

# 一种复合微生物菌肥对穿心莲生长、品质及土壤性质的影响

张明<sup>1</sup>, 陈泓志<sup>1</sup>, 李明<sup>1,2\*</sup>

(1. 广东药科大学中药学院, 广州 510006;

2. 国家中医药管理局岭南药材生产与开发重点研究室, 广州 510006)

**[摘要]** **目的:**研究一种微生物复合菌肥对穿心莲生长、品质及土壤性质的影响,旨在为穿心莲栽培生产中微生物复合菌肥的应用提供依据。**方法:**通过盆栽的共5个处理试验,CK(不施肥)组、A处理(施化肥)组、B处理(施微生物菌肥,施用量为2.5 g·kg<sup>-1</sup>土)组、C处理(施微生物菌肥,施用量为7.5 g·kg<sup>-1</sup>土)组、D处理(施微生物菌肥,施用量为12.5 g·kg<sup>-1</sup>土)组,研究一种复合微生物菌肥对穿心莲的农艺性状、有效成分含量及根际土壤细菌、放线菌、真菌的数量和土壤理化性质的影响。**结果:**施加一定量的复合微生物菌肥,穿心莲的株高、叶片数、叶面积、地上部、地下部鲜重较CK组和A处理组显著升高,不同生长期有差异。复合微生物菌肥对穿心莲内酯、脱水穿心莲内酯、新穿心莲内酯及14-去氧穿心莲内酯含量影响有差异,与CK组、A处理组比较,C处理组的穿心莲内酯分别明显升高26.13%、13.23%( $P<0.05$ );新穿心莲内酯的含量随微生物菌肥施加量的增加而增加,在D处理组下的效应最显著,与CK组、A处理组比较,分别明显升高9.06%、50.33%( $P<0.05$ );B处理组的14-去氧穿心莲内酯较A处理组明显升高42.04%( $P<0.05$ ),较CK组升高1.74%;C处理组的脱水穿心莲内酯的含量效应最显著,较CK组和A处理组的分别明显升高11.73%、27.74%( $P<0.05$ )。B、C、D处理组的土壤pH均高于CK组及A处理组;B处理组的全氮、有效磷含量效应最显著;D处理组的速效钾的含量最显著。施加复合微生物菌肥可以提高根际土壤细菌、放线菌数量,明显高于CK组和A处理组( $P<0.05$ ),且随施加量的增加而升高,而真菌的数量随复合微生物菌肥施加量的增加而下降,均较CK组有明显差异( $P<0.05$ ),各处理真菌/细菌均明显低于CK组( $P<0.05$ ),且随微生物菌肥施加量的增加而降低。**结论:**施加复合微生物菌肥使植物-土壤-微生物系统向良性方向转化,有利于穿心莲生长及有效成分的积累。

**[关键词]** 穿心莲; 复合微生物菌肥; 农艺性状; 有效成分; 土壤微生物

**[中图分类号]** R284.2;R289;R22;R2-031;R33 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2023)04-0153-08

**[doi]** 10.13422/j.cnki.syfjx.20221517

**[网络出版地址]** <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20220919.1512.002.html>

**[网络出版日期]** 2022-09-20 11:31:33

## Effect of a Compound Microbial Fertilizer on Growth, Quality, and Soil Properties of *Andrographis paniculata*

ZHANG Ming<sup>1</sup>, CHEN Hongzhi<sup>1</sup>, LI Ming<sup>1,2\*</sup>

(1. School of Traditional Chinese Medicine (TCM), Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou 510006, China;

2. Key Laboratory for Production and Development of Cantonese Medicinal Materials Under State Administration of TCM, Guangzhou 510006, China)

**[Abstract]** **Objective:** To study the effect of a microbial compound fertilizer on the growth, quality, and soil properties of *Andrographis paniculata* and provide a basis for its application in the cultivation and production of *A. paniculata*. **Method:** Through five treatment tests in pots, the control group (CK, no

**[收稿日期]** 2022-07-20

**[基金项目]** 广东省重点领域研发计划项目(2020B020221002);广东省普通高校重点领域专项资助项目(乡村振兴)(2020ZDZX1055);广东省科技计划项目(2014A020208133、2016A020226050)。

**[第一作者]** 张明,从事药用植物资源及品质评价等研究,E-mail:1287289376@qq.com

**[通信作者]** \*李明,博士,教授,从事药用植物资源及质量评价等研究,E-mail:13539843803@163.com

fertilization), the treatment A group (chemical fertilization), the treatment B group (microbial fertilization at  $2.5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  soil), the treatment C group (microbial fertilization at  $7.5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  soil), and the treatment D group (microbial fertilization at  $12.5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  soil) were established. The effects of a compound microbial fertilizer on the agronomic properties, the content of active ingredients, the number of rhizosphere soil bacteria, *Actinomycetes*, and fungi, and soil physicochemical properties of *A. paniculata* were studied. **Result:** As compared with the CK group and the treatment A group, the plant height, leaf number, leaf area, and above-ground and below-ground fresh weight of *A. paniculata* were significantly increased after microbial fertilization, with differences in different growth periods. The effect of the compound microbial fertilizer on the content of andrographolide, dehydrated andrographolide, neandrographolide, and 14-deoxyandrographolide differed. The content of andrographolide significantly increased by 26.13% and 13.23% in the treatment C group, respectively, as compared with the CK group and the treatment A group ( $P<0.05$ ). The content of neandrographolide increased with the increasing amount of microbial fertilizer, and the content in the treatment D group increased by 9.06% and 50.33%, respectively, as compared with the CK group and the treatment A group ( $P<0.05$ ), which was the most obvious. The content of 14-deoxyandrographolide in the treatment B group significantly increased by 42.04% and 1.74%, respectively, as compared with the treatment A group and the CK group ( $P<0.05$ ). The content of dehydrated andrographolide content in the treatment B group increased most significantly, significantly increasing by 11.73% and 27.74%, respectively, as compared with the CK group and the treatment A group ( $P<0.05$ ). The soil pH of the treatment B, C, and D groups was higher than that of the CK group and the treatment A group. The content of total nitrogen and effective phosphorus increased most significantly in the treatment B group, and the content of fast-acting potassium increased most significantly in the treatment D group. The application of the compound microbial fertilizer increased the number of rhizosphere soil bacteria and *Actinomycetes*, which was significantly higher than that in the CK group and the treatment A group ( $P<0.05$ ), and increased with the increase of applied amount. The number of fungi decreased with the increase of the compound microbial fertilizer application, which was significantly different from that in the CK group ( $P<0.05$ ). The fungi/bacteria of all treatment groups were significantly lower than those of the CK group ( $P<0.05$ ) and increased with the increase of microbial fertilizer application. **Conclusion:** The application of the compound microbial fertilizer transforms the plant-soil-microbial system in a benign direction, which is beneficial to the growth of *A. paniculata* and the accumulation of active ingredients.

