

生物菌肥部分替代化肥在党参上的应用研究

杨薇靖¹, 令鹏¹, 王兴政¹, 潘遐², 李文珍¹, 韩天鹏^{1,3}

(1. 甘肃省定西市农业科学研究院, 甘肃 定西 743000; 2. 定西市药品检验检测中心, 甘肃 定西 743000; 3. 甘肃省定西市岷口林场试验站, 甘肃 定西 743000)

摘要: 为探索最优微生物菌肥施用量, 减少化肥与农药的施用量, 推动党参产业绿色发展。以党参为研究对象, 采取田间试验与室内分析相结合的方法, 研究了施用生物菌肥部分替代化肥对党参农艺性状、产量及品质的影响。结果表明, 施用生物菌肥科微健 15 kg/hm²+阵地 15 kg/hm²(替代常规施肥10%)处理和生物菌肥科微健 45 kg/hm²+阵地 45 kg/hm²(替代常规施肥30%)处理能显著提高党参的鲜根重。与常规施肥相比, 施用生物菌肥科微健 45 kg/hm²+阵地 45 kg/hm²处理党参显著增产 37.96%; 施用生物菌肥科微健 60 kg/hm²+阵地 60 kg/hm²(替代常规施肥40%)处理党参显著增产 33.01%; 施用生物菌肥科微健 30 kg/hm²+阵地 30 kg/hm²(替代常规施肥20%)处理党参显著增产 30.66%。在试验条件下, 施用菌肥对党参的等级和品质基本无影响。综合分析认为, 生物菌肥科微健 45 kg/hm²+阵地 45 kg/hm²施用效果最佳。

关键词: 党参; 生物菌肥; 化肥; 农艺性状; 产量

中图分类号: S567; S147.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097-2172(2023)02-0168-05

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2023.02.015

Study on the Application of Partial Substitution of Biological Bacterial Fertilizers for Chemical Fertilizers on *Codonopsis pilosula*

YANG Weijing¹, LIN Peng¹, WANG Xingzheng¹, PAN Xia², LI Wenzhen¹, HAN Tianpeng^{1,3}

(1. Dingxi Academy of Agricultural Sciences, Dingxi Gansu 743000, China; 2. Dingxi Drug Inspection and Testing Centre, Dingxi Gansu 743000, China; 3. Chankou Forest Farm Test Station, Dingxi Gansu 743000, China)

Abstract: To explore the optimum application amount of biological bacterial fertilizers, to reduce the application amount of chemical fertilizers and pesticides, and to promote the green development of *Codonopsis pilosula* industry. Taking *Codonopsis pilosula* as materials, the field experiment and laboratory analysis were conducted to study the effects of partial substitution of biological bacterial fertilizers for chemical fertilizers on agronomic characteristics, yield and quality of *Codonopsis pilosula*, and to research the optimal application rates of biological bacterial fertilizer, and to provide theoretical basis for the production of *Codonopsis pilosula*. The results showed that application of biological bacterial fertilizer Keweijian at 15 kg/ha plus Zhendi at 15 kg/ha (10% substitution of chemical fertilizers) and application of biological bacterial fertilizer Keweijian at 45 kg/ha plus Zhendi at 45 kg/ha (30% substitution of chemical fertilizers) could significantly increase the root fresh weight of *Codonopsis pilosula*. Compared with conventional fertilization, application of biological bacterial fertilizer Keweijian at 45 kg/ha plus Zhendi at 45 kg/ha could significantly increase the yield of *Codonopsis pilosula* by 37.96%. Application of biological bacterial fertilizer Keweijian at 60 kg/ha plus Zhendi at 60 kg/ha (40% substitution of chemical fertilizers) could significantly increase the yield of *Codonopsis pilosula* by 33.01%. Application of biological bacterial fertilizer Keweijian at 30 kg/ha plus Zhendi at 30 kg/ha (20% substitution of chemical fertilizers) could significantly increase the yield of *Codonopsis pilosula* by 30.66%. Under the current experimental conditions, the application of biological bacterial fertilizer had no effect on the grade and quality of *Codonopsis pilosula*. The comprehensive analysis showed that the biological bacterial fertilizers had the best effect at 45 kg/ha of biological bacterial fertilizer Keweijian plus 45 kg/ha of Zhendi.

