醋液 T3 处理消除率显著高于其他处理,较对照提高了 34.31%,其他处理也均有显著提高。

2.4 不同处理对金线莲经济效益的影响

成本=组培苗成本+基质成本,组培苗成本为 94 万元/hm²,基质成本包括泥炭土(8.40 万元/hm²)、废菌棒(1.73 万元/hm²)、木醋液(0.40 万元/hm²)、竹炭(57.76 万元/hm²)和稻谷炭(9.74 万元/hm²)的百分比用量成本;产值=产量×金线莲市价,金线莲价格参照市场价 1 840 元/kg;经济效益=产值-成本。由表 4 可知,废菌棒处理均能提高金线莲盆栽种植的经济效益,经济效益由高到低依次为 T3、T2、T4、T5 和 T1。使用 30% 废菌棒替代泥炭土和木醋液的 T3 处理经济效益最佳,高达 93.90 万元,较对照提高 111.49%,且 30% 废菌棒替代后,成本上降低了 22.56%,减少前期投入。废菌棒代替泥炭土,不仅能降低成本,还能提高产量,有最佳的经济效益。

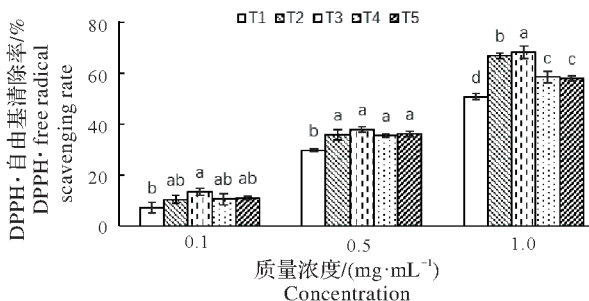


图 3 不同处理多糖对 DPPH· 自由基消除率的影响
Fig.3 Effect of different treatment polysaccharides on the elimination rate of DPPH free radical

表 4 不同处理对经济效益的影响

Tab.4 Effects of different treatment on economic benefits

处理 Treatment	产量/(kg·hm ⁻²) Yield	产值/(万元·hm ⁻²) Profit	成本/(万元·hm ⁻²) Cost	经济效益/(万元·hm ⁻²) Economic benefit
T1	79.80	146.59	102.20	44.39
T2	103.20	189.69	100.20	89.50
T3	105.15	194.50	100.60	93.90
T4	99.90	183.29	103.90	79.49
T5	94.95	174.49	99.00	75.49

3 结论与讨论

废菌棒替代泥炭土在金线莲生长和品质上有一定的提升,并以 30% 废菌棒替代处理效果更佳。本试验结果表明,用废菌棒替代泥炭土后,金线莲生长和品质上有提升作用,废菌棒因其具备容重轻、孔隙度大、持水性强,透气性好等优点,且拥有良好的保水性,富含大量有机物和多种矿物质元素^[15]。在胡诚志^[16]的研究中也证明了废菌棒对作物在表观生长指标上有明显的提升作用。废菌棒使用对 Vc 含量上有显著性的提升,这与刘忠中良等^[17]在番茄上的试验结果相符合。废菌棒替代后,金线莲的黄酮、多糖、游离氨基酸及总酚均有所提升,这可能与废菌棒中富含的有机质相关,促进金线莲的养分吸收和提高有效成分的合成^[18];而在废菌棒替代从 30% 到 50%,金线莲在生长指标上反而有所下降,不利于金线莲生长,这与唐敏^[19]在铁皮石斛上的研究相似。

在 30% 废菌棒替代泥炭土基础上,施用木醋液能提高金线莲生长和品质,且在株高、黄酮含量和多糖抗氧化活性上有显著提升。对比 T2 和 T3 处理可知,在 30% 废菌棒替代后喷施木醋液对提高金线莲生长和品质有显著的效果,木醋液中含大量酚类物质^[20],对植物生长有一定促进作用^[21],且在闫钰等^[22]的研究中也证实适宜浓度的木醋液能提高作物的产量和 Vc 含量;酚类物质上也有较大的提高,与林聪等^[22]在葡萄上的试验结果相符合。

