

太白贝母根际区土壤养分变化规律

母茂君^{1,2}, 聂松莹¹, 王骞², 杨敏², 张华¹, 郭冬琴¹, 周浓^{1,2*}

(1. 重庆三峡学院 生物与食品工程学院, 三峡库区道地药材绿色种植与

深加工重庆市工程实验室, 重庆 404120;

2. 大理大学 药学与化学学院, 云南 大理 671000)

[摘要] 目的: 调查太白贝母根际区土壤养分、营养元素含量的变化规律, 为其人工栽培过程中土壤改良和平衡施肥提供理论依据。方法: 以 14 份不同产地、不同生长年限太白贝母根际区土壤为研究对象, 采用土壤农化分析方法结合原子吸收分光光度法测定其全氮, 速效氮, 全磷, 速效磷, 全钾, 速效钾, 有机质, pH 及钙 (Ca), 镁 (Mg), 钠 (Na), 锰 (Mn), 锌 (Zn), 铜 (Cu), 镍 (Ni) 7 种营养元素含量, 利用 SPSS 22.0 软件对数据进行多重比较和相关分析。结果: 不同产地、不同生长年限太白贝母根际土壤养分、营养元素均具有显著性差异 ($P < 0.05$), 呈现一定的相关性。栽培品根际土壤全氮、全磷、速效氮、速效磷及有机质含量随生长年限增加而呈降低的趋势, 而全钾、速效钾含量及 pH 随年限增加呈先降低后升高的趋势, 但太白贝母野生品整体上随着生长年限而土壤理化性质无显著变化。栽培品根际土壤 Ca, Mg, Na 和 Cu 含量随年限增长呈降低的趋势, Mn 含量随年限增长呈先降低后升高的趋势, Zn 和 Ni 含量随年限增长无显著变化。野生品根际土壤 Ca, Mg, Na, Mn 和 Cu 含量随年限增长呈先升高后降低的趋势, Zn 和 Ni 含量随年限增长无显著变化。整体上, 太白贝母野生品根际土壤养分、营养元素优于栽培品。结论: 3 年是太白贝母生长的转折点, 3 年后根际土的土壤养分和营养元素有显著的迅速下降趋势, 在太白贝母的经营管理中需注意平衡施肥, 改善土壤质量, 尽量避免连作。

[关键词] 太白贝母; 土壤养分; 营养元素; 生长年限; 栽培品; 野生品

[中图分类号] R282.2; R289; R22; R2-031 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2019)07-0189-06

[doi] 10.13422/j.cnki.syfjx.20190711

[网络出版地址] <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20181218.1037.002.html>

[网络出版时间] 2018-12-18 17:04

Variation Pattern of Rhizospheric Soil Nutrient for *Fritillaria taipaiensis*

MU Mao-jun^{1,2}, NIE Song-ying¹, WANG Qian², YANG Min², ZHANG Hua¹, GUO Dong-qin¹, ZHOU Nong^{1,2*}

(1. College of Biological and Food Engineering, Chongqing Engineering Laboratory for Green Cultivation and Deep Processing of Medicinal Herbs in Three Gorges Reservoir Area, Chongqing

Three Gorges University, Chongqing 404120, China;

2. College of Pharmacy and Chemistry, Dali University, Dali 671000, China)

[Abstract] **Objective:** To study the variation patterns of rhizospheric soil nutrient and the content of nutrient elements for *Fritillaria taipaiensis*, in order to provide the theoretical base for the soil improvement and balanced fertilization during the artificial cultivation. **Method:** Totally 14 samples of rhizospheric soil of *Fritillaria taipaiensis* from different origins and years were taken as the research objects. Total N, available N, total P, available P, total K, available K, organic matter, pH and 7 nutrient element contents (Ca, Mg, Na, Mn, Zn, Cu and Ni) were analyzed by the soil agrochemical analysis method combined with the atomic absorption

[收稿日期] 20181029(014)

[基金项目] 重庆市自然科学基金项目 (CSTC2016jcyjA0555, CSTC2013jcyjA10120); 教育部“春晖计划”合作科研项目 (Z2015150); 重庆市万州区科技创新专项 (2015016)

