

· 中药农业 ·

不同产地多花黄精生态因子与品质形成的相关性分析[△]

章小雨, 秦倩, 田磊, 钟国跃, 张寿文*

江西中医药大学, 江西 南昌 330000

【摘要】 目的: 研究不同产地多花黄精品质形成与生态因子的相关性, 为黄精药材的规范化种植布局、引种栽培及资源可持续利用提供参考。**方法:** 分析浙江、福建、安徽、江西、湖南、湖北 6 个产区 31 个产地的多花黄精的形态特征和有效成分含量, 应用单因素方差分析, 评价不同产地多花黄精质量与生态因子的相关性。**结果:** 不同产地多花黄精形态和有效成分含量差异较大, 纬度、海拔、年均温、7 月均温、日照时数及无霜期对多花黄精质量有较大的影响。纬度和年均温对多花黄精有效成分含量影响较大, 纬度和叶宽呈显著正相关, 海拔和株高、叶长、叶宽及根茎鲜质量呈显著负相关, 年均温与叶宽呈负相关, 7 月均温和多糖含量呈显著正相关, 叶片数量和日照时数、积温及无霜期呈显著性负相关, 土壤中有有效磷、速效钾有利于黄精株高、根茎和叶片的生长, 水解性氮含量与叶长呈显著负相关, 地上部分与地下根茎产量呈显著正相关。**结论:** 在进行多花黄精规范化种植过程中, 应注意海拔、温度、无霜期、土壤酸性、生长期温度、磷肥及钾肥施用等对药材质量的影响。

【关键词】 多花黄精; 品质; 生态因子; 产地

【中图分类号】 R282.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1673-4890(2022)07-1323-08

doi:10.13313/j.issn.1673-4890.20210601002

Correlation between Ecological Factors and Quality of *Polygonatum cyrtonema* Hua from Different Producing Areas

ZHANG Xiao-yu, QIN Qian, TIAN Lei, ZHONG Guo-yue, ZHANG Shou-wen*

Jiangxi University of Chinese Medicine, Nanchang 330000, China

【Abstract】 Objective: This study aims to clarify the relationship between the quality of *Polygonatum cyrtonema* Hua and ecological factors in different producing areas, which is expected to serve as a reference for selecting suitable habitats for *P. cyrtonema* to yield qualified Polygonati Rhizoma, introduction of this species, and sustainable utilization of resources. **Methods:** The morphology of *P. cyrtonema* from 31 producing areas in Zhejiang, Fujian, Anhui, Jiangxi, Hunan, and Hubei was analyzed and the content of effective components in the yielded Polygonati Rhizoma was respectively determined. The correlation between the quality of *P. cyrtonema* and ecological factors in different producing areas was assessed via one-way analysis of variance. **Results:** The morphology of *P. cyrtonema*, and the content of effective components in the yielded Polygonati Rhizoma were significantly different among producing areas. Latitude, altitude, average annual temperature, average temperature in July, sunshine hours, and frost-free period had great impact on the quality of *P. cyrtonema*. Latitude and annual average temperature imposed great influence on the content of effective components in Polygonati Rhizoma. Latitude was in significantly positive correlation with leaf width. Altitude was in significantly negative correlation with plant height, leaf length, leaf width, and fresh weight of rhizome, and annual average temperature was in negative correlation with leaf width. Moreover, the average temperature in July had significantly positive correlation with the content of polysaccharide in Polygonati Rhizoma, and the number of leaves had significantly negative correlation with sunshine hours, accumulated temperature, and frost-free period. Available phosphorus and available potassium in soil were beneficial to the plant height and growth of rhizomes and leaves of *P. cyrtonema*. Content of hydrolyzable nitrogen was in significantly negative correlation with leaf length, and the aboveground part was in significantly positive correlation with the underground

[△] **【基金项目】** 中央本级重大增减支项目 (2060302); 江西省中药材产业技术体系构建基金项目 (JXARS-11)

* **【通信作者】** 张寿文, 教授, 研究方向: 中药资源保护开发与利用; Tel: 0791-8711873, E-mail: 546572890@qq.com

rhizome yield. **Conclusion:** In the cultivation of *P. cyrtoneura*, the key influencing factors of the Polygonati Rhizoma, such as altitude, temperature, frost-free period, soil pH, phosphorus fertilizer and potassium fertilizer, and temperature, should be emphasized.

