

重楼属植物根茎有效成分与菌根侵染率、土壤营养成分之间的相关性^Δ

潘兴娇^{1,2*}, 张杰^{1,2}, 路风中², 丁博², 周浓^{1,2#} (1.大理大学药学与化学学院, 云南大理 671000; 2.重庆三峡学院生命科学与工程学院, 重庆 404000)

中图分类号 R282.2 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2016)22-3037-04

DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2016.22.05

摘要 目的:探讨重楼属植物根茎中总皂苷、总多糖含量与根系丛枝菌根真菌(AMF)侵染率及根际土壤营养成分的相关性。方法:以三峡库区的16个采样点重楼属植物及其根际土壤为研究对象,测定根系菌根侵染率和侵染强度、根茎中总皂苷和总多糖的含量以及相应生长地根际土壤养分,利用SPSS 18.0软件对数据进行多重比较和相关分析。结果:三峡库区重楼属植物根系能与AMF形成良好的共生关系,侵染率在85.19%~99.80%之间,侵染强度在16.55%~72.27%之间。不同产地、不同品种重楼属植物根茎中总皂苷和总多糖含量差异有统计学意义($P<0.05$)。土壤酸碱度适中,除全氮的平均含量为极缺水平外,其余营养成分的平均含量均属中等及以上水平。相关性分析表明,根系菌根侵染率和侵染强度对根茎质量未见显著性影响。根茎总皂苷与有机质、速效氮呈显著负相关,根茎总皂苷、总多糖与速效磷、速效钾量和pH值呈正相关,其他土壤养分与根茎总皂苷、总多糖量间相关性均不显著。结论:重楼对土壤中不同营养成分具有选择性,丰富的土壤速效磷和速效钾供应有利于重楼根茎中总皂苷和总多糖的合成与积累。

关键词 重楼;总皂苷;总多糖;土壤养分;菌根侵染率;相关性

Correlation of Active Ingredients in the Roots of *Paridis rhizoma* Genus Plants with Mycorrhizal Infection Rate and Soil Nutrients

PAN Xingjiao^{1,2}, ZHANG Jie^{1,2}, LU Fengzhong², DING Bo², ZHOU Nong^{1,2} (1.College of Pharmacy and Chemistry, Dali University, Yunnan Dali 671000, China; 2.College of Life Science and Engineering, Chongqing Three Gorges University, Chongqing 404000, China)

ABSTRACT OBJECTIVE: To investigate the correlation of total saponins and total polysaccharides content in the roots of *Paridis rhizoma* genus plants with Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) infection rate and rhizosphere soil nutrients. METHODS: Taking 16 pieces of *Paridis rhizoma* herbs and rhizosphere soil in Three Gorges Reservoir Area as the research object, mycorrhizal infection rate and infection intensity, the contents of total saponins and total polysaccharides in roots and stem, and rhizosphere soil nutrient contents were all determined. SPSS18.0 software was adopted for data multiple comparison and correlation analysis. RESULTS: *Paridis rhizoma* genus plants roots in Three Gorges Reservoir Area could form a good symbiotic relationship with AMF. Infection rate ranged from 85.19% to 99.80%, and infection intensity ranged from 16.55% to 72.27%. *Paridis rhizoma* from different origins and varieties had significant difference in the contents of total saponins and total polysaccharides ($P<0.05$). Soil pH was moderate, the average content of total nitrogen was in insufficient level, the average concentration of the remaining nutrients belonged to middle levels or above. Correlation analysis showed that the mycorrhizal infection rate and infection intensity of *Paridis rhizoma* were not significantly correlated with its quality. The total saponins were significantly negatively correlated with organic matter and available nitrogen. The total saponins and total polysaccharides were positively correlated with available phosphorus, potassium and pH value, but they were not significantly correlated with the other soil nutrients. CONCLUSIONS: *Paridis rhizoma* is selective to different soil nutrients. Rich soil available phosphorus and potassium supply are in favor of the synthesis and accumulation of total saponins and total polysaccharides in *Paridis rhizoma* roots.

