

张彬彬,王震,刘保卫,等. 30 个野生灵芝菌株遗传多样性及农艺性状评价[J]. 江苏农业科学,2022,50(2):108-114.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.02.018

30 个野生灵芝菌株遗传多样性及农艺性状评价

张彬彬¹,王震²,刘保卫¹,赵翠敏¹,郭金英¹,王春霞¹,郑素月¹

(1. 河北工程大学园林与生态工程学院,河北邯郸 056038; 2. 黄淮学院生物与食品工程学院,河南驻马店 463000)

摘要:为了给灵芝的生产、驯化及遗传育种提供种质资源,采用酯酶同工酶技术、分子标记技术(ISSR),结合出菇形态学分析了 30 个野生灵芝菌株的遗传多样性及农艺性状,构建了聚类树状图。酯酶同工酶分析结果表明,当相似系数在 0.709 时,可以将 30 个野生灵芝菌株分为 7 类;ISSR 分析结果表明,当相似系数在 0.728 时,可以将 30 个菌株分为 6 类。出菇试验结果表明,30 个菌株中有 25 个菌株能出菇,按形态特征,在欧氏距离为 3.92 时可将 25 个灵芝菌株分为五大类群,3 种方法存在一致性。通过驯化栽培及农艺性状比较分析筛选出 5 个产量较高、品相较好的菌株。30 个野生灵芝菌株具有较为丰富的遗传多样性。

关键词:野生灵芝;酯酶同工酶;ISSR;农艺性状;多样性

中图分类号:S567.3⁺10.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)02-0108-06

灵芝是我国传统的中药材,深受消费者喜爱^[1]。现代研究表明,灵芝含有多种活性成分,如灵芝多糖、三萜、麦角甾醇、生物碱等^[2],在抗癌、防癌、抗糖尿病、提高免疫力和抗氧化等方面有极高的药用价值^[3-7]。灵芝属于中高温栽培种类,野生资源广泛分布于东亚的暖温带和亚热带地区,在我国自然分布于河北、山东、河南、安徽、江苏、浙江、江西、湖北、湖南、四川和云南等地^[8]。长期以来,可供人工栽培和加工利用的灵芝品种比较单一,不能满足多样化的市场需求。因此,野生灵芝种质资源的开发利用及其人工驯化研究具有重要意义。酯酶同工酶技术和分子标记技术(ISSR)检测手段简单、高效,广泛应用于食用菌的菌种选育、分类鉴定和种质资源评价等研究^[9-10]。灵芝属的多数种类生长在阔叶树的腐木上,河南省南召县森林覆盖率达 66.49%,为灵芝提供了良好的生存环境。目前,笔者未见国内外文献对南召县灵芝资源的开发利用和系统深入地研究。因此,本试验对河南省南召县的野生灵芝进行调查收集,通过生化、分子标记技术和形态学鉴定 3 种方法对其亲缘关系进行初

步的研究,通过人工驯化筛选优良品种,以期为灵芝生产栽培和遗传育种提供种质资源。

1 材料和方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试菌株 供试野生灵芝菌株 30 个,均于 2018 年 8 月从河南省南召县采集,由河北工程大学食用菌实验室分离和保藏,菌株编号见表 1。

1.1.2 供试培养基 (1)马铃薯葡萄糖琼脂(PDA)培养基。(2)木屑培养基:木屑(煮汁)200 g、豆粕(煮汁)30 g、葡萄糖 20 g、琼脂粉 20 g、蛋白胨 4 g、硫酸镁 1 g、磷酸二氢钾 3 g。(3)原种培养基:小麦 95.5%、石灰 2%、石膏 1%、磷酸二氢钾 1%、硫酸镁 0.5%。(4)栽培种培养基:棉籽壳 86%、麦麸 12%、石灰 1%、石膏 1%。

1.2 试验方法

试验于 2019 年 11 月至 2020 年 12 月在河北工程大学食用菌实验室完成。酯酶同工酶分析采用垂直板聚丙烯酰胺活性凝胶电泳方法^[11]。ISSR 分子引物从 28 个常用引物[均由生工生物工程(上海)有限公司合成]中筛选合适的引物,对 30 个灵芝菌株进行聚合酶链式反应(PCR)扩增,PCR 扩增体和电泳条件参照文献[12-13]所述方法。形态学鉴定将活化好的菌种定量(5 mm²)接种到 PDA 综合培养基上,置于 25 ℃恒温培养箱培养,观察菌丝形态,记录菌丝生长性状。出菇形态采用熟料栽培,常规出菇试验,观察子实体形态,记录子实体形

