

杨天梅, 许宗亮, 左应梅, 等. 横断山区珠子参不同居群叶片形态变异及其与环境因子的关系[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(9): 276–280.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.09.092

横断山区珠子参不同居群叶片形态变异 及其与环境因子的关系

杨天梅¹, 许宗亮¹, 左应梅¹, 杨维泽¹, 杨绍兵¹, 杨美权¹, 赵仁², 张金渝¹

(1. 云南省农业科学院药用植物研究所, 云南昆明 650200; 2 云南省药物研究所, 云南昆明 650111)

摘要:为探讨珠子参多样性及生态适应性,在横断山区选取具有代表性的 24 个珠子参自然居群,对其叶片的叶长、叶宽、长宽比、正面和背面表皮毛密度及气孔密度等指标进行研究,结果显示:珠子参叶片形态变异显著,变异系数大小顺序为正面表皮毛密度 > 背面表皮毛密度 > 气孔密度 > 叶长宽比 > 叶长 > 叶宽;地理距离邻近的居群间指标差异不显著,较远的居群间指标差异显著;叶长与遮阴度呈显著正相关,相关系数达 0.51;背面表皮毛密度与经度和年均气温呈显著正相关,相关系数为 0.50 和 0.51,与纬度和遮阴度呈显著负相关,相关系数为 -0.45 和 -0.54,说明叶长及背面表皮毛密度相对于其他指标对环境因子的影响变化更敏感;聚类分析将 24 个居群分为 3 类,地理距离相对较近的或表皮毛和气孔密度相近的一般聚为一类。珠子参通过改变叶形态及叶片大小,增加或减少表皮毛和气孔数量来适应环境的变化。本研究结果为珠子参对环境变化的适应与响应机制提供了基础,也对其生态适应性及资源的保护和利用具有重要意义。

关键词:表皮毛;气孔;生态适应性;珠子参;叶片形态;环境因子;相关性

中图分类号: S567.5⁺10.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)09-0276-04

叶片是植物进化过程中对环境变化较敏感且可塑性较大的器官,在不同选择压力下已经形成各种适应类型,其形态特征最能体现植物对环境的适应^[1]。叶片形态特征受到了广泛的关注,有学者从叶表皮形态特征^[2-3]、叶片解剖结构^[4-6]等不同角度对叶片形态变化及其适应特征作了大量研究。研究表明,植物叶片形态与地理环境息息相关,同一种属植物生长在不同生境下,其叶形态特征有着较显著的差异,根据这些差异可以讨论与推测植株进化与变异轨迹;因此,深入揭示植物叶片的形态特征,对研究植物生态适应性具有重要意义。

横断山区在云南、四川两省的西部,生物多样性极强,且富含古老和孑遗类型,是研究生态适应性的热点地区,也是人参属起源中心和多样性分布及现代分化中心。人参属植物是经历了第 4 次冰期的孑遗植物,为典型阴生 C₃ 植物,对光、温等生态因子十分敏感,适应性差,长期过度采挖导致其资源日益短缺,种群濒临灭绝,分布区也大大缩小,珠子参 [*Panax japonicus* C. A. Mey. var. *major* (Burk.) C. Y. Wu et K. M. Feng] 等分布较广的种也由于医药工业开发而遭到极大的破坏,人参属珍贵种质资源研究及保护已成为迫切的问题。然而本属植物各种间的外部形态、特别是地上部分的形态甚为相似,一些形态特征(如叶片、花等)过渡类型颇多^[7],给研究其生态适应能力和开发利用带来了困难,因此对人参属生态

适应能力的研究较为少见。Venugopal 等研究了气候环境因子变化对假人参(*P. pseudoginseng*)生长繁殖能力的影响,发现温度、降水和相对湿度对其生长繁殖具有协同效应^[8]。本研究以横断山区人参属中变异最为复杂的珠子参为对象,分析 24 个居群珠子参叶形态特征,结合各居群的生境数据,试图阐释珠子参各居群叶形态特征的变异与生境的相关性,来揭示珠子参叶片形态对环境变化的响应,可为这一濒危物种在未来气候环境变化条件下的保护和开发利用及人工种植提供一定依据,也为研究本属植物的生态适应能力提供一定的参考数据。