**[Keywords]** *Andrographis paniculata*; compound microbial fertilizer; agronomic properties; active ingredients; soil microorganism

肥料是农业生产中投入的重要要素之一,对提高经济作物产量及改善品质具有决定性作用<sup>[1]</sup>。栽培生产中大量化肥的施用既不利于生态环保,也易造成环境污染<sup>[2]</sup>,破坏了土壤微生物多样性及土壤结构、造成水体污染等<sup>[3]</sup>,同时可能会出现“环境惩罚”效应,造成环境效率的下降<sup>[4]</sup>。穿心莲作为一种喜肥植物,在栽培生产过程中,长期大量无机化肥的应用,既对其质量产生不利影响,也对土壤生态产生影响<sup>[5-6]</sup>。因此,在穿心莲的栽培生产中,探索新型的生态型肥料至关重要。

穿心莲为爵床科植物穿心莲的干燥地上部分,具有清热解毒、凉血消肿等功效<sup>[7]</sup>,是穿心莲片、消炎利胆片、穿琥宁制剂等中成药的重要组方药材。

随着国家对中药安全、质量稳定、可控的要求,中药材的无公害及生态栽培技术日趋重视,也是今后中药材栽培生产的发展方向。微生物菌肥因其具有改良土壤、改善土壤微生态环境、增加肥效、提高作物产量、效益及品质、调节生态平衡、绿色环保等优势引起业界广泛关注<sup>[8-10]</sup>。张乔会等<sup>[11]</sup>的研究表明,微生物菌肥可促进黄连苗根系在长度、体积、分根及粗度等多个方面生长,可以在一定程度上促进黄连苗叶片数的增加及植株的长高,增加叶片叶绿素相对含量及氮素含量。大田施用微生物菌剂在促进川芎生长的同时,还能降低川芎根茎及土壤中镉含量,并提升川芎药材中阿魏酸的含量<sup>[12]</sup>。虽然已有大量研究表明在中药材栽培生产过程中微生

物菌肥在增加产量、保证质量及增加有效成分含量等方面效果突出,但有关穿心莲微生物菌肥的应用研究尚未见报道。基于上述几点,本文研究一种主要含固氮菌、解磷菌、解钾菌及枯草芽孢杆菌等的复合微生物菌肥对穿心莲生长、品质及土壤微生态等因子的影响,旨在为穿心莲栽培生产过程中微生物菌肥的应用提供依据,对响应国家号召、促进穿心莲绿色无公害栽培生产、保障穿心莲药材品质具有重要意义。

## 1 材料

穿心莲种子采自中国广东省清远市英德市大湾镇,经广东药科大学中药学院药用植物系李明教授鉴定为爵床科植物穿心莲 *Andrographis paniculata* 的种子。

通用型果蔬复合肥[云南云天化股份有限公司,登记证号农肥(2015)准字4373号],大量元素水溶肥料,  $N+P_2O_5+K_2O \geq 50.0\%$ ,含有氮磷钾  $N-P_2O_5-K_2O$  为 15:5:25。

复合微生物菌肥[山东友邦肥业科技有限公司,登记证号微生物肥(2014)准字(1424)号],主要组分为固氮菌、解磷菌、解钾菌及枯草芽孢杆菌等,有效活菌数  $\geq 0.2 \times 10^9$  个/g,有机质  $\geq 40.0\%$ 。

园土来自广东药科大学大学城主校区教学区中药学院药圃,晒干过筛(60目)备用。营养土购自广州市荔湾区荣丰园艺经营店,主要含泥炭、椰糠、珍珠岩、牛粪肥等混合配比而成, pH 5.9,电导率  $0.44 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ ,有机质  $544.4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,全氮  $12.10 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,全磷  $1.12 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,全钾  $6.49 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,含水量  $71.6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。蛭石粒径 3~6 mm。

## 2 方法

**2.1 试验设计** 实验地点位于广东药科大学大学城校区植物培育棚,采用盆栽实验,实验培养基质(园土、营养土、蛭石=2:1:1),每个盆(规格为高 16.4 cm,底径 13.2 cm,外口径 18.4 cm)装 2 kg 培养基质,微生物菌肥设 CK 组(不施肥)、A 处理(施化肥)组、B 处理(施微生物菌肥,施用量为土  $2.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )组、C 处理(施微生物菌肥,施用量为土  $7.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )组、D 处理(施微生物菌肥,施用量为土  $12.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )组,每处理 15 株。分别于幼苗期(6片真叶,移栽 20 d),快速生长期(茎叶快速生长,移栽 50 d),和始花期(多为花蕾或花蕾片略展开阶段,移栽 80 d),取样,测定各项指标。实验时间为 2021 年 6 月—2021 年 11 月。