[第一作者] 母茂君, 在读硕士, 从事药用植物栽培与质量控制工作, Tel: 023-58576130, E-mail: 759064506@qq.com

[通信作者] *周浓, 教授, 硕士生导师, 从事药用植物栽培与质量控制工作, Tel: 023-58576130, E-mail: erhaizn@126.com

spectrophotometry. SPSS 22.0 software was applied for data multiple comparison and correlation analysis. **Result:** The all results showed significant differences ($P < 0.05$) and certain relative correlations between samples of different origins or years, and the rhizospheric soil nutrient or the content of nutrient elements of *F. taipaiensis*. The content of total N, available N, total P, available P and organic matter of rhizospheric soil collected from cultivated varieties decreased with the increase of years, and the content of total K, available K and pH decreased first and then increased. However, the soil physical and chemical properties of wild varieties had no obvious change with the increase of years. The content of Ca, Mg, Na and Cu of soil from cultivated varieties decreased with the increase of years, while the content of Mn decreased first and then increased. And Zn and Ni showed no significant change with the increase of years. Compared with cultivated varieties, the content of Ca, Mg, Na, Mn and Cu increased first and then decreased. The content of Zn and Ni showed no obvious change. In general, the rhizospheric soil nutrient and the content of nutrient elements for wild *F. taipaiensis* were superior to those of cultivated varieties. **Conclusion:** The third year is the turning point of *F. taipaiensis* growth. The rhizospheric soil nutrient and the content of nutrient elements decreased obviously after three years. Attention shall be given to the balanced fertilization, the improvement of soil quality and the prevention of the cropping during cultivation of *F. taipaiensis*.

[**Key words**] *Fritillaria taipaiensis*; soil nutrients; nutrient elements; growth years; cultivated variety; wild variety

川贝母(太白贝母)为百合科贝母属植物太白贝母 *Fritillaria taipaiensis* 的干燥鳞茎,具有化痰止咳、清热润肺、散结消痈的功效^[1]。其作为重要的化痰润肺止咳药,是中药组方中使用频率最高、应用范围较广的品种之一^[2]。川贝母市场需求量大且价格高,但生长环境苛刻,产量低下,野生资源远远不能满足日益增加的市场需求,导致野生资源呈匮乏之势,出现了严重的供需矛盾^[3]。但太白贝母生物碱活性成分含量高^[4],具有引种栽培适应能力强、产量高的优点,为川贝母中适宜栽培的最佳品种之一^[5]。

太白贝母主要分布在重庆市城口县、巫溪县及陕西省太白县,初步确定重庆境内大巴山东南段是全国太白贝母的最大原产地,也是太白贝母人工栽培最适宜的区域^[6]。植物根及根际土壤不断地进行着物质、能量交换,限制许多药用植物生长发育最重要的因素之一就是土壤中养分的缺乏。因此,土壤养分含量是检测土壤质量的一个重要指标^[7]。但随着栽培年限的增长,土壤养分的逐渐流失,造成土壤贫瘠、病害趋于严重,进一步导致生物学产量和药材品质下降^[4,8]。目前关于太白贝母不同产地根际土壤养分的研究尚属空白。为此,本文以不同产地、不同年限的太白贝母野生品和栽培品根际土壤为研究对象,测定其全氮,全磷,全钾,速效氮,速效磷,速效钾,有机质,pH 及 7 种营养元素(Ca, Mg, Na, Mn, Zn, Cu, Ni)的含量,并对其根际土壤的养分

和营养元素进行有效性分析,探究太白贝母不同生长年限根际土壤养分变化规律,为其栽培种植中合理使用化学肥料、有机肥和微肥提供理论依据,并为消减太白贝母连作障碍提供参考。

1 材料

2013 年 6 月至 7 月,根据太白贝母的自然分布区和栽培现状,不同栽培基地的不同生长年限施肥量相同,均为复合肥 [N-P-K (15 : 15 : 15)] 225 kg·hm⁻²,野生太白贝母未人为施肥,待太白贝母植株枯萎后收集根际土,常规方法收集与处理太白贝母收获期的根际土壤^[9],并由重庆三峡学院生物与食品工程学院周浓教授鉴定为百合科植物太白贝母 *Fritillaria taipaiensis* 的新鲜根际土壤,太白贝母栽培品按照实际生长年限进行分类,太白贝母野生品按照药材性状、植株形态进行分类^[9]。见表 1。