70% 泥炭土+30% 废菌棒+木醋液处理的金线莲各项指标普遍高于对照组,并且在生长及品质上总体效果最佳,是最值得推广的基质配比。从经济效益上分析,其成本低于纯泥炭处理,且总体经济效益

上提高111.52%。从环境效益上考虑,废菌棒和木醋液为农业废弃物及其加工的副产品,其开发利用有益于减轻环境污染,提高资源的利用率。

参考文献:

- [1] 谭晓菁,苏成雄,俞信光,等.金线莲药用价值与种苗快繁技术研究进展[J].药物生物技术,2017,24(1):88-91.
Tan X J, Su C X, Yu X G, et al. Research progress on the medicinal value of Clematis and seedling rapid propagation technology[J]. Pharmaceutical Biotechnology, 2017, 24(1): 88-91.
- [2] 许平.黄瓜多糖抗氧化活性研究[J].重庆工商大学学报(自然科学版),2009,26(1):54-56.
Xu P. Study on antioxidant activity of cucumber polysaccharide[J]. Journal of Chongqing Technology and Business University (Natural Science Edition), 2009, 26(1): 54-56.
- [3] 谢静,谭嘉娜,杨俊贤,等.不同栽培基质对金线莲生长和生物产量的影响[J].广东农业科学,2014,41(20):33-36.
Xie J, Tan J N, Yang J X, et al. Effects of different substrates on growth and biomass of *Anoectochilus roburhii*[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2014, 41(20): 33-36.
- [4] 甘金佳,毛玲莉,黄容乐,等.不同栽培方式对金线莲生长状况和品质的影响[J].中国农业科技导报,2018,20(7):130-136.
Gan J J, Mao L L, Huang R L, et al. Effects of different cultivation methods on the growth and quality of *Anoectochilus roburhii*[J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2018, 20(7): 130-136.
- [5] 程琳琳,何可,张俊飏.基于关系与结构嵌入的农户农业废弃物绿色处置行为分析[J].农业工程学报,2018,34(17):241-249.
Chen L L, He K, Zhang J B. Analysis on agricultural wastes green disposal behavior of farmers based on relational and structural embeddedness[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2018, 34(17): 241-249.
- [6] 梁海恬,何宗均,高贤彪,等.菇渣、草炭、蛭石混合基质化处理产物对番茄苗期发育特性的影响[J].华北农学报,2015,12(4):194-199.
Liang H T, He Z J, Gao X B, et al. Effect of mixed matrix treatment products of mushroom residue, peat and vermiculite on the development characteristics of tomato seedlings[J]. North China Agricultural Journal, 2015, (4): 194-199.
- [7] 时连辉,张志国,刘登民,等.菇渣和泥炭基质理化特性比较及其调节[J].农业工程学报,2008,24(4):199-203.
Shi L H, Zhang Z G, Liu D M, et al. Comparison and adjustment of physical and chemical properties of mushroom residue and peat matrix[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2008, 24(4): 199-203.
- [8] 毛进祥,杨环高,陈刘杰.食用菌菌渣利用研究现状[J].农业开发与装备,2014,20(7):54.
Mao J Y, Yang H G, Chen L J. Research and utilization of edible fungi residue[J]. Agricultural Development and Equipments, 2014, 20(7): 54.
- [9] 李用芳.食用菌菌渣的再利用[J].生物学通报,2001,36(3):44-45.
Li Y F. The Reusing of spent culture medium[J]. Bulletin of Biology, 2001, 36(3): 44-45.
- [10] 计海洋,汪玉瑛,刘玉学,等.生物炭及改性生物炭的制备与应用研究进展[J].核农学报,2018,32(11):2281-2287.
Ji H Y, Wang Y Y, Liu Y X, et al. Advance in preparation and application of biochar and modified biochar research[J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2018, 32(11): 2281-2287.
- [11] 王雪玉,刘金泉,胡云,等.生物炭对黄瓜根际土壤细菌丰度、速效养分含量及酶活性的影响[J].核农学报,2018,32(2):370-376.
Wang X Y, Liu J Q, Hu Y, et al. Effect of biochar on microorganism, nutrient content and enzyme activity of cucumber rhizosphere soil[J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2018, 32(2): 370-376.
- [12] 郭霞,张凯,胡梦坤.木醋液在农业方面的应用研究[J].农业科技与装备,2017,27(11):66-67.
Guo X, Zhang K, Hu M K. Research on application of pyroligneous in agriculture[J]. Agricultural Science & Technology and Equipment, 2017, 27(11): 66-67.
- [13] 郝千萍,李丹洋,杨雄杰,等.菌糠与生物炭配施对玉米生理特性及Cu累积的影响[J].山西农业大学学报(自然科学版),2019,39(3):73-80.
Hao Q P, Li D Y, Yang X J, et al. Effects of combined application of fungus chaff and biochar on physiological characteris-

