

王鑫源,董诚明,李 曼,等. 不同菌肥种类和施用量对连作地黄产量及品质的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(21):171-176.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.21.030

# 不同菌肥种类和施用量对连作地黄产量及品质的影响

王鑫源,董诚明,李 曼,齐大明

(河南中医药大学,河南郑州 450000)

**摘要:**为探明不同菌肥对地黄连作障碍的作用,设计不同菌肥、不同施用量对地黄产量以及浸出物、梓醇、毛蕊花糖苷、地黄苷 A、地黄苷 D 和益母草苷含量的影响,并采用多指标综合加权评分法优选最佳菌肥种类及施肥量。结果表明,处理 NF-3(农大肥业菌肥 180 g/m<sup>2</sup>)提高连作地黄产量的效果最佳;处理 JH-3(聚核辛士力 180 g/m<sup>2</sup>)提高连作地黄品质的效果最佳。说明施用复合生物菌肥能有效提高连作地黄产量与品质。

**关键词:**菌肥;地黄;连作;产量;品质

**中图分类号:** S567.23+9.06 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)21-0171-06

地黄为玄参科植物地黄(*Rehmannia glutinosa* Libosch.)的新鲜或干燥块根<sup>[1]</sup>,属大宗常用中药材,在我国河南、山东、山西等地有大规模种植,以河南武陟、温县等地所产较佳<sup>[2-3]</sup>。连作障碍是地黄种植过程中的常见问题。目前有关施用菌肥缓解连作障碍的研究,大都是关于单一菌肥的影响效果<sup>[4-5]</sup>,并未有系统地比较施用不同菌肥对连作种

植的影响。为此,本试验探究不同菌肥在不同施肥水平下对连作地黄产量及品质的影响,以期筛选出适宜的菌肥品种及施用量,为缓解地黄连作障碍提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验材料来源于河南省武陟县地黄规范化种植基地,经河南中医药大学董诚明教授鉴定为地黄,品种为金九。2018 年 4 月种植于河南省武陟县驾部连作 2 年地黄试验田。

### 1.2 试验设计

试验在河南省武陟县驾部科研试验田进行。

收稿日期:2019-12-20

基金项目:河南省重大科技专项(编号:171100310500)。

作者简介:王鑫源(1998—),男,河南郑州人,硕士研究生,主要从事中药资源与栽培技术研究。E-mail:wxinyuan8823@163.com。

通信作者:董诚明,教授,主要从事中药材规范化种植技术研究。E-mail:dcm371@sohu.com。

调研[J]. 中国农业大学学报,2018,23(6):187-196.

[7]高学芹. 寿光市气候变化对当地农业生产的影响浅析[J]. 安徽农业科学,2015,43(6):224-226.

[8]张 瑜. 相约蔬菜之乡 共享“三农”盛宴——第十六届中国(寿光)国际蔬菜科技博览会开幕[J]. 农业工程技术(温室园艺),2015(13):18-20.

[9]李光聚,刘天英,李秀欣,等. 寿光日光温室的发展历程及创新点[J]. 中国蔬菜,2019(10):14-18.

[10]马修文. 乡村振兴战略的哲学思考——“诸城模式”“潍坊模式”“寿光模式”与乡村振兴理论研讨会综述[J]. 哲学动态,2019(4):124-127.

[11]乔玉辉,吴文良,李花粉,等. 华北高产粮区基于环境保护的农产品安全生产服务体系现状及改进建议——以山东桓台县为例[J]. 中国农业资源与区划,2017,38(1):1-6.

[12]王立平,郑国栋,王 辉,等. 桓台县农业灌溉水资源优化分配研究[J]. 中国农村水利水电,2004(2):37-39.

[13]徐秋桐,孔樟良,章明奎. 不同有机废弃物改良新复垦耕地的综合效果评价[J]. 应用生态学报,2016,27(2):567-576.

[14]周新伟,常志州,沈明星,等. 不同腐熟度鸡粪在蔬菜上施用的农学效应研究[J]. 上海农业学报,2014,30(3):10-15.

[15]房孝钰. 冬季蔬菜种植有高招[J]. 农家参谋,2016(2):52.

[16]李大伟,周加顺,潘根兴,等. 生物质炭基肥施用对蔬菜产量和品质以及氮素农学利用率的影响[J]. 南京农业大学学报,2016,39(3):433-440.

[17]寿光统计局. 寿光统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,2019.

[18]王学真,郭香峰,高峰. 寿光蔬菜产业发展对相关产业的影响[J]. 农业经济问题,2007(3):91-95,112.

