

[药材资源]

不同生境下多花黄精化学成分比较

倪天宇， 罗晓朦， 张春椿， 俞 冰， 张水利*， 范慧艳*
(浙江中医药大学药学院，浙江 杭州 310053)

摘要：**目的** 比较不同生境下多花黄精的化学成分。**方法** 采集浙江地区不同生境下的多花黄精，分别测定多花黄精的折干率、浸出物、黄精多糖、总黄酮、总皂苷和总酚含有量，采用主成分分析法对各样品的质量进行综合评价。**结果** 折干率以毛竹林生境下最高为 23.65%；浸出物以锥栗林生境下最高为 72.93%；黄精多糖及总皂苷亦以锥栗林生境下最高分别为 7.18% 和 84.98 mg/g；总黄酮以大田生境下最高为 12.53 mg/g；总酚则以毛竹林生境下最高为 1.67 mg/g。不同生境下多花黄精折干率、浸出物、多糖及总皂苷含有量差异显著；折干率与化学成分含有量均呈正相关。不同生境下多花黄精综合得分排名依次为锥栗林、毛竹林、常绿阔叶林、大田、针阔混交林。**结论** 锥栗林生境下种植的多花黄精根茎所含有效成分累积最多，锥栗与多花黄精的林下复合种植模式值得推广。**关键词：**多花黄精；生境；化学成分；品质评价
中图分类号：R284.1 **文献标志码：**A **文章编号：**1001-1528(2020)11-2948-06
doi:10.3969/j.issn.1001-1528.2020.11.023

Comparative analysis on chemical constituents of *Polygonatum cyrtonema* from different growing areas

NI Tian-yu， LUO Xiao-meng， ZHANG Chun-chun， YU Bing， ZHANG Shui-li*， FAN Hui-yan*
(College of Pharmaceutical Science, Zhejiang Chinese Medical University, Hangzhou 310053, China)

ABSTRACT: **AIM** To compare the chemical constituents of *Polygonatum cyrtonema* Hua from different growing areas. **METHODS** *P. cyrtonema* from different growing areas in Zhejiang were collected to measure drying rate, the amount of extracts, polysaccharides, flavonoids, saponins and phenols. Principal component analysis was used to give comprehensive evaluations of each sample's quality. **RESULTS** The drying rate reached the highest in the moso bamboo forest, which was 23.65%. The amount of extracts reached the highest in the castanea henryi forest, which was 72.93%. The amount of polysaccharides and saponins reached the highest in the castanea henryi forest, which were 7.18% and 84.98 mg/g. The amount of flavonoids reached the highest in farmland areas, which was 12.53 mg/g. The amount of phenols reached the highest in moso bamboo forest, which was 1.67 mg/g. There were significant differences in the drying rate, the amount of extracts, polysaccharides and saponins of *P. cyrtonema* in different growing areas. The drying rate was positively correlated with the amount of main chemical constituents. The comprehensive score ranking of *P. cyrtonema* in different growing areas was as follows: the castanea henryi forest habitat, the moso bamboo forest habitat, the evergreen broad-leaved forest habitat, the farmland habitat, the coniferous and broadleaved mixed forest habitat. **CONCLUSION** The amount of effective ingredients of *P. cyrtonema* in the castanea henryi forest reaches the highest among these five growing areas, therefore, the compound

收稿日期：2020-04-20
基金项目：浙江省基础公益研究计划项目（LGN20C140003）；浙江省中药资源普查项目（18-266）；浙江中医药大学中药学学科科研开发基金（Yao2016010）；浙江中医药大学中青年科研创新基金项目（KC201908）
作者简介：倪天宇（1996—），男，硕士生，研究方向为中药品质评价及资源开发利用。Tel：15257144921，E-mail：526548524@qq.com
* 通信作者：范慧艳（1985—），女，讲师，研究方向为中草药栽培与鉴定。Tel：（0571）61768169，E-mail：huiyanfan@126.com
张水利（1969—），男，教授，研究方向为中药品质评价及资源开发利用。Tel：13857121842，E-mail：zhang_shuili@163.com

planting model of castanea henryi and *P. cyrtonema* is worth recommending.