[Keywords] *Polygonatum cyrtoneura* Hua; quality; ecological factors; producing areas

黄精为百合科植物滇黄精 *Polygonatum kingianum* Coll. et Hemsl、黄精 *P. sibiricum* Red. 或多花黄精 *P. cyrtoneura* Hua 的干燥根茎，具有补气养阴、健脾、润肺、益肾的功效^[1]。黄精为我国传统药材，拥有悠久的食用及药用历史^[2]，被广泛用于保健食品的开发^[3-4]。研究表明，黄精主要含有多糖、黄酮、甾体皂苷、蒽醌类及生物碱等化合物，还含有挥发油和微量元素等，具有抗炎、抗肿瘤、预防骨质疏松及强心作用^[5-8]。相关研究表明，多花黄精质量较好且野生资源分布范围广，不同产地药材品质差异较大^[9-13]。特定的生态气候环境是药材品质形成的重要因素。经查阅文献发现，黄精的相关研究主要集中在有效成分含量测定、药理研究、炮制方法及栽培技术等方面^[14-17]，而对其生态特征与品质形成的相关性研究较少。

本研究对不同产地多花黄精植株形态（株高、叶长、叶宽、叶片数量、根茎直径及根茎鲜质量）和内在质量（多糖及总黄酮质量分数）进行比较，并与各地生态因子进行相关性分析，明确多花黄精品质形成的主要生态因子，以期多花黄精药材规范化种植布局、引种栽培及资源可持续利用提供参考。

1 材料

1.1 仪器

BP211D型万分之一电子天平（德国 Sartorius 公司）；UV-1800型紫外-可见分光光度计（日本岛津公司）；KQ300E型超声波清洗器（昆山市超声仪器有限公司）。

1.2 试药

对照品 D-无水葡萄糖（纯度：99.9%，批号：110833-201707）、芦丁（纯度：98%，批号：153-18-4）均购自北京中科质检生物技术有限公司；亚硝酸钠、硝酸铝、氢氧化钠、蒽酮、无水乙醇、浓硫酸均为分析纯。

1.3 样品

从浙江、福建、安徽、江西、湖南、湖北6省

共31个产地收集野生多花黄精植物样品，每个产地多花黄精植株至少30株，经江西中医药大学葛菲教授鉴定为百合科植物多花黄精 *Polygonatum cyrtoneura* Hua。样品信息见表1。

2 方法

2.1 气候因子

各产地气候因子数据从中国气象科学数据共享服务网站（<https://data.cma.cn/>）获得，气候属性值包括年均温、年降水量、1月均温、7月均温、日照时数、 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温、无霜期（表2）。

2.2 植株形态

在不同产地多花黄精植株中，选择并标记具有良好生长的多花黄精植株，每个种质资源选择30株，使用固定叶片确定每种植物的特征值。株高：直尺测量多花黄精植物茎的根部到叶顶的高度，测定结果精确到0.01 cm；叶片长度：直尺测量多花黄精茎基部向上第三轮叶片的长度，精确到0.01 cm；叶片宽度：用游标卡尺确定多花黄精茎基部向上第三轮叶片最宽处宽度，结果精确到0.01 cm；叶总数：在收获期多花黄精植物叶片的数目；根茎直径：收获期用游标卡尺测量多花黄精根状茎的直径，结果精确到0.01 cm；鲜质量：收获期用电子天平测多花黄精根茎鲜质量，结果精确到0.01 g。

2.3 多糖含量测定

将各样品根茎60℃烘干，粉碎，过六号筛，4℃保存。按《中华人民共和国药典》（以下简称《中国药典》）2020年版方法测定^[1]。

2.4 总黄酮含量测定

2.4.1 对照品溶液的制备 精密称取芦丁对照品10 mg，置于50 mL量瓶中，用60%乙醇溶解并稀释至刻度，摇匀，即得质量浓度为0.2 mg·mL⁻¹的芦丁对照品溶液。

