

陈芳,谷晓平,梁平,等.不同栽培方式下铁皮石斛有效成分和光合特性的变化[J].江苏农业科学,2017,45(11):90-93.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.11.024

不同栽培方式下铁皮石斛有效成分和光合特性的变化

陈芳^{1,2},谷晓平²,梁平²,于飞²

(1. 贵州大学林学院,贵州贵阳 550025; 2. 贵州省山地环境气候研究所/贵州省山地气候与资源重点实验室,贵州贵阳 550002)

摘要:采用苯酚-硫酸比色法定量测定多糖含量,比较大棚栽培铁皮石斛与仿野生栽培铁皮石斛的生物量、多糖、生物碱、氨基酸含量等主要药用成分和光合特性的差异性。结果表明,仿野生栽培的铁皮石斛多糖含量与大棚栽培差异不大,最大含量分别为 39.02%、37.90%;大棚和仿野生栽培铁皮石斛的生物碱含量最高分别为 0.314、0.295 mg/g,两者之间差异不显著($P < 0.05$),而总氨基酸含量最高分别为 24.711、16.252 mg/g,两者差异较明显;铁皮石斛的光饱和点、光补偿点相对较低,仿野生栽培的光饱和点仅为 327.484 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,具有明显的阴生植物特性。仿野生栽培铁皮石斛是一种较优的栽培方式,质量与野生材料相近,可作为野生铁皮石斛的替代资源加以开发利用。

关键词:铁皮石斛;多糖;生物碱;氨基酸;光合特性

中图分类号: R282.71 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)11-0090-03

铁皮石斛(*Dendrobium officinale* Kimura et Migo)别称黑节草、云南铁皮,兰科石斛属植物,为我国 39 种药用石斛中的特级珍品,至今已有 1 500 多年的历史,素有“软黄金”“千金草”之称^[1]。野生铁皮石斛主要生长在悬崖峭壁阴面的崖隙中,根不入土,长年饱受风霜雨露的滋润,因其生性独特及特殊的生存环境,滋补功效被列为“中华九大仙草”之首^[2]。铁皮石斛富含多糖、生物碱、氨基酸、菲类化合物等多种药用成分^[3-8],在抗肿瘤、提高人体免疫力、降血糖、延缓衰老、扩张血管、改善萎缩性胃炎、糖尿病等方面有显著疗效^[2,9-10]。在长期的进化演变中,由于种子发芽率低、生长环境条件苛刻、药农的掠夺性采挖及生态环境的日益恶化,野生铁皮石斛资源已濒临灭绝^[11]。1987 年,铁皮石斛被列入《中华人民共和国珍稀濒危植物名录》和《濒危野生动植物种国际贸易公约 CITES》,列为Ⅱ级保护植物^[12],2001 年又被列入《国家重点保护野生植物名录(第 2 批)》,严禁采摘^[13-15]。

铁皮石斛的种子极小、无胚乳,自然条件下很难用实生苗栽培,而传统的分株、扦插等方式繁殖率极低,加上人为的过度采挖和生境破坏,其资源已濒临灭绝。为保护野生资源,为铁皮枫斗加工提供充足的原料,国内 20 世纪 70 年代便开始铁皮石斛的开发研究^[6,16]。本试验通过对大棚栽培与室外仿野生栽培的铁皮石斛营养成分进行系统的分析测定,分析不同栽培条件下铁皮石斛营养成分的差异,为更好地研究开发铁皮石斛这一濒危植物提供参考。

1 材料与方法

收稿日期:2017-01-10

基金项目:国家自然科学基金(编号:41365008);贵州省科技厅项目(编号:黔科合农 G 字[2014]4001);贵州省山地环境气候研究所院士工作站项目(编号:黔科合院士站[2014]4010 号)。