**2.2 穿心莲幼苗的培育** 育苗:挑选籽粒饱满、大

小一致的穿心莲种子在室温下,浸泡 24 h,备用。将培育基质置于 21 穴育苗盆中(规格  $540 \text{ mm} \times 280 \text{ mm}$ ),用清水充分浇透基质,将预先处理好的穿心莲种子穴播于育苗盆中,每盆 4 粒,每个处理 20 盆。

**2.3 幼苗的移栽** 待穿心莲长至 6 片真叶(生长 40 d),将长势一致的穿心莲移栽至种植盆中,每盆移栽 1 株穿心莲幼苗,常规管理,保持土壤湿润。

**2.4 肥料的施用方法** 化肥(A)的施用方法:施肥用量参考穿心莲 GAP 规范化栽培技术手册<sup>[13]</sup>,移栽定植 10 d 施用,施用量为  $0.25 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  土;移栽 40 d,  $0.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  土,施用时每盆用水 250 mL 溶解,浇灌根部附近。

微生物菌肥施用方法:分别在移栽 10 d、移栽 40 d 的穿心莲按上述 B、C、D 的施用量各施肥 1 次,施用时在距离茎基部 5 cm 处挖浅穴沟,将肥料均匀散在沟中,覆土,浇水 250 mL。

**2.5 农艺性状的测定** 每个处理取 5 株,检测株高、鲜重、叶片数、根重采用生测法,叶面积用叶面积测量仪(YMJ-C),每株取上、中、下部位叶片,取平均值。叶绿素含量用叶绿素测定仪(SPAD-502Plus)测定相同部位叶子的叶绿素含量,取平均值。

**2.6 4 种穿心莲内酯含量的测定** 参考 2020 年版《中华人民共和国药典》<sup>[14]</sup>穿心莲项下含量测定方法,采用高效液相色谱法,测定穿心莲内酯、脱水穿心莲内酯、14-去氧穿心莲内酯、新穿心莲内酯含量。

**2.7 土壤理化性质的测定** 抖根法收集穿心莲始花期根际土壤,每个处理取 10 株根际土壤,混合均匀,在通风处自然阴干,过 2 mm 筛,参照鲍士旦<sup>[15]</sup>和鲁如坤<sup>[16]</sup>方法测定土壤理化性质。

**2.8 穿心莲根际土壤微生物数量的测定** 参考《土壤微生物研究原理与方法》<sup>[17]</sup>,真菌采用马丁培养基,放线菌采用改良高氏 1 号培养基,土壤细菌采用牛肉膏蛋白胨培养基。

土壤干重测定:取待测土壤 5 g,装入铝盒内置于  $105 \text{ }^\circ\text{C}$  烘箱干燥至恒重,置于精密天平称重,记录。

微生物的培养:参考《土壤微生物研究原理与方法》<sup>[17]</sup>,细菌接种为  $1 \times 10^{-4}$  倍稀释的土壤液,真菌接种的为  $1 \times 10^{-2}$  倍稀释的土壤液,放线菌接种的为  $1 \times 10^{-3}$  倍稀释的土壤液,在  $28 \text{ }^\circ\text{C}$  恒温培养箱内培养,均采用稀释涂布平板法接种计数。

**2.9 数据处理** 试验数据采用 Excel 2016 和 SPSS

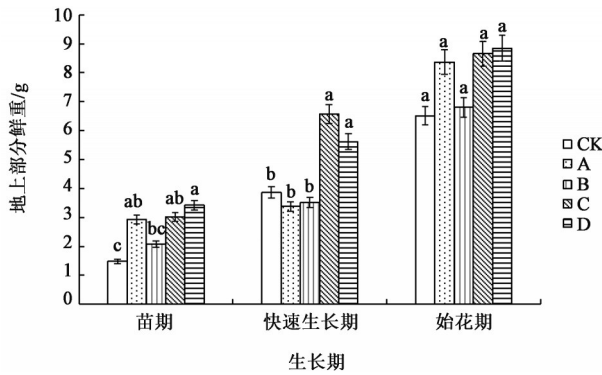
25.0软件对所有数据进行差异显著性分析,采用One-Way ANOVA分析和Duncan法进行分析( $P < 0.05$ ),利用Excel 2016软件作图。

### 3 结果与分析

#### 3.1 微生物菌肥对穿心莲主要农艺性状的影响

##### 3.1.1 微生物菌肥对不同生长期穿心莲地上部鲜重的影响

苗期和始花期的穿心莲地上部鲜重随微生物菌肥施加量的增加呈增加的变化,与CK组比较,苗期D处理组明显升高了131.08% ( $P < 0.05$ ),与A处理组比较升高了16.72%;始花期的D处理组效应最显著,与CK组比较升高了35.82%,与A处理组比较升高了5.73%;快速生长期的地上部鲜重在C处理组的效应最显著,与CK组比较,明显升高了70.21% ( $P < 0.05$ ),与A处理比较明显升高了94.38% ( $P < 0.05$ )。见图1。



注:柱状图中不同字母表示相同时期不同处理之间差异有统计学意义  $P < 0.05$ (图2-图8同)

图1 微生物菌肥对穿心莲地上部鲜重的影响 ( $n=5$ )

Fig. 1 Effect of microbial fertilizer on above-ground fresh weight of *A. paniculata* ( $n=5$ )

##### 3.1.2 微生物菌肥对不同生长期穿心莲根重的影响

苗期和快速生长期的穿心莲根鲜重在C处理下的效应最显著,与CK组比较,苗期明显升高了98.41% ( $P < 0.05$ ),与A处理组比较升高了66.67%;快速生长期的穿心莲根重与CK组比较,C处理组明显升高了175.68% ( $P < 0.05$ ),与A处理组比较明显升高了172.00% ( $P < 0.05$ );始花期的根重随微生物菌肥施加量的增加而增加,D处理组的效应最显著,与CK组比较明显升高了147.34% ( $P < 0.05$ ),与A处理组比较明显升高了91.18% ( $P < 0.05$ )。见图2。