[19]李俊良,崔德杰,孟祥霞,等. 山东寿光保护地蔬菜施肥现状及问题的研究[J]. 土壤通报,2002(2):126-128.

[20]杨 丽. 农村内源式与外源式发展的路径比较与评价——以山东三个城市为例[J]. 上海经济研究,2009(7):25-33.

[21]李玉伦,张焕刚. 诸城耕地[M]. 济南:山东科学技术出版社,2012:11.

[22]新 华. 四色韭黄擎起脱贫致富特色经济[J]. 农村新技术,2018(1):46.

以菌肥种类(表 1)、施肥量为考察因素,根据菌肥使用说明给出施用量范围,设计高、中、低共 3 个施肥水平。以不施用菌肥连作地黄小区为对照(CK);以不施菌肥正茬地黄小区为对照(ZC),具体试验设计见表 2。分别在 6 月 20 日、7 月 20 日、8 月 20 日各施肥 1 次,每个处理 3 次重复,其他管理措施同大田常规管理。

表 1 地黄试验田施用的菌肥种类

编号	菌肥名称	生产厂家	主要菌种	类型
1	重茬克星(CX)	宝丰万隆肥业有限公司	枯草芽孢杆菌	微生物菌剂
2	哈茨木霉菌(HM)	美国拜沃股份有限公司	哈茨木霉菌	微生物菌剂
3	聚核辛士力(JH)	重庆市永川区美福农化肥销售有限公司	复合菌群	复合生物菌肥
4	枯草芽孢杆菌(KC)	河北冠龙农化有限公司	枯草芽孢杆菌	微生物菌剂
5	农大肥业菌肥(NF)	山东农大肥业科技有限公司	复合菌群	复合生物菌肥
6	维格施(VG)	湖北中化东方肥料有限公司	复合菌群	复合生物菌肥
7	多菌多(ZD)	宗源生态肥业有限公司	复合菌群	生物有机肥

表 2 地黄试验田施肥试验设计

处理	菌肥名称	施用量 (g/m <sup>2</sup> )	处理	菌肥名称	施用量 (g/m <sup>2</sup> )
CX-1	重茬克星	0.075	NF-1	农大肥业菌肥	120
CX-2	重茬克星	0.120	NF-2	农大肥业菌肥	150
CX-3	重茬克星	0.150	NF-3	农大肥业菌肥	180
HM-1	哈茨木霉菌	2.5	VG-1	维格施	120
HM-2	哈茨木霉菌	3.0	VG-2	维格施	150
HM-3	哈茨木霉菌	3.5	VG-3	维格施	180
JH-1	聚核辛士力	120	ZD-1	多菌多	120
JH-2	聚核辛士力	150	ZD-2	多菌多	150
JH-3	聚核辛士力	180	ZD-3	多菌多	180
KC-1	枯草芽孢杆菌	0.45	CK		
KC-2	枯草芽孢杆菌	0.53	ZC		
KC-3	枯草芽孢杆菌	0.60			

1.3 测定方法

1.3.1 产量测定 于 2018 年 11 月 26 日采收地黄,对各个试验处理小区的地黄块根进行称质量,以鲜质量为记录数据。

1.3.2 浸出物含量的测定 依据 2015 版《中国药典》中地黄的方法测定水溶性浸出物含量。

1.3.3 梓醇、地黄苷 A 等指标含量的测定

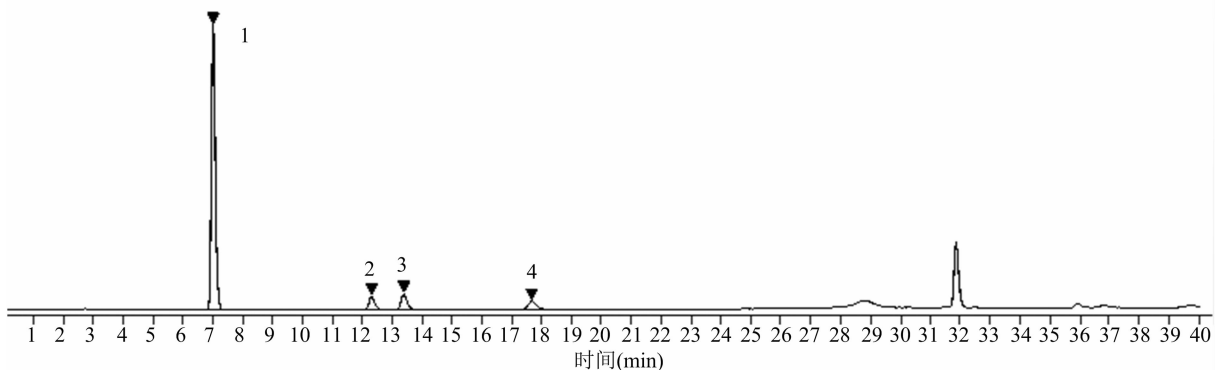
1.3.3.1 仪器与试剂 仪器:M8431AA 型 Agilent 型高效液相色谱仪(美国 Agilent 公司);FA2204N 型电子天平(上海民桥精密科学仪器有限公司);SIMPLICITY 超纯水系统(郑州中谱仪器设备有限公司);KQ-500DV 型数控超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司)。试剂:梓醇、毛蕊花糖苷标准品(中国食品药品检定研究院);地黄苷 D(批号为 wkq19011809)、益母草苷标准品(批号为 wkq19012206)(四川维克奇生物科技有限公司,含有