2.4.2 供试品溶液的制备 称取多花黄精粉末0.5 g，加入60%乙醇20 mL，60℃超声提取60 min，滤过，取续滤液，60%乙醇定容至25 mL。

表1 多花黄精样品信息

样品编号	采集地	经纬度	海拔/m
1	江西省鄱阳县谢家滩镇独山	E116°42'54.42", N29°30'45.18"	51
2	江西省铜鼓县大垅镇古桥村	E114°34'1.48", N28°42'42.31"	194
3	江西省南昌市湾里区梅岭月亮湾	E115°44'29.99", N28°45'26.29"	146
4	江西省会昌县清溪乡半岭村	E115°34'40.32", N25°11'30.40"	680
5	江西省万载县白水乡庵子里	E114°8'8.43", N28°13'23.44"	371
6	江西省安远县高云山乡黄坑	E115°32'41.81", N25°12'59.76"	759
7	江西省寻乌县三标乡吊槐坑	E115°31'10.73", N25°4'8.99"	696
8	江西省靖安县宝峰镇油家	E115°20'24.88", N29°3'40.75"	230
9	安徽省金寨县天堂寨镇杨山村莲花	E115°50'4.52", N31°10'43.69"	768
10	安徽省歙县三阳镇竹铺岭脚村	E118°51'26.44", N30°2'8.85"	469
11	安徽省歙县杞梓里镇英坑村	E118°48'16.95", N29°57'34.24"	388
12	安徽省歙县杞梓里镇铜山	E118°43'16.10", N30°2'29.75"	265
13	安徽省霍山县漫水河镇土地岭隧道	E116°4'4.40", N31°17'16.86"	656
14	安徽省金寨县燕子河镇匡堰	E115°54'20.88", N31°16'19.33"	495
15	安徽省铜陵市顺安镇瑶山村里冲	E117°59'43.22", N30°52'23.38"	227
16	安徽省青阳县陵阳镇黄石溪	E117°49'58.33", N30°26'23.87"	460
17	安徽省青阳县朱备将军湖	E117°52'43.33", N30°30'21.63"	154
18	安徽省青阳县庙前镇清沟	E117°48'46.35", N30°34'40.64"	166
19	安徽省石台县七都镇金竹山	E117°42'14.87", N30°12'40.90"	510
20	福建省宁化县安乐镇铜盘村	E116°47'31.06", N26°4'42.37"	595
21	福建省连城县姑田镇古皇楼	E116°58'59.56", N25°50'17.93"	968
22	福建省浦城县富岭镇平畚	E118°42'59.62", N27°55'0.27"	591
23	湖南省绥宁县瓦屋塘镇杨家塘村	E110°20'41.17", N26°54'36.81"	497
24	湖南省沅陵县马底驿乡喜眉村	E110°39'21.30", N28°27'27.59"	293
25	湖南省安化县东坪镇楠木冲	E111°14'20.04", N28°20'40.64"	191
26	浙江省武义县西联乡河涧村	E119°33'57.60", N28°39'56.01"	418
27	浙江省天台县平桥镇黄坭岭村	E120°46'29.23", N29°9'27.24"	331
28	浙江省衢州市柯城区石梁镇大俱源村	E118°42'32.95", N29°4'22.98"	831
29	湖北省宜昌市夷陵区下堡坪乡后沟村	E111°13'51.65", N31°0'26.34"	958
30	湖北省咸宁市咸安区高桥镇白云山	E114°36'24.63", N29°51'8.80"	253
31	湖北省阳新县木港镇太塘村	E115°10'34.61", N29°40'22.75"	155

2.4.3 标准曲线的制备 分别精密吸取芦丁对照品溶液 0.5、1.0、2.0、4.0、8.0 mL 于 25 mL 量瓶中, 加入 5% 亚硝酸钠溶液 0.7 mL, 摇匀, 放置 6 min, 再加入 10% 硝酸铝溶液 0.7 mL, 摇匀, 放置 6 min, 再加入 4% 氢氧化钠溶液 5 mL, 用 60% 乙醇定容至刻度, 摇匀, 放置 15 min, 以 60% 乙醇作为参比溶液, 于分光光度计波长 510 nm 处测定吸光度值。以吸光度为纵坐标 (Y), 芦丁质量浓度为横坐标 (X), 进行回归处理, 绘制标准曲线^[18]。结果表明, 芦丁对照品质量浓度在 0.004 ~ 0.048 mg·mL⁻¹ 与吸光度线性关系良好, 回归方程为 $Y=11.372 0X+0.027 7$ ($r=0.999 9$)。

2.4.4 精密度试验 精密吸取供试品溶液 1 mL,

置具塞试管中, 按 2.4.3 项下方法操作, 测定吸光度值, 连续测 6 次, RSD 为 3.89%, 表明仪器精密度良好。

2.4.5 稳定性试验 取供试品溶液 1 mL, 按 2.4.3 项下方法处理, 每隔 10 min 测定吸光值, 60 min 内 RSD 为 1.93%, 表明供试品溶液 1 h 内稳定性良好。

2.4.6 重复性试验 精密称取同一样品粉末 6 份, 按 2.4.2 项下方法进行处理, 芦丁含量 RSD 为 1.13%, 表明方法重复性良好。

2.4.7 加样回收率试验 精密称取已知含量多花黄精粉末样品 6 份, 每份 0.5 g, 分别加入芦丁对照品溶液, 按 2.4.2 项下方法制备供试品溶液, 测定吸光度值, 计算加样回收率, 结果见表 3。