1 材料与方法

1.1 样地选择与样品采集

2013 年 6—8 月,珠子参叶生长茂盛时期,在云南省昆明、大理鹤庆马厂、丽江、德钦以及四川省盐源县和木里县等野生珠子参分布较为集中的地方进行调查采样,共采集了 24 个居群(表 1)的样品,每个样地随机选择 20 株无明显病虫害的植株,每株采集中部叶片及时进行叶片特征指标测定。

1.2 叶片特征指标的测定

1.2.1 叶片长和宽的测定 用直尺按每个样地 20 株,各取正常完整的中部叶片,测量叶长和叶宽,并观察记录叶片的形状和叶缘、叶端的形态。

1.2.2 叶片表皮毛密度的测定 用直尺在叶片中部量出 1 cm × 1 cm 的小块,放在解剖镜(XTT 型实体显微镜)下观测方块面积上、下表皮毛的数量,即为表皮毛密度。

1.2.3 叶片气孔密度的测定 将叶片浸泡在等量的 30% 过氧化氢-醋酸溶液中,在室温下放置 72 h,在光学显微镜 40 倍镜下观测各视野气孔的数量,计算其平均值,用平均值除以

收稿日期:2014-09-25

基金项目:国家自然科学基金(编号:81260610)。

作者简介:杨天梅(1983—),女,云南寻甸人,硕士,助理研究员,主要从事植物生药学研究。E-mail:yangtianmei2007@163.com。

通信作者:张金渝,博士,研究员,主要从事药用植物资源研究。E-mail:jy Zhang2008@163.com。

表 1 24 个居群的地理位置

居群序号	居群编号	采样地点	海拔(m)	东经	北纬	年均降水量(mm)	年均气温(℃)	遮阴度(%)	植被类型	土壤类型
1	CGLWS	云南昆明市呈贡县梁王山	2 761	102°53′	24°45′	623	11.7	75	华山松林	黑褐腐殖壤
2	LQMLT	云南省昆明市禄劝县马鹿塘乡	2 806	102°32′	26°04′	734	12.7	75	常绿阔叶林	黑褐腐殖壤
3	LQXBQ	云南省昆明市禄劝县小板桥水库	2 816	102°34′	26°06′	870	11.0	80	常绿阔叶林	黄褐沙壤
4	LQCLS	云南省昆明市禄劝县刺栎树村	2 834	102°32′	26°08′	870	11.0	90	针阔混交林	黑褐腐殖壤
5	LQSYS	云南省昆明市禄劝县撒永山	2 918	102°33′	26°00′	900	12.0	90	常绿阔叶林	黑褐腐殖壤
6	YLLMR	云南省丽江市玉龙县拉美荣村	2 818	099°28′	27°09′	1100	8.0	80	针叶林	黄沙壤
7	YLXZCzp	云南省丽江市玉龙县新主村	2 853	100°00′	26°29′	1000	10.0	85		腐殖壤
8	YLXZC	云南省丽江市玉龙县新主村	2 853	100°00′	26°29′	1000	11.0	90	常绿阔叶林	黑褐腐殖壤
9	LJFGS	云南省丽江市古城区福国寺	2 824	100°11′	26°57′	935	8.9	80	针阔混交林	黄沙壤
10	LJFGSS	云南省丽江市古城区福国寺上	3 021	100°10′	26°57′	935	8.9	90	针阔混交林	黑褐沙壤
11	GCWH	云南省丽江市古城区文海	3 320	100°17′	27°00′	935	8.9	75	针阔混交林	黄褐沙壤
12	HQMC	云南省大理州鹤庆县马厂	3 361	100°00′	26°29′	500	9.3	80	常绿阔叶林	黑褐腐殖壤
13	WXMC	云南省迪庆州维西县马厂	3 200	099°24′	27°08′	938	12.2	75	常绿阔叶林	黄褐沙壤
14	WXPTG	云南省迪庆州维西县攀天阁	2 940	099°16′	27°20′	980	12.0	80	针阔混交林	黑褐沙壤
15	XGLLLPZ	云南省迪庆州香格里拉县林坪子	3 210	099°54′	27°21′	870	9.0	85	针阔混交林	黄褐沙壤
16	XGLLZYGJT	云南省迪庆州香格里拉县藏彝观景台	3 318	099°52′	27°24′	738	7.2	80	华山松、竹林	黑褐腐殖壤
17	XGLLXZD	云南省迪庆州香格里拉县小中甸	3 490	099°49′	27°34′	800	5.8	85	针阔混交林	黑褐腐殖壤
18	XGLLNPH	云南省迪庆州香格里拉县纳帕海	3 574	099°39′	27°48′	840	5.5	80	华山松林	黑褐腐殖壤
19	DQSD	云南省迪庆州德钦县隧道	3 397	098°55′	28°27′	850	10.0	80	常绿阔叶林	黑褐沙壤
20	DQJYD	云南省迪庆州德钦县洁余地	3 397	098°56′	28°28′	840	11.5	95	常绿阔叶林	腐殖沙壤
21	DQJD	云南省迪庆州德钦县江顶	3 490	098°57′	28°29′	850	10.5	90	常绿阔叶林	黑褐沙壤
22	DQDSC	云南省德钦县夺松村	2 358	099°55′	27°57′	840	11.0	85	常绿阔叶林	腐殖沙壤
23	SCYY	四川省盐源县	3 177	101°30′	27°25′	855	12.1	75	常绿阔叶林	黑褐沙壤
24	SCML	四川省木里县	3 377	101°28′	27°54′	818	11.5	80	常绿阔叶林	黄褐腐殖壤

