

腐植酸复合肥对地黄产量和品质的影响初探

邹庆圆 刘会丽 何焯杰 杨进昌

拉多美科技集团股份有限公司 广州 511453

摘 要: 通过田间试验, 研究不同施肥处理对地黄农艺性状、产量、品质和经济效益的影响。结果表明, 与未施肥处理 (T3) 相比, 施肥处理均能显著促进地黄生长, 提高地黄产量, 改善品质。在同等氮磷钾施用量的条件下, 施用腐植酸复合肥的处理 (T1) 显著优于施用普通复合肥处理 (T2), 可显著提高地黄的单株叶片数、单株块根数、块根长度、块根直径和单株块根鲜重, 较 T2 处理分别增长 10.63%、8.99%、10.79%、12.64% 和 10.78%; 产量较 T2 处理提高 11.34%; 显著提高品质性状, 地黄块根总灰分含量降低 2.30%, 浸出物、梓醇含量和地黄苷含量分别较 T2 处理提升 5.50%、12.12% 和 11.02%; 且 T1 处理经济效益显著, 亩纯收入较 T2 处理增加 1977.01 元, 产投比为 2.50 : 1。

关键词: 腐植酸复合肥; 地黄; 产量; 品质; 经济效益

中图分类号: TQ444.6, R282

文章编号: 1671-9212(2025)06-0082-05

文献标识码: A

DOI: 10.19451/j.cnki.issn1671-9212.2025.06.009

Preliminary Study on the Effects of Humic Acid Compound Fertilizer on the Yield and Quality of *Rehmannia Glutinosa*

Zou Qingyuan, Liu Huili, He Zhuojie, Yang Jinchang

Lardmee Technology Group Co. Ltd., Guangzhou, 511453

Abstract: Field experiments were conducted to study the effects of different fertilization treatments on the agronomic traits, yield, quality and economic benefits of *Rehmannia glutinosa*. The results showed that, compared to the unfertilized treatment (T3), fertilization treatments promoted significantly the growth of *R. glutinosa*, increased its yield and improved its quality. Under the same nitrogen, phosphorus and potassium application rates, the treatment with humic acid compound fertilizer (T1) was significantly superior to the treatment with ordinary compound fertilizer (T2). It increased significantly the number of leaves per plant, the number of tubers per plant, the length of tubers, the diameter of tubers and the fresh weight of tubers per plant in *R. glutinosa*, by 10.63%, 8.99%, 10.79%, 12.64% and 10.78%, respectively, compared with the treatment T2. The yield was increased by 11.34% compared with the treatment T2. It also improved significantly quality traits, with the total ash content of *R. glutinosa* tubers decreasing by 2.30%, and the content of extract, catalpol and rehmanniosides increasing by 5.50%, 12.12% and 11.02%, respectively, compared with the treatment T2. Moreover, the treatment T1 had significant economic benefits, with the net income per mu increasing by 1977.01 yuan compared with the treatment T2, and the output-input ratio was 2.50 : 1.

Key words: humic acid compound fertilizer; *R. glutinosa*; yield; quality; economic benefits

[收稿日期] 2024-12-17

[作者简介] 邹庆圆, 男, 1986 年生, 农艺师 / 项目负责人, 主要从事肥料产品研发及试验推广工作, E-mail: zqy200505882@163.com。



地黄 (*Rehmannia glutinosa* Libosch) 为玄参科地黄属多年生草本植物, 其新鲜或干燥块根属大宗常用中药材^[1]。山西省是中药材资源大省^[2], 运城、临汾等地为地黄主产区, 每年种植面积 3300 ~ 6700 hm²^[3], 地黄产业已成为当地农业经济的重要支柱。研究表明, 腐植酸、腐植酸肥料在提高丹参、白术、黄芪等药材产量和品质方面效果显著^[4~7], 但在地黄栽培中的应用研究较少。基于此, 本试验通过设置腐植酸复合肥与普通复合肥对比试验, 研究不同施肥处理对地黄生长、产量及品质的影响, 以期为地黄科学施肥技术体系构建提供理论依据和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验时间与地点