量>98%);地黄苷 A 标准品(批号为 DST181019-106,成都德思特生物科技有限公司,含有量>98%);乙腈、磷酸均为色谱纯(美国 Thermo Fisher 公司);其他试剂均为分析纯。

1.3.3.2 方法 (1)色谱条件。ZORBAX SB-C<sub>18</sub> 色谱柱(250 mm×4.6 mm,5 μm);流动相乙腈(A)-水(B,含 0.2% 磷酸),梯度洗脱(0~5 min,1.3%~1.5% A;5~6 min,1.5%~3% A;6~14 min,3% A;14~15 min,3%~4% A;15~20 min,4% A;20~25 min,4%~20% A;25~40 min,20% A);柱温 35℃;体积流量为 1 mL/min;检测波长:0~20 min,203 nm;21~35 min,334 nm;进样量 20 μL。色谱图见图 1、图 2、图 3 和图 4。(2)对照品溶液制备。精确称取梓醇、地黄苷 D、地黄苷 A、益母草苷、毛蕊花糖苷对照品各 1 mg,置于 5 mL 量瓶中,超纯水溶解定容至刻度,即得质量浓度分别为 0.2 mg/mL 的混

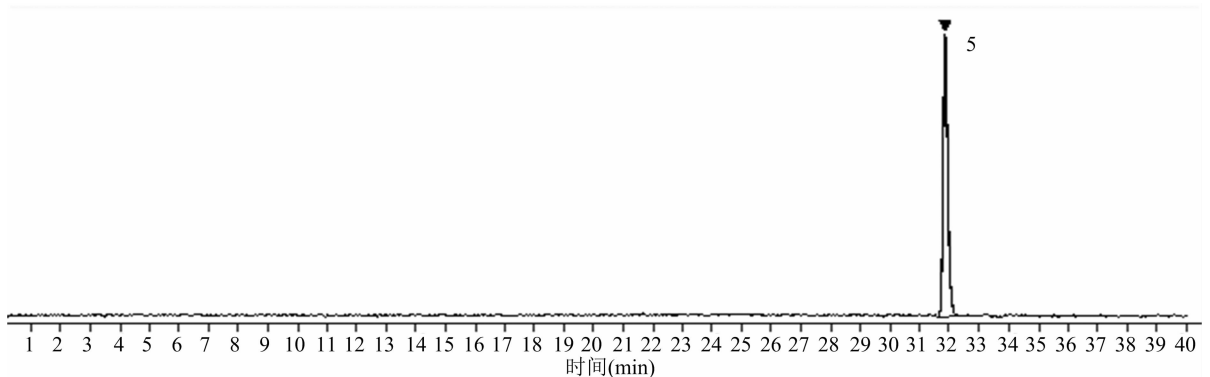
合对照品溶液。(3)供试品溶液制备。精确称取地黄样品粉末 0.8 g, 置具塞锥形瓶中, 精确加入 50 mL 甲醇, 称质量, 超声提取 1 h, 冷却至室温, 用甲醇补足减失的质量, 摇匀, 过滤, 精确量取续滤液 20 mL, 浓缩近干, 将残余物溶于超纯水中, 转移至 10 mL 容量瓶中, 超纯水定容至刻度线, 0.22  $\mu\text{L}$  微孔滤膜过滤, 即得。(4)线性范围考察。精确称取梓醇、地黄苷 D、地黄苷 A、益母草苷、毛蕊花糖苷对照品适量, 按上述对照品溶液制备方法配制成 2 400、200、300、200、300  $\mu\text{g/mL}$  的混标溶液, 记为溶液 1, 依次稀释 1.25、2、4、10、20、40 倍, 记为混标溶液 2、溶液 3、溶液 4、溶液 5、溶液 6、溶液 7, 在色谱条件下进行。以质量浓度为横坐标( $x$ ), 峰面积为纵坐标( $y$ )进行回归, 结果见表 3, 可知各成分在各自范围内线性关系良好。(5)精密度试验。精确吸取对照品溶液 20  $\mu\text{L}$ , 连续进样 6 次, 测得梓醇、地黄苷 A、地黄苷 D、益母草苷、毛蕊花糖苷峰面积相对标准差( $RSD$ )分别为 0.62%、1.75%、1.46%、1.74%、0.20%, 表明仪器精密度良好。(6)重复性试验。取同一批样品 6 份, 每份约 0.8 g, 按上述对照品溶液制备方法制备供试品溶液, 过滤, 精确吸