收稿日期:2021-05-06

基金项目:河北省现代农业产业技术体系食用菌创新团队建设专项(编号:HBCT2018050202)。

作者简介:张彬彬(1988—),女,河北保定人,硕士研究生,主要从事食用菌种质资源研究。E-mail:921940953@qq.com。

通信作者:郑素月,博士,教授,硕士生导师,主要从事食用菌种质资源研究。E-mail:zhengsuyue@hebeu.edu.cn。

表 1 供试菌株

编号	菌株名称	编号	菌株名称	编号	菌株名称	编号	菌株名称	编号	菌株名称
1	YL-15	7	YL-12	13	YL-72	19	NZ-27-1	25	YL-82
2	YL-65	8	YL-68	14	YL-90	20	YL-89	26	YL-53
3	YL-8	9	YL-83	15	YL-31	21	YL-37	27	YL-77
4	YL-57	10	YL-49	16	NZ-33	22	YL-79	28	YL-81
5	YL-93	11	YL-51	17	YL-40	23	NZ-28	29	YL-14
6	YL-42	12	YL-61	18	YL-88	24	YL-76	30	YL-18

态特征,测量菌盖直径、菌盖厚度、菌柄长度、生物转化率等。

1.3 数据处理

利用 NTSYSpc 分析软件构建各菌株的亲缘关系树状图。按易腾飞等的方法^[14]计算遗传多样性指数(H'),利用 DPS 7.05 软件进行聚类分析。

2 结果与分析

2.1 酯酶同工酶结果分析

如图 1 所示,菌株的酶谱迁移率(R_f)主要介于 0.11~0.81 之间,30 个菌株共扩增出 30 条不同酶

带,多态性较高。对其电泳图谱进行相似性聚类分析,由图 2 可知,30 个灵芝菌株两两间相似系数的分布范围是 0.65~0.93,当相似系数在 0.709 时,可以将 30 个野生灵芝菌株分为 7 类:第 1 类包括 20 个菌株,分别为 YL-15、YL-8、YL-42、YL-12、YL-72、NZ-33、YL-53、YL-79、NZ-27-1、YL-37、YL-82、YL-77、YL-68、YL-83、YL-49、YL-51、YL-40、YL-31、YL-61;第 2 类为 YL-18;第三类为 YL-90、YL-65;第 4 类为 YL-57 和 YL-93;第 5 类为 YL-88 和 YL-89;第 6 类为 NZ-28 和 YL-76;第 7 类为 YL-81 和 YL-14。

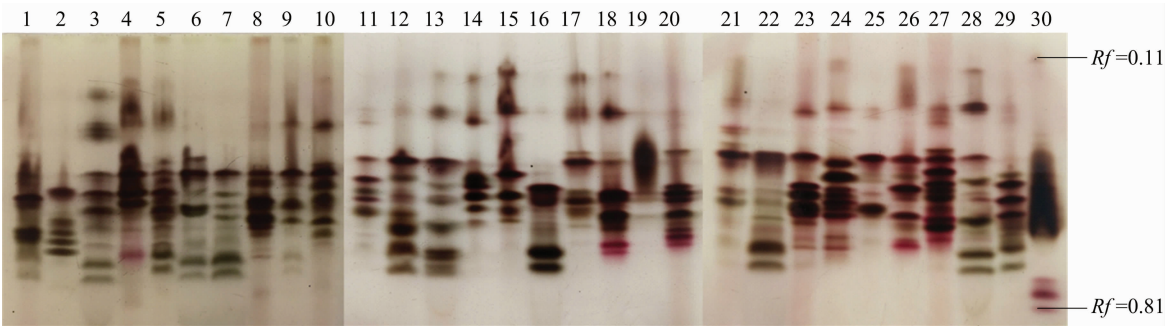


图 1 30 个灵芝菌株的酯酶同工酶图谱

2.2 30 个野生灵芝菌株 ISSR 分子鉴定结果与分析

通过对 28 个常用引物进行 ISSR 分析,筛选出 7 个对灵芝菌株 DNA 扩增重复性好、条带清晰且有明显多态性片段的引物,引物序列见表 2。

用这 7 个引物对 30 个灵芝菌株的基因组进行扩增,可获得多态性强、稳定性好且具有一定特异性的 DNA 指纹图谱,部分引物扩增结果见图 3。经统计,7 个引物共扩增出 85 条清晰的多态性片段, DNA 片段的大小介于 300~8 000 bp 之间,平均每个引物对野生灵芝菌株基因组扩增的条带为 12.1 条。将 30 个野生灵芝菌株的 ISSR 图谱转换为数字矩阵,用 NTSYS 软件进行聚类分析,得到供试菌株的亲缘关系树状图(图 4),30 个灵芝菌株遗传系数

在 0.62~0.89 之间。相似系数在 0.728 时,30 个菌株可以分为 6 类:第 1 类包括 23 个菌株,分别为 YL-15、YL-57、YL-93、YL-42、YL-49、YL-12、YL-68、NZ-33、YL-79、YL-37、YL-90、YL-8、YL-40、YL-88、YL-89、YL-31、NZ-28、YL-76、YL-81、YL-77、YL-14、YL-82 和 YL-53;第 2 类为 YL-83、YL-51 和 YL-61;第 3 类为 YL-18;第 4 类为 YL-72;第 5 类为 NZ-27-1;第 6 类为 YL-65。说明这 30 个野生灵芝菌株具有丰富的遗传多样性。