试验于 2024 年 3 月—11 月在山西省临汾市襄汾县地黄种植基地进行。试验地地势平坦, 排灌方

便, 肥力均匀。供试土壤基本理化性状见表 1。

1.2 试验材料

供试肥料: 腐植酸复合肥 (N+P₂O₅+K₂O=17-17-17, 总腐植酸含量 ≥2%)、普通复合肥 (N+P₂O₅+K₂O=17-17-17), 以上肥料均由拉多美科技集团股份有限公司生产。

供试作物: 地黄, 品种为“北京 3 号”。

1.3 试验设计

试验采用随机区组设计, 共设 3 个处理, 每个处理 3 次重复。分别为: 处理 1 (T1), 施用腐植酸复合肥; 处理 2 (T2), 施用普通复合肥 (不含腐植酸); 处理 3 (T3), 不施肥, 空白对照。小区面积 108 m², 耕深 30 cm, 株距为 20 cm, 行距为 25 cm, 小区四周设置保护行, 除施肥种类不同外, 其他田间农艺措施一致。

施肥方法遵循当地农事操作习惯, 按照不同施肥处理的肥料进行施用, 一次性基施, 施肥量 (实物量) 为 80 kg/667 m²; 后续不再追肥。

表 1 供试土壤基本理化性状

Tab.1 The physical and chemical properties of the tested soil

类型	耕层深度 (cm)	质地	有机质 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	pH
含量	0 ~ 30	壤土	24.1	31.3	15.2	98.1	7.9

1.4 测试项目与方法

农艺性状: 9 月初 (块茎膨大期) 调查地黄地上部农艺性状, 每小区随机抽取 10 株地黄, 测定单株叶片数、茎粗、叶长、叶宽、叶绿素相对含量 (SPAD 值)。茎粗测定莲座叶基部直径, 叶长测定植株顶部第 3 枚叶片的叶尖至叶基部的长度, 叶宽测定植株顶部第 3 片叶片中部最宽处的宽度, 均使用游标卡尺测量; SPAD 值使用手持叶绿素仪测定; 取 10 株平均值作为小区测定值。

产量及构成指标测定: 地黄成熟收获时每小区随机抽取 15 株地黄, 测量单株块根数、块根长度、块根直径、单株鲜重, 均取 15 株平均值。单株块根数为每株地黄显著膨大的块根总数; 块根长度为所有块根膨大部位长度, 使用游标卡尺测量; 块根直径为所有块根膨大部位最大直径, 使用游标卡尺

测量。以小区实收面积折算亩 (667 m²) 产量。

品质测定: 每个小区选取 10 个块根, 将样品切成小块置于 60 °C 烘箱中烘干, 粉碎至 80 目待用。参照《中华人民共和国药典》2020 版^[1]规定的方法, 测定生地黄的总灰分、浸出物, 委托具有相关资质的机构采用高效液相色谱法进行梓醇和地黄苷含量测定。

经济效益: 根据各处理地黄块根大小分级统计, 计算小区产值; 成本构成包括肥料成本、其他成本 (种苗、人工、灌溉等)。经济效益计算公式: 亩纯收入 = 亩产值 - 总成本; 产投比 = 亩产值 / 总成本。

1.5 数据处理与分析

采用 Excel 2020 进行数据处理, 采用 SPSS 27 进行数据分析, 采用 LSD 法进行差异显著性分析。



2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对地黄农艺性状的影响

由表 2 可知, 与空白对照 (T3) 相比, 两个施肥处理 (T1、T2) 均能显著提高地黄的农艺性状; 与普通复合肥处理 (T2) 相比, 腐植酸复合肥处

理 (T1) 对于地黄的单株叶片数、茎粗、SPAD 值、叶长、叶宽均有促进作用; 其中单株叶片数增长 2.70 片, 增长率达 10.63%, 差异达到显著水平, 其余指标差异不显著。更多的功能叶可增强光合作用面积, 为块根膨大提供充足的光合产物, 这是腐植酸复合肥促进地黄生长的重要机制之一。