视野面积即为气孔密度。

1.3 数据处理方法

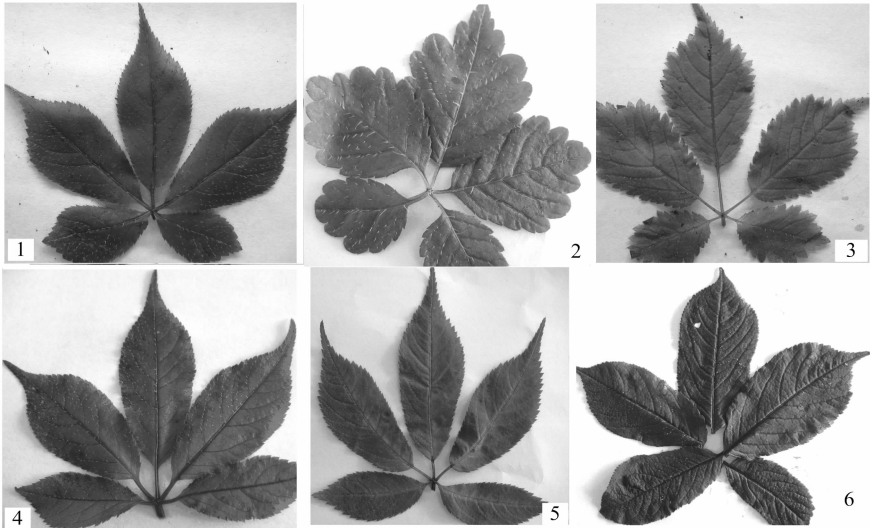
用 Excel 2003、DPS 7.0 软件进行数据整理及分析。

2 结果与分析

2.1 不同居群珠子参叶片基本形态特征的比较

珠子参的叶片形态特征主要为多薄纸质，稀厚纸质，近圆形、椭圆形、长椭圆形或卵状椭圆形，先端长渐尖或尾状渐尖，

边缘有重锯齿、细锯齿或深波状，两面脉上均有表皮毛(图 1)。24 个居群中，叶长最长的为 9 居群，平均为 11.03 cm，最短的为 23 居群，平均为 3.50 cm，相差 7.53 cm；叶宽最宽为 3 居群和 8 居群，平均为 3.06 cm，最窄的为 23 居群，平均为 1.50 cm，相差 1.56 cm，叶长、叶宽变异系数分别为 0.28、0.20；地理位置临近的差异不显著，地理位置较远的差异显著(表 2)。



1—居群 14 叶片，卵状椭圆形；2—居群 12 叶片，近圆形；3—居群 19 叶片，倒卵形；4—居群 7 叶片，长椭圆形锯齿；5—居群 10 叶片，狭椭圆形；6—居群 11 叶片，厚纸质