取 20  $\mu\text{L}$  测定, 测得梓醇、地黄苷 A、地黄苷 D、益母草苷、毛蕊花糖苷含有量  $RSD$  分别为 1.88%、1.27%、1.49%、0.68%、1.73%。表示该方法重复性良好。(7)稳定性试验。精确吸取同一供试品溶液, 于 0、2、4、6、8、10、12、14、16、18、20、24 h 测定峰面积, 测得梓醇、地黄苷 A、地黄苷 D、益母草苷、毛蕊花糖苷  $RSD$  分别为 1.47%、0.31%、1.31%、1.61%、0.88%, 这表明供试品溶液在 24 h 内稳定性良好。(8)加样回收率试验。精确称取 6 份含量已知的样品, 每份 0.2 g, 加入梓醇、地黄苷 D、地黄苷 A、益母草苷、毛蕊花糖苷对照品 6.51、0.12、0.37、0.72、0.32 mg。按上述供试品溶液制备方法制备供试品溶液(所有试剂的一半)。在色谱条件下测定, 计算回收率。结果梓醇、地黄苷 D、地黄苷 A、益母草苷、毛蕊花糖苷加样回收率分别为 101.78%、96.14%、97.69%、102.57%,  $RSD$  分别为 0.96%、1.23%、1.35%、0.58%、1.03%。(9)样品含有量测定。取不同处理样品, 按上述对照品溶液制备方法制备供试品溶液, 过滤, 精确吸取 20  $\mu\text{L}$ , 在色谱条件下测定, 计算含量, 结果见表 5。