表 2 不同施肥处理对地黄块茎膨大期农艺性状的影响

Tab.2 Effects of different fertilization treatments on agronomic characteristics of *R. glutinosa* tuber during expansion period

处理	单株叶片数 (片/株)	茎粗 (cm)	SPAD 值	叶长 (cm)	叶宽 (cm)
T1	28.10 ± 0.46a	1.46 ± 0.02a	43.20 ± 1.17a	26.63 ± 0.29a	8.56 ± 0.15a
T2	25.40 ± 0.67b	1.41 ± 0.03a	41.20 ± 0.42a	25.68 ± 0.31a	8.32 ± 0.16a
T3	18.54 ± 0.59c	1.10 ± 0.07b	32.10 ± 0.35b	22.56 ± 0.82b	6.98 ± 0.11b

注: 表中数据为平均值 ± 标准差, 同列不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 下同。

2.2 不同施肥处理对地黄产量及其构成因素的影响

由表 3 可知, 与 T3 处理相比, 两个施肥处理均能显著提高地黄各项产量构成指标。与 T2 处理相比, T1 处理提高效果更为突出, 其中单株块根数增加 0.59 个, 块根长度增长 1.50 cm, 块根直径

增粗 0.34 cm, 单株块根鲜重提高 38.8 g, 对应指标增长率分别为 8.99%、10.79%、12.64%、10.78%。表明腐植酸复合肥可同步促进地黄块根的数量增殖与个体发育, 这与腐植酸改良根系微生态环境、强化根系对土壤养分的吸收与转运能力密切相关。

表 3 不同施肥处理对地黄产量构成因素的影响

Tab.3 Effects of different fertilization treatments on yield components of *R. glutinosa*

处理	单株块根数 (个)	块根长度 (cm)	块根直径 (cm)	单株块根鲜重 (g)
T1	7.15 ± 0.08a	15.40 ± 0.29a	3.03 ± 0.06a	398.60 ± 2.67a
T2	6.56 ± 0.12b	13.90 ± 0.22b	2.69 ± 0.05b	359.80 ± 5.52b
T3	4.36 ± 0.09c	9.86 ± 0.13c	1.87 ± 0.04c	251.30 ± 4.57c

由表 4 测产结果可知, 3 个处理间地黄产量差异均达显著水平。与 T3 处理相比, T1、T2 处理亩增产分别达 1133.52 kg、731.46 kg, 增产率分别为 40.26%、25.98%; 与 T2 处理相比, T1 处理亩

产量增加 402.06 kg, 增产率为 11.34%。说明科学施肥能够提高地黄产量, 而腐植酸复合肥通过协同优化地黄产量构成因素, 增产效果显著优于普通复合肥。

表 4 不同施肥处理对地黄产量的影响

Tab.4 Effects of different fertilization treatments on yield of *R. glutinosa*

处理	小区产量 (kg/108 m ²)				折合亩产量 (kg/667 m ²)
	I	II	III	平均	
T1	647.90	632.10	638.20	639.40 ± 4.60a	3948.89a
T2	564.60	581.20	577.10	574.30 ± 4.99b	3546.83b
T3	442.30	463.10	456.30	453.90 ± 6.12c	2815.37c



2.3 不同施肥处理对地黄品质的影响

总灰分反映药材质地和洁净度,药材质地致密、干净,总灰分含量较低,反之就比较高。根据《中华人民共和国药典》2020 版^[1]规定,生地黄总灰分不得超过 8.0%。由表 5 可知,3 个处理的总灰分都符合要求,且 3 个处理间总灰分差异显著,大小依次为 T3 > T2 > T1,以 T1 处理总灰分含量最低;较 T2 处理总灰分含量降低 1.29%,降低率为 22.99%;较 T3 处理总灰分含量降低 2.53%,降低率为 36.93%。说明腐植酸复合肥可促进地黄块根组织致密化,减少杂质积累。