##### 3.1.3 微生物菌肥对不同生长期穿心莲株高的影响

苗期、快速生长期的穿心莲株高均随微生物菌肥施加量的增加而增加,D处理组最为显著,与CK组比较明显升高了56.70% ( $P < 0.05$ ),与A处理组比较明显升高了31.95% ( $P < 0.05$ );快速生长期的穿心

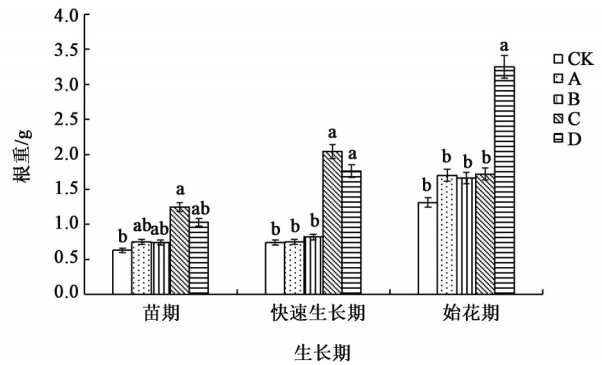


图2 微生物菌肥对穿心莲根重的影响 ( $n=5$ )

Fig. 2 Effect of microbial fertilizer on root weight of *A. paniculata* ( $n=5$ )

莲株高与CK组比较,D处理组明显升高了32.86% ( $P < 0.05$ ),与A处理组比较升高了12.05%。始花期的穿心莲株高C处理组效应最显著,与CK组比较升高了17.80%,与A处理组比较升高了16.67%。见图3。

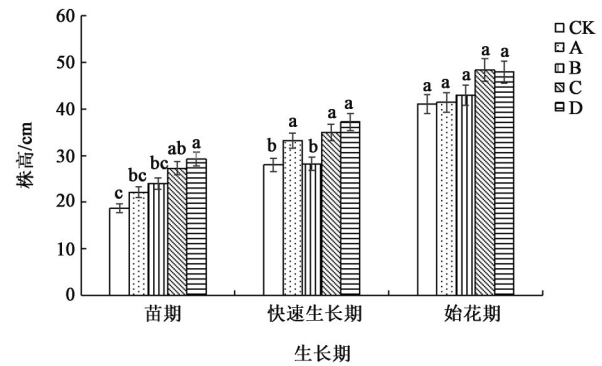


图3 微生物菌肥对穿心莲株高的影响 ( $n=5$ )

Fig. 3 Effect of microbial fertilizer on plant height of *A. paniculata* ( $n=5$ )

##### 3.1.4 微生物菌肥对不同生长期穿心莲叶片数的影响

施肥增加穿心莲单株平均叶片数,C处理组的各生长期穿心莲平均单株叶片数效应最显著,苗期穿心莲单株平均叶片数与CK组比较明显升高了72.73% ( $P < 0.05$ ),快速生长期的单株平均叶片数与CK组比较升高了39.80%,与A处理组比较升高了47.31%,始花期的单株平均叶片数与CK组比较明显升高了31.50% ( $P < 0.05$ ),与A处理组较升高了8.44%。见图4。

##### 3.1.5 微生物菌肥对不同生长期穿心莲叶面积的影响

结果表明,施用微生物菌肥可以促进叶面积的增加,苗期的叶面积随微生物菌肥施加量的增加而增加,D处理组的穿心莲平均叶面积与CK组比较明显升高了82.24% ( $P < 0.05$ ),与A处理组比较明显升高了36.38% ( $P < 0.05$ );快速生长期的C处理组

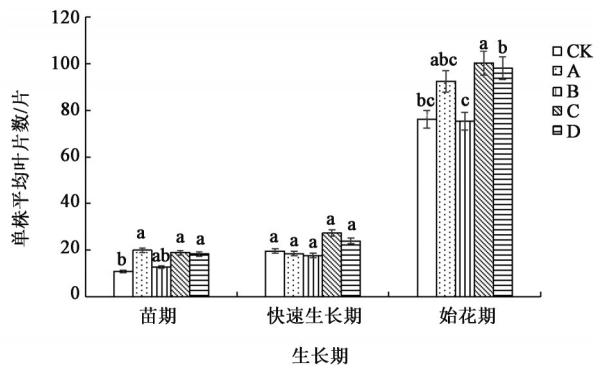


图4 微生物菌肥对穿心莲单株平均叶片数的影响 (n=5)  
Fig. 4 Effect of microbial fertilizer on number of leaves per plant of *A. paniculata* (n=5)

效应最显著,与CK组比较明显升高了81.83% ( $P < 0.05$ ),与A处理组比较明显升高了57.06% ( $P < 0.05$ );始花期的C处理组效应最显著,与CK组比较升高了19.99%,与A处理组比较降低了1.62%。见图5。

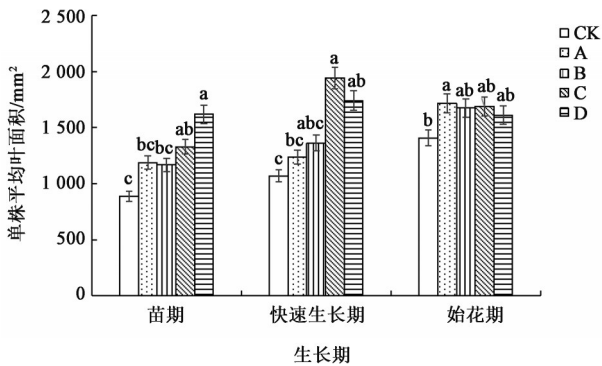


图5 微生物菌肥对穿心莲单株平均叶面积的影响 (n=5)  
Fig. 5 Effect of microbial fertilizer on average leaf area of a single plant of *A. paniculata* (n=5)