KEY WORDS: *Polygonatum cyrtonema* Hua; growing areas; chemical constituents; quality evaluation

多花黄精 *Polygonatum cyrtonema* Hua 为百合科黄精属植物, 是一种重要的野生中药资源, 与滇黄精 *Polygonatum kingianum* Coll. et Hemsl.、黄精 *Polygonatum sibiricum* Red. 一同收录于 2015 年版《中国药典》一部^[1], 为我国传统大宗药食同源的中药材。多花黄精主产于湖南、贵州、安徽、浙江、福建等省, 生林下、灌丛或山坡阴处^[2], 其味甘, 平, 归脾、肺、肾经, 具有补气养阴、健脾、润肺、益肾等功效^[1]。现代药理研究表明, 黄精具有抗氧化、抗肿瘤、降血糖、降血脂、免疫调节、改善记忆障碍、保护肾功能等多种药理作用^[3-7]。近年来, 由于市场对黄精需求量的增加, 引发药农掠夺性地采挖, 导致野生多花黄精资源量骤减, 已经不能满足市场需求。目前, 许多学者对多花黄精的林下栽培技术模式进行研究, 主要为毛竹林、杉木林及不同郁闭度坡向坡位对多花黄精生长量的影响^[8-11], 但尚未见不同生境下多花黄精主要化学成分比较的报道。因此, 本实验探讨了不同野生与人工种植生境下多花黄精折干率、浸出物、黄精多糖、总黄酮、总皂苷、总酚的变化规律, 探索种植生境与药材产量、品质间的关系, 以期是多花黄精规范种植提供理论依据。

1 材料

中药粉碎机 (上海淀久中药机械制造有限公司); MS105DU 电子分析天平 (梅特勒-托利多仪器上海有限公司); DHG-2150B 电热鼓风干燥箱 (郑州生元仪器有限公司); G-060S 超声波清洗机 (深圳市歌能清洗设备有限公司); RE52-AA 旋转蒸发器 (上海亚荣生化仪器厂); HH420 电热恒温水浴槽 (上虞道墟茂祥仪器设备厂); 752N 紫外可见分光光度计 (上海仪电分析仪器有限公司)。

无水葡萄糖对照品 (批号 20141211, 上海强顺化学试剂有限公司); 芦丁 (批号 100080-200707)、人参皂苷 Rb₁ (批号 110704-200420)、没食子酸对照品 (批号 110831-201204), 均购于中国食品药品检定研究院; 福林酚 (上海源叶生物科技有限公司); 蒽酮 (上海展云化工有限公司); 硫酸 (西陇科学股份有限公司); 高氯酸 (国药集团化学试剂有限公司); 亚硝酸钠、硝酸铝 (上海振欣试剂厂); 氢氧化钠、无水乙醇、乙酸、香草醛 (天津市科密欧化学试剂有限公司)

等均为分析纯。

35 批样品于 2017 年 10 至 11 月从浙江金华、丽水采集, 经浙江中医药大学药学院俞冰副教授鉴定为百合科植物多花黄精 *Polygonatum cyrtonema* Hua 的根茎, 生长年限均为 3 年, 样品信息见表 1。其中针阔混交林、毛竹林、常绿阔叶林 3 种生境下的样品均为野外采收 (无人工干预的野生环境), 大田及锥栗林为人工种植。

2 方法

2.1 折干率、浸出物及黄精多糖含有量测定 样品采收后除去须根、洗净, 晾干表面水分后切成薄片, 准确称定其鲜重, 置于烘箱中 105 ℃ 杀青 30 min, 60 ℃ 烘干至恒定质量, 取出, 降至室温后称定质量, 计算折干率。

黄精多糖和浸出物含有量的测定参照 2015 年版《中国药典》一部^[1]和四部^[12]中的方法, 各组重复测定 3 次。以无水葡萄糖对照品质量浓度为横坐标 (*X*), 吸光度为纵坐标 (*Y*), 进行回归, 得回归方程为 $Y = 39.252X + 0.0267$ ($r = 0.9995$), 在 0.0034~0.0204 mg/mL 范围内线性关系良好。精密度试验、稳定性试验、重复性试验 RSD 分别为 1.09%、1.74%、1.92%; 平均加样回收率 99.81%, RSD 0.98% ($n = 9$)。