KEYWORDS *Paridis rhizoma*; Total saponins; Total polysaccharides; Soil nutrients; Mycorrhizal infection rate; Correlation

三峡库区为重楼属植物的地理分布中心之一,药材品种较为丰富^[1-3]。重楼属植物根茎具有清热解毒、消肿止痛、凉肝定惊的功效,在中医临床上常作为清热解毒药与其他中药配

Δ 基金项目:国家自然科学基金资助项目(No.81260622);重庆市教委科学技术研究项目(No.KJ131109);重庆市万州区科委自然科学基金项目(No.201301024)

* 硕士研究生。研究方向:药用植物栽培与质量控制。E-mail: 1556653235@qq.com

通信作者:副教授,硕士生导师。研究方向:药用植物栽培与质量控制。电话:023-58102522。E-mail:erhaizn@126.com

伍使用,用于治疗疔疮痈肿、蛇虫咬伤、跌扑伤痛等症^[1]。重楼属植物中含有甾体皂苷、多糖类、黄酮类、蜕皮激素、植物甾醇、苯丙素等成分^[4],其中甾体皂苷具有抗肿瘤、止血、抗炎、镇痛、免疫调节等生物活性^[5],多糖类具有抗肿瘤、延缓衰老、免疫调节等生物活性^[6]。

重楼属药用植物在重庆万州、开县、城口等三峡库区广泛栽培,但不同产地和不同品种的重楼属药用植物(药材)活性成分参差不齐,严重影响了其入药质量的一致性^[7]。栽培过程中主要施用农家肥、氮肥、钾肥和磷肥等^[8]。药用植物所含活性成分的形成会受环境因子和基因共同作用的影响,而土壤

是药用植物生活的基地,又是供应水分和营养物质的源泉^[9],土壤肥力成为重楼属植物根茎品质形成的限制因子之一,也是其人工栽培过程中必须解决的一个关键问题。据报道,人工栽培滇重楼基地土壤中主要养分因子和丛枝菌根对其甾体皂苷、多糖的含量有较大影响^[9-11]。周浓课题组实地采集了三峡库区重楼属植物及相应生长地根际土壤,测定了根茎中总皂苷、总多糖及根系菌根侵染率、土壤养分的量,同时分析了总皂苷、总多糖的含量与菌根侵染率、土壤养分量之间的相关性,揭示影响重楼属植物生长发育的主要土壤养分因子,为保证三峡库区栽培重楼属植物根茎品质及测土配方施肥工作提供参考。

1 材料

1.1 样品采集

根据张植玮等^[2]对重庆三峡库区重楼属药用植物资源的调查结果,确定了16个采样点,并由中国科学院昆明植物研究所李恒研究员对样本进行了鉴定,记录各采样点及其基本情况,见表1。