UV-2450 型紫外-可见分光光度计(日本岛津),TAS-990 型原子吸收分光光度计(北京普析),XP204 型 1/1 万电子天平(梅特勒-托利多上海有限公司);钙(Ca),镁(Mg),钠(Na),锰(Mn),锌(Zn),铜(Cu),镍(Ni)空心阴极灯(北京有色金属研究总院)。

Ca, Mg, Na, Mn, Zn, Cu, Ni 标准贮备液(购自国家环境保护总局标准样品研究所,批号分别为 202917, 203015, 202822, 202527, 201329, 201132, 201518, 质量浓度分别为 1.840, 0.118, 0.724, 1.520, 0.304, 0.450, 1.510 mg·L⁻¹);硝酸、高氯酸、氢氟酸均为优级纯;其余试剂均为分析纯;水为双蒸水。

表 1 不同产地太白贝母采样点的基本情况

Table 1 Basic sampling point information of *Fritillaria taipaiensis* with different origins

No.	生长年限	样品来源	经纬度	生长方式
S1	1 年生	重庆市巫溪县兰英乡黄草坪	N:31°24'59.01"/E:109°55'18.00"	栽培
S2	2 年生	重庆市巫溪县兰英乡黄草坪	N:31°24'59.01"/E:109°55'18.00"	栽培
S3	3 年生	重庆市巫溪县兰英乡黄草坪	N:31°24'59.01"/E:109°55'18.00"	栽培
S4	4 年生	重庆市巫溪县兰英乡黄草坪	N:31°24'59.01"/E:109°55'18.00"	栽培
S5	5 年生	重庆市巫溪县兰英乡黄草坪	N:31°24'59.01"/E:109°55'18.00"	栽培
S6	4 年生	重庆市巫溪县兰英乡西安槽	N:31°25'0.89"/E:109°47'30.14"	栽培
S7	5 年生	重庆市巫溪县兰英乡西安槽	N:31°25'0.89"/E:109°47'30.14"	栽培
S8	3 年生	重庆市巫溪县文峰镇红池坝风景区	N:31°32'42.87"/E:109°40'43.13"	栽培
S9	4 年生	重庆市巫溪县文峰镇红池坝风景区	N:31°32'42.87"/E:109°40'43.13"	栽培
S10	3 年生	重庆市城口县咸宜乡	N:31°41'40.92"/E:108°38'42.05"	栽培
S11	大贝	重庆市城口县咸宜乡	N:31°41'40.92"/E:108°38'42.05"	野生变家种
S12	大贝	重庆市巫溪县文峰镇红池坝风景区	N:31°32'42.87"/E:109°40'43.13"	野生
S13	中尖	重庆市巫溪县文峰镇红池坝风景区	N:31°32'42.87"/E:109°40'43.13"	野生
S14	松尖	重庆市巫溪县文峰镇红池坝风景区	N:31°32'42.87"/E:109°40'43.13"	野生

2 方法

2.1 根际土壤养分的测定方法和评价标准 太白贝母根际土壤基本的理化性质的测定参照鲍士旦^[10]、

银玲等^[11]的方法基础上并稍加改进,平行 5 份。同时根据全国第二次土壤普查养分分级标准^[12]进行评价,分级标准见表 2。

表 2 土壤养分含量的分级

Table 2 Classification of soil nutrition content

项目		全氮	速效氮	全磷	速效磷	全钾	速效钾	有机质	pH 分级	pH
级别	含量	/g·kg ⁻¹	/mg·kg ⁻¹	/g·kg ⁻¹	/mg·kg ⁻¹	/g·kg ⁻¹	/mg·kg ⁻¹	/g·kg ⁻¹		
1 级	丰富	>2	>150	>1	>40	>25	>200	>40	碱性	8.5
2 级	较丰	1.5~2	120~150	0.8~1	20~40	20~25	151~200	30~40	微碱性	7.5~8.5
3 级	中等	1~1.5	90~120	0.6~0.8	10~20	15~20	101~150	20~30	中性	6.5~7.5
4 级	较缺	0.75~1	60~90	0.4~0.6	5~10	10~15	51~100	10~20	微酸性	5.5~6.5
5 级	缺乏	0.5~0.75	30~60	0.2~0.4	3~5	5~10	30~50	6~10	酸性	4.5~5.5
6 级	极缺	<0.5	<30	<0.2	<3	<5	<30	<6	强酸性	4.5