2.2 总黄酮含有量测定

2.2.1 方法学考察 精密称取芦丁对照品 40 mg, 用 50% 乙醇超声溶解, 转移至 100 mL 量瓶中并定容, 充分摇匀, 备用。分别吸取芦丁对照品溶液 0.1、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 mL, 置于 10 mL 量瓶中, 然后加入 0.3 mL 5% NaNO₂, 摇匀, 静置 6 min, 再加入 0.3 mL 10% Al (NO₃)₃, 摇匀, 静置 6 min, 最后加入 2 mL 4% NaOH, 以 50% 乙醇定容, 静置 15 min, 以空白试剂作对照, 在 510 nm 处测定吸光度。以对照品质量浓度为横坐标 (*X*), 吸光度为纵坐标 (*Y*), 得回归方程为 $Y = 9.5302X - 0.0139$ ($r = 0.9998$), 在 0.0041~0.0410 mg/mL 范围内线性关系良好。精密度试验、稳定性试验、重复性试验 RSD 分别为 1.10%、1.96%、1.56%; 加样回收率 99.40%, RSD 1.45% ($n = 9$)。

2.2.2 样品总黄酮含有量测定 精密称取多花黄精粉末 1.5 g, 平行 3 份, 分别置于 20 mL 具塞试

表 1 样品信息

Tab. 1 Information of samples

编号	采集时间	采集地点	经纬度	生境
S1	2017. 11	浙江金华磐安	N29°03'39. 85", E120°26'48. 46"	针阔混交林
S2	2017. 11	浙江金华磐安	N29°02'2. 48", E120°29'46. 85"	
S3	2017. 11	浙江金华磐安	N29°02'14. 30", E120°27'59. 90"	
S4	2017. 10	浙江丽水庆元	N27°36'15. 40", E118°57'58. 20"	
S5	2017. 10	浙江丽水庆元	N27°37'8. 04", E118°56'58. 02"	
S6	2017. 10	浙江丽水缙云	N28°40'11. 37", E120°05'19. 21"	
S7	2017. 10	浙江丽水缙云	N28°40'21. 42", E120°05'3. 15"	
S8	2017. 10	浙江丽水景宁	N27°57'48. 61", E119°37'50. 03"	
S9	2017. 10	浙江丽水景宁	N27°57'40. 81", E119°37'50. 52"	
S10	2017. 10	浙江丽水景宁	N27°57'31. 11", E119°38'5. 99"	
S11	2017. 11	浙江金华磐安	N29°10'20. 30", E120°39'31. 72"	毛竹林
S12	2017. 11	浙江金华磐安	N29°10'13. 35", E120°39'38. 60"	
S13	2017. 11	浙江金华磐安	N29°09'49. 43", E120°40'7. 11"	
S14	2017. 11	浙江金华磐安	N28°55'0. 69", E120°36'58. 12"	
S15	2017. 11	浙江金华磐安	N28°54'56. 29", E120°36'50. 41"	
S16	2017. 10	浙江丽水庆元	N27°35'29. 75", E118°58'0. 30"	
S17	2017. 10	浙江丽水庆元	N27°38'37. 59", E119°04'58. 87"	
S18	2017. 10	浙江丽水龙泉	N28°05'11. 09", E119°08'49. 25"	
S19	2017. 10	浙江丽水龙泉	N28°01'40. 82", E119°07'21. 84"	
S20	2017. 10	浙江丽水龙泉	N28°04'50. 48", E119°06'11. 80"	
S21	2017. 10	浙江丽水庆元	N27°36'8. 52", E118°57'27. 10"	常绿阔叶林
S22	2017. 10	浙江丽水庆元	N27°35'42. 85", E118°57'29. 73"	
S23	2017. 10	浙江丽水庆元	N27°36'46. 20", E118°56'54. 07"	
S24	2017. 10	浙江丽水庆元	N27°36'7. 34", E118°57'59. 60"	
S25	2017. 10	浙江丽水庆元	N27°34'57. 19", E118°56'47. 02"	
S26	2017. 11	浙江金华磐安	N29°02'42. 93", E120°25'59. 09"	
S27	2017. 11	浙江金华磐安	N29°02'40. 80", E120°29'01. 40"	
S28	2017. 11	浙江金华磐安	N29°02'4. 82", E120°25'36. 01"	
S29	2017. 11	浙江金华磐安	N29°01'5. 74", E120°25'31. 44"	
S30	2017. 11	浙江金华磐安	N29°02'47. 00", E120°29'18. 84"	
S31	2017. 10	浙江丽水庆元	N27°35'51. 11", E118°59'2. 48"	锥栗林
S32	2017. 10	浙江丽水庆元	N27°35'27. 01", E118°59'5. 03"	
S33	2017. 10	浙江丽水庆元	N27°35'22. 77", E118°59'13. 91"	
S34	2017. 10	浙江丽水庆元	N27°35'29. 21", E118°59'18. 16"	
S35	2017. 10	浙江丽水庆元	N27°36'4. 06", E118°59'9. 66"	