图1 珠子参叶片

表 2 珠子参 24 个居群叶片长、宽、长宽比的比较

居群	叶长 (cm)	叶宽 (cm)	叶长宽比
1	5.93 ± 0.73defgh	2.03 ± 0.48defgh	3.36 ± 0.94b
2	5.23 ± 0.33efghi	2.20 ± 0.11cdefgh	2.37 ± 0.04cde
3	6.53 ± 0.56cdef	3.06 ± 0.29a	2.16 ± 0.28cde
4	7.66 ± 0.73bcd	3.00ab	2.55 ± 0.24bede
5	8.17 ± 0.66bc	2.96 ± 0.27ab	2.77 ± 0.19bed
6	4.73 ± 0.50fghi	2.66 ± 0.40abcde	1.75 ± 0.09e
7	6.63 ± 0.10cdef	2.40 ± 0.25abcdef	2.72 ± 0.23bed
8	7.23 ± 0.52bede	3.06 ± 0.43a	2.30 ± 0.21cde
9	11.03 ± 0.32a	2.33 ± 0.06bedefg	4.73 ± 0.18a
10	6.70 ± 0.41cdef	3.00 ± 0.15ab	2.24 ± 0.22cde
11	7.26 ± 0.65bede	2.56 ± 0.38abcde	2.90 ± 0.22bc
12	5.30 ± 0.72efghi	2.76 ± 0.15abcd	1.91 ± 0.24de
13	5.00 ± 0.29fghi	2.86 ± 0.08abc	1.75 ± 0.15e
14	3.86 ± 1.60hi	1.63 ± 0.09gh	2.34 ± 0.32cde
15	5.13 ± 0.58fghi	2.20 ± 0.17cdefgh	2.32 ± 0.08cde
16	6.00 ± 0.00defg	2.56 ± 0.18abcde	2.36 ± 0.18cde
17	5.13 ± 0.27fghi	1.96 ± 0.28efgh	5.13 ± 0.27bede
18	6.20 ± 0.65cdef	2.60 ± 0.21abcde	2.37 ± 0.07cde
19	4.00 ± 0.86ghi	1.76 ± 0.23fgh	2.21 ± 0.21cde
20	5.90 ± 0.50defgh	1.80 ± 0.36fgh	3.30 ± 0.14b
21	8.73 ± 0.21b	2.60 ± 0.05abcde	3.35 ± 0.03b
22	7.80 ± 0.15bed	2.30 ± 0.05bedefg	3.39 ± 0.03b
23	3.50 ± 0.25i	1.50 ± 0.13h	2.28 ± 0.04cde
24	5.33 ± 0.44efghi	2.03 ± 0.12defgh	2.60 ± 0.11bede
最小值	3.50	1.50	1.75
最大值	11.03	3.06	5.13
平均值	6.21	2.41	2.72
标准差	1.71	0.47	0.83
变异系数	0.28	0.20	0.31

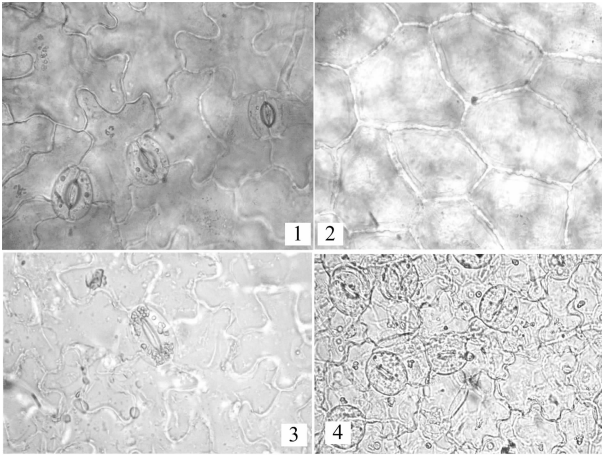
注:同列数据后不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

2.2 不同居群珠子参叶片表皮特征的比较

通过解剖镜和显微观察显示,珠子参叶片正面和背面均有表皮毛,且表皮毛的类型表现一致,上表皮细胞呈不规则形,垂周壁波状弯曲,均无气孔;下表皮细胞也呈不规则形,但垂周壁深波状弯曲,均有气孔,类型均为不定式,稀不等式,副卫细胞 3~4 个(图 2)。差异分析结果显示,正面、背面表皮毛密度差异显著,平均正面表皮毛密度是 32.78 个/cm²,变异系数为 0.92,最大是 24 居群,为 148.33 个/cm²,最小是 22 居群,为 2.00 个/cm²;平均背面表皮毛密度是 10.53 个/cm²,变异系数为 0.99,最大是 1 居群,为 39.66 个/cm²,最小是 19 和 22 居群,为 0 个/cm²;气孔密度 1 居群、8 居群、16 居群、17 居群和 24 居群 5 个居群的差异显著,平均 156.71 个/mm²,变异系数为 0.43,最大是 24 居群,为 360.33 个/mm²,最小是 8 和 9 居群,为 90.00 个/mm²(表 3)。