作者简介:陈芳(1990—),女,贵州沿河人,硕士研究生,从事生态学 research。E-mail:1522178306@qq.com。

通信作者:谷晓平,博士,正研级高级工程师,主要从事农业气象、生态学研究。E-mail:16114331@qq.com。

1.1 铁皮石斛样品采集与试验地概况

2 年生铁皮石斛新鲜植株,大棚栽培的分别采自贵州省丹寨县、贞丰县、三都水族自治县等地的铁皮石斛大棚栽培基地,仿野生栽培的(附生在高大常绿乔木的树干上或长在苔藓的石缝中)分别采自贵州省安龙县、丹寨县、黎平县、从江县等地,所有样品均经过清华启迪科技园金琴满老师的鉴定。采样地均属亚热带季风湿润气候区,地跨 104°58'47"~109°12'30" E,24°59'11"~28°30'3" N,年平均气温 12.6~18.4℃,最冷月平均气温 6.4℃,最热月平均气温 21.9℃,年降水量 1 195.4~1 325.9 mm,相对湿度 70%~85%,年平均无霜期 308 d,年日照时数 1 545.0 h 左右(表 1)。

表 1 采样地基本概况

栽培方式	采样点	经度	纬度	海拔(m)
大棚	丹寨县	107°48'43"E	26°16'41"N	913.0±4.0
	贞丰县	105°38'54"E	25°25'22"N	1 021.1±4.0
	三都水族自治县	107°48'8"E	25°56'49"N	424.0±1.0
仿野生	安龙县	105°25'1"E	24°59'11"N	926.0±1.0
	黎平县	109°12'30"E	26°20'58"N	432.5±5.8
	从江县	109°5'40"E	25°53'23"N	302.0±3.0
	湄潭县	107°34'41"E	27°48'48"N	792.0±3.0
	德江县	108°11'60"E	28°20'7"N	864.0±9.0
	沿河县	108°32'24"E	28°30'3"N	487.0±4.0
	兴义市	104°58'47"E	24°54'16"N	1 130.0±2.0
	荔波县	107°41'56"E	25°16'58"N	705.0±5.0

1.2 测定内容与方法

将采回的样品清洁干净,放入烘箱 60℃烘干,磨细,过 60 目筛,分别测定铁皮石斛的多糖、生物碱、氨基酸含量及铁皮石斛的茎高、茎粗(茎径)、鲜质量、干质量、含水率。铁皮石斛多糖含量参照 2015 版《中华人民共和国药典》方法^[17]测定,以无水葡萄糖为对照品,采用苯酚-硫酸法测定;总生物碱含量采用紫外法测定;氨基酸含量采用高效液相色谱法测定。

采用美国 LI-COR 公司生产的 LI-6400XT 光合仪、

LED 红蓝光为光源, 气体流速为 500 μmol/s, CO₂ 浓度为 400 μmol/mol, 选择晴朗天气分别测定光照度为 0、15、30、60、120、250、500、1 000、1 500、2 000 μmol/(m² · s) 时铁皮石斛叶片的光合特性。