表1 不同产地重楼属植物采样点的基本情况

Tab 1 Basic information of *Paridis rhizoma* genus plants from different areas

编号	种名	样品来源(经纬度)	栽培方式	海拔,m
S1	华重楼 <i>P. polyphylla</i> var. <i>chinensis</i>	开县满月乡双坪村1组(108°42.912'/31°61.967')	林下栽培	1 209
S2	华重楼 <i>P. polyphylla</i> var. <i>chinensis</i>	开县满月乡双坪村4组(108°42.625'/31°60.943')	露地栽培	1 195
S3	华重楼 <i>P. polyphylla</i> var. <i>chinensis</i>	万州区铁峰乡(108°21.080'/30°55.489')	林下栽培	1 230
S4	滇重楼 <i>P. polyphylla</i> var. <i>yunnanensis</i>	开县满月乡马营村(108°31.177'/31°35.627')	林下栽培	1 895
S5	滇重楼 <i>P. polyphylla</i> var. <i>yunnanensis</i>	城口县咸宜乡(108°42.645'/31°42.395')	林下栽培	2 379
S6	滇重楼 <i>P. polyphylla</i> var. <i>yunnanensis</i>	石柱县马武镇(108°16.758'/29°44.531')	露地栽培	1 217
S7	滇重楼 <i>P. polyphylla</i> var. <i>yunnanensis</i>	万州区铁峰乡(108°22.113'/30°54.621')	露地栽培	1 200
S8	狭叶重楼 <i>P. polyphylla</i> var. <i>stenophylla</i>	城口县咸宜乡(108°42.611'/31°42.417')	林下栽培	2 360
S9	狭叶重楼 <i>P. polyphylla</i> var. <i>stenophylla</i>	石柱县马武镇(108°16.751'/29°44.517')	露地栽培	1 211
S10	小重楼 <i>P. polyphylla</i> var. <i>minor</i>	开县满月乡双坪村1组(108°42.566'/31°61.842')	露地栽培	1 206
S11	毛重楼 <i>P. mairei</i>	开县满月乡马营村(108°31.425'/31°35.788')	林下栽培	1 862
S12	巴山重楼 <i>P. bashanensis</i>	城口县岚天乡三河村(108°92.226'/31°95.148')	露地栽培	1 550
S13	卵叶重楼 <i>P. delavayi</i> var. <i>petiolata</i>	石柱县马武镇(108°16.693'/29°44.517')	露地栽培	1 235
S14	花叶重楼 <i>P. marmorata</i>	石柱县马武镇(108°16.742'/29°44.494')	露地栽培	1 220
S15	长药隔重楼 <i>P. polyphylla</i> var. <i>pseudothibetica</i>	渝北区兴隆镇(106°68.612'/29°94.788')	露地栽培	526
S16	五指莲重楼 <i>P. axialis</i>	渝北区兴隆镇(106°69.501'/29°93.027')	露地栽培	526

1.2 试剂与仪器

D-无水葡萄糖对照品(批号:110833-201205,纯度:≥98%)、薯蓣皂苷元对照品(批号:111539-200001,纯度:≥98%)均购自中国食品药品检定研究院。硝酸、高氯酸、氢氟酸为优级纯;石油醚、无水乙醇、三氯甲烷、正丁醇、甲醇、醋酸铵、氯化钾、氢氧化钠、甲基红、溴甲酚绿指示剂、硼酸、浓硫酸、硫酸亚铁、硫酸钾、五水硫酸铜、硒粉、高锰酸钾、二硝基酚、酒石酸氧铋钾、左旋抗坏血酸、磷酸二氢钾、甲醛、冰醋酸、乳酸、甘油、苯酚、曲利苯蓝、碳酸氢钠、邻二氮菲指示剂等试剂均为分析纯;水为双蒸水。

UV-2450型紫外可见分光光度计(日本岛津公司);TAS-990型原子吸收分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司);XP204型电子天平(瑞士梅特勒-托利多公司)。

2 方法

2.1 重楼属植物根系丛枝菌根真菌(AMF)的生态特征

重楼植株及其对应根际土壤、根系按常规方法取样与处理^[10-12]。随机选取福尔马林-醋酸-酒精(FAA)固定液中重楼根系50条,采用文献建立的方法^[13-14]进行染色、制片、镜检及计算菌根侵染率、侵染强度。

2.2 重楼属植物根际土壤营养成分的测定方法和评价标准

土壤pH、有机质、全氮、速效氮、全磷、速效磷、速效钾的测定参照《土壤农化分析》进行^[12];同时根据1980年全国第2次土壤普查养分分级标准^[15]进行评价,分级标准见表2。

表2 中国土壤养分含量的分级标准

Tab 2 Classification criterion of Chinese soil nutrient content

级别	全氮, g/kg	速效氮, mg/kg	全磷, g/kg	速效磷, mg/kg	全钾, g/kg	速效钾, mg/kg	有机质, g/kg	养分评价
1级	>2	>150	>1	>40	>25	>200	>40	丰富
2级	1.5~2	120~150	0.8~1	20~40	20~25	151~200	30~40	较丰
3级	1~1.5	90~120	0.6~0.8	10~20	15~20	101~150	20~30	中等
4级	0.75~1	60~90	0.4~0.6	5~10	10~15	51~100	10~20	较缺
5级	0.5~0.75	30~60	0.2~0.4	3~5	5~10	30~50	6~10	缺乏
6级	<0.5	<30	<0.2	<3	<5	<30	<6	极缺