Key words: *Codonopsis pilosula*; Biological bacterial fertilizer; Chemical fertilizer; Agronomic trait; Yield

肥料是农业生产的物质基础, 在农业稳产、增产中起着不可替代的作用。施肥能够增加作物产量, 改善作物品质, 提升土壤肥力以及提高经

济效益, 合理和科学施肥是保障粮食安全和维护农业可持续性发展的主要手段之一^[1]。党参是常用大宗中药材之一, 具有调节血糖、促进造血机

收稿日期: 2022-09-24

基金项目: 甘肃省重点研发计划(20YF8NJ167)。

作者简介: 杨薇靖(1981—), 女, 甘肃定西人, 高级农艺师, 主要从事中药材育种与栽培技术与推广工作。Email: 982364630@qq.com。

能、增强机体免疫力等诸多作用^[2]。甘肃省是重要的党参药源基地, 年总生产量约为 7 万 t, 占全国的 60%以上^[3], 其中定西市党参产量则占全国的 50%^[4-5]。环境条件及栽培技术是党参栽培的重要影响因素。在党参栽培中肥料结构不合理、过量用化肥农药现象相当广泛; 长期大量施用化肥农药导致土壤酸化、耕地板结, 不仅浪费资源、增加成本, 还造成土壤菌群失调及党参产量和品质下降, 严重阻碍了甘肃党参产业的可持续发展。

微生物菌肥是以活性(可繁殖)微生物的生命活动促进作物得到所需养分的新型肥料, 含有较多活性微生物, 具有降低土壤容重、增加土壤孔隙度、改善土壤微生态系统, 提高土壤生物肥力水平的作用。微生物菌肥不仅能够提高土壤肥力、改善土壤理化性质, 还增加了土壤向植物提供营养的能力, 从而发挥土壤潜在肥力, 提高农产品的产量和品质, 还能减少环境污染, 为发展绿色有机农业提供更多可能, 具有良好的发展前景^[6-10]。微生物菌肥主要有微生物菌肥、复合微生物肥料和有机生物肥 3 大类。微生物菌肥本身不直接给予农作物提供养分, 更多的是通过微生物菌肥的种群生命活动, 间接或者直接分解、合成等方式来促进农作物的生长, 增强农作物抗病虫性与抗逆性, 从而改善农作物品质与产量, 所以微生物菌肥需要配合有机肥或化肥施用^[11]。我们以党参为研究对象, 研究了菌肥与无机肥配施对党参产量及生长的影响, 以期通过微生物菌肥与无机肥配合施用来减少化肥与农药的施用量, 推动党参产业绿色发展。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验于 2021 年在渭源县会川镇南沟村旱川地进行。会川镇地处渭源南部高寒阴湿区, 海拔 2 245 m, 属温带大陆性季风气候, 年均降水量 550 mm, 年均气温 4.7 °C, 年平均日照时数 2 400 h, 年平均无霜期 140 d。试验地土壤为黄绵土, 肥力中等。

1.2 试验材料

指示党参品种为渭党 2 号, 由定西市农业科学研究院提供。选用质量符合《中药材种苗 党参》(DB62/T 2816—2017)标准, 苗长 \geq 20.0 cm, 根直

径 \geq 4.00 mm 的一级种苗。供试生物菌肥为科微健(主要菌群为枯草芽孢杆菌和胶冻样芽孢杆菌, 有效活菌数 \geq 10.0 亿 /g, 武汉科诺生物有限公司生产)、阵地(主要菌群为多粘类芽孢杆菌, 有效活菌数 \geq 10.0 亿 /g, 武汉科诺生物有限公司生产)。供试常规肥料磷酸二铵质量符合 GB/T 10205—2009 标准, N-P₂O₅-K₂O 总养分 \geq 64.0%, 中海石油化学股份有限公司生产; 硫酸钾质量符合 GB/T 20406—2017 标准, K₂O \geq 50.0%, 三方化工集团有限公司生产。