2.2 根际土壤营养元素的分析 采用原子吸收光谱法(AAS)测定不同产地太白贝母根际土壤中 Ca, Mg, Na, Mn, Zn, Cu, Ni 7 种元素含量,平行 5 份^[10,13]。

2.3 数据处理与分析 采用 Excel 2003 和 SPSS 22.0 统计软件对试验数据处理与分析。

3 结果与分析

3.1 不同产地太白贝母根际土壤养分特征 方差分析综合多重比较表明,不同产地太白贝母根际土壤全氮、全磷、全钾、速效氮、速效磷、速效钾、有机质含量及 pH 的差异具有统计学意义($P < 0.05$),结果见表 3。

全氮质量分数在 0.013 7~2.686 7 g·kg⁻¹,平均值为 1.038 3 g·kg⁻¹,S12~S14 的野生样品含量远高于其他样本,S6~S10 的栽培样品含量较低。

据全国第 2 次土壤普查养分分级标准,样品 S12~S14 属于丰富范围(1 级),S11 属于较丰范围(2 级),S1~S2 属于中等范围(3 级),S3~S4 属于较缺范围(4 级),S5 属于缺乏范围(5 级),其余产地属于极缺范围(6 级)。速效氮质量分数 40.833 3~282.916 7 mg·kg⁻¹,平均值为 120.375 0 mg·kg⁻¹,S12~S14 的野生样品含量远高于其他样本,S4~S10 的栽培样品含量较低。样品 S12~S14 含量属于丰富范围(1 级),S2 属于含量较为丰富基地(2 级),S1,S11 属于中等适宜范围(3 级),其余属于缺乏范围(4~5 级)。

全磷质量分数在 0.424 5~3.252 7 g·kg⁻¹,平均值为 1.266 4 g·kg⁻¹,样品 S4 和 S7 属于含量较为丰富范围(2 级),样品 S9 属于较缺范围(4 级),其余属于丰富范围(1 级)。而速效磷质量分数在

表 3 不同产地太白贝母根际土壤养分质量分数 ($n = 5$)

Table 3 Content of rhizospheric soil nutrition of *Fritillaria taipaiensis* with different origins ($n = 5$)