表 2 多花黄精产地气候因子

样品编号	年均温/℃	年降水量/mm	1 月均温/℃	7 月均温/℃	日照时数/h	≥10 ℃ 积温/℃	无霜期/d
1	17.6	1 608.0	5.2	29.2	2 089.0	6 500.0	275
2	16.4	1 771.4	4.6	27.3	1 460.4	5 070.0	265
3	16.0	1 800.0	6.3	28.2	1 820.0	5 569.0	280
4	19.3	1 624.0	8.4	28.7	1 588.0	6 115.6	280
5	17.7	1 742.5	4.0	26.0	1 567.3	5 300.0	256
6	18.7	1 640.7	8.2	27.5	1 748.7	5 928.7	282
7	18.9	1 560.3	9.9	27.3	1 823.8	6 059.1	284
8	17.0	1 740.1	7.0	26.0	1 667.2	5 710.0	274
9	15.5	1 381.5	2.8	27.6	2 100.0	4 935.7	228
10	16.4	1 477.0	3.8	27.9	1 963.0	5 174.7	237
11	16.4	1 477.0	3.8	27.9	1 963.0	5 174.7	237
12	16.4	1 477.0	3.8	27.9	1 963.0	5 174.7	237
13	15.3	1 366.0	3.0	27.9	2 084.3	4 200.0	220
14	15.5	1 381.5	2.8	27.6	2 100.0	4 935.7	228
15	16.1	1 384.7	3.5	28.7	2 050.0	5 129.0	247
16	16.1	1 558.6	3.2	28.6	2 100.0	5 021.0	240
17	16.1	1 558.6	3.2	28.6	2 100.0	5 021.0	240
18	16.1	1 558.6	3.2	28.6	2 100.0	5 021.0	224
19	16.0	1 626.4	3.9	27.8	1 669.0	4 897.0	240
20	17.7	1 869.0	6.6	27.0	1 600.0	5 525.0	263
21	18.9	1 734.4	8.7	27.2	1 760.7	5 673.0	283
22	17.4	1 700.0	6.2	27.8	1 900.0	5 443.6	254
23	16.7	1 325.0	5.7	26.7	1 374.8	6 651.1	308
24	16.6	1 440.9	4.7	27.8	1 290.5	6 063.0	270
25	16.2	1 622.0	3.6	23.0	1 300.0	5 016.0	275
26	16.9	1 512.9	4.7	28.8	1 963.7	6 634.0	242
27	17.1	1 351.4	5.2	28.2	1 875.3	5 291.8	232
28	17.4	1 843.0	5.4	28.7	1 900.0	5 508.0	251
29	16.9	1 215.6	4.8	27.7	1 883.0	5 200.0	255
30	16.8	1 577.4	6.0	29.0	1 754.5	6 000.0	258
31	16.8	1 389.6	6.5	17.0	1 897.1	5 698.5	263

表 3 多花黄精中芦丁加样回收率试验

称样量/ g	样品中含量/ mg	测得量/ mg	回收率/ %	平均回收率/ %	RSD/ %
0.500 7	1.113 5	2.112 4	99.88	99.85	2.17
0.501 2	1.128 5	2.116 2	99.76		
0.504 2	1.132 4	2.173 7	104.13		
0.501 6	1.132 2	2.118 3	98.61		
0.499 6	1.102 5	2.095 2	99.27		
0.503 7	1.132 7	2.116 9	98.44		

注：对照品加入量为 1.000 0 mg。

2.5 土壤养分分析

土壤样品采用五点取样法，在植株边缘正下方 0~20 cm 土壤深混合土样，除去石块等杂质，5~10 个采样点的土壤混合均匀后用四分法留取 1 kg 左右样品 1 kg 左右带回实验室，经自然风干后过 60 目筛，放入 4 ℃ 冰箱保存。土壤 pH 用电位法测定^[19-20]，

土壤有机质测定采用重铬酸钾外加热法，有效磷测定采用钼锑抗分光光度法，水解性氮测定采用碱解扩散法，速效钾测定采用火焰光度法，全氮测定采用重铬酸钾-硫酸消化法^[21]。

2.6 数据分析

采用 Excel 2003 软件进行数据处理，采用 SPSS 23.0 对数据进行方差分析及皮尔逊相关性分析。

3 结果

3.1 不同产地多花黄精形态特征及有效成分含量测定结果分析

多花黄精形态特征、多糖和总黄酮含量测定结果见表 4。叶片是植物生长过程非常重要的器官之一，根茎是药材质量的直观体现，叶片的表型特征

和根茎的大小反映了对生态环境的适应性,是十分重要的参考指标^[22]。如表4所示,江西鄱阳、铜鼓和靖安产黄精植株高大、根茎粗壮、根茎鲜质量较大,相对而言,安徽铜陵、青阳、金寨,湖北咸宁、黄石、宜昌,湖南绥宁,江西万载、会昌、寻乌植株较矮小、根茎较细,浙江及福建黄精植株适中。31个野生多花黄精种质多糖质量分数均达到《中国药典》2020年版要求,平均值为13.53%,且不同产地多花黄精多糖质量分数差异有统计学意义($P<0.05$)。其中,安徽金寨的多花黄精多糖质量分数最高,达到19.84%,湖南安化的多花黄精多糖质量分数最低,为7.07%,以地区来看,多花黄精多糖质