1—梓醇; 2—地黄苷 D; 3—地黄苷 A; 4—益母草苷。图 3 同

图 1 检测波长 203 nm 下混标的 HPLC 色谱图



5—毛蕊花糖苷。图 4 同

图 2 检测波长 334 nm 下毛蕊花糖苷 HPLC 色谱图

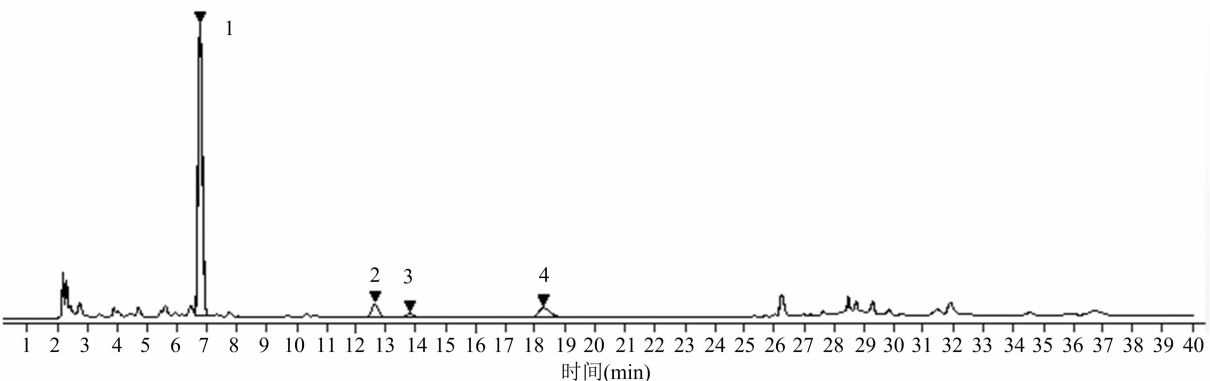


图3 检测波长 203 nm 下样品 HPLC 色谱图

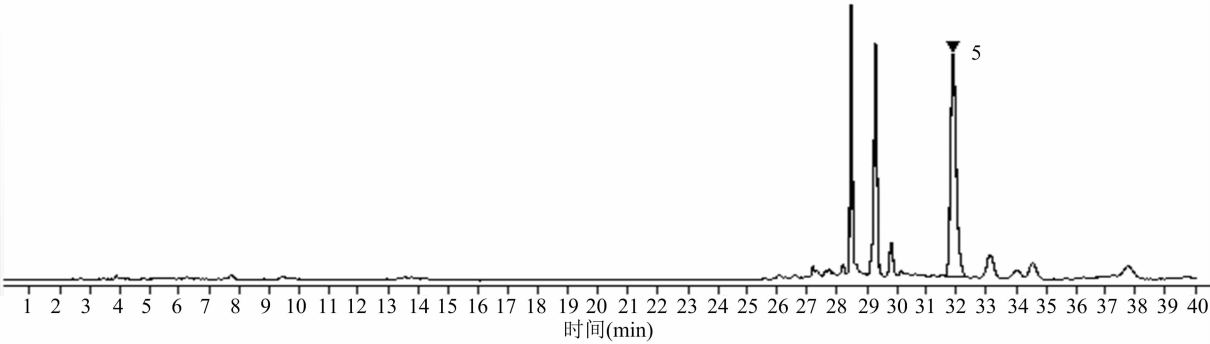


图4 检测波长 334 nm 下样品毛蕊花糖苷 HPLC 色谱图

表 3 地黄中各化合物的回归方程结果

化合物	回归方程	$r^2$	线性范围 ( $\mu\text{g/mL}$ )
梓醇	$y = 13.571\ 2x + 122.509\ 0$	0.999 7	60 ~ 1 920
地黄苷 D	$y = 11.907\ 9x + 3.945\ 0$	0.999 9	5 ~ 160
地黄苷 A	$y = 14.874\ 4x + 3.634\ 1$	0.999 9	7.5 ~ 240.0
益母草苷	$y = 10.204\ 1x + 1.454\ 9$	0.999 9	5 ~ 160
毛蕊花糖苷	$y = 10.797\ 3x + 5.148\ 4$	0.999 9	7.5 ~ 240.0

表 4 不同菌肥处理对地黄产量的影响

处理	产量 ( $\text{kg}/667\ \text{m}^2$ )	处理	产量 ( $\text{kg}/667\ \text{m}^2$ )
CX - 1	873.190 ± 5.119i	NF - 1	1 166.665 ± 10.246efg
CX - 2	713.770 ± 15.373j	NF - 2	1 188.405 ± 10.246efg
CX - 3	1 235.510 ± 15.373e	NF - 3	1 721.015 ± 25.619b
HM - 1	985.505 ± 10.246hi	VG - 1	974.635 ± 25.619hi
HM - 2	949.275 ± 20.499hi	VG - 2	1 213.765 ± 25.619ef
HM - 3	1 413.045 ± 10.246c	VG - 3	1 369.565 ± 10.246cd
JH - 1	1 260.870 ± 10.253de	ZD - 1	1 402.175 ± 35.872c
JH - 2	1 445.655 ± 5.127c	ZD - 2	1 090.580 ± 15.373fgh
JH - 3	1 068.845 ± 25.619gh	ZD - 3	963.770 ± 20.492hi
KC - 1	996.375 ± 25.619hi	CK	971.015 ± 40.991hi
KC - 2	1 188.405 ± 10.246efg	ZC	2 526.750 ± 271.883a
KC - 3	1 380.435 ± 5.127cd		