**3.1.6 微生物菌肥对不同生长期穿心莲叶绿素含量的影响** 苗期以B处理组效果最佳,叶绿素含量与CK组比较明显增加了22.76% ( $P < 0.05$ ),与A处理组比较,增加了1.92%;快速生长期的叶绿素含量以D处理组为最佳,与CK组比较明显增加了11.32% ( $P < 0.05$ ),较A处理组降低了0.35%;始花期叶绿素含量以C处理组效果最佳,与CK组比较升高了2.02%,与A处理组比较降低了10.02%。见图6。

**3.2 微生物菌肥对始花期穿心莲有效成分含量的影响** 结果表明,所有处理均达到《中华人民共和国药典》标准<sup>[14]</sup>,微生物菌肥处理可以增加穿心莲有效成分含量,穿心莲内酯的含量在C处理组的效应最显著,与CK组比较明显升高了26.13% ( $P < 0.05$ ),与A处理组比较明显升高了13.23% ( $P <$

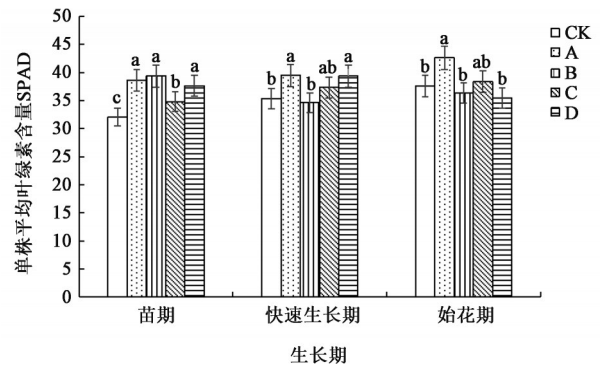


图6 微生物菌肥对穿心莲单株平均叶绿素含量的影响 (n=5)  
Fig. 6 Effect of microbial fertilizer on chlorophyll content of single plants of *A. paniculata* (n=5)

0.05);新穿心莲内酯的含量随微生物菌肥施加量的增加而增加,D处理组的效应最显著,与CK组比较明显升高了9.06% ( $P < 0.05$ ),与A处理组比较明显升高了50.33% ( $P < 0.05$ );B处理组的14-去氧穿心莲内酯与CK比较增加1.74%,与A处理组比较明显升高了42.04% ( $P < 0.05$ );C处理组的脱水穿心莲内酯的含量效应最显著,与CK组比较明显增加了11.73% ( $P < 0.05$ ),与A处理组比较明显增加了27.74% ( $P < 0.05$ )。见图7。

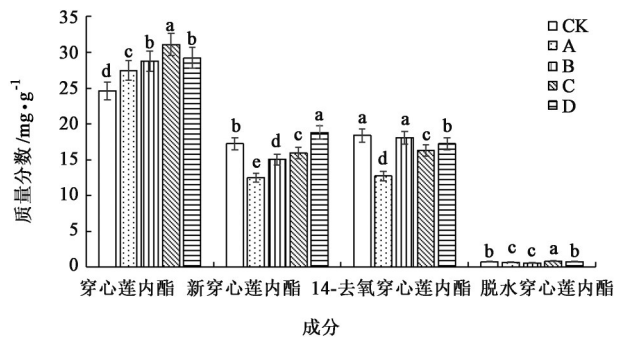


图7 微生物菌肥对穿心莲有效成分含量的影响 (n=5)  
Fig. 7 Effect of microbial fertilizer on content of active ingredients of *A. paniculata* (n=5)

**3.3 微生物菌肥对穿心莲根际土壤理化性质的影响** 始花期对土壤理化性质进行测定,见表1。施加微生物菌肥能升高根际土壤的pH,B、C、D处理组pH均明显高于CK组及A处理组 ( $P < 0.05$ );全氮含量B处理组的效应最显著,与CK组比较明显升高了14.80% ( $P < 0.05$ ),与A处理组比较升高了1.33%;碱解氮、有效磷、速效钾含量均为A处理组最显著 ( $P < 0.05$ ),B处理的有效磷含量与CK组比较明显升高了7.53% ( $P < 0.05$ ),速效钾的含量随微生物菌肥施加量的增加而增加,D处理组与CK组比较明显升高了5.43% ( $P < 0.05$ )。

表1 微生物菌肥对穿心莲根际土壤理化性质的影响 ( $\bar{x}\pm s, n=10$ )

Table 1 Effect of microbial fertilizer on the physicochemical properties of inter-rhizosphere soil of *Andrographis paniculata* ( $\bar{x}\pm s, n=10$ )

组别	pH	全氮/g·kg <sup>-1</sup>	碱解氮/mg·kg <sup>-1</sup>	有效磷/mg·kg <sup>-1</sup>	速效钾/mg·kg <sup>-1</sup>
CK组	5.61±0.03 <sup>b</sup>	1.128±0.36 <sup>b</sup>	85.68±1.26 <sup>b</sup>	8.77±0.55 <sup>c</sup>	165.50±10.08 <sup>c</sup>
A处理组	4.35±0.02 <sup>c</sup>	1.278±0.57 <sup>a</sup>	246.96±0.05 <sup>a</sup>	20.15±1.06 <sup>a</sup>	186.82±5.30 <sup>a</sup>
B处理组	6.18±0.05 <sup>a</sup>	1.295±0.25 <sup>a</sup>	85.68±0.88 <sup>b</sup>	9.52±0.05 <sup>b</sup>	143.67±2.57 <sup>d</sup>
C处理组	5.98±0.02 <sup>a</sup>	1.073±0.33 <sup>c</sup>	80.64±0.03 <sup>c</sup>	7.63±0.08 <sup>d</sup>	171.20±1.27 <sup>b</sup>
D处理组	6.09±0.03 <sup>a</sup>	1.224±0.81 <sup>a</sup>	75.60±1.79 <sup>d</sup>	9.43±0.25 <sup>b</sup>	174.48±1.69 <sup>b</sup>