No.	全氮 / $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	速效氮 / $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	全磷 / $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	速效磷 / $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	全钾 / $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	速效钾 / $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	有机质 / $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	pH
S1	1.342 7 ^d	110.250 0 ^e	1.645 0 ^b	10.275 0 ⁱ	38.504 7 ^{cd}	1 345.384 7 ^a	116.394 5 ^a	5.04 ^e
S2	1.175 1 ^e	147.000 0 ^d	1.363 2 ^b	54.300 0 ^e	41.680 0 ^{bcd}	663.200 0 ^{ef}	44.289 8 ^b	5.88 ^b
S3	0.965 5 ^f	84.000 0 ^{efg}	1.227 3 ^b	63.562 5 ^b	47.732 6 ^{bc}	477.580 9 ^e	36.119 9 ^b	5.51 ^{bc}
S4	0.895 4 ^f	40.833 3 ^j	0.909 7 ^b	21.675 0 ^{sh}	38.703 0 ^{cd}	1 346.130 8 ^a	33.535 9 ^b	5.64 ^{bc}
S5	0.685 6 ^e	82.833 3 ^{efg}	1.068 9 ^b	31.462 5 ^{de}	53.206 7 ^b	1 015.275 1 ^{bc}	21.054 2 ^b	5.82 ^b
S6	0.014 0 ^h	84.000 0 ^{efg}	1.140 9 ^b	35.737 5 ^d	47.632 4 ^{bc}	928.800 0 ^{cd}	20.407 2 ^b	5.24 ^e
S7	0.013 7 ^h	68.833 3 ^{ghi}	0.990 9 ^b	15.750 0 ^{hi}	36.641 7 ^{cd}	793.777 7 ^{de}	34.352 1 ^b	5.32 ^e
S8	0.115 5 ^b	54.250 0 ^{ij}	1.188 8 ^b	50.887 5 ^c	25.820 6 ^e	356.742 9 ^{sh}	30.871 1 ^b	5.29 ^e
S9	0.031 5 ^h	59.500 0 ^{hij}	0.424 5 ^e	12.600 0 ⁱ	66.443 4 ^a	528.625 0 ^{fg}	37.162 2 ^b	6.45 ^a
S10	0.028 0 ^h	87.500 0 ^{ef}	1.109 4 ^b	24.825 0 ^{fg}	31.417 1 ^{de}	243.921 9 ^b	36.954 3 ^b	5.35 ^e
S11	1.540 0 ^e	100.333 3 ^e	3.252 7 ^a	160.800 0 ^a	48.299 6 ^{bc}	332.386 7 ^{sh}	57.770 7 ^b	5.53 ^e
S12	2.686 7 ^a	282.916 7 ^a	1.238 6 ^b	28.898 3 ^{ef}	52.053 0 ^b	1 293.289 6 ^a	68.594 4 ^b	5.14 ^e
S13	2.481 6 ^b	259.000 0 ^b	1.148 8 ^b	23.743 5 ^{fg}	43.288 4 ^{bc}	1 134.368 6 ^b	121.415 3 ^a	5.22 ^e
S14	2.561 0 ^b	224.000 0 ^c	1.020 9 ^b	11.475 0 ⁱ	51.756 4 ^b	908.000 0 ^{cd}	116.520 8 ^a	4.86 ^e

注:同列不同小写字母表示差异有统计学意义 $P < 0.05$ (表 4 同)。

10.275 0 ~ 160.8 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 平均值 38.999 4 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 样品 S1, S7, S9, S14 属于含量中等范围(3 级), S4 ~ S6, S10, S12 ~ S13 属于含量较为丰富范围(2 级), 其余属于丰富范围(1 级)。

全钾质量分数在 25.820 6 ~ 66.443 4 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 平均值为 44.505 9 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 所有样品均属于含量丰富范围(1 级)。速效钾质量分数在 243.921 9 ~ 1 345.384 7 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 平均值为 811.965 1 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, 所有样品均属于丰富范围(1 级)。

有机质质量分数在 20.407 2 ~ 121.415 3 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 平均值为 53.893 9 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 样品 S5, S6 属于中等范围(3 级), 样品 S3 ~ S4, S7 ~ S10 属于较丰范围(2 级), 样品 S1 ~ S2, S11 ~ S14 属于丰富范围(1 级)。

土壤 pH 在 4.86 ~ 6.45, 平均值为 5.45, 均呈弱酸性土, 符合贝母属等药用植物种植对土壤酸碱度的正常生长发育要求^[14]。

总的来说, 14 个不同产地、不同生长年限太白贝母根际土全氮含量水平普遍较低、速效氮含量处于适中水平, 全磷、速效磷含量水平普遍较高, 全钾、速效钾、有机质含量均处于较高水平。野生品根际土壤全氮、速效氮、速效钾和有机质含量高于栽培品, 而全磷、速效磷、全钾含量及 pH 相差不大。同时, 太白贝母栽培品根际土壤全氮、全磷、速效氮、速效磷及有机质含量随生长年限增加而呈降低的趋势, 而全钾、速效钾含量及 pH 随年限增加呈先降低