浸出物含量体现药材水溶性成分总量,是评价中药材质量优劣的指标之一。根据《中华人民共和国药典》2020 版^[1]规定,生地黄的浸出物含量不低于 65.0%。参照此标准,3 个处理的浸出物都符合要求,且 3 个处理间浸出物含量差异显著,大小

依次为 T1 > T2 > T3,以 T1 处理更优;与 T2 处理相比,T1 处理浸出物含量提高了 3.88%,增长率为 5.50%。

梓醇和地黄苷含量是发挥药理作用的关键活性成分,是品质评价的重要指标。根据《中华人民共和国药典》2020 版^[1]规定,生地黄梓醇含量不得低于 0.20%,地黄苷含量不得低于 0.10%。对于梓醇含量,3 个处理间差异显著,大小依次为 T1 > T2 > T3,三者之间差异显著,其中 T1 处理的梓醇较 T2 处理提高了 0.16%,增长率为 12.12%。对于地黄苷含量,大小依次为 T1 > T2 > T3,T1 处理较 T2 处理提高了 0.013%,增长率为 11.02%,但二者差异不显著;T1 与 T3 处理间差异达显著水平。说明腐植酸可能通过调控地黄次生代谢途径相关酶活性,促进活性成分生物合成,从而实现品质提升。

表 5 不同施肥处理对地黄品质的影响

Tab.5 Effects of different fertilization treatments on quality of *R. glutinosa*

处理	总灰分	浸出物	梓醇	地黄苷	%
T1	4.32 ± 0.06c	74.42 ± 0.68a	1.48 ± 0.03a	0.131 ± 0.005a	
T2	5.61 ± 0.14b	70.54 ± 0.41b	1.32 ± 0.05b	0.118 ± 0.004ab	
T3	6.85 ± 0.11a	66.80 ± 1.57c	1.02 ± 0.04c	0.112 ± 0.005b	

2.4 不同施肥处理对地黄经济效益的影响

不同施肥处理对地黄经济效益的影响见表 6。按照 2024 年当地地黄一等果收购价 2.8 元/kg、二等果收购价格 2.56 元/kg 计算产值。T1 处理品质符合一等果标准,按照一等果收购价格核算;T2、T3 处理品质符合二等果标准,按照二等果收购价格核算。与 T3 处理相比,T1、T2 处理亩纯

收入分别增加 3849.54、1872.53 元;与 T2 处理相比,T1 处理亩纯收入增加 1977.01 元。

从投入产出效率来看,产投比呈现 T1 > T2 > T3,其中,T1 处理产投比最高,达 2.50 : 1,表明在地黄栽培中施用腐植酸复合肥可通过“增产+提质”的双重效应提升综合经济效益,较普通复合肥经济效益更优。

表 6 不同施肥处理对地黄经济效益的影响

Tab.6 Effects of different fertilization treatments on economic benefits of *R. glutinosa*

处理	产量 (kg/667 m ²)	产值 (元/667 m ²)	较 T3 增加产值 (元/667 m ²)	较 T2 增加产值 (元/667 m ²)	肥料成本 (元/667 m ²)	其他成本 (元/667 m ²)	产投比
T1	3948.89	11056.89	3849.54	1977.01	430.00	4000.00	2.50 : 1
T2	3546.83	9079.90	1872.53	—	380.00	4000.00	2.07 : 1
T3	2815.37	7207.35	—	—	0	4000.00	1.80 : 1

3 讨论

腐植酸作为土壤有机质的核心组分, 其对作物生长的调控效应已在多种药用植物中得到证实。已有研究证明, 腐植酸通过叶面喷施或根施等方式对淫羊藿、半夏、潞党参生长性状具有良好的促进作用, 能够不同程度地提高药材产量、改善药材品质^[8~10], 这与本试验腐植酸对地黄促进效果的研究结果具有一致性。