注:同一列不同字母表示相同时期不同处理之间差异有统计学意义  $P<0.05$ (表2同)

3.4 微生物菌肥对穿心莲根际土壤细菌、真菌和放线菌数量的影响 施加复合微生物菌肥可以提高根际土壤细菌、放线菌数量,明显高于CK组和A处理组 ( $P<0.05$ ),且随施加量的增加而升高,而真菌的

数量随复合微生物菌肥施加量的增加而下降,均较CK组有明显差异 ( $P<0.05$ ),各处理真菌/细菌均明显低于CK组 ( $P<0.05$ ),且随微生物菌肥施加量的增加而降低。见表2。

表2 微生物菌肥对穿心莲根际土壤细菌、真菌和放线菌数量的影响 ( $\bar{x}\pm s, n=10$ )

Table 2 Effect of microbial fertilizer on number of bacteria, fungi and actinomycetes in rhizosphere soil of *A. paniculata* ( $\bar{x}\pm s, n=10$ )

组别	细菌( $\times 10^4$ )/CFU·g <sup>-1</sup>	真菌( $\times 10^2$ )/CFU·g <sup>-1</sup>	放线菌( $\times 10^3$ )/CFU·g <sup>-1</sup>	真菌/细菌
CK组	465.26±2.79 <sup>c</sup>	904.95±8.76 <sup>a</sup>	782.25±12.40 <sup>c</sup>	1.95±0.02 <sup>a</sup>
A处理组	472.62±3.05 <sup>c</sup>	440.43±5.23 <sup>b</sup>	794.55±8.33 <sup>c</sup>	0.93±0.03 <sup>b</sup>
B处理组	496.73±0.56 <sup>b</sup>	442.45±4.07 <sup>b</sup>	2 042.15±22.38 <sup>b</sup>	0.89±0.05 <sup>b</sup>
C处理组	517.11±5.79 <sup>b</sup>	416.33±1.06 <sup>c</sup>	2 158.16±27.52 <sup>b</sup>	0.81±0.02 <sup>b</sup>
D处理组	532.66±10.22 <sup>a</sup>	389.79±1.25 <sup>c</sup>	2 339.53±20.36 <sup>a</sup>	0.73±0.05 <sup>bc</sup>

#### 4 讨论

微生物菌肥是一种绿色无污染肥料,其具有改善土壤质量<sup>[18]</sup>、增加农作物产量的优点<sup>[19]</sup>。微生物菌肥含有大量有益微生物,可以分解有机质为植物提供营养物质,更利于植株的生长发育<sup>[20]</sup>。研究表明,施用带有枯草芽孢杆菌的肥料能够促进黄瓜生长,增加黄瓜单株结果数和单果重,大幅度提升黄瓜产量<sup>[21]</sup>,用微生物菌肥替代施加的一定百分比的化肥,能够达到一定的增产效果<sup>[22-23]</sup>;微生物菌剂与无机肥配施可以提高穿心莲的产量和质量性状<sup>[24]</sup>;使用生物有机肥料减少化学肥料可提高香蕉的质量同时可以改善土壤性质<sup>[25]</sup>;微生物菌肥处理后辽细辛株高、最大叶长、最大叶宽呈现增加趋势;根长、根粗、根数和药材产量均有不同程度的增长,增产效果显著<sup>[26]</sup>。

本研究所用的复合微生物菌肥含有固氮菌、解磷菌、解钾菌及枯草芽孢杆菌等,这些有益菌对植物生长发育有促进作用。解磷菌可合成分泌一些有酶类和酸性物质来改变植物根际微生物的群落结构和提高有效磷含量,而达到促进植物生长的目的<sup>[27-30]</sup>,根际微生物可以将土中难溶性的磷转化成有效可溶的磷,更容易被植物所吸收<sup>[31]</sup>。解钾菌是

一类具有分解钾长石、磷灰石等不溶性硅铝酸盐无机矿物能力的植物根际促生细菌,可以将土壤中难溶性钾素溶解为有效态钾,改善根际土壤微生态环境,提高土壤中速效钾的含量,从而促进植物生长发育,提高作物产量<sup>[32]</sup>。固氮菌可以促进植物的生长发育<sup>[33]</sup>。本研究表明,施用一定量的复合微生物肥可使穿心莲根际土壤全氮、碱解氮、有效磷和速效钾含量呈升高的变化。穿心莲适宜在酸性及中性土壤中生长,施用微生物菌肥可以适当增加pH,有利于穿心莲生长。穿心莲喜肥,对氮肥尤其敏感,本研究表明,施加复合微生物菌肥可提高土壤全氮水平,对于穿心莲生长有利,分析穿心莲地上部、地下部鲜重的增加,与此可能有关。此外,研究所用的微生物菌肥主要有有益菌——枯草芽孢杆菌,具有促进作物生长发育的作用,且可以提高肥料的利用率<sup>[34]</sup>,这些因素都是促进穿心莲生长相关指标升高的重要因素,实验结果表明,一些生长指标(鲜重、株高、叶面积等)高于化肥处理的效果。

有效成分含量是评价中药材质量的重要因素,穿心莲内酯、新穿心莲内酯、14-去氧穿心莲内酯和新穿心莲内酯是穿心莲的4种有效成分,其含量高也是判断穿心莲质量的重要标准<sup>[35]</sup>。本研究表

明,施用复合微生物菌肥可以促进穿心莲4种内酯成分含量的升高,甚至显著高于化肥处理。微生物菌肥对中药材有效成分含量的促进作用在川芎、延胡索等药材研究中也发现<sup>[36-37]</sup>,这种作用是否影响控制有效成分基因的表达还需进一步研究。