1.3 数据统计与分析

采用 Excel 2010 软件对数据进行统计和作图, 采用 SPSS 21.0 软件对数据进行差异显著性分析。

2 结果与分析

表 2 不同栽培方式下铁皮石斛的生物量

栽培方式	采样点	茎			叶			茎高 (cm)	基径 (mm)
		鲜质量(g)	干质量(g)	含水率(%)	鲜质量(g)	干质量(g)	含水率(%)		
大棚	丹寨县	84.866	27.688	67.37	50.127	9.583	80.88	15.726 1	5.563 0
	贞丰县	184.597	60.094	67.45	183.188	35.932	80.39	16.968 7	5.030 5
	三都水族自治县	59.82	18.423	69.20	57.016	12.304	78.42	17.246 9	4.988 5
仿野生	丹寨县	58.34	22.309	61.76	49.726	12.413	75.04	15.726 1	5.563 0
	安龙县	130.1	37.657	71.06	38.412	10.007	73.95	17.256 5	5.067 8
	黎平县	106.766	37.535	64.84	59.426	16.592	72.08	14.089 2	3.580 9
	从江县	94.564	35.855	62.08	49.923	13.815	72.33	15.161 0	3.884 0
	湄潭县	68.806	19.522	71.63	30.568	9.917	67.56	14.077 7	3.033 8
	德江县	15.692	8.805	43.89	12.194	6.378	47.70	12.068 4	3.013 5
	沿河县	66.994	25.664	61.69	23.719	9.132	61.50	13.987 7	4.109 4
	兴义市	62.278	13.649	78.08	23.571	8.067	65.78	15.882 5	4.937 6
	荔波县	119.796	30.984	74.14	14.025	6.888	50.89	17.828 8	4.684 1

2.2 不同栽培方式对铁皮石斛多糖、生物碱含量的影响

经测定, 对照品多糖的回归方程为 $y = 0.046\ 3x + 0.041\ 4$ ($r^2 = 0.999\ 2$), 对照品生物碱的回归方程为 $y = 0.278\ 8x - 0.407\ 0$ ($r^2 = 1.000\ 0$)。由表 3 可见, 仿野生栽培的铁皮石斛多糖含量差异明显; 丹寨县大棚栽培的铁皮石斛多糖含量相对最高, 为 37.90%, 贞丰县的相对最低, 仅为 12.79%; 黎平县仿野生栽培的铁皮石斛多糖含量相对最高, 为 39.02%, 说明黎平县的气候条件非常适宜铁皮石斛的生长, 荔波县的相对最低, 为 17.28%; 仿野生栽培的铁皮石斛生物碱含量总体明显高于大棚栽培, 仿野生栽培荔波县的铁皮石斛生物碱含量相对最高, 为 0.314 mg/g, 黎平县的相对最低, 为 0.238 mg/g。

表 3 不同栽培方式对铁皮石斛多糖、生物碱含量的影响

栽培方式	采样点	多糖含量 (%)	生物碱含量 (mg/g)
大棚	丹寨县	37.90	0.266
	贞丰县	12.79	0.224
	三都水族自治县	28.64	0.295
仿野生	安龙县	25.56	0.287
	黎平县	39.02	0.238
	从江县	17.85	0.310
	湄潭县	27.27	0.299
	德江县	25.95	0.264
	沿河县	38.43	0.281
	兴义市	19.03	0.263
	荔波县	17.28	0.314

2.3 不同栽培方式对铁皮石斛氨基酸含量的影响

由表 4 可见, 大棚栽培与仿野生栽培的铁皮石斛氨基酸含量差异明显, 从江县仿野生栽培的铁皮石斛总氨基酸含量

2.1 不同栽培方式对铁皮石斛生物量的影响

生物量是植物最基本的数量特征, 是研究植物碳储量、生产力、物质循环和能量流动等生态问题的基础。由表 2 可见, 不同栽培方式下铁皮石斛的生物量有所不同, 大棚栽培的铁皮石斛茎含水率相差不大, 在 67% 左右, 野外仿野生栽培的铁皮石斛含水率有明显差异; 大棚栽培的叶含水率与仿野生栽培有明显差异, 大棚栽培的在 80% 左右, 而仿野生栽培的叶含水率最大为 75.04%; 茎高与叶含水率的变化趋势基本一致, 大棚栽培的普遍高于仿野生栽培。

相对最高, 为 24.711 mg/g, 而大棚栽培的丹寨县相对最高, 仅为 16.252 mg/g; 从氨基酸组成看, 大棚栽培与仿野生栽培的铁皮石斛各种氨基酸组成基本一致, 多以丝氨酸含量相对最高, 其次是谷氨酸、丙氨酸、苯丙氨酸。