管中，加入 15 mL 50% 的乙醇溶液（加入 1% 盐酸），超声（360 W，40 kHz）提取 1 h，滤过，滤液用 50% 乙醇定容至 25 mL。精密吸取 0.3 mL，按“2.2.1”项下方法测定和计算多花黄精总黄酮的含有量^[13]。

2.3 总皂苷含有量测定

2.3.1 方法学考察 精密称取人参皂苷 Rb₁ 对照品 10 mg，置 10 mL 量瓶中，加无水甲醇溶解并稀释至刻度，摇匀，备用。分别量取人参皂苷 Rb₁ 对照品溶液 0.06、0.12、0.18、0.24、0.30、0.36、0.42 mL，置于具塞刻度试管中，挥尽溶液，加入 0.2 mL 5% 香草醛-冰醋酸溶液（现配）及 0.8 mL 高氯酸，摇匀，置于 60 ℃ 水浴加热 15 min 后，冰浴 2 min，再加入 5 mL 冰醋酸，摇匀，静置 5 min。

以相应的试剂为空白，照紫外-可分光光度法，在 568 nm 波长处测定吸光度。以对照品质量浓度为横坐标（*X*），吸光度为纵坐标（*Y*），进行回归，得回归方程为 *Y*=16.507*X*+0.024 6（*r*=0.999 0），在 0.009 6~0.067 2 mg/mL 范围内线性关系良好。精密度试验、稳定性试验、重复性试验 RSD 分别为 1.34%、1.97%、1.99%；加样回收率 98.01%，RSD 1.70%（*n*=9）。

2.3.2 样品总皂苷含有量测定 精密称取多花黄精粉末 1.0 g，平行 3 份，分别加入 80% 乙醇 15 mL，60 ℃ 超声提取 50 min，重复提取 2 次，合并滤液至 50 mL 量瓶中，加入 80% 乙醇定容。精密吸取 0.1 mL，按“2.3.1”项下方法测定和计算多花黄精总皂苷含有量^[14]。

2.4 总酚含量测定

2.4.1 方法学考察 精密称取没食子酸对照品 13 mg，置于 50 mL 量瓶中，加入 20 mL 70% 乙醇，超声使其充分溶解，用 70% 乙醇定容，摇匀备用。分别取没食子酸对照品溶液 20、40、60、80、100、120 μ L 置于 5 mL 量瓶中，依次加入 3.2 mL 蒸馏水，福林酚显色剂 200 μ L，充分振荡后静置 6~8 min，加入 15% Na_2CO_3 溶液 500 μ L，摇匀，在室温下避光放置反应 2 h，在 765 nm 波长处测定吸光度。以对照品质量浓度为横坐标 (X)，吸光度为纵坐标 (Y)，进行回归，得回归方程为 $Y = 77.945X + 0.0227$ ($r = 0.9992$)，在 0.0011~0.0064 mg/mL 范围内线性关系良好。精密度试验、稳定性试验、重复性试验 RSD 分别为 0.99%、1.99%、1.87%；加样回收率 100.51%，RSD 1.77% ($n=9$)。