量分数湖北>安徽>浙江>江西>湖南>福建。多花黄精总黄酮质量分数差异也有统计学意义($P<0.05$)。其中,安徽歙县的多花黄精总黄酮质量分数最低,为 $0.84\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$,浙江武义的多花黄精总黄酮质量分数最高,为 $3.88\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$,以地区来看,多花黄精总黄酮质量分数浙江>湖南>湖北>安徽>福建>江西。

3.2 不同产地多花黄精土壤养分分析

土壤的化学性质对中药材的品质有不同程度的影响,土壤pH大小、营养元素缺乏或不足都会影响植物生长和内外在品质形成^[23]。不同产地多花黄精土壤养分情况见表5。如表5所示,各产地土壤pH总体偏酸性,浙江天台土壤pH最高,安徽铜陵土

表4 不同产地多花黄精有效成分质量分数及形态特征 ($\bar{x}\pm s$, $n=3$)

样品编号	多糖质量分数/%	总黄酮质量分数/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$	株高/cm	叶长/cm	叶宽/cm	叶片数量/片	根茎直径/cm	根茎鲜质量/g
1	16.03±0.009bcdefg	1.42±0.228defghi	128.50±23.50	14.30±0.56	5.57±0.72	14±1	11.25±1.00	80.47±8.66
2	13.28±0.007fghij	1.24±0.110efghi	145.00±5.16	12.48±1.48	4.98±0.26	14±1	12.61±1.92	41.02±8.19
3	9.35±0.001mno	1.17±0.127ghi	61.49±13.08	11.14±1.97	4.61±0.86	11±3	9.06±1.09	68.94±6.57
4	11.58±0.001ijklmn	1.54±0.317cdefghi	43.26±7.84	7.16±0.58	1.56±0.50	13±2	7.33±0.49	46.15±6.07
5	13.38±0.007efghij	1.02±0.190i	43.85±2.15	6.32±0.20	2.37±0.20	11±1	6.40±0.10	65.54±9.02
6	11.69±0.003hijklmn	1.21±0.063fghi	46.87±12.34	7.23±1.37	1.90±0.62	13±4	6.62±0.70	38.31±2.05
7	13.72±0.003efghij	2.08±0.353bcd	35.87±5.56	7.27±1.11	1.83±0.06	9±1	6.42±0.22	35.47±3.81
8	14.80±0.016cdefgh	1.50±0.168cdefghi	146.67±1.15	19.25±1.25	5.05±0.25	25±1	12.71±1.45	33.16±2.80
9	19.84±0.007a	1.75±0.508bcdefgh	43.59±1.70	7.36±0.27	3.23±0.18	11±2	5.49±0.13	60.79±6.73
10	16.97±0.010abcd	0.99±0.127cdefghi	68.18±21.09	11.78±2.47	4.09±1.24	12±4	9.83±1.74	45.31±6.90
11	12.83±0.008fghij	1.10±0.063ghi	67.12±19.98	10.71±2.62	3.16±0.54	11±3	10.34±1.54	60.87±7.81
12	8.89±0.002no	0.84±0.063i	79.44±12.11	12.31±1.96	4.04±1.04	16±3	11.62±1.52	28.71±2.89
13	12.12±0.006hijklmn	2.01±0.571bcde	50.20±0.90	7.68±1.22	3.59±0.39	9±2	8.05±0.18	28.71±4.67
14	14.74±0.003cdefghi	1.35±0.220defghi	48.56±18.22	8.54±1.95	3.41±0.89	14±6	8.01±1.20	25.45±2.60
15	16.54±0.026bcde	1.28±0.318efghi	45.33±1.63	10.35±1.03	4.55±0.58	11±2	6.59±0.55	32.04±7.92
16	16.98±0.006abcd	1.46±0.793cdefghi	57.09±16.18	9.13±1.54	3.35±0.89	10±3	11.23±1.79	89.05±5.48
17	12.87±0.005ghijkl	1.83±0.416bcdefg	62.15±13.36	11.04±2.01	4.58±0.89	12±3	12.35±1.05	54.24±9.25
18	14.78±0.059cdefghi	1.28±0.064efghi	43.66±7.50	9.46±1.11	3.12±0.55	8±2	6.57±0.92	48.79±5.97
19	10.61±0.005jklmn	1.97±0.416bcdef	61.95±14.46	10.31±2.64	3.27±0.49	10±3	7.67±0.87	49.43±8.68
20	13.97±0.006defghi	2.23±0.478bc	52.34±2.05	7.18±0.32	1.95±0.16	13±2	8.83±0.20	57.43±4.16
21	11.91±0.015hijklmn	1.28±0.126efghi	53.50±3.70	7.30±0.50	2.00±0.30	18±3	9.27±0.89	61.65±4.41
22	9.98±0.009klmno	1.64±0.386cdefgh	74.12±16.01	11.40±3.15	2.84±0.82	12±6	10.55±1.29	52.94±4.14
23	12.53±0.013hijklm	1.68±0.190cdefgh	45.28±4.43	8.46±0.50	3.82±0.27	23±3	6.83±0.64	47.60±6.16
24	17.14±0.042bcdef	1.28±0.127efghi	49.12±3.53	9.26±0.67	3.11±0.15	14±1	7.49±0.14	63.66±3.58
25	7.07±0.007o	1.75±0.520bcdefgh	52.76±23.55	8.66±1.92	2.72±0.43	17±6	8.51±0.66	31.73±3.82
26	11.77±0.004hijklmn	3.88±0.001a	52.50±4.62	13.23±0.91	5.37±0.93	13±3	8.90±0.40	61.18±3.88
27	13.01±0.001fghijk	1.61±0.336cdefghi	50.88±3.79	10.51±1.02	4.82±0.68	12±1	8.57±0.41	103.96±8.70
28	17.44±0.007abc	2.49±0.604b	48.16±2.94	13.15±1.11	5.84±0.30	12±2	7.41±0.94	66.47±6.00
29	18.90±0.006ab	1.57±0.110cdefghi	43.61±2.19	8.37±0.43	3.58±0.59	12±2	6.32±0.47	67.67±5.78
30	18.39±0.006ab	1.39±0.229defghi	45.30±5.48	13.46±0.90	5.73±0.97	11±1	7.21±0.44	59.66±7.18
31	9.68±0.011lmno	1.57±0.330cdefghi	41.43±1.53	5.54±0.44	2.41±0.08	12±1	6.75±0.23	99.40±4.38