2.3 重楼属植物根茎中总皂苷和总多糖含量的测定

重楼属植物根茎中总皂苷和总多糖含量采用文献建立方法^[7]进行测定。

2.4 数据处理与分析

本试验数据均采用Excel 2003作图,SPSS 18.0软件进行Duncan多重比较和Pearson相关性分析。

3 结果

3.1 不同产地重楼属植物AMF的生态特征

通过染色研究发现,16个不同产地、不同品种重楼属植物根系均有不同程度的菌根侵染,且全部属于丛枝菌根类型,见图1。结果表明,在不同人工栽培条件下,重楼属植物菌根侵染率均较高,侵染率在85.19%~99.80%之间,S1、S10、S15、S16与其他样品比较差异均有统计学意义($P<0.05$)。从菌根侵染强度来看,AMF结构不仅在根系中占有较大比例,而且丛枝在根系中形成的比例相对较高,这表明自然条件下AMF与重楼属植物形成的共生体发育状况良好。由图1可知,不同产地重楼属植物根系侵染强度有一定差异,菌根侵染强度变化幅度大,侵染强度在16.55%~72.27%之间。其中S10的菌根侵染强度最弱,与其余15个样品比较差异有统计学意义($P<0.05$);而S13的菌根侵染强度最强,但与S3、S5、S6和S11样品比较未达到显著性差异。

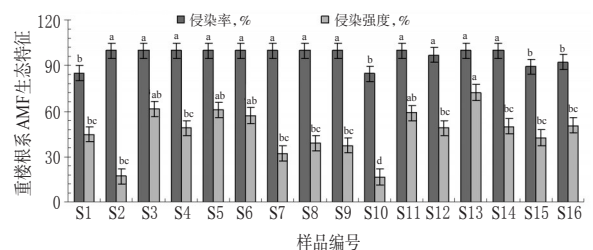


图1 不同产地重楼属植物根系AMF的生态特征

注:同一指标不同组别间,若有1个字母相同,则代表差异无统计学意义($P>0.05$);若字母完全不同,则代表差异有统计学意义($P<0.05$)

Fig 1 AMF ecological characteristics of *Paridis rhizoma* genus plants roots from different areas

Note: if there is 1 same letter in the same index among different group, it means the difference was not statistically significant ($P>0.05$); if the letters are completely different, then it means the difference was statistically significant ($P<0.05$)

3.2 不同产地重楼属植物根际土壤营养成分的含量

不同产地重楼属植物根际土壤营养成分含量见表3。

如表3所示,不同产地重楼属植物根际土壤全氮、全磷、全钾、速效氮、速效磷、速效钾、有机质含量及pH值差异有统计

表3 不同产地重楼属植物根际土壤营养成分的含量(n=3)

Tab 3 Rhizosphere soil nutrient content of *Paridis rhizoma* genus plants from different areas (n=3)