后升高的趋势, 但太白贝母野生品整体上随着生长年限而土壤理化性质无显著变化。

3.2 不同产地太白贝母根际土壤中的营养元素含量分析 方差分析表明, Ca, Mg, Na, Mn, Zn, Cu, Ni 7 种营养元素在 14 份不同产地、不同年限太白贝母根际土壤均检出, 含量存在显著性差异 ($P < 0.05$), 各营养元素含量均值高低排列顺序为 $\text{Mg} > \text{Na} > \text{Ca} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Ni} > \text{Cu}$, 其中 Ca, Mg, Na 等元素的含量相对较高, 而以 Mg 元素含量为最高, 结果见表 4。太白贝母栽培品根际土壤 Ca, Mg, Na 和 Cu 含量随年限增长呈降低的趋势, Mn 含量随年限增长呈先降低后升高的趋势, Zn 和 Ni 含量随年限增长无显著变化。太白贝母野生品根际土壤 Ca, Mg, Na, Mn 和 Cu 含量随年限增长呈先升高后降低的趋势, Zn 和 Ni 含量随年限增长无显著变化。整体上, 太白贝母野生品根际土壤 Mg, Na, Mn 含量高于栽培品, Ca 和 Zn 含量相差不大, 野生品土壤 Cu 和 Ni 含量低于栽培品。进一步表明, 不同产地、不同年限太白贝母根际土壤除理化性质有明显差异外, 其营养元素的含量也有很大的差异。

3.3 相关性分析 运用 SPSS 22.0 软件对不同产地、生长年限 14 份太白贝母根际土壤中的 8 种营养养分与 7 种营养元素含量进行相关分析, 结果见表 5。从表 5 可以看出, 根际土壤中营养养分之间存在一定的相关性, 全氮含量与速效氮含量、有机质含量有极显著正相关 ($r = 0.886, 0.780, P <$

表 4 不同产地太白贝母根际土壤中营养元素质量分数 ($n=5$)

Table 4 Contents of rhizospheric soil nutritious elements ($n=5$)

No.	Ca/g·kg ⁻¹	Mg/g·kg ⁻¹	Na/g·kg ⁻¹	Mn/g·kg ⁻¹	Zn/g·kg ⁻¹	Cu/mg·kg ⁻¹	Ni/mg·kg ⁻¹
S1	53.377 7 ^c	101.824 1 ^j	52.723 6 ⁱ	0.799 4 ^{cde}	0.304 8 ^b	34.982 5 ^{ab}	50.162 4 ^{abcd}
S2	61.176 6 ^a	219.625 0 ^a	209.250 0 ^a	0.742 9 ^{de}	0.337 5 ^b	32.875 0 ^{ab}	54.500 0 ^{ab}
S3	47.856 2 ^e	80.506 4 ^k	49.887 8 ⁱ	0.635 9 ^{efg}	0.439 0 ^a	33.549 5 ^{ab}	44.150 7 ^{hdef}
S4	48.658 3 ^d	119.595 1 ^g	99.475 1 ^f	0.961 9 ^{abc}	0.296 2 ^b	33.241 7 ^{ab}	52.486 9 ^{abc}
S5	54.591 9 ^b	80.229 9 ^k	30.117 5 ^j	0.876 7 ^{bcd}	0.269 9 ^b	32.179 5 ^{ab}	47.363 2 ^{abcde}
S6	40.927 9 ⁱ	144.230 8 ^d	156.968 0 ^b	0.719 8 ^{def}	0.249 8 ^b	30.032 5 ^{ab}	34.340 7 ^{cdef}
S7	35.793 1 ^j	169.415 34 ^b	78.585 7 ^g	0.951 6 ^{abc}	0.251 1 ^b	28.548 2 ^{abc}	36.169 4 ^{hdef}
S8	46.116 8 ^f	28.603 5 ^m	141.627 2 ^c	0.515 1 ^g	0.086 2 ^c	37.097 2 ^a	37.409 4 ^{hdef}
S9	42.442 1 ^b	135.403 6 ^e	132.966 8 ^d	0.572 2 ^{fg}	0.238 7 ^b	32.366 9 ^{ab}	33.616 6 ^{cdef}
S10	26.027 9 ^k	41.105 3 ^l	0.873 2 ^k	0.966 4 ^{abc}	0.083 6 ^c	18.213 6 ^{cd}	29.628 2 ^{ef}
S11	19.606 2 ^l	126.404 5 ^f	26.591 8 ^j	1.046 2 ^{ab}	0.270 9 ^b	23.657 9 ^{bc}	63.545 6 ^a
S12	45.552 5 ^g	111.492 4 ^h	80.608 9 ^g	0.963 3 ^{abc}	0.250 8 ^b	21.815 3 ^{bcd}	23.973 3 ^f
S13	53.757 7 ^c	163.875 0 ^c	116.229 7 ^e	1.089 9 ^a	0.285 8 ^b	24.112 9 ^{abc}	30.399 5 ^{def}
S14	35.598 5 ^j	108.969 6 ⁱ	57.634 7 ^h	0.871 1 ^{bcd}	0.244 5 ^b	12.974 1 ^e	23.889 7 ^f