2.3 形态学鉴定

2.3.1 菌丝形态 不同灵芝菌株的菌丝形态差异较大,可将 30 个菌株的形态类型分为四大类,部分代表菌株形态如图 5 所示,分类结果和描述见表 3。

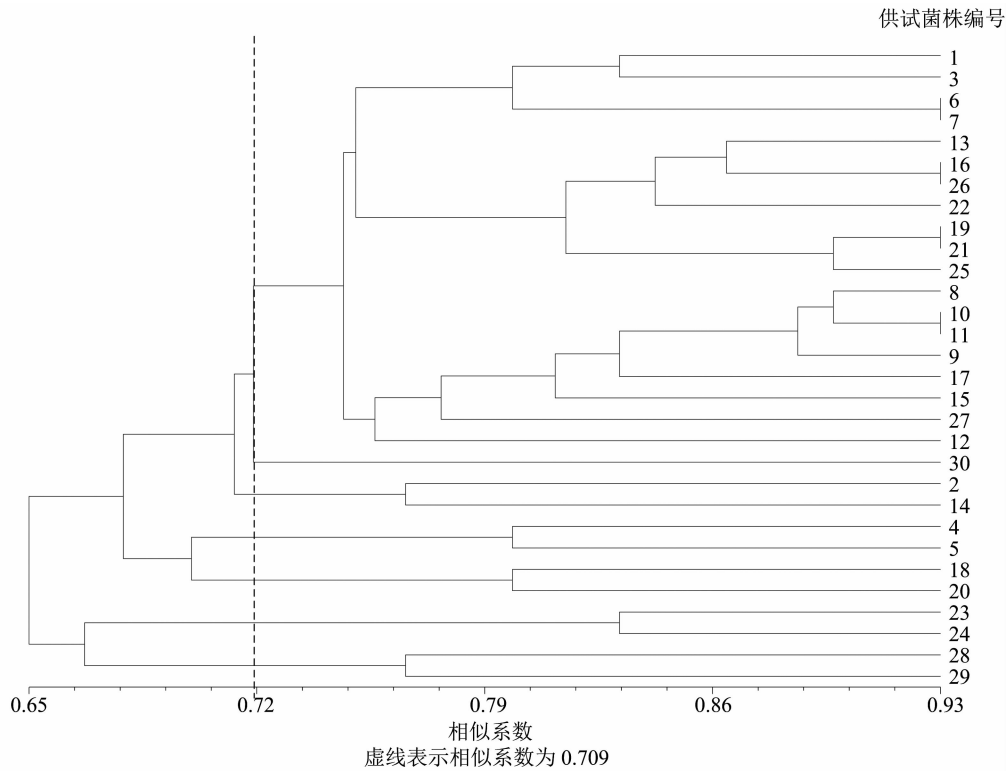


图2 30 个灵芝菌株酯酶同工酶聚类分析

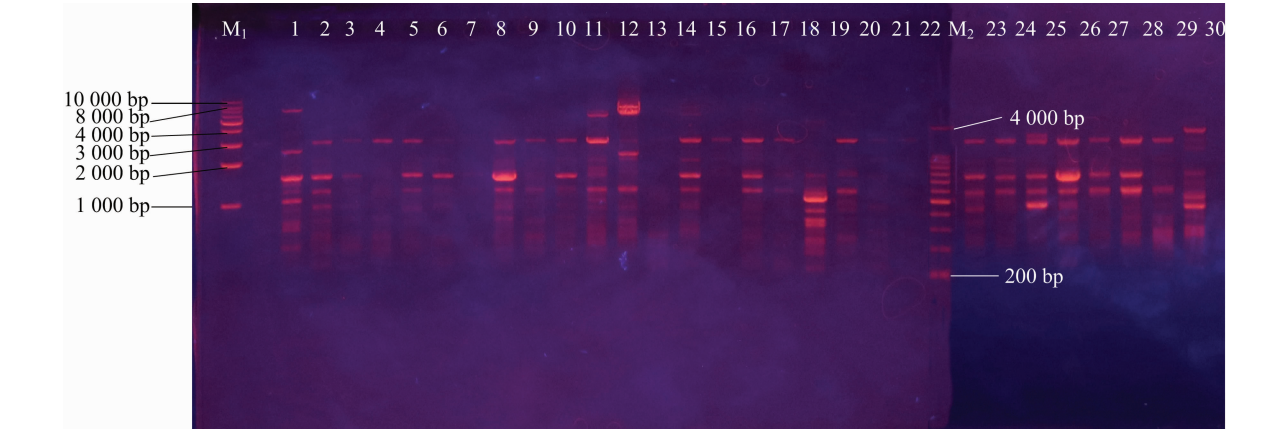
表 2 引物序列及编号

编号	序列(5'→3')
P1	TGCACACACACACAC
P2	GTGACACACACACAC
P19	ACACACACACACACCT
P22	AAGAAGAAGAAGAAGC
P23	GAGAGAGAGAGAGACT
P25	GAGAGAGAGAGAGACC
P26	CACCACACACACACACA