编号	全氮, g/kg	速效氮, mg/kg	全磷, g/kg	速效磷, mg/kg	全钾, g/kg	速效钾, mg/kg	有机质, g/kg	pH值
S1	0.084 0	91.000 0 ^{ad}	0.388 7 ^{cd}	12.337 5 ^c	51.995 0 ^f	1 301.547 9 ^d	116.394 5 ^f	6.070 0 ^f
S2	0.322 1 ^f	80.500 0 ^{ab}	0.405 6 ^d	5.925 0 ^f	16.835 7 ^e	303.975 7 ^e	110.127 1 ^{ef}	5.970 0 ^f
S3	0.056 0 ^a	71.750 0 ^{ab}	0.342 4 ^a	8.625 0 ^{ef}	49.645 5 ^e	415.306 0 ^f	97.844 7 ^e	6.050 0 ^f
S4	0.056 4 ^a	98.000 0 ^{ad}	0.406 2 ^b	11.700 0 ^{ef}	42.036 9 ^b	591.200 0 ^f	229.294 6 ^e	6.030 0 ^f
S5	0.293 9 ^e	171.500 0 ^f	0.993 6 ^f	36.562 5 ^f	50.774 6 ^e	1 000.320 0 ^f	298.716 9 ^e	6.360 0 ^{ab}
S6	0.098 0	24.500 0 ^f	0.520 6 ^d	14.962 5 ^e	35.315 9 ^{ab}	1 127.200 0 ^f	67.268 5 ^e	7.470 0 ^f
S7	0.350 0 ^f	24.500 0 ^f	0.278 0 ^f	14.100 0 ^{ef}	39.041 0 ^{ab}	420.000 0 ^f	5.070 0 ^f	7.230 0 ^{ab}
S8	0.531 6 ^f	108.500 0 ^f	0.814 3 ^e	15.112 5 ^e	9.332 7 ^e	1 104.000 0 ^f	336.216 0 ^f	6.160 0 ^f
S9	0.069 9 ^a	77.000 0 ^{ab}	0.424 2 ^a	29.737 5 ^f	32.443 8 ^b	1 183.800 0 ^f	61.051 4 ^e	6.050 0 ^f
S10	0.084 0	175.000 0 ^f	1.348 4 ^f	13.425 0 ^f	35.833 1 ^{ab}	344.000 0 ^f	249.031 9 ^f	6.580 0 ^{ab}
S11	1.343 8 ^f	122.500 0 ^f	0.648 5 ^e	12.900 0 ^f	38.103 8 ^{ab}	909.600 0 ^f	285.075 2 ^e	5.680 0 ^f
S12	0.391 9 ^f	42.000 0 ^f	1.480 1 ^f	139.762 5 ^f	35.604 4 ^{ab}	837.832 4 ^e	112.331 9 ^{ab}	6.660 0 ^d
S13	0.349 9 ^f	66.500 0 ^{ab}	1.278 4 ^f	60.750 0 ^f	23.427 3 ^b	1 125.400 0 ^f	99.329 4 ^e	6.150 0 ^{ab}
S14	0.063 0	133.000 0 ^f	0.369 7 ^f	9.975 0 ^f	43.087 7 ^{ab}	1 034.700 0 ^f	62.853 5 ^e	6.560 0 ^{ab}
S15	0.084 0	73.500 0 ^{ab}	2.432 6 ^f	110.437 5 ^f	47.600 0 ^f	1 513.576 2 ^f	145.256 9 ^f	7.470 0 ^f
S16	0.126 0 ^b	96.250 0 ^{ad}	0.182 0 ^f	9.150 0 ^f	47.960 0 ^f	1 486.240 0 ^f	44.359 7 ^e	5.190 0 ^f
平均值	0.269 0	91.000 0	0.769 6	31.591 4	37.439 8	918.668 6	145.013 9	6.355 0

注:同一指标不同组别间,若有1个字母相同,则代表差异无统计学意义($P>0.05$);若字母完全不同,则代表差异有统计学意义($P<0.05$)

Note: if there is 1 same letter in the same index among different group, it means the difference was not statistically significant ($P>0.05$); if the letters are completely different, then it means the difference was statistically significant ($P<0.05$)

学意义($P<0.05$)。16个样品的根际土壤全氮含量呈显著性差异,平均值为0.269 0 g/kg;S11样品土壤中全氮的含量远远高于其他样本,S3样品全氮含量最低。根据全国第二次土壤普查制定的土壤养分分级标准判断,除了样品S11土壤全氮含量为中等水平(3级)外,其余均属于极缺水平范围(6级)。

根际土壤速效氮含量差异较显著,平均值为91.000 0 mg/kg;只有S5和S10属于含量丰富基地(1级),S11和S14属于含量较为丰富基地(2级),S1、S4、S8、S16属于中等适宜范围(3级),其余属于缺乏范围(4~6级),其中S6和S7属于极缺水平范围(6级)。可见,三峡库区重楼属植物生长地土壤全氮水平普遍偏低,而速效氮则处于适中水平。

根际土壤全磷含量差异较显著,平均值为0.769 6 g/kg;样品S10、S12、S13、S15属于含量丰富基地(1级),样品S5和S8属于含量较为丰富基地(2级),样品S11属于中等适宜范围(3级),其余属于缺乏范围(4~6级),其中样品S16属于极缺水平范围(6级)。