1.3 试验设计

试验共设 4 个生物菌肥与无机肥配施处理和 1 个常规施肥对照, 具体见表 1。试验随机区组设计, 重复 3 次, 小区面积 32 m², 共 15 个小区。采用黑膜覆盖沟播方式, 菌剂与化肥均作基肥施入, 其他田间管理措施同大田。

表 1 试验处理及用量^①

处理	生物菌肥		常规肥料	
	科微健 /(kg/hm ²)	阵地 /(kg/hm ²)	磷酸二铵 /(kg/hm ²)	硫酸钾 /(kg/hm ²)
T1(CK)			750	375.0
T2	15	15	675	337.5
T3	30	30	600	300.0
T4	45	45	525	262.5
T5	60	60	450	225.0

① 生物菌肥替代常规施肥比例: T2 为 10%, T3 为 20%, T4 为 30%, T5 为 40%。

1.4 测定项目

2021 年 10 月下旬收获时每小区随机抽取 30 株进行农艺性状测定。用卷尺测量根长, 用游标卡尺测量芦头径粗, 采用百分之一天平测定鲜根重。按小区单收计产, 同时进行分级。分级标准为: 一等品的芦头径粗 \geq 1.0 cm, 二等品 1.0 cm $>$ 芦头径粗 \geq 0.7 cm, 三等品芦头径粗 $<$ 0.7 cm。以水分、总灰分和浸出物作为党参品质测定指标, 根据《中华人民共和国药典》(2020 版)0832 通则第二法进行水分含量测定; 根据《中华人民共和国药典》(2020 版)通则 2302 总灰分含量测定法测定总灰分含量; 根据《中华人民共和国药典》(2015 版)2201 浸出物测定法的热浸法测定浸出物含量^[8]。

1.5 数据处理

采用 Excel 2007 软件进行数据整理, 采用

DPS 16.5 软件对数据进行差异性分析, 应用新复极差法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 不同处理对党参农艺性状的影响

从表 2 可知, 党参根长以处理 T4 和处理 T5 较高, 分别为 39.4、39.6 mm, 较处理 T1(CK)分别增加 1.81%和 2.33%; 处理 T2 和处理 T3 均低于处理 T1(CK)。施生物菌肥的处理芦头径粗均高于处理 T1(CK), 较处理 T1(CK)增加 1.53%~18.24%, 其中以处理 T2 和处理 T4 较粗。施生物菌肥的处理党参侧根数均高于处理 T1(CK), 随着生物菌肥施入量逐步增加, 党参侧根数也随之增加。处理 T5 侧根数最多, 为 2.6 个, 较处理 T1(CK)增加 30%; 处理 T4、处理 T3、处理 T2 分别较 T1(CK)提高了 25%、20%、5%。施生物菌肥的处理鲜根重均高于处理 T1(CK), 其中 T4 最高, 达 51.91 g, 较 T1(CK)增加 26.52%; 处理 T2、处理 T3、处理 T5 较 T1(CK)分别提高 24.18%、16.82%、11.33%。方差分析表明, 各处理党参农艺性状根长、芦头径粗、侧根均差异不显著。鲜根重处理 T2 和处理 T4 显著高于处理 T1(CK), 与其余处理差异不显著, 处理 T3、处理 T5 和处理 T1(CK)差异不显著。综上所述, 处理 T2 和处理 T4 的党参农艺性状较好, 即施用生物菌肥科微健 15 kg/hm²+ 阵地 15 kg/hm²(替代常规施肥 10%)及科微健 45 kg/hm²+ 阵地 45 kg/hm²(替代常规施肥 30%)有利于培养