0.01),速效氮含量与有机质含量有极显著正相关 ($r=0.707, P<0.01$),全磷含量与速效磷含量有极显著正相关 ($r=0.876, P<0.01$),有机质含量与 pH 有显著负相关 ($r=-0.551, P<0.05$)。根际土壤中营养元素之间也存在一定的相关性,Cu 残留量与 Ca 含量有显著正相关 ($r=0.574, P<$

0.05),Cu 残留量与 Mn 含量有显著负相关 ($r=-0.597, P<0.05$)。同时,根际土壤中营养养分与营养元素间也存在一定相关性,速效氮含量与 Cu 残留量有显著负相关 ($r=-0.609, P<0.05$),Ni 残留量与全磷含量、速效磷含量有显著正相关 ($r=0.609, 0.619, P<0.05$)。

表 5 根际土壤中养分与营养元素间的相关性分析

Table 5 Correlation analysis between rhizospheric soil nutrient and content of nutrient elements

项目	全氮	速效氮	全磷	速效磷	全钾	速效钾	有机质	pH	Ca	Mg	Na	Mn	Zn	Cu	Ni
全氮	-														
速效氮	0.886 ²⁾														
全磷	0.266	0.047													
速效磷	0.069	-0.127	0.876 ²⁾												
全钾	0.245	0.226	-0.117	0.001											
速效钾	0.477	0.401	-0.222	-0.499	0.139										
有机质	0.780 ²⁾	0.707 ²⁾	0.166	-0.177	0.054	0.425									
pH	-0.450	-0.466	-0.204	0.112	0.449	-0.306	-0.551 ¹⁾								
Ca	0.147	0.151	-0.423	-0.426	0.023	0.523	0.097	0.173							
Mg	0.257	0.287	0.040	0.015	0.279	0.266	0.196	0.247	0.283						
Na	-0.120	0.027	-0.304	-0.142	0.006	0.078	-0.146	0.281	0.526	0.520					
Mn	0.494	0.443	0.355	0.119	-0.068	0.351	0.376	-0.339	-0.290	0.261	-0.452				
Zn	0.336	0.126	0.120	0.139	0.412	0.345	0.152	0.146	0.431	0.512	0.087	0.029			
Cu	-0.512	-0.609 ¹⁾	-0.127	0.002	-0.153	0.045	-0.441	0.451	0.574 ¹⁾	0.008	0.429	-0.597 ¹⁾	0.254		
Ni	-0.152	-0.479	0.609 ¹⁾	0.619 ¹⁾	-0.110	-0.087	-0.223	0.352	0.100	0.210	-0.003	0.022	0.409	0.516	-

注: ¹⁾ $P<0.05$ 显著相关, ²⁾ $P<0.01$ 极显著相关。

4 讨论

三峡库区全氮含量平均值为 $2.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效磷含量平均值为 $14.10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效钾含量平均值为 $106.12 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,有机质含量平均值为 $37.1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,土壤养分含量属于中等水平且偏

丰富,低于此值则表明养分缺乏^[15-16]。本研究表明,巫溪县兰英乡黄草坪栽培基地的生长年限为 1 年的太白贝母根际土壤(S1)全氮、速效氮、全磷、速效磷、全钾、速效钾、有机质含量均处于中等水平,但随着生长年限的增加,全氮、速效氮、全磷、速效磷、