根际土壤速效磷含量相差也较大,平均值为31.591 4 mg/kg;样品S12、S13、S15属于含量丰富基地(1级),样品S5和S9属于含量较为丰富基地(2级),样品S2、S3和S16为较缺水平范围(4级)外,其余均属于中等适宜范围(3级)。可见,三峡库区重楼属植物生长地土壤全磷水平普遍偏低,而速效磷处于较高水平。

根际土壤全钾含量差异相当明显,平均值为37.439 8 g/kg;样品S13属于含量较为丰富基地(2级),样品S2属于中等适宜范围(3级),样品S8属于缺乏水平范围(5级),其余均属于含量丰富基地(1级)。

根际土壤速效钾含量差异较小,平均值为918.668 6 mg/kg;所有样品的根际土壤含量范围都属于丰富范围(1级)。可见,三峡库区重楼属植物生长地土壤全钾和速效钾均处于较高水平。

根际土壤有机质含量差异较大,平均值为145.013 9 g/kg;除样品S7属于极缺水平范围(6级)外,其余所有样品的根际土壤含量范围都属于丰富范围(1级)。可见,三峡库区重楼属植物生长地土壤有机质的量普遍较高。

根际土壤pH值均呈酸性土或中性土,适于重楼属植物的正常生长发育,绝大部分地区土壤pH达到了重楼属植物最适生长范围(6.5~7.5)^[16]。

3.3 不同产地重楼属植物根茎中总皂苷和总多糖的含量

不同产地重楼属植物根茎中总皂苷和总多糖的含量结果见图2。

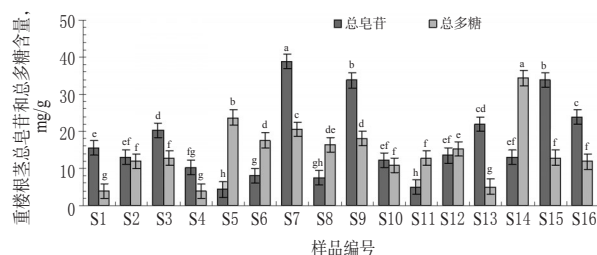


图2 不同产地重楼属植物根茎中总皂苷和总多糖的含量

注:同一指标不同组别间,若有1个字母相同,则代表差异无统计学意义($P>0.05$);若字母完全不同,则代表差异有统计学意义($P<0.05$)

Fig 2 Contents of total saponins and total polysaccharides in *Paridis rhizoma* genus plants from different areas

Note: if there is 1 same letter in the same index among different group, it means the difference was not statistically significant ($P>0.05$); if the letters are completely different, then it means the difference was statistically significant ($P<0.05$)

由图2可知,不同产地、不同品种重楼属植物根茎中总皂苷和总多糖含量差异有统计学意义($P<0.05$),但部分品种总皂苷、总多糖含量超过《中国药典》记载品种,具有化学等同性。结果表明,样品S7的总皂苷含量显著高于其他样品,样品S11的总皂苷含量显著低于其他样品。样品S14的总多糖含量显著高于其他样品,样品S1、S4和S13的总多糖含量稍低,但三者之间未达到显著性差异。总体来看,样品S7和S9的总皂苷和总多糖含量稍高,表明其根茎品质较为优良。

3.4 相关性分析

重楼属植物根际土壤理化性质与根茎质量指标相关性分析见表4。

从表4可知,重楼属植物根茎有效成分与菌根侵染率、土壤营养成分之间具有一定的相关性。根茎总皂苷与根系菌根侵染率、侵染强度以及根际土壤中的全氮、速效氮、全磷、有机质呈负相关,尤其与有机质呈极显著负相关($r=-0.533$)、速效氮呈显著负相关($r=-0.427$)。根茎总多糖与根系菌根侵染强度、速效氮、全磷、全钾和有机质呈负相关。根茎总皂苷与速效磷、全钾、速效钾、pH均呈正相关,总多糖与菌根侵染率、全氮、速效磷、速效钾、pH呈正相关。因此,根际土壤中速效磷、速效钾量和pH值增加可以同时促进根茎总皂苷和总多糖的累积和形成,速效氮和有机质二者量的升高对根茎总皂苷与总多糖的累积和形成有阻碍作用。