- tics and Cu ac-cumulation of maize[J].Journal of Shanxi Agricultural University,2019,39(3):73-80.
- [14] 黄丽华,李芸瑛,邵玲.金线莲多糖的提取及抗氧化活性的研究[J].食品科技,2017,42(6):211-214.
Huang L H,Li Y Y,Shao L.Extraction and antioxidant activity of polysaccharide from *Anoectochilus formosanus* [J].Food Science and Technology,2017,42(6):211-214.
- [15] 周亚红,郝刚立,陈康.食用菌菌渣基础特性分析[J].湖北农业学,2014,60(9):2009-2012.
Zhou Y H,Hao G L,Chen K.The basic properties of the edible fungi residue[J].Hubei Agricultural Sciences,2014,60(9):2009-2012.
- [16] 胡诚志.食用菌菌渣用于烟草育苗基质的研究[D].四川:四川农业大学,2015.
Hu C Z.Study of edible fungi residue used for tobacco seedling substrate[D].Sichuan:Sichuan Agricultural University,2015.
- [17] 刘中良,焦娟,谷端银,等.菌渣基质栽培对日光温室番茄品质和产量的影响[J].天津农学院学报,2018,25(2):13-16.
Liu Z L,Jiao J,Gu D Y.Effects of mushroom dregs substrate cultivation on yield and quality of tomato in solar greenhouse [J].Journal of Tianjin Agricultural University,2018,25(2):13-16.
- [18] 刘春英.不同改良剂对植烟土壤肥力性状及烤烟产量和质量的影响[D].福州:福建农林大学,2004.
Liu C Y.Effects of different amendments on soil fertility and yield and quality of flue cured tobacco[D].Fuzhou:Fujian Agricultural and Forestry University,2004.
- [19] 唐敏.生物废弃物菌渣在铁皮石斛组培苗移栽基质中的应用[J].四川农业科技,2015,45(4):19-21.
Tang M.Application of biological waste mushroom residue in the substrate of dendrobium candidum tissue culture seedling transplantation[J].Science and Technology of Sichuan Agriculture,2005,45(4):19-21.
- [20] 周建斌,叶汉玲,魏娟,等.麦秸秆醋液的成分分析及抑菌性能研究[J].林产化学与工业,2008,28(4):55-58.
Zhou J B,Ye H L,Wei J,et al.Study on components and anti-microbial functions of wheat-stalk vinegar[J].Chemistry and Industry of Forest Products,2008,28(4):55-58.
- [21] 林开敏,叶发茂,林艳,等.酚类物质对土壤和植物的作用机制研究进展[J].中国生态农业学报,2010,18(5):1130-1137.
Lin K M,Ye F M,Lin Y,et al.Research advances of phenolic functional mechanisms in soils and plants[J].Chinese Journal of Eco-Agriculture,2010,18(5):1130-1137.
- [22] 闫钰,陆鑫达,李恋卿,等.秸秆热裂解木醋液成分及其对辣椒生长及品质的影响[J].南京农业大学学报,2011,34(5):58-62.
Yan Y,Lu X D,Li L Q ,et al.Components of pyroligneous solution from straw pyrolysis and its effect on growth and quality of pepper spice[J].Journal of Nanjing Agricultural University,2011,34(5):58-62.
- [23] 林聪,代红军,王振平.木醋液对酿酒葡萄“赤霞珠”品质及糖酸等物质积累的影响[J].北方园艺,2014,26(4):17-21.
Lin C,Dai H J,Wang Z P.Effect of wood vinegar on fruit quality and the accumulation of sugar-acid and other substances during development of wine grapes berries ‘Cabernet Sauvignon’ [J].Northern Horticulture,2014,26(4):17-21.