2.4.2 样品总酚含量测定 精确称取多花黄精粉末 1.0 g，平行 3 份，分别置于试管中，加入 10 mL 70% 乙醇，超声 (360 W，40 kHz) 提取 30 min，滤过，取滤液，反复提取 3 次。合并滤液旋干，并用 70% 乙醇定容至 50 mL。精密吸取 100 μ L，按“2.4.1”项下方法测定和计算多花黄精总酚含量^[13]。

2.5 统计分析 采用 Excel 2010 和 SPSS 25.0 统计软件对所测定的数据进行整理分析；采用单因素方差分析比较不同生境下多花黄精的折干率、浸出物、多糖、黄酮、皂苷、总酚含量的差异；利用相关性分析分析各检测指标之间的相关性；采用主成分分析评价各生境下多花黄精品质的优劣。

3 结果

3.1 折干率比较 折干率是指药材干燥前后质量之比，是衡量药材产率的重要指标，折干率越大，药材得率越高。由表 2 可知，针阔混交林生境下多花黄精折干率与毛竹林、常绿阔叶林、锥栗林生境均存在统计学差异 ($P<0.05$)，毛竹林与大田、常绿阔叶林生境差异有统计学意义 ($P<0.05$)，人工种植的大田与锥栗林模式样品折干率亦存在统计学差异 ($P<0.05$)。折干率均值由大到小依次为毛竹林、锥栗林、常绿阔叶林、大田、针阔混交林。

3.2 浸出物比较 不同生境下多花黄精醇溶性浸出物测定结果见表 2，锥栗林生境下醇溶性浸出物最高，针阔混交林生境下醇溶性浸出物最低，分别为 72.93%、63.40%，各生境下浸出物含量均高于 2015 年版《中国药典》规定的不得少于 45% 的

标准^[1]。方差分析结果表明，人工种植下的锥栗林生境中样品的浸出物含量与针阔混交林、毛竹林、大田生境均存在统计学差异 ($P<0.05$)。浸出物均值由大到小依次为锥栗林、常绿阔叶林、毛竹林、大田、针阔混交林。

3.3 黄精多糖比较 黄精多糖是黄精的一种重要活性成分，其含量被 2015 年版《中国药典》列为多花黄精的质量考察指标，根据药典要求，黄精多糖含量 $\geq 7\%$ 为符合标准^[1]。由表 2 可知，不同生境下黄精多糖含量在 5.35%~7.18% 范围之间，仅锥栗林生境下的样品达到药典标准。经单因素方差分析，针阔混交林生境下黄精多糖含量与毛竹林、锥栗林均存在统计学差异 ($P<0.05$)。各生境黄精多糖均值由大到小依次为锥栗林、毛竹林、常绿阔叶林、大田、针阔混交林。

3.4 总黄酮比较 多花黄精含有天然高异黄酮类化合物^[15]，由表 2 可知，不同生境下多花黄精总黄酮含量在 9.37~12.53 mg/g 之间。其中，大田生境下最高，针阔混交林生境下最低，大田比针阔混交林、毛竹林、常绿阔叶林、锥栗林分别高出 3.16、2.85、2.09、2.11 mg/g。方差分析可知，不同生境类型下多花黄精总黄酮含量差异无统计学意义 ($P>0.05$)。各生境下样品总黄酮均值由大到小依次为大田、常绿阔叶林、锥栗林、毛竹林、针阔混交林。

3.5 总皂苷比较 各生境下多花黄精总皂苷含量测定结果见表 2，其总皂苷含量在 25.78~84.98 mg/g 范围之间。方差分析结果表明，锥栗林生境下总皂苷含量高于其余 4 种生境 ($P<0.05$)，为 84.98 mg/g；毛竹林、常绿阔叶林生境总皂苷含量均高于大田模式 ($P<0.05$)，分别为 51.96、52.84 mg/g；大田和针阔混交林生境无统计学差异 ($P>0.05$)，分别为 25.78、38.28 mg/g。各生境下样品总皂苷均值由大到小依次为锥栗林、常绿阔叶林、毛竹林、针阔混交林、大田。