注:同列数据后不同小写字母表示差异达到显著水平( $P < 0.05$ )。下同。

表 5 不同菌肥处理对地黄相关成分含量的影响

处理	地黄中相关成分含量(%)					
	浸出物	梓醇	毛蕊花糖苷	益母草苷	地黄苷 A	地黄苷 D
WCX-1	86.160±0.679 <sup>bcdef</sup>	5.280 8±0.177 1 <sup>defg</sup>	0.006 6±0.000 1 <sup>h</sup>	0.040 0±0.000 9 <sup>bcd</sup>	0.014 6±0.003 5 <sup>bcdefg</sup>	0.022 1±0.000 3 <sup>ab</sup>
CX-2	86.355±1.365 <sup>bcde</sup>	5.104 7±0.107 6 <sup>fg</sup>	0.006 1±0.000 1 <sup>h</sup>	0.034 9±0.001 1 <sup>fghi</sup>	0.010 7±0.000 3 <sup>g</sup>	0.022 1±0.000 6 <sup>ab</sup>
CX-3	86.065±0.559 <sup>bcdef</sup>	5.175 3±0.020 1 <sup>efg</sup>	0.006 2±0.000 2 <sup>h</sup>	0.031 3±0.001 3 <sup>i</sup>	0.012 0±0.000 1 <sup>efg</sup>	0.020 8±0.000 2 <sup>bcde</sup>
HM-1	81.275±0.021 <sup>i</sup>	5.864 8±0.067 0 <sup>ab</sup>	0.047 1±0.002 9 <sup>b</sup>	0.045 8±0.000 8 <sup>a</sup>	0.016 0±0.000 0 <sup>abcde</sup>	0.018 3±0.000 2 <sup>hi</sup>
HM-2	87.960±1.216 <sup>abc</sup>	5.409 8±0.004 1 <sup>cdef</sup>	0.014 3±0.000 6 <sup>g</sup>	0.040 0±0.000 9 <sup>bcd</sup>	0.018 2±0.000 4 <sup>ab</sup>	0.021 6±0.000 6 <sup>abcd</sup>
HM-3	87.870±0.368 <sup>abc</sup>	5.249 6±0.239 3 <sup>defg</sup>	0.029 2±0.001 9 <sup>e</sup>	0.035 3±0.001 0 <sup>fgh</sup>	0.015 6±0.000 1 <sup>abcde</sup>	0.018 7±0.000 6 <sup>ghi</sup>
JH-1	86.145±0.177 <sup>bcdef</sup>	5.364 9±0.046 6 <sup>cdefg</sup>	0.006 1±0.000 4 <sup>h</sup>	0.037 4±0.000 5 <sup>cdefg</sup>	0.015 1±0.000 6 <sup>abcdef</sup>	0.019 3±0.000 5 <sup>efgh</sup>
JH-2	85.730±2.630 <sup>cdefg</sup>	5.198 1±0.001 9 <sup>efg</sup>	0.006 6±0.000 1 <sup>h</sup>	0.036 8±0.000 1 <sup>defgh</sup>	0.014 0±0.000 2 <sup>bcdefg</sup>	0.018 7±0.000 1 <sup>fghi</sup>
JH-3	83.470±0.721 <sup>gh</sup>	5.994 1±0.164 0 <sup>a</sup>	0.041 1±0.002 4 <sup>c</sup>	0.045 6±0.000 2 <sup>a</sup>	0.019 2±0.000 9 <sup>a</sup>	0.017 6±0.000 4 <sup>ij</sup>
KC-1	85.960±0.891 <sup>bcdef</sup>	5.648 8±0.078 3 <sup>bc</sup>	0.008 4±0.000 4 <sup>h</sup>	0.038 7±0.001 7 <sup>cdef</sup>	0.015 9±0.003 7 <sup>abcde</sup>	0.021 9±0.001 0 <sup>abc</sup>
KC-2	85.685±0.446 <sup>cdefg</sup>	5.393 1±0.030 3 <sup>cdef</sup>	0.035 7±0.002 9 <sup>d</sup>	0.043 3±0.002 3 <sup>ab</sup>	0.017 0±0.002 1 <sup>abc</sup>	0.018 5±0.000 1 <sup>hi</sup>
KC-3	84.535±0.403 <sup>efgh</sup>	5.097 4±0.091 9 <sup>fg</sup>	0.008 0±0.001 0 <sup>h</sup>	0.035 4±0.002 8 <sup>fgh</sup>	0.016 5±0.000 2 <sup>abcd</sup>	0.021 2±0.000 5 <sup>bcd</sup>
NF-1	84.000±0.509 <sup>efgh</sup>	5.218 2±0.100 3 <sup>efg</sup>	0.006 5±0.000 7 <sup>h</sup>	0.036 0±0.001 6 <sup>efgh</sup>	0.017 1±0.003 0 <sup>abc</sup>	0.018 7±0.000 5 <sup>ghi</sup>
NF-2	82.780±0.467 <sup>hi</sup>	5.324 6±0.100 3 <sup>defg</sup>	0.014 3±0.001 3 <sup>g</sup>	0.037 7±0.000 5 <sup>cdefg</sup>	0.016 8±0.003 1 <sup>abcd</sup>	0.016 4±0.000 4 <sup>j</sup>
NF-3	89.930±0.156 <sup>a</sup>	5.063 8±0.137 1 <sup>g</sup>	0.020 9±0.000 4 <sup>f</sup>	0.031 5±0.001 1 <sup>i</sup>	0.015 4±0.000 2 <sup>abcde</sup>	0.018 3±0.000 5 <sup>hi</sup>
VG-1	84.615±0.276 <sup>defgh</sup>	5.187 1±0.018 6 <sup>efg</sup>	0.006 7±0.000 5 <sup>h</sup>	0.037 8±0.000 5 <sup>cdefg</sup>	0.012 5±0.002 8 <sup>defg</sup>	0.020 2±0.000 3 <sup>defg</sup>
VG-2	84.340±0.566 <sup>efgh</sup>	5.649 4±0.020 8 <sup>bc</sup>	0.009 3±0.000 3 <sup>h</sup>	0.043 2±0.000 8 <sup>ab</sup>	0.013 9±0.000 3 <sup>bcdefg</sup>	0.020 5±0.000 2 <sup>cdef</sup>
VG-3	88.290±0.184 <sup>ab</sup>	5.455 5±0.429 4 <sup>cde</sup>	0.030 2±0.002 1 <sup>e</sup>	0.039 7±0.005 6 <sup>bcde</sup>	0.016 2±0.002 3 <sup>abcde</sup>	0.019 1±0.002 1 <sup>fghi</sup>
ZD-1	83.885±0.120 <sup>fgh</sup>	5.795 6±0.013 1 <sup>ab</sup>	0.042 8±0.002 1 <sup>c</sup>	0.033 4±0.000 8 <sup>hi</sup>	0.015 6±0.001 1 <sup>abcde</sup>	0.022 8±0.000 7 <sup>a</sup>
ZD-2	85.340±1.697 <sup>defg</sup>	5.562 9±0.054 8 <sup>bcd</sup>	0.012 6±0.000 8 <sup>g</sup>	0.040 0±0.000 5 <sup>bcd</sup>	0.016 2±0.002 0 <sup>abcde</sup>	0.018 8±0.000 1 <sup>fghi</sup>
ZD-3	86.950±1.032 <sup>bcd</sup>	5.260 4±0.128 1 <sup>defg</sup>	0.007 4±0.000 4 <sup>h</sup>	0.034 7±0.000 8 <sup>fghi</sup>	0.013 3±0.000 4 <sup>cdefg</sup>	0.018 8±0.000 8 <sup>ghi</sup>
CK	87.875±2.072 <sup>abc</sup>	4.582 8±0.093 1 <sup>h</sup>	0.018 7±0.000 0 <sup>f</sup>	0.041 2±0.000 0 <sup>bce</sup>	0.016 2±0.000 4 <sup>abcde</sup>	0.018 7±0.000 2 <sup>fghi</sup>
ZK	85.105±0.559 <sup>defgh</sup>	4.763 3±0.031 1 <sup>h</sup>	0.053 2±0.003 1 <sup>a</sup>	0.024 9±0.000 8 <sup>j</sup>	0.011 0±0.000 5 <sup>fg</sup>	0.018 1±0.000 5 <sup>hi</sup>