2.3.2 子实体农艺性状 对 30 个野生灵芝进行驯化栽培,成功得到 25 个灵芝菌株的子实体,部分子

实体形态见图 6。对其 4 个数量性状和 2 个质量性状进行记录,结果见表 4。多样性分析结果(表 5)表明,数量性状遗传多样性指数以生物转化率(A_4)最高,为 2.110 6,其次依次为菌盖直径(A_1 ,1.981 5)、菌柄长度(A_3 ,1.978 7)、菌盖厚度(A_2 ,1.779 5);质量性状中颜色的遗传多样性指数(1.242 5)高于形状的遗传多样性指数(0.833 4)。

如表 5 所示,不同菌株间变异系数存在很大差异,菌盖厚度的变异系数最大,为 40%,变幅为 0.50~2.17 cm;变异系数最小的是菌盖直径,为 14.9%,变幅为 3.53~6.45 cm。



M₁—1 kb DNA Ladder; M₂—200 bp DNA Ladder; 其余泳道代表编号为 1~30 的灵芝菌株

图3 引物 P22 对 30 个灵芝菌株的扩增图谱

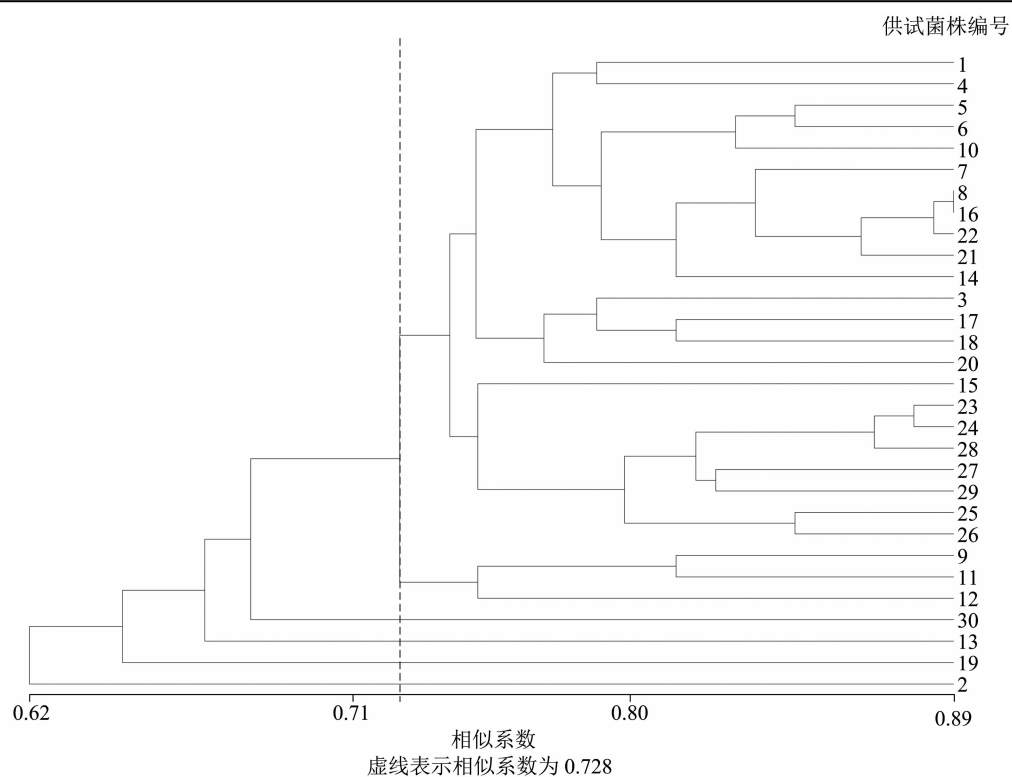


图4 30 个灵芝菌株 ISSR 分子标记聚类分析

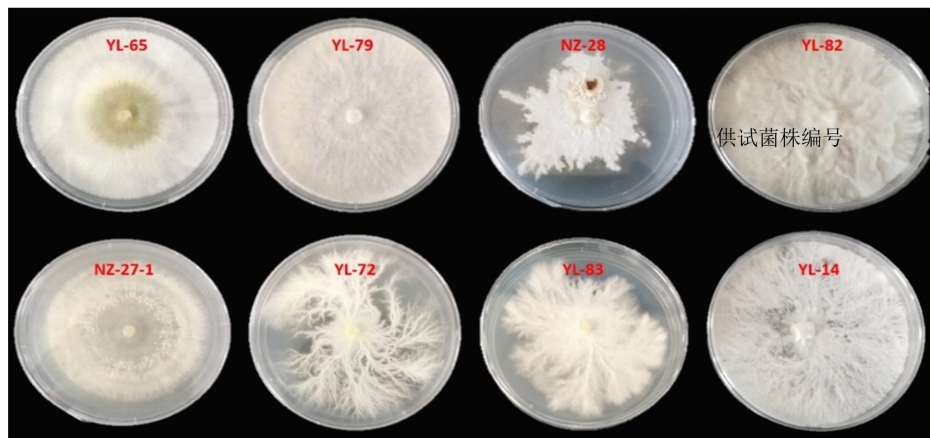