3.6 总酚比较 由表 2 可知，不同生境下多花黄精总酚含量在 0.56~1.67 mg/g 之间。其中，毛竹林生境下最高，常绿阔叶林生境下最低，毛竹林比针阔混交林、常绿阔叶林、大田、锥栗林分别高出 0.55、1.11、0.70、0.47 mg/g。经单因素方差分析，不同生境类型下多花黄精总酚含量无统计学差异 ($P>0.05$)。各生境下样品总酚均值由大到小依次为毛竹林、锥栗林、针阔混交林、大田、常绿阔叶林。

表 2 不同生境下多花黄精化学成分含有量比较

Tab. 2 Content comparison of chemical constituents of *P. cyrtonema* in different growing areas

生境类型	折干率/%	浸出物/%	黄精多糖/%	总黄酮/(mg·g ⁻¹)	总皂苷/(mg·g ⁻¹)	总酚/(mg·g ⁻¹)
针阔混交林	16. 05±2. 76 ^a	63. 40±7. 21 ^{bc}	5. 35±0. 94 ^a	9. 37±4. 49 ^a	38. 28±17. 44 ^{bd}	1. 12±0. 77 ^a
毛竹林	23. 65±2. 43 ^b	65. 94±7. 53 ^c	6. 57±1. 91 ^b	9. 68±3. 99 ^a	51. 96±25. 39 ^d	1. 67±1. 91 ^a
常绿阔叶林	20. 95±2. 38 ^{cd}	65. 99±2. 76 ^{ac}	5. 76±1. 22 ^{ab}	10. 44±3. 27 ^a	52. 84±12. 43 ^d	0. 56±0. 04 ^a
大田	17. 98±1. 86 ^{ac}	64. 54±2. 48 ^c	5. 64±0. 98 ^{ab}	12. 53±2. 12 ^a	25. 78±10. 49 ^{bc}	0. 97±0. 12 ^a
锥栗林	22. 10±1. 20 ^{bd}	72. 93±0. 86 ^a	7. 18±0. 40 ^b	10. 42±0. 57 ^a	84. 98±16. 52 ^a	1. 20±0. 19 ^a

注:同列中不同小写字母表示差异有统计学意义($P<0.05$)。

3.7 相关性分析 相关性分析见表 3。各检测指标之间相关性显著,不互相独立。多花黄精折干率与总皂苷呈正相关 ($P<0.01$),浸出物与总皂苷呈正相关 ($P<0.05$)。相关性分析表明,折干率与主要化学成分含有量均呈正相关,这与陈怡等^[16]报道一致,折干率可以从侧面反映各部分水分和干物质储存状况,折干率较大,表明生长代谢活跃。

表 3 多花黄精各评价指标相关性分析

Tab. 3 Correlation analysis of chemical constituents in *P. cyrtonema*

	折干率	浸出物	黄精多糖	总黄酮	总皂苷	总酚
折干率	1. 000					
浸出物	0. 319	1. 000				
黄精多糖	0. 315	0. 253	1. 000			
总黄酮	-0. 121	0. 014	-0. 011	1. 000		
总皂苷	0. 563 ^{**}	0. 386 [*]	0. 282	-0. 074	1. 000	
总酚	0. 247	-0. 074	-0. 096	0. 099	0. 272	1. 000

注: * $P<0.05$, ** $P<0.01$ 。

3.8 主成分分析 为比较不同生境下多花黄精品质的优劣,采用 SPSS 25.0 软件对所测指标进行主成分分析。由表 4 可知,当主成分个数达到 3 时,主成分累计贡献率为 72. 426%,其中第 1 主成分贡献率最大,达 35. 498%。用 3 个主成分对不同生境下的多花黄精进行综合评价,其综合评价函数为 $F=0.490F_1+0.276F_2+0.234F_3$,可知, F_1 对综合评分的影响最大,其中多花黄精的折干率、浸出物、黄精多糖和总皂苷在第 1 主成分上有较高载荷,见表 5,表明上述 4 个指标对于多花黄精的品质影响较大。通过上述综合评价函数计算各生境下样品的综合得分,结果见表 6。各生境下多花黄精综合得分由大到小依次为锥栗林、毛竹林、常绿阔叶林、大田、针阔混交林。