#### 1.4 综合评价

采用多指标综合加权评分法评价菌肥种类、施肥量对地黄水溶性浸出物含量( $a$ )、梓醇含量( $b$ )、毛蕊花糖苷含量( $c$ )、地黄苷 A 含量( $d$ )、地黄苷 D 含量( $e$ )、益母草苷含量( $f$ )的影响,分别赋予其不同的主观权重,即 0.25、0.30、0.10、0.15、0.15、0.05,再按以下公式计算综合加权评分值( $D$ )<sup>[6]</sup>。

$$D = (0.25 \times a_i/a_{\max} + 0.30 \times b_i/b_{\max} + 0.10 \times c_i/c_{\max} + 0.15 \times d_i/d_{\max} + 0.15 \times e_i/e_{\max} + 0.05 \times f_i/f_{\max}) \times 100。$$

## 2 结果与分析

### 2.1 不同菌肥处理对地黄产量的影响

由表 4 可见,施用 7 种不同菌肥对连作 2 年的地黄产量均能产生显著影响,但不同菌肥、不同施用量对地黄影响的程度不同。施肥处理地黄产量与对照均存在显著差异,以处理 NF-3 产量最高,为 1 721.015 kg/667 m<sup>2</sup>,较对照提高 77.24%;其次

为处理 JH-2,为 1 445.655 kg/667 m<sup>2</sup>,较对照提高了 48.89%。施肥处理地黄产量与正茬地黄产量对照相比,处理 NF-3 产量达到正茬地黄产量的 68.11%;处理 JH-2 产量达到正茬地黄产量的 57.21%。各菌肥不同施用量中 CX-3、HM-3、JH-2、KC-3、NF-3、VG-3、ZD-1 分别为产量最高的处理。由此可知,复合生物菌肥对连作地黄产量的提高效果较显著,其中农大肥业菌肥 180 g/m<sup>2</sup>对连作 2 年地黄产量的提高效果最为显著。