土壤养分之间也存在一定的相关性,速效氮与有机质呈显著的正相关($r=0.427$),全磷与速效磷呈极显著的正相关($r=0.617$),全磷与有机质呈显著的正相关($r=0.450$),速效磷与pH值呈显著的正相关($r=0.437$)。

4 讨论

菌根试验表明,三峡库区人工移植栽培重楼属植物均可与AMF形成典型的丛枝菌根,故重楼属药用植物也是一类菌

表4 重楼属植物根际土壤理化性质与根茎质量指标相关性
Tab 4 Correlation between rhizosphere soil physical and chemical properties and quality index of *Paridis rhizoma* genus plants

指标	侵染率	侵染强度	总皂苷	总多糖	全氮	速效氮	全磷	速效磷	全钾	速效钾	有机质	pH值
侵染率												
侵染强度	0.238											
总皂苷	-0.215	-0.150										
总多糖	0.351	-0.033	0.017									
全氮	0.115	0.051	-0.153	0.085								
速效氮	-0.102	-0.059	-0.427*	-0.109	-0.077							
全磷	-0.192	0.033	-0.250	-0.033	0.203	0.075						
速效磷	-0.102	0.050	0.062	0.183	0.254	-0.142	0.617**					
全钾	-0.283	0.200	0.083	-0.033	-0.288	0.092	-0.200	-0.250				
速效钾	-0.215	0.133	0.217	0.067	-0.051	-0.092	0.033	0.250	0.133			
有机质	-0.125	0.017	-0.533**	-0.183	0.136	0.427*	0.450*	0.167	-0.017	-0.083		
pH	-0.137	-0.084	0.067	0.336	0.051	-0.211	0.353	0.437*	-0.034	0.017	-0.017	

注：“*”表示在0.05水平(双侧)上显著相关;“**”表示在0.01水平(双侧)上极显著相关

Note: “*” means significant correlation showed in 0.05 level (on both sides); “**” means extremely significant correlation showed in 0.01 level (on both sides)

根营养型植物。因此,通过人工接种外源性AMF在提高重楼繁殖率、人工移植栽培成活率、产量和品质等方面具有广阔的应用前景。同时,不同产地、不同品种重楼属植物根系的侵染率和侵染强度具有显著性差异,这与周浓、段艳涛等^[17-18]研究结果一致。

土壤在陆地生态系统中占据重要位置,为药用植物吸收水分和养分的场所,土壤养分的变化对药用植物的生长发育和主要活性成分的形成与积累有直接作用^[19]。本试验通过对三峡库区重楼属植物生长地根际土壤养分分析发现,土壤肥力水平整体上较高,但栽培区土壤营养状况极不平衡,从而导致重楼属植物根茎品质的下降^[10]。因此,应根据各栽培区土壤养分状况的不同以及各营养成分对其根茎品质的影响方式分别进行人工改良。总的来看,三峡库区重楼属植物根际土壤酸碱度适中,有机质分布较均匀;速效氮、全氮均偏低,需合理增施氮肥;全钾、速效钾、全磷、速效磷含量较高,应注意控制钾肥、磷肥的施用量。

分析重楼属植物根茎主要活性成分与土壤养分之间的关系有助于研究总皂苷与总多糖等成分的积累过程,对人工栽培重楼属植物时合理施肥具有指导作用。本试验发现,影响重楼属植物根茎中总皂苷和总多糖量的主要土壤养分为速效磷、速效钾和pH,故在栽培重楼时可适当增加磷肥、钾肥和调节土壤酸碱度以促进重楼根茎中总皂苷和总多糖的累积,从而提高重楼属植物根茎的质量,这与王印、杨永红等^[9-10]对滇重楼研究结果相似,即速效磷、速效钾较为丰富的土壤确实是重楼高品质形成的基础。