2.3 不同居群珠子参叶片特征与环境因子的相关性分析

分析了 6 个叶片特征参数和海拔、经度、纬度、年均降水量、遮阴度、植被类型、土壤类型 8 个环境因子的关系,结果表明:叶长与遮阴度呈显著正相关,相关系数达 0.51;背面表皮毛密度与经度和年均气温呈显著正相关,相关系数为 0.50 和 0.51,与纬度和遮阴度呈显著负相关,相关系数为 -0.45 和 -0.54,其余指标相关性不显著(表 4)。



1、2—居群16的下表皮和上表皮; 3—居群8下表皮;
4—居群24下表皮
图2 珠子参叶表面观

表 3 珠子参 24 个居群叶片表皮毛密度和气孔密度的比较

居群	正面表皮毛密度 (个/cm ²)	背面表皮毛密度 (个/cm ²)	气孔密度 (个/mm ²)
1	62.00 ± 4.57b	39.66 ± 3.69a	220.66 ± 1.20c
2	23.66 ± 1.45ef	5.33 ± 0.88fghi	115.00 ± 5.5jkl
3	19.33 ± 2.9fg	19.66 ± 3.84bede	112.33 ± 6.06jkl
4	27.66 ± 8.95def	3.00 ± 1.50hi	126.66 ± 6.30ijk
5	14.00 ± 4.30fg	12.00 ± 4.93cdefghi	139.00 ± 2.66hij
6	19.66 ± 6.69fg	6.33 ± 3.80efghi	111.00 ± 5.77kl
7	24.66 ± 2.73ef	4.00 ± 1.52ghi	198.33 ± 7.50cd
8	8.66 ± 0.88fg	1.33 ± 1.30hi	90.00 ± 1.15IJ
9	26.66 ± 1.76def	14.33 ± 0.84cdefgh	90.00 ± 4.35I
10	48.33 ± 7.86bc	9.00 ± 3.60defghi	94.00 ± 4.70I
11	41.00 ± 3.6cde	22.33 ± 7.05bcd	90.66 ± 2.33I
12	44.00 ± 3.20bcd	17.66 ± 0.66bedefg	93.00 ± 3.61I
13	26.33 ± 4.63def	8.66 ± 1.45efghi	144.00 ± 4.58ghi
14	61.00 ± 0.57b	18.66 ± 0.33bedef	167.00 ± 9.20efg
15	8.00 ± 1.15fg	1.00 ± 0.57hi	167.66 ± 2.20efg
16	46.00 ± 3.05bc	5.66 ± 1.45fghi	311.66 ± 2.76b
17	14.00 ± 4.50fg	8.00 ± 3.20efghi	172.33 ± 6.60def
18	9.33 ± 5.20fg	0.33 ± 0.20hi	180.33 ± 4.91de
19	20.66 ± 0.88fg	0i	174.33 ± 4.48def
20	11.00 ± 0.57fg	1.00 ± 0.5hi	110.66 ± 5.7kl
21	24.00 ± 2.08ef	2.66 ± 1.2hi	123.67 ± 6.70ijk
22	2.00 ± 0.57g	0i	148.33 ± 3.17fghi
23	56.33 ± 2.97bc	29.00 ± 5.5ab	156.33 ± 6.60efgh
24	148.33 ± 10.12a	23.00 ± 5.03bc	360.33 ± 8.37a
最小值	2.00	0	90.00
最大值	148.33	39.66	360.33
平均值	32.78	10.53	156.71
标准差	30.12	10.5	67.52
变异系数	0.92	0.99	0.43

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

2.4 聚类分析

对珠子参 24 个居群的 6 个性状进行聚类分析(Ward 法),当距离为 3.55 时,可分为 3 类,第 1 类包括 1、14、23、24,共计 4 个居群;第 2 类包括 2、3、4、5、6、8、9、10、11、12、13、15、16、17、18、19、20、22,共计 18 个居群;第 3 类包括 7 和 21,共