### 2.2 不同菌肥处理对地黄品质的影响

由表 5 可知,连作 2 年地黄小区中处理 NF-3 浸出物含量最高,为 89.930%,较对照提高 2.34%;ZD-1 地黄苷 D 含量最高,为 0.022 8%,较对照显著提高 21.93%;梓醇和地黄苷 A 的含量均以处理 JH-3 含量最高,分别为 5.994 1%、0.019 2%,较对照提高 30.80%、18.52%;毛蕊花糖苷和益母草苷的含量均以 HM-1 处理最高,分别为 0.047 1%、0.045 8%,较对照分别显著提高 151.87%、

11.17%。地黄种植小区中处理 HM-1、HM-3、JH-3、KC-2、NF-3、VG-3、ZD-1、ZC 毛蕊花糖苷含量达到 2015 版《中国药典》的标准,说明合理施用菌肥能有效改善连作地黄的品质。

2.3 综合加权评分法评价

由表 6 可知,处理 JH-3 得分最高,为 93.49 分;其次为处理 ZD-1,为 92.25 分;处理 CX-2 得分最低,为 77.56 分。综合评分结果表明,菌肥聚核辛士力 180 g/m<sup>2</sup> 对连作 2 年地黄品质的提高效果最显著,聚核辛士力为复合生物菌肥。

表 6 综合加权评分结果

处理	综合加权评分值	次序
CX-1	82.10	12
CX-2	77.56	22
CX-3	77.62	21
HM-1	91.49	3
HM-2	87.36	6
HM-3	85.24	7
JH-1	80.67	16
JH-2	78.51	19
JH-3	93.49	1
KC-1	85.01	8
KC-2	88.57	4
KC-3	81.41	13
NF-1	80.44	17
NF-2	80.73	15
NF-3	82.29	11
VG-1	78.09	20
VG-2	82.76	10
VG-3	87.82	5
ZD-1	92.25	2
ZD-2	83.63	9
ZD-3	78.62	18
CK	80.79	14
ZK		

3 讨论与结论

由本试验结果可知,在对连作地黄产量的影响中,施用菌肥的 21 项处理除 CX-1、CX-2、

HM-2、ZD-3 外,其余处理产量均高于对照,但所有连作地黄处理小区的产量均低于正茬种植地黄小区,值得注意的是处理 NF-3 的产量达到正茬种植的 68.11%,表明施用农大肥业菌肥 180 g/m<sup>2</sup> 有利于连作地黄产量的提高。

连作地黄小区中只有部分处理毛蕊花糖苷含量达到 2015 版《中国药典》的标准,其中处理 HM-1 毛蕊花糖苷含量最高,为 0.047 1%,达到正茬种植的 88.53%。但正茬地黄的浸出物、梓醇、地黄苷 A、地黄苷 D、益母草苷含量均不为最高处理,说明合理施用菌肥对提高连作地黄品质的影响较显著,这与许园园等的研究结果<sup>[7-8]</sup>相符。

总之,处理 NF-3 为提高连作地黄产量的最佳处理,其对提高连作地黄品质的影响不显著;处理 JH-3 为提高连作地黄品质的最佳处理,其对提高连作地黄产量的影响不显著。聚核辛士力、农大肥业菌肥均为复合生物菌肥,说明复合生物菌肥有利于连作地黄产量和品质的提高。不同种类菌肥混合施加不同水平对连作地黄产量和品质的试验效果,有待进一步研究。

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,2015:124.

[2] 温学森,杨世林,魏建和,等. 地黄栽培历史及其品种考证[J]. 中草药,2002,33(10):946-949.

[3] 高晓山. 四大怀药[J]. 焦作大学学报,2010,24(4):174-175.

[4] 艾童非,杨鹏九,费洪波,等. 微生物菌剂有机肥对植烟土壤环境及烤烟产质量的影响[J]. 安徽农业科学,2016,44(18):99-102,119.

[5] 李姣,刘国顺,高琴,等. 不同生物有机肥与烟草专用复合肥配施对烤烟根际土壤微生物及土壤酶活性的影响[J]. 河南农业大学学报,2013,47(2):132-137.

[6] 姚锋,董诚明,李洋,等. 不同复合肥对地黄产量和品质的影响[J]. 河南农业科学,2014,43(4):56-59.

[7] 许园园. 怀地黄活性内生菌在预防植物病害和克服连作障碍方面的应用[D]. 新乡:河南师范大学,2014.

[8] 熊玉萍. 地黄促生真菌的筛选及其作用机制的研究[D]. 郑州:河南中医药大学,2016.