注: 同列数据后不同小写字母表示 $P<0.05$ 。

壤pH最低；浙江武义土壤中有有效磷质量分数最低，为 $5.44 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，江西鄱阳土壤中有有效磷质量分数最高，为 $279.00 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ；安徽黄石溪土壤中速效钾质量分数最低，为 $76.99 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，湖北宜昌土壤中速效钾质量分数最高，为 $580.80 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ；湖北咸宁土壤中水解性氮质量分数最低，为 $46.94 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，安徽金竹山土壤中水解性氮质量分数最高，为 $419.60 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ；浙江武义土壤中全氮质量分数最低，为 $0.57 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，安徽天堂寨土壤中全氮质量分数最高，为 $6.25 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ；安徽黄石溪土壤中有机质质量分数最低，为 $4.36 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，湖南绥宁土壤中有机质质量分数最高，为 $164.32 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

3.3 多花黄精植株性状、质量与生态因子的相关性分析

将不同产地多花黄精有效成分含量与形态特征分别和生态因子进行相关性分析，结果见表6。如表6所示，纬度和多花黄精叶宽呈显著正相关， r 为0.516。海拔和多花黄精株高、叶长、叶宽、根茎直径及鲜质量呈显著负相关， r 分别为-0.419、-0.406、-0.387、-0.398和-0.391，株高与土壤有效磷质量分数呈显著正相关， r 为0.457，叶长与土壤水解性氮质量分数呈显著负相关， r 为-0.461，根茎直径、鲜质量与土壤有效磷质量分数呈显著正相关， r 为0.365和0.386。年均温与多花黄精叶宽呈负相关， r 为-0.416。7月均温和多花黄精多糖质量分数呈显著正相关， r 为0.394。多花黄精叶片数量和日照时数呈显著性负相关， r 为-0.465，与积温、无霜期及土壤速效钾质量分数呈显著正相关， r 分别为0.372、0.545和0.474。多花黄精鲜质量与株高、叶长、叶宽、叶片数量、根茎直径和年降水量呈显著正相关， r 分别为0.806、0.650、0.361、0.449、0.968和0.361。

4 讨论

中药材品质优劣和疗效差异受气候生态因子和人工培育方式的影响，药用植物生长环境因子与药材质量的相关性研究可以为中药材生态育种、优良品种选育和优质栽培提供理论依据^[24]。本研究发现，不同产地黄精形态特征差异较大，31个野生多花黄精多糖质量分数均达到《中国药典》2020年版要求，可见野生多花黄精资源质量普遍较好，可广泛用于优良品种的选育，与相关研究一致^[25]。