强根。

2.2 不同处理对党参等级的影响

从表 3 可知, 用生物菌肥替代化肥后, 施生物菌肥处理的一等品出成率均低于处理 T1(CK), 其中以处理 T4 较高, 为 55.36%, 各处理间均无显著差异。施生物菌肥处理的二等品出成率处理 T5 和处理 T3 高于处理 T1(CK), 分别为 37.95%、31.29%, 其余处理均低于 T1(CK), 处理 T5 与处理 T3、处理 T4、处理 T1(CK)间差异不显著, 与处理 T2 差异显著。施生物菌肥处理的三等品出成率均高于 T1(CK), 处理 T2、处理 T3、处理 T4、处理 T5 分别较处理 T1(CK)提高 12.00、26.19、8.30、7.52 个百分点, T3 与处理 T2、处理 T4、处理 T5 差异不显著, 与处理 T1(CK)差异显著($P < 0.05$)。

表 3 施用不同生物菌肥处理党参的等级出成率

处理	一等品 /%	二等品 /%	三等品 /%
T1(CK)	56.30±4.52 a	28.82±2.84 ab	14.90±2.61 b
T2	52.98±16.32 a	20.12±8.38 b	26.90±10.45 ab
T3	27.62±0.23 a	31.29±7.36 ab	41.09±7.32 a
T4	55.36±15.04 a	21.44±8.61 ab	23.20±6.48 ab
T5	39.63±9.41 a	37.95±6.96 a	22.42±3.48 ab

2.3 不同处理对党参产量的影响

由表 4 可知, 施生物菌肥处理的党参产量均高于处理 T1(CK), 随着生物菌肥替代化肥比例的

表 2 施用不同生物菌肥处理党参的农艺性状

处理	根长 /cm	芦头径粗 /mm	侧根数 ^① /个	鲜根重 /g
T1(CK)	38.7±3.34 a	11.13±0.41 a	2.0±0.29 a	41.03±4.60 b
T2	37.0±2.40 a	13.16±2.06 a	2.1±0.25 a	50.95±2.51 a
T3	37.2±2.83 a	11.30±0.38 a	2.4±0.37 a	47.93±6.26 ab
T4	39.4±1.76 a	12.25±0.97 a	2.5±0.90 a	51.91±1.02 a
T5	39.6±1.53 a	11.73±1.22 a	2.6±0.45 a	45.68±0.54 ab

①侧根为党参的一级侧根。

表 4 施用不同生物菌肥处理的党参鲜重产量

处理	小区平均产量 /(kg/32 m ²)	折合产量 /(kg/hm ²)	较CK增产 /(kg/hm ²)	增产率 /%	位次
T1(CK)	16.57±0.44	5 178.1 b B			5
T2	17.52±0.87	5 475.0 b AB	296.9	5.73	4
T3	21.65±2.58	6 765.6 a AB	1 587.5	30.66	3
T4	22.86±0.79	7 143.8 a A	1 965.7	37.96	1
T5	22.04±1.06	6 887.5 a A	1 719.4	33.01	2

增加, 党参产量呈先升后降趋势。以处理 T4 的党参产量最高, 达 7 143.8 kg/hm², 较处理 T1(CK)增产 1 965.7 kg/hm², 增产率 37.96%; 其次是处理 T5, 为 6 887.5 kg/hm², 较处理 T1(CK)增产 1 719.4 kg/hm², 增产率 33.01%; 处理 T3 排第 3, 为 6 765.6 kg/hm², 较处理 T1(CK)增产 1 587.5 kg/hm², 增产率 30.66%。对产量进行方差分析表明, 处理 T4 与处理 T5、T3 差异不显著, 与处理 T2 差异显著 ($P < 0.05$), 与处理 T1(CK)差异极显著 ($P < 0.01$); 处理 T3 与处理 T2、T1(CK)差异显著, 处理 T2 与处理 T1(CK)差异不显著。