4 讨论

生境类型是影响多花黄精生长和次生代谢物累积的因子之一^[17]。本研究发现,不同生境下多花黄精的折干率、浸出物含有量、黄精多糖以及总皂苷含有量的差异较大。2 种人工种植模式中,锥栗林生境下多花黄精的品质优于大田生境。由于多花

2952

表 4 主成分分析特征值

Tab. 4 Eigenvalues of principal component analysis

成分	初始特征值			提取平方和载入		
	合计	方差/	累积贡献	合计	方差/	累积贡献
		%	率/%		%	率/%
1	2. 130	35. 498	35. 498	2. 130	35. 498	35. 498
2	1. 198	19. 963	55. 461	1. 198	19. 963	55. 461
3	1. 018	16. 965	72. 426	1. 018	16. 965	72. 426
4	0. 753	12. 545	84. 971			
5	0. 479	7. 983	92. 953			
6	0. 432	7. 047	100. 000			

表 5 各成分主成分特征向量

Tab. 5 Eigenvectors of the principal components of various constituents

项目	成分		
	1	2	3
折干率	0. 815	0. 128	-0. 148
浸出物	0. 618	-0. 339	0. 276
黄精多糖	0. 550	-0. 437	0. 222
总黄酮	-0. 115	0. 299	0. 929
总皂苷	0. 830	0. 163	-0. 056
总酚	0. 281	0. 872	-0. 068

表 6 不同生境下多花黄精综合得分与排名

Tab. 6 Comprehensive score and ranking of *P. cyrtonema* from different growing areas

生境类型	F1	F2	F3	F	排名
针阔混交林	-1. 068	-0. 473	-0. 114	-0. 681	5
毛竹林	0. 322	0. 633	-0. 221	0. 281	2
常绿阔叶林	0. 228	-0. 218	-0. 081	0. 033	3
大田	-0. 623	-0. 615	0. 701	-0. 311	4
锥栗林	1. 887	0. 512	0. 050	1. 078	1

黄精生长期喜阴湿润凉,不耐高温^[18],适当遮荫可促进其生长,但过度遮荫反而会抑制其根茎生长^[19]。锥栗林生境较大田而言,增加了锥栗的遮荫,为林下种植的多花黄精构造出相对阴湿的环境,更适宜其生长,因此,锥栗林生境下产出的多花黄精品质更优。黄精多糖及浸出物含有量被 2015 年版《中国药典》列为黄精药材的质量考察指标,根据药典要求,黄精多糖含有量 $\geq 7\%$,浸出物 $\geq 45\%$ 为符合标准^[1],因此仅锥栗林生境下的

多花黄精达到药典标准，其余样品均低于药典标准。

3 种野生生境中，毛竹林生境下多花黄精的品质最优，常绿阔叶林生境次之，针阔混交林排名最末。3 种野生生境的物种组成、林分结构、多样性等均存在差异，这些因素均可对多花黄精的品质产生影响。常绿阔叶林和针阔混交林群落物种组成丰富、多样性指数高，林分生物量、掉落物均显著高于毛竹林^[20]。因此在没有人工干预的情况下，可能形成了过度遮荫的效果，影响了多花黄精次生代谢产物的积累，同时丰富的群落物种也极易与多花黄精形成群落内的种间竞争。而毛竹林是上述生境中，结构最简单、林中物种组成最少、多样性最差的群落类型^[20]，种间竞争压力小，且其遮荫度可能正好适合多花黄精的生长，结果导致毛竹林生境下多花黄精品质要优于常绿阔叶林和针阔混交林。

人工种植的锥栗林下多花黄精的品质优于野生的毛竹林，锥栗与多花黄精的林下复合种植，为多花黄精构造出相对阴湿的环境，且通过人工措施干预，调控了林分的郁闭度和群落的物种量，适度遮荫的同时，减少了野外环境中存在的群落内种间竞争，保证了锥栗林生境下多花黄精药材的品质。锥栗林生境下多花黄精的浸出物、黄精多糖以及总皂苷含量均为最高，折干率和总酚仅次于毛竹林生境，总黄酮含量位列第三，通过主成分分析可知，5 种不同类型生境中，以锥栗林生境下种植的多花黄精品质最佳。多花黄精在锥栗林下的种植模式属于典型的林药间作模式，它将适宜在林下生长、具有一定耐荫性的药用植物引种到林下进行栽培，不仅种植的多花黄精品质优异，还可充分利用土地资源，获得更高的社会经济利益和生态效益^[21]，锥栗与多花黄精的林下复合种植模式值得推广。

参考文献：

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典：2015 年版一部[S]. 北京：中国医药科技出版社，2015：306-307.