本研究表明,施用复合微生物菌肥,土壤真菌数量总体呈降低变化,细菌和放线菌数量明显增多,真菌/细菌较CK组降低,且随施加量的增加而下降。土壤中真菌数量及真菌/细菌比值越低,土壤生态系统的稳定程度越高,土壤抑制病害能力越强<sup>[38]</sup>。真菌型土壤是土壤肥力衰竭的标志,细菌型土壤是土壤肥力提高的生物指标<sup>[32]</sup>,本试验表明,施用微生物复合肥能够改良土壤质量、提高土壤肥力进而促进穿心莲生长,形成了良性的植物-土壤-微生物生态系统,从而提高药材产量和品质。因此,在穿心莲的生态栽培生产中,复合微生物菌肥今后有可能代替化肥,值得进一步研究探索。

[利益冲突] 本文不存在任何利益冲突。

#### [参考文献]

[1] 李金鑫,刘雨,杨雅雯,等. 有机肥和化肥配施对两年生射干生长、产量及品质的影响[J]. 中国实验方剂学杂志,2022,doi:10.13422/j.cnki.syfjx.20221314.

[2] 黄文芳. 农业化肥污染的政策成因及对策分析[J]. 生态环境学报,2011,20(1):193-198.

[3] 刘聪. 中国农业化肥面源污染的成因及负外部性研究[D]. 杭州:浙江大学,2018.

[4] 陆文聪,刘聪. 化肥污染对粮食作物生产的环境惩罚效应[J]. 中国环境科学,2017,37(5):1988-1989.

[5] 李钦,王引权,彭桐,等. 微生物菌肥的研究进展及其在中药材生产中的应用[J]. 农业与技术,2020,40(19):1-4.

[6] 黄辰昊,薛建平,王振,等. 南药大品种穿心莲无公害栽培技术体系探讨[J]. 世界科学技术—中医药现代化,2018,20(11):2095-2100.

[7] 刘晟楠,魏惠珍,殷文静,等. 不同产地不同部位3种穿心莲内酯成分研究[J]. 时珍国医国药,2016,27(6):1483-1484.

[8] 董昌金,蒋宝贵. 复合微生物肥料高效菌株的筛选[J]. 安徽农业科学,2005,33(1):56-57.

[9] 赵玲玉,索升州,赵祺,等. 梭梭根际促生菌(PGPR)菌肥对番茄产量、品质和土壤特性的影响[J]. 甘肃农业大学学报,2022,57(3):42-51,57.

[10] 王丽丽,朱诗君,狄蕊,等. 微生物菌肥菌剂对番茄生长发育和产量品质的影响[J]. 土壤与作物,2022,11(1):88-95.

[11] 张乔会,覃章辉,万海英,等. 不同肥料处理下黄连生长指数分析[J]. 北方园艺,2022(8):89-94.

[12] 张海鸣,彭娟,聂颖兰,等. 硅肥、微生物菌剂与有机肥对川芎生长、土壤和药材中镉含量及药材质量的影响[J]. 时珍国医国药,2021,32(12):3002-3004.

[13] 李楚源,赵宇,王德勤,等. 穿心莲GAP规范化栽培技术手册[M]. 广州:广州白云山和记黄埔中药有限公司,2010:4-5.

[14] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:中国医药科技出版社,2020:281.

[15] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2001:30-107.

[16] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科技出版社,2000.

[17] 林先贵. 土壤微生物研究原理与方法[M]. 北京:高等教育出版社,2010:52-62.

[18] 任氢欣,曾齐,张必弦,等. 基于高通量测序的大豆根际真菌群落动态变化分析[J]. 分子植物育种,2021,19(14):4836-4845.

[19] 武兴友. 微生物菌肥对农业生产的影响及研究趋势分析[J]. 中国果菜,2018,38(4):9-11,15.

[20] 庞强强,蔡兴来,周曼,等. 微生物菌肥对设施白菜生长、品质和土壤酶活性的影响[J]. 热带农业科学,2018,38(4):20-23.

[21] 刘燕,潘婷,孙萍,等. 农用微生物菌肥在黄瓜上的应用效果研究[J]. 现代农业科技,2020(6):60-61.

[22] 刘赵帆. 微生物菌肥替代部分化肥对设施黄瓜生长、品质及产量的影响[J]. 北方园艺,2022(2):47-53.

[23] 岳宏忠,张东琴,侯栋,等. 微生物菌肥部分替代化肥对设施黄瓜产量和土壤细菌群落结构的影响[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2022,50(7):118-126,137.

[24] ARVIND K, NEELU Y, JANHVI P, et al. Microbial inoculants with inorganic fertilizers slacken the chlorosis impact on Kalmegh [*Andrographis paniculata* (Burm. F.) Wall ex., Nees] improve yields and quality traits [J]. Acta Ecologica Sinica, 2022,doi:10.1016/j.chnaes.2022.07.001.

[25] LI Z D, JIAO Y QI, YIN J, et al. Productivity and quality of banana in response to chemical fertilizer reduction with bio-organic fertilizer: Insight into soil properties and microbial ecology [J]. Agric Ecosyst Environ,2021,322:107659.

[26] 于春雷,孙文松. 微生物菌肥对辽细辛生长发育及产量构成的影响[J]. 辽宁农业科学,2021(6):22-24.

[27] 毕银丽,任婧. 接种菌根对根际微生物群落和磷营养的影响[J]. 能源环境保护,2007,21(3):25-28.