2.4 不同处理对党参品质的影响

根据《中华人民共和国药典》2020 年版规定, 党参“水分不得超过 160 g/kg, 总灰分不得超过 50 g/kg, 浸出物不得少于 550 g/kg”。从检测结果(表 5)可知, 施生物菌肥处理的党参品质均符合药典标准。施生物菌肥处理的党参水分含量均低于处理 T1(CK), 较处理 T1(CK)降低 2.5% ~ 3.8%。总灰分含量以处理 T2、处理 T5 和处理 T1(CK)最高, 均为 36 g/kg; 其次是处理 T4, 为 34 g/kg, 较处理 T1(CK)降低 2 g/kg; 处理 T3 最低, 为 29 g/kg, 较处理 T1(CK)降低 7 g/kg。浸出物含量除处理 T3 高于处理 T1(CK)12 g/kg 外, 其余处理均低于处理 T1(CK)。总体来看, 施用生物菌肥对以水分、总灰分、浸出物为检测指标的党参品质基本无影响, 对党参其他成分的影响还有待进一步研究。

表 5 施用不同生物菌肥处理党参的品质 g/kg

处理	水分	总灰分	浸出物
T1(CK)	80	36	795
T2	78	36	786
T3	77	29	807
T4	78	34	759
T5	77	36	780

3 讨论与结论

枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)是一种在自然界中广泛存在的革兰氏阳性细菌, 具有改良土壤、提升作物产量和品质、防治病虫害的作用, 在肥料领域具有广泛应用^[12-13]。胶冻样芽孢杆菌(*Bacillus mucilaginosus*)应用于农业生产仅可以起到解钾溶磷的作用, 还易形成根系优势种^[14]。多

粘类芽孢杆菌(*Paenibacillus polymyxa*)是一种主要参与固氮溶磷、形成植物激素和抗菌物质等, 具有广谱拮抗活性, 能有效预防各种植物真菌、细菌和线虫等病害的发生, 同时促进植物生长和提高作物产量, 在农业上广泛应用的植物促生菌^[15-16]。目前, 枯草芽孢杆菌、胶冻样芽孢杆菌和多粘类芽孢杆菌在水稻、水稻、小麦、玉米等粮食作物和春茶、香菇、甜菜等经济作物上取得了良好的应用效果, 但在中药材上的应用研究不多。本试验以中药材党参为试验材料, 研究这 3 种微生物菌肥对党参产量及品质的影响。

试验结果表明, 在减少化肥施用的基础上, 施用菌肥能够促进党参生长、提高根鲜重、培育“壮根”、提高党参产量。就农艺性状而言, 整体来看党参的根长、芦头径粗、侧根数在用菌肥替代化肥施用后得到了提升, 科微健 45 kg/hm²+ 阵地 45 kg/hm² (替代常规施肥 30%)处理的党参根鲜重比常规施肥显著提高 26.52%, 科微健 15 kg/hm²+ 阵地 15 kg/hm² (替代常规施肥 10%)处理的党参根鲜重比常规施肥提高了 24.18%, 效果显著。菌肥配施无机肥对党参等级的提升并不明显。施用菌肥处理的党参产量均高于对对照常规施肥。施用科微健 45 kg/hm²+ 阵地 45 kg/hm² 的党参产量最高, 达 7 143.8 kg/hm², 较常规施肥极显著增产 37.96%; 施用科微健 60 kg/hm²+ 阵地 60 kg/hm² (替代常规施肥 40%)的党参产量位列第 2, 达 6 887.5 kg/hm², 较常规施肥极显著增产 33.01%; 施用科微健 30 kg/hm²+ 阵地 30 kg/hm² (替代常规施肥 20%)的党参产量位列第 3, 达 6 765.6 kg/hm², 较常规施肥极显著增产 30.66%。在本试验条件下, 施用菌肥处理的党参等级和品质指标的改善均不够理想。有研究表明, 菌肥发挥作用需要特定的条件, 除了适合的土壤温度和湿度外, 土壤中的有机质含量和氮含量也会影响菌肥效果^[9]。土壤中缺乏有机质, 施入生物菌肥后仅使土壤理化性质得到部分改善, 虽然提高了产量, 但不足以改善党参等级和品质。