表5 不同产地多花黄精土壤养分情况

样品 编号	pH	质量分数				
		有效磷/ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	速效钾/ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	水解性氮/ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	全氮/ $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	有机质/ $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$
1	6.50	279.00	505.80	123.50	2.06	13.84
2	6.06	228.10	461.00	122.70	2.28	58.01
3	4.67	22.37	318.70	317.60	2.64	27.16
4	4.65	74.58	385.90	216.90	3.07	43.31
5	6.12	53.25	540.10	236.10	4.09	63.02
6	4.51	20.08	359.50	190.50	2.63	23.46
7	4.96	18.11	445.60	373.80	5.09	84.83
8	5.24	120.80	505.40	65.30	1.53	11.43
9	4.71	33.99	518.50	315.00	6.25	114.23
10	4.91	13.36	321.70	109.90	2.63	20.26
11	4.21	27.99	133.00	238.00	2.93	36.84
12	5.04	29.00	176.50	198.00	3.52	55.43
13	4.88	140.10	78.95	315.30	2.14	12.87
14	5.16	46.41	327.60	312.80	1.77	7.36
15	4.12	17.26	114.50	91.09	2.14	17.19
16	4.61	20.16	76.99	158.20	3.52	4.36
17	4.48	81.24	462.40	272.50	5.61	97.79
18	4.52	13.92	86.32	177.10	2.65	40.53
19	6.16	39.27	167.10	419.60	5.33	62.42
20	4.61	224.30	504.80	336.30	2.00	17.34
21	5.23	253.10	491.00	176.90	4.59	93.58
22	4.51	211.80	498.00	150.70	2.84	34.84
23	4.54	38.27	565.80	127.00	5.32	164.32
24	6.21	157.50	554.60	191.30	3.62	46.66
25	5.31	192.80	569.70	193.30	2.69	28.51
26	4.20	5.44	285.10	70.50	0.57	11.68
27	7.01	125.20	230.00	301.90	3.52	53.24
28	4.56	9.39	142.20	55.18	4.70	98.87
29	5.27	104.60	580.80	172.40	2.45	29.19
30	6.75	161.70	536.00	46.94	3.19	21.49
31	6.95	6.63	239.00	56.30	1.54	25.87

黄精形态特征与产地生态因子相关性分析结果表明，海拔是影响黄精形态特征的主导因子，与黄精株高、叶长、叶宽和根茎鲜质量呈显著负相关。孙哲^[26]通过调查发现，黄精生长海拔不宜过高，多集中于海拔600~1000 m的阴坡；纬度和叶宽呈显著正相关，年均温与叶宽呈负相关，7月均温和多糖质量分数有显著正相关，叶片数量和日照时数有显著性负相关，与积温及无霜期有显著正相关。7月均温是影响不同产地黄精多糖含量的主导因子。有文献报道，高温气候可能通过提高植物生理生化指标而促进糖类成分积累，提高药材品质^[27]。

表6 多花黄精植株性状、质量与生态因子相关性分析

因子	多糖质量分数	总黄酮质量分数	株高	叶长	叶宽	叶片数量	根茎直径	鲜质量
经度	-0.056	0.213	0.072	0.277	0.244	-0.353	0.330	0.270
纬度	0.338	-0.085	0.086	0.258	0.516**	-0.269	0.113	0.073
海拔	0.229	0.237	-0.419*	-0.406*	-0.387*	-0.070	-0.398*	-0.391*
年均温	-0.111	0.038	-0.053	-0.163	-0.416*	0.140	-0.123	-0.136
年降水	-0.272	0.039	0.339	0.245	-0.002	0.098	0.334	0.361*
1月均温	-0.196	0.047	-0.007	-0.081	-0.339	0.236	-0.110	-0.064
7月均温	0.394*	0.064	0.076	0.337	0.346	-0.165	0.154	0.108
日照时数	0.285	0.081	-0.054	0.100	0.203	-0.465**	0.094	-0.029
≥10℃积温	0.010	0.250	0.055	0.175	0.062	0.372*	-0.089	-0.078
无霜期	-0.228	-0.102	0.132	-0.049	-0.217	0.545**	-0.052	-0.014
pH	0	-0.236	0.164	0.038	0.222	0	-0.031	0.015
有效磷	-0.072	-0.105	0.457**	0.154	0.027	0.273	0.365*	0.386*
速效钾	0.090	-0.054	0.181	-0.019	-0.173	0.474**	-0.017	0.020
水解性氮	-0.201	-0.032	-0.306	-0.461**	-0.351	-0.306	-0.166	-0.153
全氮	0.143	-0.094	-0.307	-0.275	-0.123	0.022	-0.209	-0.227
有机质	0.027	0.031	-0.189	-0.222	-0.078	0.290	-0.208	-0.176
鲜质量	-0.265	-0.035	0.806**	0.650**	0.361*	0.449*	0.968**	1.000

注: * $P<0.05$; ** $P<0.01$ 。

黄精生长地土壤偏酸性,与毕研文等^[28]报道的黄精类植物适宜在偏酸性土壤生长一致。磷、钾是植物生长必需的营养元素,研究发现黄精对磷、钾的吸收量高^[29],土壤中有有效磷、速效钾有利于黄精株高增加、根茎和叶片的生长,且地上部分与地下根茎产量呈显著正相关,黄精地上部分的大小直接影响黄精产量。综上所述,在进行黄精引种栽培过程中,除了注意产地,还应该注意引种地的海拔、温度、无霜期等相关地理生态因子,土壤应该呈弱酸性,在黄精规范化种植过程中应合理施用磷肥和钾肥,有利于植株和根茎部分成长,也可以适当提高生长期温度,有利于有效成分的合成和积累。