2.4 不同栽培方式对铁皮石斛光合特性的影响

2.4.1 光响应曲线 光响应曲线 ($P_n - PAR$) 反映植物光合速率随光照度的变化规律^[18-20]。由图 1、图 2 可知, 随光照强度的增大, 不同栽培方式铁皮石斛的净光合速率由负值开始不断上升; 光照强度分别为 200、330 μmol/(m² · s) 时, 大棚栽培、仿野生栽培的铁皮石斛净光合速率达到最大值; 净光合速率达到光饱和点后开始逐渐下降, 仿野生栽培的铁皮石斛具有较大的净光合速率。

2.4.2 光合作用特征参数 根据铁皮石斛的 $P_n - PAR$ 响应曲线, 应用非直线双曲线 Farquhar 模型描述铁皮石斛光响应特征:

$$P = \{light \times Q + P_{\max} - \sqrt{[(Q \times light + P_{\max}) \times (Q \times light + P_{\max}) - 4 \times Q \times P_{\max} \times light \times K]} \} / (2 \times K) - R_d。$$

式中: Q 为表观量子效率, K 为曲角, R_d 为暗呼吸速率, P_{\max} 为最大净光合速率, $light$ 为光照度。由表 5 可见, 2 种栽培方式铁皮石斛的光补偿点 (LCP)、光饱和点 (LSP) 均相对较低, 仿野生栽培的 LSP 仅为 327.484 μmol/(m² · s), LCP 为 5.919 μmol/(m² · s), 最大光合速率也相对较低, 为 19.937 μmol/(m² · s), 说明铁皮石斛具有较强的弱光应能力和明显的阴生植物特性。

3 结论与讨论

仿野生栽培的铁皮石斛多糖、生物碱、氨基酸含量最高分别为 39.02%、0.314mg/g、24.711mg/g, 大棚栽培的铁皮石

表 4 不同栽培方式对铁皮石斛氨基酸含量的影响

栽培方式	采样点	氨基酸含量(mg/g)																	
		组氨酸	门冬氨酸	胱氨酸	丝氨酸	精氨酸	甘氨酸	苏氨酸	赖氨酸	脯氨酸	丙氨酸	酪氨酸	缬氨酸	甲硫氨酸	谷氨酸	异亮氨酸	亮氨酸	苯丙氨酸	总氨基酸
大棚	丹寨	0.670	0.108	0.658	2.619	0.356	1.080	0.909	0.442	1.089	1.457	1.170	0.922	0.199	2.312	0.902	0.372	0.987	16.252
	贞丰	0.696	0.573	0.464	1.556	0.473	0.690	0.672	0.436	0.523	0.740	0.310	0.733	0.142	1.752	0.800	0.312	0.670	11.542
	三都	1.270	0.843	0.748	2.321	0.674	1.022	0.935	0.708	0.703	1.258	0.201	1.016	0.113	0.515	1.089	0.481	0.950	14.849
仿野生	德江	0.450	0.370	0.205	0.114	0.281	0.055	0.212	0.748	0.578	1.619	0.360	0.350	0.119	14.925	0.331	0.127	1.649	22.492
	沿河	0.703	0.554	0.577	3.371	0.243	0.641	0.541	0.404	0.472	0.818	0.240	0.717	0.080	1.368	0.742	0.290	0.797	12.557
	丹寨	1.266	1.123	0.867	5.425	0.584	1.091	0.960	0.619	0.739	1.103	0.264	1.051	0.260	2.166	1.176	0.432	0.902	20.028
	从江	0.972	1.073	1.362	1.421	0.826	1.323	1.583	0.764	0.765	3.067	2.129	1.263	0.674	4.008	1.344	0.417	1.721	24.711
	黎平	0.687	0.683	0.678	2.093	0.472	0.856	0.740	0.594	0.622	0.848	0.495	0.721	0.148	1.356	0.715	0.302	0.724	12.734
	安龙	0.627	0.082	0.549	1.852	0.510	0.898	0.576	0.581	0.953	0.940	0.718	0.816	0.186	1.258	0.719	0.324	0.669	12.260
	湄潭	1.600	0.836	0.881	1.502	0.591	1.149	1.101	0.651	1.035	1.308	0.526	1.053	0.168	1.702	1.018	0.498	1.059	16.678
	荔波	0.937	1.196	1.160	1.950	1.050	1.397	1.491	0.794	0.813	2.585	2.153	1.105	0.524	3.311	1.133	0.427	1.501	23.526
	兴义	0.937	0.299	0.323	14.502	0.636	0.167	0.468	0.324	0.244	0.869	0.182	0.681	0.237	1.838	0.750	0.278	0.560	23.294