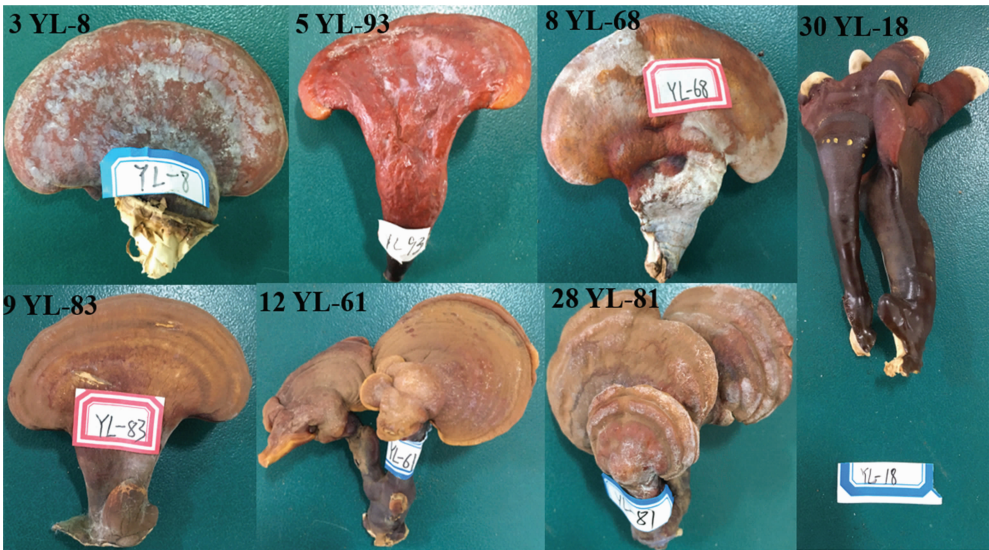


图5 部分灵芝菌株的菌丝生长形态

表 3 30 个灵芝菌株菌丝形态描述

分类	特征描述	包含菌株
第 1 类	绒毛状、洁白,有的后期有黄斑	YL - 79、YL - 82、YL - 12、YL - 51、YL - 18、YL - 15、YL - 40、YL - 31、YL - 88、YL - 89、YL - 81、YL - 77、YL - 57、YL - 68、YL - 8、NZ - 33、YL - 53、YL - 83、YL - 93
第 2 类	絮状、洁白,有的后期有黄斑	YL - 42、YL - 90、YL - 49、YL - 61、YL - 65、YL - 37
第 3 类	分枝状、洁白、边缘不整齐、稀疏,有的后期有黄斑	NZ - 28、YL - 72、YL - 14、YL - 76、
第 4 类	霜状、灰白、边缘整齐、稀疏	NZ - 27 - 1

2.3.3 农艺性状的聚类分析 本研究采用最长距离法对不同灵芝菌株的欧氏距离进行聚类分析,绘制聚类树状图。如图 7 所示,在欧氏距离为 3.92 时可将 25 个灵芝菌株分为五大类群:第 1 类包括 11 个菌株,这一类多为紫褐色肾形或扇形灵芝,产量较低,生物转化率仅为 2.22% ~ 5.03%;第 2 类有 4