李建军等^[11]研究表明, 地黄单株块根鲜重越高, 块根中梓醇的含量也越高。本研究结果表明, 腐植酸复合肥处理地黄块根鲜重最高, 梓醇含量也最高。地黄忌连作, 且连作障碍原因复杂^[12], 本试验虽未直接测定土壤微生态指标, 但腐植酸复合肥处理的显著优势可能与其在缓解药材连作障碍方面有显著效果^[3~5]有关。

本研究仅探索了单一施用腐植酸复合肥与普通复合肥处理对地黄产量和品质的影响, 未明确腐植酸最佳施用浓度与时期, 未系统研究腐植酸对地黄次生代谢途径的调控机制以及腐植酸缓解地黄连作障碍研究。后续需从这些方向继续深入研究, 为构建地黄优质高产栽培体系提供更全面的理论支撑。

4 结论

在本试验条件下: 与普通复合肥(T2)相比, 施用腐植酸复合肥(T1)能够促进地黄的生长, 显著提高地黄的单株叶片数, 单株叶片数增长 2.7 片, 增长率达 10.63%; 施用腐植酸复合肥能显著提高地黄产量构成因素, 单株块根数增长率 8.99%、块根长度增长率 10.79%、块根直径增长率 12.64%、单株块根鲜重增长率达 10.78%, 亩产量增加 11.34%; 施用腐植酸复合肥能显著提高地黄的品质性状, 生地黄总灰分降低 2.30%, 浸出物、梓醇、地黄苷含量分别增加 5.50%、12.12%、11.02%; 施用腐植酸复合肥能显著提高经济效益, 亩纯收入增加 1977.01 元, 产投比达到 2.50 : 1。

综上所述, 在地黄栽培中施用腐植酸复合肥可通过促进生长发育、优化产量构成、提升活性成分

积累实现“优质、高产、高效”的综合目标, 可作为地黄优质栽培的优选施肥方案推广应用。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 周延清, 姚焕灵, 周春娥, 等. 地黄育种研究进展 [J]. 广西植物, 2010, 30 (3): 373 ~ 376.
- [3] 许爱玲, 席天元, 解红娥, 等. 不同地黄种质在山西南部的生物学性状及适应性评价 [J]. 山西农业科学, 2020, 48 (5): 730 ~ 733.
- [4] 刘瑞浩. 腐植酸肥、微生物菌肥和土壤调理剂对连作丹参产量和品质的影响 [D]. 山东农业大学硕士学位论文, 2022.
- [5] 王凤娇. 腐植酸、枯草芽孢杆菌和过氧化钙对丹参连作田土壤肥力及幼苗生长的影响 [D]. 山东农业大学硕士学位论文, 2021.
- [6] 唐乐, 曹国璠, 李金玲, 等. 土壤改良剂对连作白术质量、病害及土壤酶活性的影响 [J]. 河南农业科学, 2020, 49 (3): 54 ~ 62.
- [7] 郭岩, 盛晋华, 张雄杰, 等. 腐植酸水溶肥对蒙古黄芩根系生长及产量质量的影响 [J]. 北方农业学报, 2019, 47 (3): 85 ~ 90.
- [8] 张韶珂, 侯杨威, 张岩岩, 等. 不同复配基肥对箭叶淫羊藿质量的影响 [J]. 北方园艺, 2023 (15): 107 ~ 114.
- [9] 王乾, 王康才, 崔志伟, 等. 腐植酸对高温胁迫下掌叶半夏生长生理特性及块茎次生代谢的影响 [J]. 西北植物学报, 2013, 33 (9): 1845 ~ 1850.
- [10] 程泽京, 王爱红, 郭常莲, 等. 腐植酸型营养剂对潞党产量与品质的影响 [J]. 山西农业科学, 2023, 51 (7): 771 ~ 776.
- [11] 李建军, 孙华, 王太霞, 等. 怀地黄不同品种根部特征和有效成分含量比较 [J]. 河南师范大学学报 (自然科学版), 2007, 35 (3): 140 ~ 142.
- [12] 田云鹤, 王丰青, 李明杰, 等. 不同地黄种质连作障碍效应分析 [J]. 河南农业科学, 2015, 44 (8): 98 ~ 103.