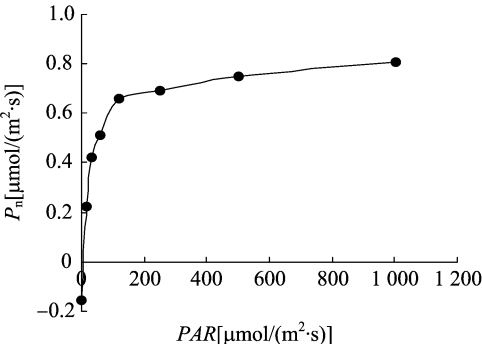


图1 大棚栽培铁皮石斛的光响应曲线

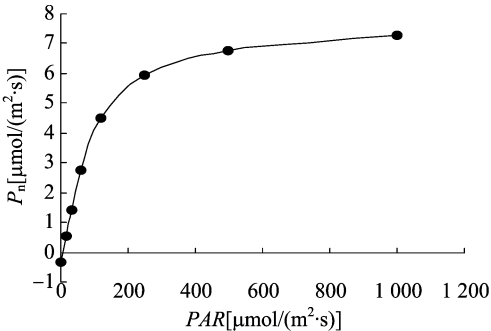


图2 仿野生栽培铁皮石斛的光响应曲线

表 5 不同栽培方式铁皮石斛光合特征参数的比较

栽培方式	曲角 K	最大光合速率 P_{\max} [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	表观量子效率 Q [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	暗呼吸速率 R_d [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	光补偿点 LCP [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	光饱和点 LSP [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]
大棚	0.287	19.141	0.109	0.235	2.156	189.520
仿野生	0.494	19.937	0.062	0.367	5.919	327.484

斛多糖、生物碱、氨基酸含量最高分别为 37.90%、0.295 mg/g、16.252 mg/g,2 种栽培方式营养成分差异相对较小;仿野生栽培的铁皮石斛净光合速率远大于大棚栽培,仿野生栽培的铁皮石斛光饱和点为 327.484 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,而大棚栽培的仅为 189.520 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。因此,无论是有效成分还是光合特性,仿野生栽培的铁皮石斛品质要好于大棚栽培。大量研究表明,无论是大棚栽培还是仿野生栽培,铁皮石斛多糖含量都非常丰富,而铁皮石斛的药用成分主要为铁皮石斛多糖,仿野生和大棚种植的铁皮石斛都具有极高的药用价值,都是优良的贵重中药材,大棚种植的铁皮石斛与仿野生铁皮石斛在药用方面等效^[21-22]。

仿野生栽培的铁皮石斛含有丰富的多糖、生物碱、蛋白质、氨基酸及丰富的 K、Ca、Mg 等无机元素,具有较高的营养价值,可以弥补野生铁皮石斛的资源不足。我国西南山地仿野生栽培铁皮石斛意义重大,既能带来可观的经济效益,又能有效保护生态环境,是西南地区农业产业结构调整的一条有效途径。

参考文献:

[1]徐琳娜. 茂兰喀斯特铁皮石斛环境适应性研究[D]. 贵阳:贵州

师范大学,2008.
[2]张泽锦. 铁皮石斛的光合碳同化途径及其对环境变化的生理响应[D]. 北京:中国农业大学,2014.
[3]华允芬. 铁皮石斛多糖成分研究[D]. 杭州:浙江大学,2005.
[4]邝俊维. 石蒜、铁皮石斛化学成分研究[D]. 长沙:中南大学,2013.
[5]郭孟璧,封良燕,田茂军,等. 人工培养铁皮石斛营养成分分析研究[J]. 云南化工,2006,33(2):15-16,43.
[6]黎万奎,胡之璧,周吉燕,等. 人工栽培铁皮石斛与其他来源铁皮石斛中氨基酸与多糖及微量元素的比较分析[J]. 上海中医药大学学报,2008,22(4):80-83.
[7]马国祥,徐国钧,徐璐珊,等. 鼓槌石斛及其化学成分的抗肿瘤活性作用[J]. 中国药科大学学报,1994,25(3):188-189.
[8]马国祥,徐国钧,徐璐珊,等. 鼓槌石斛中一新的联苄类化合物——鼓槌石斛素[J]. 药学学报,1996,31(3):222-225.
[9]柳莲芳. 铁皮石斛的最新研究进展[J]. 安徽农业科学,2012,40(11):6426-6428,6430.
[10]陈晓梅,郭顺星. 石斛属植物化学成分和药理作用的研究进展[J]. 天然产物研究与开发,2001,13(1):70-75.
[11]吴建,王建方,方玲,等. 国内铁皮石斛研究概况[J]. 中国药学杂志,2013,48(19):1610-1613.

古丽江·许库尔汗,张东亚,孙雅丽,等. 蓝果忍冬生物学特性及 6 个品种经济性状比较[J]. 江苏农业科学,2017,45(11):93-96.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.11.025

蓝果忍冬生物学特性及 6 个品种经济性状比较

古丽江·许库尔汗,张东亚,孙雅丽,陈同森,阿依古丽·铁木儿,安 鹭

(新疆林业科学院,新疆乌鲁木齐 830000)

摘要:在相同栽培管理水平条件下,对 6 个蓝果忍冬(*Lonicera caerulea* L.)品种进行形态特征、物候期观察,测定各品种外部经济性状和果实营养成分,并进行比较分析。结果表明,各品种物候期间差异不大,果实成熟期有 2~3 d 的差异,这在大面积生产中有利于机械化采摘;外部经济性状中,单果质量与果实纵径、果实横径具有显著正相关关系,相关数分别为 0.377、0.378;百果质量与单果质量之间存在显著的正相关关系,相关数为 0.363。蓝果忍冬果实可溶性糖与花青素、可溶性蛋白、糖酸比品质指标之间具有极显著正相关关系,相关系数分别为 0.684、0.628、0.956。伊利亚达、瓦修甘斯卡亚和蔚蓝等 3 个品种的生长量明显高于其他品种,外部经济性状和营养成分具有一定的差异,但差别不大,适宜在新疆地区推广。

关键词:蓝果忍冬;生物学特性;物候期;引种;经济性状

中图分类号:R282.71 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2017)11-0093-04

蓝果忍冬(*Lonicera caerulea* L.)为忍冬科(Caprifoliaceae)忍冬属植物,落叶灌木,高 0.5~3.0 m,在海拔 2 600~3 500 m 的区域适宜生长。蓝果忍冬主要分布在我国吉林省长白山、黑龙江省大兴安岭东部山区以及内蒙古自治区、河北省、山西省、宁夏回族自治区、甘肃省南部、青海省、四川省北部及云南省西部等地,此外,在俄罗斯远东地区、日本及朝鲜北部等地都有分布。它是一种新兴的小浆果资源,果实富含糖类、有机酸、维生素和多种微量元素,具有很高的营养保健价值,近几年来它吸引着人们的注意力,在小浆果类灌木中占据了很重要的位置。蓝果忍冬 5 月底 6 月初成熟,是成熟较早的小浆果。大部分品种在露地草莓成熟之前被采摘和加工。蓝果忍冬具有很强的抗寒性,它的花能抗晚霜的危害,