计 2 个居群(图 3)。在这 3 类中,每一类各居群之间有的地理距离相对较近,如第 1 类的 23 和 24,都是四川省的;还有第 2 类中的 2、3、4、5 和 10、12、11、6、13、9 等居群为同一个县

份和市的资源。此外,还可以看出,每一类群所处的地理环境条件也较为相似,如第 3 类中 2 个居群的纬度相差不大,表皮毛密度和气孔密度也相近。

表 4 珠子参 24 个居群叶片特征与环境因子的相关性分析

叶片形态指标	相关系数							
	海拔	经度	纬度	年均降水量	年均气温	遮阴度	植被类型	土壤类型
叶长	0.1	0.02	-0.07	0.04	-0.4	0.51 *	-0.04	-0.28
叶宽	-0.24	0.17	-0.25	0.14	-0.11	0.25	-0.04	-0.13
叶长宽比	0.32	-0.09	0.02	-0.2	-0.36	0.28	-0.06	-0.24
正面表皮毛密度	0.15	0.23	0.01	-0.21	0.34	-0.32	0.06	-0.16
背面表皮毛密度	-0.15	0.50 *	-0.45 *	-0.32	0.51 *	-0.54 *	0.09	0.02
气孔密度	0.17	-0.03	0.12	-0.18	0.16	-0.07	-0.14	-0.27

注:“*”表示显著相关($P<0.05$),“**”表示极显著相关($P<0.01$)。

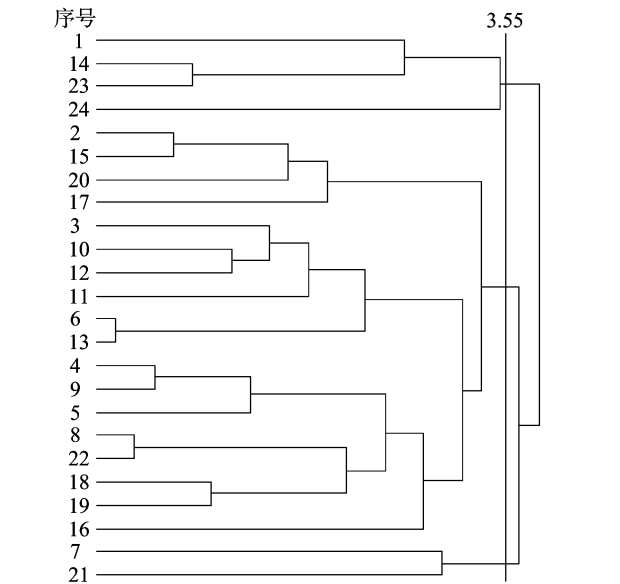


图3 24个居群珠子参的聚类分析(居群序号详见表1)

3 结论与讨论

3.1 珠子参叶的形态特征与生态环境的关系

大多植物形态性状是多基因决定的数量性状,往往具有适应和进化意义,可以更清楚地揭示植物与其环境之间的关系,而叶是植物暴露在地面环境中最多的器官,因此植物对环境的反应通常较多地反映在叶的形态结构上。有研究也表明,植物叶片形态与地理环境息息相关,同一种属植物生长在不同生境下,其叶表皮气孔密度有着较显著的差异,根据这些差异可以讨论与猜测植株进化与变异轨迹^[9-11]。本研究中,珠子参叶上表皮毛大都多于下表皮,但上表皮基本上没有气孔,气孔均存在于下表皮,这样可以避免强烈的日照,减少呼吸和蒸腾,降低水分的散失,起到自我保护的作用。差异分析结果显示,珠子参叶的6个形态特征在地理位置较远的居群差异显著,但地理位置临近的居群(即在同一县区和市区)差异不显著,海拔较高的珠子参叶表皮毛密度和气孔密度增加,这与马书荣等的研究结论^[12]是相符的,即随海拔升高,气孔密度增加,单位面积上的表皮毛数量增多。聚类分析结果也显示 24 个居群的 6 个叶片特征性指标表现出与采集地有一定的相关性,地理距离相对较近的资源一般聚为一类。但相

关分析结果显示叶长与遮阴度呈显著正相关,说明叶片的长度与生长环境的遮阴程度关系密切;背面表皮毛密度与经度和年均气温呈显著正相关,相关系数为 0.50 和 0.51,与纬度和遮阴度呈显著负相关,相关系数为 -0.45 和 -0.54,说明叶长及背面表皮毛密度相对于其他指标对环境因子的影响变化更敏感;其余指标相关性不显著,究其原因,可能是由于珠子参标本采集地海拔、植被类型及土壤类型差异不大,各居群珠子参生长环境有一定相似性或者与光照、土壤湿度等其他因素有关系。