综上所述, 施用科微健 45 kg/hm²+ 阵地 45 kg/hm² (替代常规施肥 30%)的施肥方案最有利于党参产量的提高。这是因为含有枯草芽孢杆菌、胶冻样芽孢杆菌和多粘类芽孢杆菌的菌肥施用后

在土壤中大量、快速繁殖出有益菌群，通过排斥和抑制有害病原微生物种群的建立及生长、将土壤中的无效营养元素转换为可供植物吸收的有效营养元素、改变土壤团粒结构等方式提升了耕地质量，促进了党参生长，提高了党参产量。菌肥与化肥配施改变了依靠大量投入资源和破坏生态环境的生产方式，对党参生产的安全、高效起到促进作用，保护了农田生态环境，达到了人与自然的协调发展，是党参产业可持续发展的有效措施。本试验并未对有机肥与微生物菌肥配施替代无机肥料进行探索，将作为下一步研究的方向。

参考文献:

- [1] 勾真真, 王海波, 张灵瑞. 有机肥、生物菌肥替代化肥对苹果生产的影响[J]. 河北果树, 2021, 50(3): 8-10.
- [2] 蔡伟, 张妍, 杜骏, 等. 海拔和采种期对党参种子产量及其构成因素的影响[J]. 甘肃农业科技, 2022, 53(5): 75-81.
- [3] 边芳, 宋振华. 有机活性肥在白条党参上的应用效果[J]. 甘肃农业科技, 2021, 52(1): 54-60.
- [4] 王兴政, 师立伟, 魏琴芳, 等. 甘肃省定西市黄芪化肥农药减施增效生产技术模式[J]. 中国农技推广, 2021, 37(1): 38-40.
- [5] 杨荣洲, 荆彦民, 王富胜, 等. 施氮量和密度对党参农艺性状和籽粒产量的影响[J]. 甘肃农业科技, 2021, 52(4): 11-14.
- [6] 魏琴芳, 师立伟, 王兴政. 基施4种菌肥对黄芪产量的影响[J]. 甘肃农业科技, 2020(6): 69-71.
- [7] 刘清玮, 揣腾跃, 黄曦漫. 生物菌剂在药用植物栽培中的研究进展[J]. 吉林农业, 2018(7): 70-71.
- [8] 姚衍芳, 王新亮. 微生物肥料在盐碱地改良中的应用[J]. 林业科技通讯, 2016(9): 15-17.
- [9] 赵瑛, 罗俊杰, 王方, 等. 微生物菌肥在保护地黄瓜栽培上的应用研究进展[J]. 甘肃农业科技, 2015(6): 62-65.
- [10] 李圆, 赵贵宾, 李城德, 等. 禾神元多效微生物菌肥对玉米生长发育和产量的影响[J]. 甘肃农业科技, 2022, 53(4): 75-78.
- [11] 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): 9-15.
- [12] 张雪玲, 臧春华, 郭汝悦, 等. 生物菌肥对连作障碍三七根际和根茎内细菌群落的影响[J]. 河南农业科学, 2021, 50(12): 78-91.
- [13] 邱月. 枯草芽孢杆菌在现代农业中的应用[J]. 园艺与种苗, 2022, 42(7): 81-85.
- [14] 王潇敏, 李恋卿, 潘根兴, 等. 胶冻样芽孢杆菌与生物质炭复配及对番茄产量和品质的影响[J]. 土壤, 2016, 48(3): 479-485.
- [15] 胡琼, 任国平. 多粘类芽孢杆菌在植物生产中的应用及作用机制[J]. 北方园艺, 2020(24): 137-144.
- [16] 王分分, 徐哲, 刘浩, 等. 多粘类芽孢杆菌农用菌肥的制备及应用研究[J]. 环境科学与技术, 2020, 43(10): 132-139.