[2] 中国科学院《中国植物志》编辑委员会. 中国植物志：第 15 卷[M]. 北京：科学出版社，1978：64-65.

[3] 付婷婷，王国贤，陈婷婷，等. 黄精多糖对糖尿病肾病大鼠

肾脏的保护作用[J]. 中药药理与临床，2015，31（4）：123-126.

[4] Liu T, Wu L, Wang D, *et al.* Role of reactive oxygen species-mediated MAPK and NF-κB activation in *Polygonatum cyrtonema* lectin-induced apoptosis and autophagy in human lung adenocarcinoma A549 cells[J]. *J Biochem*, 2016, 160（6）：315-324.

[5] 叶绍凡. 黄精多糖对力竭运动小鼠胸腺胸腺指数、脾脏指数、T 淋巴细胞亚群、巨噬细胞吞噬功能的影响[J]. 基因组学与应用生物学，2015，34（1）：60-65.

[6] Li L, Thakur K, Liao B Y, *et al.* Antioxidant and antimicrobial potential of polysaccharides sequentially extracted from *Polygonatum cyrtonema* Hua[J]. *Int J Biol Macromol*, 2018, 114(15)：317-323.

[7] 傅晓骏，傅志慧. 中药制黄精对慢性肾衰大鼠血液动力学的影响[J]. 中华中医药学刊，2012，30(10)：2161-2163.

[8] 戴 琴，王晓霞，黄勤春，等. 毛竹林下多花黄精仿野生栽培技术[J]. 中国现代中药，2014，16(3)：205-207.

[9] 黄云鹏，范繁荣，王邦富，等. 4 种不同林分类型对多花黄精生长的影响[J]. 西部林业科学，2016，45(5)：132-135.

[10] 王邦富. 不同坡向和坡位毛竹林冠下多花黄精的生长效果分析[J]. 宁夏农林科技，2015，56(9)：19-21.

[11] 章文前. 不同郁闭度和坡位对毛竹林下套种多花黄精的影响[J]. 安徽农业科学，2012，40(26)：12959-12960.

[12] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典：2015 年版四部[S]. 北京：中国医药科技出版社，2015：202.

[13] 焦 劼，陈黎明，孙瑞泽，等. 不同产地黄精主要化学成分比较及主成分分析[J]. 中药材，2016，39(3)：519-522.

[14] 喻祖文，张旺凡. 多倍体黄精中多糖和皂苷的提取及含量测定[J]. 中国现代中药，2011，13(5)：20-22.

[15] Gan L S, Chen J J, Shi M F, *et al.* A new homoisoflavanone from the Rhizomes of *Polygonatum cyrtonema* [J]. *Nat Prod Commun*, 2013, 8(5)：597-598.

[16] 陈 怡，姚云生，陈松树，等. 多花黄精不同龄节药材质量研究[J]. 福建农业学报，2020，35(1)：38-43.

[17] 周新华，肖智勇，曾平生，等. 林下生境及生长年限对多花黄精生长和药用活性成分含量的影响[J]. 西南林业大学学报（自然科学版），2019，39(4)：155-160.

[18] 陈芳软. 不同生境条件下多花黄精生长特征及光合特性研究[D]. 福州：福建农林大学，2013.

[19] 李迎春，杨清平，陈双林，等. 光照对多花黄精生长、光合和叶绿素荧光参数特征的影响[J]. 植物研究，2014，34（6）：776-781；786.

[20] 袁位高. 浙江省生态公益林主要群落结构的比较研究[D]. 北京：中国林业科学研究院，2009.

[21] 彭小博. 锥栗与多花黄精复合经营生态经济效益[D]. 长沙：中南林业科技大学，2017.