左上角字符表示菌株编号及其名称

图6 部分灵芝菌株的出菇形态

表 4 不同灵芝菌株代料栽培子实体农艺性状及产量比较

编号	菌株名称	菌盖直径 (A_1 , cm)	菌盖厚度 (A_2 , cm)	菌柄长度 (A_3 , cm)	生物转化率 (A_4 , %)	颜色(A_5)	形状(A_6)
1	YL-15	3.64 ± 0.049 9	0.66 ± 0.108 0	3.80 ± 0.348 4	3.93 ± 0.778 5	3	A
3	YL-8	4.78 ± 0.285 2	1.71 ± 0.059 1	1.92 ± 0.400 9	4.79 ± 0.641 1	3	A
4	YL-57	5.36 ± 0.544 7	1.64 ± 0.115 9	1.82 ± 0.370 1	5.47 ± 0.407 4	3	B
5	YL-93	4.47 ± 0.668 3	1.52 ± 0.042 4	2.44 ± 0.334 4	5.09 ± 0.525 7	2	B
6	YL-42	6.45 ± 0.685 1	0.85 ± 0.266 6	2.62 ± 0.424 8	4.95 ± 0.541 3	1	A
7	YL-12	3.69 ± 0.029 4	0.69 ± 0.156 3	3.27 ± 0.404 3	4.83 ± 0.241 4	3	A
8	YL-68	4.67 ± 0.271 8	0.87 ± 0.058 9	1.10 ± 0.075 9	3.12 ± 0.315 8	3	A
9	YL-83	5.28 ± 0.672 5	1.42 ± 0.103 4	2.93 ± 0.433 2	4.23 ± 0.479 7	1	B
10	YL-49	4.29 ± 0.206 1	0.83 ± 0.147 0	3.29 ± 0.122 8	4.80 ± 0.329 3	3	A
11	YL-51	5.66 ± 1.072 6	1.66 ± 0.153 0	3.46 ± 0.532 7	6.30 ± 0.650 6	3	B
12	YL-61	4.30 ± 0.528 0	1.49 ± 0.151 1	2.00 ± 0.587 3	3.86 ± 0.344 6	1	B
13	YL-72	4.90 ± 0.494 0	0.61 ± 0.054 4	2.07 ± 0.557 3	3.62 ± 0.551 5	3	B
15	YL-31	4.79 ± 0.990 9	1.66 ± 0.209 5	4.43 ± 1.127 9	6.53 ± 0.191 5	4	A
17	YL-40	4.58 ± 0.354 9	1.69 ± 0.086 0	3.85 ± 0.269 1	6.08 ± 0.532 6	1	A
18	YL-88	4.35 ± 0.103 4	0.96 ± 0.133 0	1.41 ± 0.240 9	3.13 ± 0.535 3	4	B
20	YL-89	5.32 ± 0.749 9	2.17 ± 0.110 9	4.35 ± 1.136 3	6.37 ± 0.407 4	3	A
21	YL-37	3.53 ± 0.600 2	1.51 ± 0.089 9	3.16 ± 1.176 2	4.16 ± 0.579 4	2	B
23	NZ-28	4.62 ± 0.387 9	1.31 ± 0.391 6	4.00 ± 0.386 9	7.35 ± 0.539 5	2	B
24	YL-76	4.23 ± 0.415 3	1.89 ± 0.448 9	2.12 ± 0.414 8	4.45 ± 0.369 8	4	A
25	YL-82	4.93 ± 0.429 3	0.70 ± 0.040 8	1.85 ± 0.212 1	3.65 ± 0.198 1	1	B
26	YL-53	4.12 ± 0.631 7	0.80 ± 0.080 6	3.33 ± 0.365 9	5.03 ± 0.823 2	3	A
27	YL-77	4.23 ± 0.047 1	0.50 ± 0.004 7	4.11 ± 0.336 3	2.22 ± 0.298 6	3	A
28	YL-81	5.09 ± 0.094 6	0.65 ± 0.086 0	4.23 ± 0.188 3	4.36 ± 0.122 7	1	B
29	YL-14	3.68 ± 0.379 2	0.77 ± 0.184 1	2.72 ± 0.083 8	3.90 ± 0.656 7	3	B
30	YL-18	3.83 ± 0.195 7	1.72 ± 0.102 7	5.19 ± 1.340 0	5.33 ± 0.814 4	4	C

注:颜色列中 1 = 黄褐色,2 = 红褐色,3 = 紫褐色,4 = 黑褐色;形状列中 A = 肾形,B = 扇形,C = 鹿角。

表 5 供试灵芝种质资源农艺性状的遗传多样性分析

性状	平均值	最小值	最大值	标准差	极差	变异系数 (%)	遗传多样性 指数(H')
A_1 (cm)	4.59	3.53	6.45	0.684 2	2.92	14.90	1.981 5
A_2 (cm)	1.21	0.50	2.17	0.484 3	1.67	40.00	1.779 5
A_3 (cm)	3.02	1.10	5.19	1.047 7	4.09	34.71	1.978 7
A_4 (%)	4.70	2.22	7.35	1.182 2	5.12	25.14	2.110 6
A_5							1.242 5
A_6							0.833 4

个菌株,这一类多为黄褐色扇形灵芝;第 3 类有 6 个菌株,包括红褐色扇形灵芝,产量最高高,生物转化率最高可到 7.35%;第 4 类包括 YL-42、YL-40 和 YL-81 等 3 个菌株,为黄褐色灵芝,产量较高;第 5 类为 1 株黑褐色的鹿角灵芝。