另外本研究中,聚类分析将四川省木里县和盐源县、云南省昆明市呈贡县梁王山、云南迪庆州维西县攀天阁居群聚为一类,4 个居群之间表皮毛和气孔密度存在着较大差异,且有地理位置较远,究其原因,这可能与光照及其他因素有关。Ciha 等指出气孔密度随植株接受光强增加而增加^[13-14];有学者指出水分胁迫条件下,气孔密度有升高的趋势。四川木里海拔较高,光照度较其他地区强,土壤湿度也较其他地区的小,所以气孔密度高些。综上所述,珠子参植株叶形态特征与生境的关系还需进一步研究。

3.2 珠子参叶的形态特征的多样性

珠子参是人参属中过渡类型最多的一个种^[15-16]。在本研究中也发现,同一居群的珠子参在叶形态上变异显著,24 个居群中叶形就有近圆形、椭圆形、长椭圆形、卵状椭圆形;叶缘有锯齿的、细锯齿的、重锯齿的和深波状的;叶端有渐尖或尾状渐尖;形态上差异很大;上下表皮毛密度上表面较下表面大,上表皮细胞呈不规则形,垂周壁波状弯曲,均无气孔;下表皮细胞也呈不规则形,但垂周壁深波状弯曲,均有气孔,类型均为不定式,稀不等式,副卫细胞 3~4 个,单位面积的气孔数量和表皮毛数量有明显差异。因此,叶片特征对于珠子参种质筛选和保存有一定的指导意义。

参考文献:

[1]李永华,卢琦,吴波,等.干旱区叶片形态特征与植物响应和适应的关系[J].植物生态学报,2012,36(1):88-98.
[2]杨青松,董有彦,赵艳.川滇高山栎不同生态环境叶表皮形态特征比较研究[J].云南民族大学学报:自然科学版,2012,21(2):93-97.
[3]高艳,崔洪霞,石雷,等.丁香属植物叶片表皮形态特征与环境适应及系统学关联[J].西北植物学报,2008,28(3):475-484.

李 河,王 栋,王传铭. 牛粪和菌糠为主料栽培高钙平菇初探[J]. 江苏农业科学,2015,43(9):280-282.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.09.093

牛粪和菌糠为主料栽培高钙平菇初探

李 河,王 栋,王传铭

(红河学院生命科学与技术学院/云南省高校农作物优质高效栽培与安全控制重点实验室,云南蒙自 661199)

摘要:以牛粪、菌糠为主要栽培料进行平菇栽培试验,筛选出适宜配方,并以此配方为基础添加碳酸钙,生产高钙平菇。结果表明:配方 3 的试验效果最佳,菌丝满瓶天数、现蕾时间、采收时间均最短,菌丝浓密洁白;子实体鲜质量、干质量、生物学转化率等表现最佳。碳酸钙不仅促进平菇菌丝生长,而且提高了子实体的单位产量,增加了子实体中的钙元素含量。最适配方为:牛粪 80%、菌糠 10%、麸皮 5%、米糠 4%、石膏 1%、碳酸钙 2.5%。

关键词:平菇;牛粪;菌糠;高钙

中图分类号:S646.1⁺4 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2015)09-0280-03

平菇 [*Pleurotus ostreatus* (Jacq. :Fr.) Kummer] 别称北风菌、蚝菌,是大众喜食的食用菌。平菇营养丰富、味道鲜美,含有丰富的蛋白质、氨基酸、矿质元素,其含有的蛋白多糖能增强机体免疫功能^[1]。平菇具有适应能力强、易栽培、周期短、成本低、效益好、培养料来源广等特点。目前,平菇传统栽培的主要原料为棉籽壳、木屑、玉米芯等。近年来,随着我国畜牧业的发展,牲畜粪便处理便成为一大难题,不仅污染环境,而且可能危害人类健康。利用牛粪、菌糠为主要培养料,既可降低成本,又能减少环境污染^[2]。钙是人体必需的矿质元素,对人体骨骼生长发育、生理代谢调节具有重要作用^[3]。常用的化学钙制剂具有吸收率低、含有副产物、成本高等缺点^[4]。平菇菌丝子实体对锌、铁、硒等元素有比较高的富集^[5-6],平菇子实体对钙的富集却鲜见报道。本试验以牛粪、菌糠为主料栽培平菇,并以优选配方为基础添加不同比例碳酸钙,探索高钙平菇子实体栽培的可行性,以期平菇生产提