相关性分析结果表明,重楼属植物根茎主要活性成分与菌根侵染率、土壤营养成分之间具有一定的相关性。从相关系数可以得出,根茎总皂苷与有机质呈极显著负相关、速效氮呈显著负相关,根茎总皂苷、总多糖与速效磷、速效钾量和pH值呈正相关,其他土壤养分与总皂苷、总多糖呈极弱相关。说明土壤营养成分对重楼属植物根茎主要活性成分的影响是多种因子的复合作用,既存在协同作用,又具有拮抗作用,这种复合作用导致重楼属植物在生长过程中对土壤养分具有选择性。总之,在栽培中应根据土壤肥力条件,重楼属植物各活性

成分与土壤养分的相关性,以及重楼属植物的需肥特性及生长规律有针对性合理施肥,从而使其根茎的品质达到最佳水平。

参考文献

- [1] 国家药典委员会.中华人民共和国药典:一部[S]. 2015年版.北京:中国医药科技出版社,2015:260.
- [2] 张植玮,刘正宇,陈玉菡,等.重庆三峡库区重楼属药用植物资源调查[J].资源开发与市场,2008,24(3):254.
- [3] 尹鸿翔,薛丹,吴梅,等.川滇地区重楼商品药材质量评价[J].中药材,2007,30(7):771.
- [4] Wei JC, Gao WY, Yan XD, et al. Chemical constituents of plants from the genus *Paris*[J]. *Chemistry & Biodiversity*, 2014, 11(9):1 277.
- [5] 何含杰,章怀云,陈丽莉,等.重楼皂苷的药理作用和临床应用研究进展[J].中药材,2014,37(3):527.
- [6] 周浓,郭冬琴,汪开拓,等.滇重楼多糖不同提取方法的比较研究[J].食品工业科技,2014,35(14):326.
- [7] 周浓,丁博,郭冬琴,等.三峡库区驯化栽培重楼属药材活性成分检测与质量评价[J].中药材,2015,38(5):895.
- [8] 陈翠,康平德,杨丽云,等.云南重楼高产栽培施肥研究[J].中国农学通报,2010,26(5):97.
- [9] 王印,何忠俊,段艳涛,等.滇重楼根茎有效成分与土壤钾状况的关系研究[J].西南农业学报,2012,25(3):950.
- [10] 杨永红,戴丽君,何昆鸿,等.土壤营养与人工栽培滇重楼品质相关性评价[J].中药材,2012,35(10):1 557.
- [11] 周浓,丁博,冯源,等.接种不同AM真菌对滇重楼菌根侵染率和入药品质的影响[J].中国中药杂志,2015,40(16):3 158.
- [12] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000:14-35.
- [13] Phillips JM, Hayman DS. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection[J]. *Trans Br Mycol Soc*, 1970, 55(1):158.
- [14] Trouvelot A, Kough JL, Gianinazzi-Pearson V. *Mesure du taux de mycorrhization VA d'un système racinaire. Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle*[C]//Gianinazzi-Pearson V, Gianinazzi S. *Physiological and genetical aspects of mycorrhizae*. Paris: INRA Publications, 1986:217-224.
- [15] 易海艳,马刘峰,林宁,等.新疆叶尔羌河流域棉田土壤养分分析与评价[J].江苏农业科学,2015,43(7):393.
- [16] 毛玉东,梁社往,何忠俊,等.土壤pH对滇重楼生长、养分含量和总皂苷含量的影响[J].西南农业学报,2011,24(3):985.
- [17] 周浓,夏从龙,姜北,等.滇重楼丛枝菌根的研究[J].中国中药杂志,2009,34(14):1 768.
- [18] 段艳涛,何忠俊,梁社往,等.滇重楼总皂苷含量和菌根侵染率与土壤因子的关系[J].中国中药杂志,2011,36(22):3 091.
- [19] 伍晓丽,彭锐,李隆云,等.不同产地川党参养分特性及其栽培土壤营养特征研究[J].中国药房,2010,21(7):647.

(收稿日期:2016-01-27 修回日期:2016-05-27)

(编辑:余庆华)