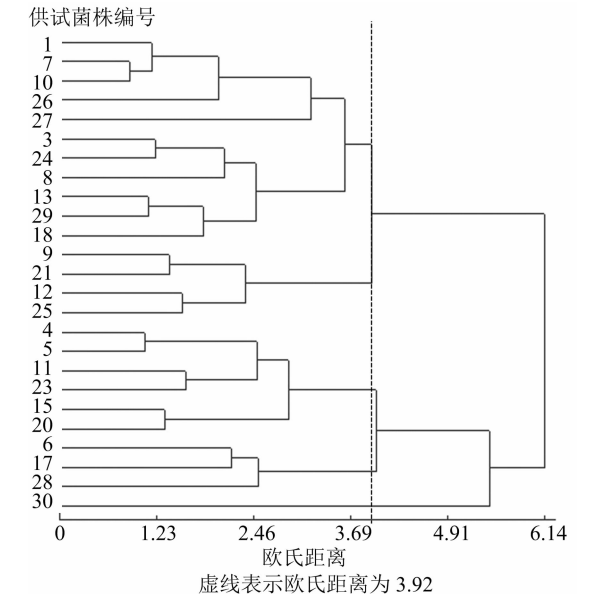


图7 25 个灵芝子实体主要农艺性状聚类分析

3 结果与讨论

本研究以南召县 30 个野生灵芝菌株为供试材料,从生化、ISSR 分子标记和形态学 3 个方面研究了其亲缘关系。菌株的酯酶同工酶谱 Rf 值主要介于 0.11~0.81 之间,30 个灵芝菌株两两间相似系数的分布范围是 0.65~0.93,当相似系数在 0.709 时,可以将 30 个野生灵芝菌株分为 7 类。ISSR 筛选出的 7 个引物共扩增出 85 条清晰的多态性片段, DNA 片段的大小介于 300~8 000 bp 之间,30 个灵芝菌株遗传相似性在 0.62~0.89 之间,相似系数在 0.728 时,30 个菌株可以分为 6 类。通过 6 个主要农艺性状对 25 个驯化成功的灵芝菌株进行聚类,结果显示,当欧氏距离为 3.92 时,可将 25 个灵芝菌株

分为五大类群。本研究中,酯酶聚类(图 2)、ISSR 聚类(图 4)和实体形态分类(图 7)等 3 种方法都把 YL-15、YL-8、YL-12、YL-68、YL-49、YL-53 和 YL-77 这 7 个菌株聚为一类,同时也把鹿角灵芝 YL-18 分为一类。为增加结果的准确性,可以联合使用 3 种分类方法对野生灵芝菌株亲缘关系进行鉴定。通过驯化栽培及农艺性状比较分析,筛选出 5 个产量较高、品相比较好的菌株 NZ-28、YL-31、YL-89、YL-51 和 YL-18。

本研究有 5 个菌株未驯化成功,其中 NZ-33 有原基产生,但是后期未分化成子实体;其余 4 个菌株 YL-65、YL-90、NZ-27-1 和 YL-79 未出现原基。除 NZ-27-1 外,其余 4 个菌株菌丝生长性状良好,未出菇原因有待进一步研究。本研究为河南省南召县野生灵芝资源的保护和合理开发利用提供了理论依据,同时也为建立野生灵芝种质资源数据库奠定了基础。

参考文献:

[1]李钦艳,钟莹莹,李 忠,等. 不同生长阶段灵芝子实体和孢子粉活性成分分析[J]. 中国农学通报,2021,37(1):49-54.

[2]张瑞婷,周 涛,宋潇潇,等. 灵芝活性成分及其药理作用的研究进展[J]. 安徽农业科学,2018,46(3):18-19,22.

[3]Bai J H, Xu J, Zhao J, et al. *Ganoderma lucidum* polysaccharide enzymatic hydrolysate suppresses the growth of human colon cancer cells via inducing apoptosis[J]. Cell Transplantation,2020,29(1):1-9.

[4]徐 锦,汪雯翰,杨 妍,等. 乙醇浓度对提取灵芝三萜含量的影响及提取物抗前列腺癌细胞 LNCaP 的活性[J]. 菌物学报,2020,39(1):155-163.

[5]Chiu C H, Wang R, Zhuang S, et al. Biotransformation of mogrosides from *Siraitia grosvenorii* by *Ganoderma lucidum* mycelium and the purification of mogroside III E by macroporous resins[J]. Journal of Food and Drug Analysis,2019,28(1):74-83.

[6]Liu H Z, Qiu F F, Wang Y Y, et al. A recombinant protein rLZ-8, originally extracted from *Ganoderma lucidum*, ameliorates OVA-induced lung inflammation by regulating Th17/Treg balance[J].