[28] 钟传青,黄为一. 不同种类解磷微生物的溶磷效果及

- 其磷酸酶活性的变化[J]. 土壤学报, 2005, 42(2): 286-294.
- [29] CHEN Y P, REKHA P D, ARUN A B, et al. Phosphate solubilizing bacteria from subtropical soil and their tricalcium phosphate solubilizing abilities [J]. Appl Soil Ecol, 2006, 34(1): 33-41.
- [30] KOKALIS-BURELLE N, KLOEPPER J W, REDDY M S. Plant growth-promoting rhizo-bacteria as transplant amendments and their effects on indigenous rhizosphere microorganisms[J]. Appl Soil Ecol, 2006, 31(1/2): 91-100.
- [31] 李慧敏, 王瑞, 施卫明, 等. 菜地土壤解磷微生物特征及其在磷形态转化调控中的作用[J]. 土壤, 2020, 52(4): 668-675.
- [32] 赵顺鑫, 江春阳, 邓乔晟, 等. 解钾菌对滇重楼根际土壤微环境影响[J]. 中国实验方剂学杂志, 2022, 28(16): 172-179.
- [33] 毛露甜, 谢山麟玉, 黄雁, 等. 固氮菌肥在几种蔬菜上的肥效试验[J]. 惠州学院学报, 2014, 34(6): 23-27.
- [34] 李荣发, 刘鹏, 董树亭, 等. 肥料配施枯草芽孢杆菌对夏玉米产量及养分利用的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2019, 25(9): 1607-1614.
- [35] 韦坤华, 李林轩, 林伟, 等. 不同产区穿心莲药材的质量评价[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(19): 4717-4719.
- [36] 张德林, 余星语, 喻文, 等. 3种微生物菌肥对川芎生长发育、产质量和镉富集的影响[J]. 中国实验方剂学杂志, 2022, 28(5): 124-132.
- [37] 熊春霞, 张静, 蒋费涛, 等. 不同微生物菌肥处理对延胡索产量和品质的影响[J]. 南方农业学报, 2020, 51(5): 1159-1168.
- [38] 李伟, 王金亭. 枯草芽孢杆菌与解磷细菌对苹果园土壤特性及果实品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(3): 140-144.

[责任编辑 顾雪竹]

·书讯·

## 目视管理加强静脉用药集中调配中心的建设和管理 ——评《静脉用药集中调配基础管理与进阶实践》

静脉用药是目前临床治疗的重要方式。由于静脉用药直接参与人体血液循环,因此对整个过程的要求更为严格,传统医疗模式下,静脉输液配药等工作由各科护士完成,常常出现严重输液反应、药物污染、药物错配等失误,严重影响了临床治疗效果。静脉用药调配中心(PIVAS)作为负责静脉用药配置的专门科室,主要包括静脉用药、普通用药、抗生素和营养液等药品,设有排药区、处方区、包装区、调配岗、运送岗和质控岗等岗位部门,其任一环节的工作质量直接关系到临床治疗的安全性和有效性。因此,加强对静脉用药调配中心的管理对提高工作效率、提升患者的治疗效果具有重要意义。

《静脉用药集中调配基础管理与进阶实践》米文杰,刘向红,陈迹主编,由人民卫生出版社2017年10月出版。该书针对静脉用药调配中心开展过程中的管理规范、积累经验等问题,从PIVAS中心质量标准、管理模式、优化工作流程、人员培训、资源管理与共享等方面进行论述,如PIVAS人员素质,PIVAS关于临床科室用药调配的质量控制,PIVAS应急预案,PIVAS医院感染控制和管理体系,PIVAS常见差错事故及防范措施,PIVAS整体效益分析等。本书第一篇第二章中提出了目视管理的理念。目视管理运用护理人员所观察到的视觉信息,进行简化和结构性处理,选择性的接受信息反馈,继而改善工作质量。静脉用药调配中心管理,药剂人员对特殊药物进行标识,药物分为避光药物、高危药物、贵重药物、冷藏药物、精神药物、细胞毒药物、一品多规药物等类型。不同药物设置针对性标识特征并于标签上填写相关信息。根据药物的贮存需要将其分为深蓝色带盖遮光盒和普通蓝色药品盒。在摆药单中使用特殊符号对特殊药品进行标记,根据药品的批次对其进行分类划分,并根据摆药单的时间、类别将其放入相应的收集箱。药品统一放置,根据摆药汇总单的批次使用不同颜色划分摆药筐,药品与非药品、内服药与外用应分开存放,易串味的药品与一般药品应分开存放,每次摆放药品根据分类划分摆放于相应柜台,货架,进行区域划分和编号,明确分工及货位负责人;定期检查药品有效期,挑拣并登记有效期3个月内的药物以优先使用。根据患者的用药时间和医嘱批次分类输液标签,在输液标签中需要以文字或字符形式注明药品是否需要皮试、特殊滴速、避光输注及药物是否整剂剂量,标记详细信息,如日期、批次、科室名称等。在调配间以不同类药物为基础设置调配窗口,并单向开启窗口,窗口出药时,根据每个科室对药物的不同需求,严格按照科室顺序、药品报告时间发药,最大限度地提高工作效率。调配间必须维护好相应的工作秩序,切不可随意摆放药品。药物调配使用原则应优先使用不稳定、易变质的药物,这是降低坏药率的关键。按照“近期先用”“先进先用”“按批号发药使用”原则进行药品的调配使用。强调静脉用药调配中心作为医院的重要部分,工作任务及流程复杂,且对工作质量的要求较高。通过在静脉用药调配中心实施目视管理模式,利用各种颜色、标志、流程图、等方式使科室工作环境整洁有序,各区域标识明显,工作人员能够更加快速、直观、准确地获取信息,减少了差错事故的发生,提高工作质量。各项操作流程、标记及安全信息提示能够时时警示工作人员,一定程度上增强了其自主管理意识。目视管理作为企业管理常用模式,其价值还在于通过加强信息的流动效率,可有效提高企业的工作效率。在医院静脉用药配置中心管理中实施目视管理模式,使护理管理更加高效、简洁、可视,有效保证了药品配置质量。

《静脉用药集中调配基础管理与进阶实践》不仅对PIVAS的建立与工作开展具有较大的指导意义,对我国医院医药领域从事工作的广大工作人员及相关专业学生也有莫大的帮助和启发,对促进我国PIVAS的发展起到积极的推动作用,是走在PIVAS这一新兴领域前沿的优质丛书。

(作者甄颖,河北北方学院附属第一医院,河北张家口 075000)