供参考。

1 材料与与方法

1.1 材料

供试菌种:平菇(糙皮侧耳)供试菌种为优光 1 号,购自四川省绵阳市食用菌研究所。培养基用料:蔗糖、碳酸钙、硝酸为分析纯,过磷酸钙为化学纯,菌糠(食用菌栽培废料),牛粪,玉米芯,麸皮,尿素,米糠,石灰,石膏。TAS-990 原子吸收分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司)。

1.2 方法

1.2.1 母种扩繁 采用 PDA 培养基。用接种针挑取母种菌丝接种至斜面培养基中部,每支母种接 30~40 支试管,将接种好的试管置于 25~28℃ 恒温箱中培养 10~15 d 备用^[5]。

1.2.2 配方及栽培 牛粪、菌糠为主料配方组成见表 1。从 7 个配方中选择试验效果最佳的 2 个配方 A、B,按 0、2.0%、2.5%、3.0%、4.0%、5.0% 浓度梯度添加碳酸钙。拌料灭菌:按照配方准确称料。将菌糠、牛粪、麸皮、米糠混合均匀,用石膏和石灰混悬液拌料,确保培养料含水率达 60%,以手紧握培养料指尖有水滴但不滴下为准。用洗净的培养瓶装料打孔后以封口膜封口,压强 1.5 kg/cm²、温度 121℃ 下灭菌 2 h。

收稿日期:2014-09-26

基金项目:云南省教育厅科研项目(编号:2011C119)。

作者简介:李 河(1981—),男,云南建水人,实验师,研究方向为食用菌栽培及遗传分析。E-mail:ynlihe@yeah.net。

[4] 崔秀萍,刘果厚,张瑞麟. 浑善达克沙地不同生境下黄柳叶片解剖结构的比较[J]. 生态学报,2006,26(6):1842-1847.

[5] 何冬梅,刘 庆,林 波,等. 人工针叶林林下 11 种植物叶片解剖特征对不同生境的适应性[J]. 生态学报,2008,28(10):4739-4749.

[6] 杨赵平,徐雅丽,李志军. 裸果木叶片的解剖结构与生态适应性[J]. 安徽农业科学,2011,39(7):3929-3931.

[7] 杨崇仁,周 俊,田中治. 人参属植物的化学分类和资源利用[J]. 云南植物研究,1988(增刊):47-62.

[8] Venugopal N, Ahuja P. Relationship between age, size, fecundity and climatic factors in *Panax wangiianus* an endangered medicinal plant in the sacred grove forest of North-East India[J]. Journal of Forestry Research,2011,22(3):427-435.

[9] 谢果珍,舒少华,王 沫. 不同居群栝楼叶表皮气孔形态研究[J]. 时珍国医国药,2008,19(12):2956-2958.

[10] 陈丹生,庄哲煌,马瑞君,等. 不同生境对五爪金龙叶气孔密度的影响[J]. 湖北农业科学,2011,50(16):3304-3306.

[11] 梁松洁,张金政,张启翔,等. 北方地区藤本类忍冬叶表皮结构及其生态适应性比较研究[J]. 植物研究,2004,24(4):434-438.

[12] 马书荣,阎秀峰,陈柏林,等. 不同海拔裂叶沙参和泡沙参气孔形态的对比研究[J]. 东北林业大学学报,1999,27(6):94-97.

[13] Cihra A J, Bron W A. Stomatal size and frequency in soybeans[J]. Crop Science,1975,15(5/6):9-12.

[14] 山本昭夫. 土壤水分和光照强度对气孔密度的影响[J]. 日本作物学会纪事,1984,53(4):463-471.

[15] 周 俊,黄伟光,武明珠,等. 人参属植物的三萜成分和分类系统、地理分布的关系[J]. 植物分类学报,1975,13(2):29-45.

[16] 许银凤,王 丽,李学芳,等. 珠子参地下及地上部分的显微鉴别研究[J]. 云南中医学院学报,2008,31(6):15-19,29.