纪静雯,纪立东,杨 洋,等. 基于沼液微生物肥的长红枣水肥耦合效应[J]. 江苏农业科学,2022,50(2):114-119.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.02.019

基于沼液微生物肥的长红枣水肥耦合效应

纪静雯¹, 纪立东¹, 杨 洋¹, 刘菊莲², 司海丽¹

(1. 宁夏农林科学院农业资源与环境研究所, 宁夏银川 750002; 2. 宁夏顺宝现代农业股份有限公司, 宁夏吴忠 751600)

摘要:针对长红枣滴灌新型沼液复合微生物肥过程中存在的问题,通过分析不同水肥供应条件对长红枣生长发育及其质量产量产生的不同作用,研究长红枣优质高效生产的灌水施肥条件,提出新型沼液复合微生物肥合理的灌溉施肥方案。试验以灵武长红枣为试材,采用 2 因素 3 水平完全组合式设计方法,试验数据显示,中水中肥和中水高肥处理下叶片叶绿素含量及光合特性总体优于其他处理,产量构成指标也最好,中水高肥处理坐果率为 11.24%,中水中肥处理产量高达 13 882.5 kg/hm²,比低水低肥处理高 3 199.5 kg/hm²;中水肥条件下利于长红枣糖分合成,能够形成良好的糖酸比,长红枣风味品质更佳;低水中肥与低水高肥处理下有效磷累积过多,而其他处理有效磷含量基本与土壤本底值持平,在生产过程中应适当减少磷肥投入。综合以上结果,宁夏灵武市淡灰钙土沼液复合微生物肥在灌水量 4 500 m³/hm²,施肥量 3 000 kg/hm² 处理下和灌水量 4 500 m³/hm²,施肥量 3 900 kg/hm² 处理下能改善长红枣品质,改良土壤理化性状。

关键词:沼液复合微生物肥;长红枣;水肥耦合;产量;品质

中图分类号:S665.106;S665.107 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)02-0114-06

宁夏回族自治区灵武长红枣是当地优质且具备当地特性的果树种类,以其个大、长椭圆形、味酸甜、营养丰富而得名,灵武长红枣产业也是宁夏灵武市促进地方经济发展的特色优势产业^[1]。随着灵武长红枣种植规模的逐步扩大,其产业发展已由“量的扩张”阶段全面进入“质的提升”阶段^[2],但是宁夏灵武长红枣在种植中仍存在水肥管理不科学

的问题^[3],由于长期单一偏施化肥导致土壤板结、水肥利用率低,这是限制宁夏长红枣可持续发展的重要因素,导致宁夏长红枣枣树出现落花落果严重、商品性低且品质不佳等情况,成为制约长红枣产业发展的瓶颈。沼液微生物肥营养丰富,含有大量的高分子有机酸、有机物质及氮、磷、钾等较多作物发育及成熟必需的养分及多类中微量元素,可有效增加作物产品数量,提升作物产品质量,提高作物出现的优良抗逆性状^[4-8],同时,可以使果树高效汲取营养^[9-10],还能够增强土壤微生物活性,优化土壤结构,保证土壤健康^[11]。灌水和施肥是影响农业生产的两大可调节控制的关键因素,现代农业生产中作物优质高产需要供应适合的水分和营养,二者缺一不可。众所周知,以水促肥,以肥调水,二者相辅而行,水肥耦合是获得高产、高效的必经之

收稿日期:2021-04-02

基金项目:宁夏农林科学院全产业链科技创新示范项目(编号:YES-2016-0908);宁夏农林科学院科技创新先导资金(编号:NKYG-17-01);宁夏回族自治区重点研发计划(编号:2019BCF01001)。

作者简介:纪静雯(1990—),女,宁夏中宁人,硕士,研究实习员,主要从事农业有机合成研究。E-mail:jjw_526@163.com。

通信作者:纪立东,博士,副研究员,主要从事农业废弃物资源化与循环利用研究。E-mail:Jili521010@163.com。

Journal of Leukocyte Biology, 2020,108(2):531-545.

[7]田淑雨,鹿士峰,吴杨洋,等. 超声破碎辅助提取灵芝多糖工艺优化及抗氧化活性研究[J]. 食品研究与开发,2019,40(8):101-107.

[8]戴玉成,曹 云,周丽伟,等. 中国灵芝学名之管见[J]. 菌物学报,2013,32(6):947-952.

[9]孔祥会,姚方杰,王 鹏. 食用菌种质资源评价方法及在品种选育上的应用实践[J]. 中国食用菌,2019,38(12):8-10.

[10]孟 虎,孙国琴,睢 韡,等. ISSR 技术在食用菌研究上的应用

[J]. 北方园艺,2016(5):207-210.

[11]郭金英,宋彦龙,李 超,等. 四十个野生香菇菌株遗传多样性分析[J]. 北方园艺,2018(10):157-160.

[12]李辉平. ISSR 在食用菌遗传多样性研究中的应用[D]. 北京:中国农业科学院,2007:26-27

[13]中华人民共和国农业部. 食用菌菌种真实性鉴定 ISSR 法:NY/T 1730—2009[S]. 北京:中华人民共和国农业部,2009.

[14]易腾飞,李珊珊,李嘉豪,等. 261 份小麦品种基于农艺性状的遗传多样性分析[J]. 河北农业大学学报,2018,41(2):7-13.