生长期对温度没有特殊的要求。

俄罗斯是蓝果忍冬研究较早的国家,从 20 世纪 50 年代开始俄罗斯小浆果专家开展了蓝果忍冬的育种工作,当时主要是从野生株系中进行选优,重点放在有性杂交育种研究中,试图把不同种和亚种具有的抗寒、甜味、不易落果等优良性状通过杂交育种的方法集中到一个品种上表现。俄罗斯当前的育种目标是选育出具有高度抗寒性、早熟、果实酸甜适口、丰产、大果、熟期一致、不落果、黄酮等生物活性物质含量较高的优良品种。到 1998 年末,俄罗斯已有盖尔达、蓝色纺锤等 17 个品种通过国家认定,这些品种均有丰产、大果、抗寒、味甜等特点,已广泛应用推广。我国对蓝果忍冬的研究起步较晚,北方一些地区先后开展了新品种引种及栽培技术研究工作,主要集中在栽培特性、形态特征与系统分类、药用价值、解剖学和细胞学角度等方面开展,并且在研究中发现蓝果忍冬果实富含对胃肠和偏头痛具有特殊功效的成分,这一发现激起了人们引进和种植蓝果忍冬的积极性。

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料为伊利亚达(Yilyada)、瓦修甘斯卡亚(Vacu-

收稿日期:2016-03-16

基金项目:科技部国际科技合作项目(编号:2014DFR31070)。

作者简介:古丽江·许库尔汗(1966—),女,新疆阿勒泰人,硕士,高级工程师,从事抗寒小浆果资源引种栽培及品种选育研究。Tel:(0991)4656522;E-mail:guljan66@126.com。

通信作者:张东亚,硕士,研究员,从事经济林及绿化观赏树品种选育及栽培研究。Tel:(0991)4656176;E-mail:zdywah998@126.com。

- [12] Jia X, Li A, Jun J, et al. Investigation on the morphological characteristics of dendrobium officinale plantlets propagated from different explants[J]. Agricultural Biotechnology, 2014, 36(5): 11-14.
- [13] 赵菊润,张治国. 铁皮石斛产业发展现状与对策[J]. 中国现代中药, 2014, 16(4): 277-279, 286.
- [14] 罗金明. 铁皮石斛产业及市场发展初探[J]. 中国中药杂志, 2013, 38(4): 472-474.
- [15] 吴韵斯,斯金平. 铁皮石斛产业现状及可持续发展的探讨[J]. 中国中药杂志, 2010, 35(15): 2033-2037.
- [16] 姜 武,陈松林,吴志刚,等. 人工栽培铁皮石斛品质评价[J]. 浙江农业科学, 2016, 57(6): 836-837.
- [17] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 北京:化学工业

出版社, 2009: 266-267.

- [18] 吕献康,徐春华,舒小英. 3 种石斛的光合特性研究[J]. 中草药, 2004, 35(11): 1296-1298.
- [19] 沈宗根,陈翠琴,王岚岚,等. 3 种石斛光合作用和叶绿素荧光特性的比较研究[J]. 西北植物学报, 2010, 30(10): 2067-2073.
- [20] 张玲菊,高亭亭,章晓玲,等. 5 个种源铁皮石斛的光合特性[J]. 浙江农林大学学报, 2013, 30(3): 359-363.
- [21] 姜殿强,刘再华,申宏岗,等. 岩溶生态环境条件下不同生境铁皮石斛多糖含量的比较研究[J]. 中国岩溶, 2007, 26(3): 226-229.
- [22] 姜殿强. 岩溶生态环境条件下石生和树生铁皮石斛生长的对比研究[D]. 桂林:广西师范大学, 2007.