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,2020:319.
- [2] 李慧,朱海燕. 黄精食品的开发及发展探讨[J]. 农产品加工,2019,18(15):86-88.
- [3] 于纯森,刘宁,宫铭海,等. 黄精药理作用研究进展及在保健食品领域的应用开发[J]. 黑龙江科学,2019,10(18):66-68.
- [4] 涂明锋,叶文峰. 黄精的药理作用及临床应用研究进展[J]. 宜春学院学报,2018,40(9):27-31.
- [5] LIU L,DONG Q,DONG X T, et al. Stuctural investigation of two neutral polysaccharides isolated from rhizome of *Polygonatum sibiricum* [J]. Carbohydr Polym, 2007, 70(3): 304-309.
- [6] CUI X W, WANG S Y, CAO H, et al. A review: The bioactivities and pharmacological applications of *Polygonatum sibiricum* polysaccharides [J]. Molecules, 2018, 23(5): 1170.
- [7] ZENG G F, ZHANG Z Y, LU L, et al. Protective effects of *Polygonatum sibiricum* polysaccharide on ovariectomy-induced bone loss in rats [J]. J Ethnopharmacol, 2011, 136(1): 224-229.
- [8] HIRAI N, MIURA T, MORIYASU M, et al. Cardiotonic activity of the rhizome of *Polygonatum sibiricum* in rats[J]. Biol Pharm Bull, 1997, 20(12): 1271-1273.
- [9] 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.
- [10] 章鹏飞,张虹,张小波,等. 多花黄精生态适宜性区划研究[J]. 中国中药杂志,2020,45(13):3073-3078.
- [11] 田启建,赵致. 黄精属植物种类识别及资源分布研究[J]. 现代中药研究与实践,2007,21(1):18-21.
- [12] 王丹,张鸿,刘嘉丽,等. 不同产地多花黄精生物活性成分含量比较[J]. 湖南农业科学,2020,50(7):89-92,96.

- [13] 涂明锋,叶文峰,彭靖,等. 不同产地多花黄精化学成分含量比较分析[J]. 安徽农业科学,2020,48(8):198-200.
- [14] 倪天宇,罗晓朦,张春椿,等. 不同生境下多花黄精化学成分比较[J]. 中成药,2020,42(11):2948-2953.
- [15] 赵文莉,赵晔,TSENG Y. 黄精药理作用研究进展[J]. 中草药,2018,49(18):4439-4445.
- [16] 苏文田,刘跃钧,蒋燕锋,等. 黄精产业发展现状与可持续发展的建议[J]. 中国中药杂志,2018,43(13):2831-2835.
- [17] 胡中盛,郑颖,何娥英,等. 黄精药材和黄精片在炮制工艺中的质量研究[J]. 安徽农业科学,2020,48(8):158-162.
- [18] 张娇娇,张睿,宁伟. 热河黄精多糖含量及总黄酮超声提取方法研究[J]. 时珍国医国药,2015,26(12):2870-2871.
- [19] 李强,文唤成,胡彩荣. 土壤pH值的测定国际国内方法差异研究[J]. 土壤,2007,39(3):488-491.
- [20] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科技出版社,2000:146-196.
- [21] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京:中国农业出版社,1981:120-122.
- [22] 吴媛媛. 不同多花黄精种质的农艺及生理生化性状差异比较[D]. 长沙:湖南农业大学,2018.
- [23] 柳小兰,张清海,林绍霞,等. 土壤化学特性对中药材品质影响的研究进展[J]. 贵州科学,2013,31(5):55-60.
- [24] 黄林芳,付娟,陈士林. 中药材生态变异的学术探讨[J]. 中草药,2012,43(7):1249-1258.
- [25] 吴其国,胡叶青,陈帅帅,等. 安徽不同产地野生与栽培多花黄精中黄精多糖含量比较[J]. 甘肃中医药大学学报,2018,35(1):47-50.
- [26] 孙哲. 三种黄精资源调查及卷叶黄精质量评价[D]. 北京:北京中医药大学,2009.
- [27] 谢景,唐雪阳,郝婧,等. 不同产地百合药材化学成分与气候因子的相关性研究[J]. 中国现代中药,2020,22(12):2053-2058.
- [28] 毕研文,宫俊华,杨永恒. 泰山黄精综合栽培技术研究[J]. 中国农学通报,2005,21:280-282.
- [29] 何银忠,王有兵,严毅,等. 林下种植黄精、何首乌及天门冬对土壤养分的影响[J]. 中国园艺文摘,2014,30(4):34-35,46.

(收稿日期:2021-06-01 编辑:戴玮)