有机质含量下降较为显著 ($P < 0.05$), 表明太白贝母在正常生长发育期间对氮、磷、有机质需求量大, 生长过程需及时补充大量元素并适当增加有机肥, 确保太白贝母生长发育所需土壤养分, 与叶琪琪等^[17]对伊贝母的研究结果一致。但全钾、速效钾含量较为丰富, 且随年限增加呈先降低后升高的趋势, 是否与太白贝母根系对其土壤中的钾素具有富集作用^[16], 有待进一步利用受控条件下进行钾素变化规律的研究, 得出可靠的结论。

本研究发现, 太白贝母野生品根际土壤营养养分均值高于栽培品, 整体上随着生长年限而土壤理化性质无显著变化。据调查, 太白贝母野生资源分布于山坡草丛、灌木丛、落叶阔叶林等生态类型^[6], 可能与太白贝母的伴生植物在群落演替过程中, 其凋落物丰富、分解速率快, 而具有显著的自肥能力加快对立地环境条件的优化有关^[7]。同时, 该地区太白贝母根际土壤 pH 呈酸性, 且有随生长年限增长呈持续酸化的趋势。这与廖海兵等^[18]对浙贝母连作过程中土壤呈酸化趋势一致, 是否导致土壤养分匮乏及元素缺失有待进一步研究。

药用植物栽培过程中, 土壤中营养元素对中药材的生长发育和次生代谢产物的形成等产生重要的影响, 进而造成连作障碍的现象之一^[19]。由表 4, 5 可知, 随着生长年限的增加, 太白贝母根际土壤营养元素呈降低的趋势、或先降低后升高的趋势、或先升高后降低的趋势、或无显著变化等不同变化规律, 与野生品相比, 栽培品表现更为明显。结果表明, 不同生长时期太白贝母对其根际土壤营养元素的需求量是不同的, 具有选择吸收、协同效应和拮抗效应等特点^[20], 应根据实际情况进行合理补充其生长发育所需的营养元素, 进而提高其药材产量和品质。

综上所述, 太白贝母根区土壤肥力优良, 大部分处于中等水平。1~2 年生太白贝母栽培品与野生品根区土壤养分丰富比例最高。随着太白贝母栽培面积的扩大, 其连作障碍也逐渐显现, 太白贝母人工栽培过程中, 在种植后期由于土壤养分、营养元素含量的降低需要注意适量增施有机肥、营养元素, 特别是生长至 3 年期间是其转折点, 采取相应的土地改良管理方法与措施, 是生产高产优质太白贝母药材的基本条件, 也是解决太白贝母连作障碍的重要措施之一。

[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, 2015: 36-38.

- [2] 刘红宁, 黄兴发, 朱卫丰, 等. 含贝母中成药剂型与工艺比较分析[J]. 中成药, 2007, 29(8): 1204-1207.
- [3] 蒋舜媛, 孙洪兵, 秦纪洪, 等. 基于生长适宜性和品质适宜性的川贝母功能型生产区划研究[J]. 中国中药杂志, 2016, 41(17): 3194-3201.
- [4] 周浓, 郭冬琴, 沈力, 等. 太白贝母与暗紫贝母中 4 种生物碱的含量比较[J]. 食品科学, 2014, 35(12): 133-136.
- [5] 付绍智, 陈洪源, 袁定明, 等. 重庆太白贝母资源调查[J]. 中国中医药信息杂志, 2016, 23(9): 1-4.
- [6] 付绍智. 长江三峡地区野生太白贝母的生态类型与保护对策[J]. 时珍国医国药, 2012, 23(8): 2018-2019.
- [7] 郭兰萍, 黄璐琦, 邵爱娟, 等. 苍术根际区土壤养分变化规律[J]. 中国中药杂志, 2005, 30(19): 1504-1506.
- [8] 赵培洁, 王慧中, 赵怀. 病原真菌在百合科植物分类上的佐证作用研究[J]. 江西农业大学学报, 1999, 21(3): 381-386.
- [9] 沈力, 周浓, 付绍智, 等. 太白贝母栽培品的生药学研究[J]. 中药材, 2014, 37(1): 45-49.
- [10] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000: 14-35.
- [11] 银玲, 彭月, 陈鸿平, 等. 川芎有效成分与土壤营养价值相关性研究[J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(24): 121-125.
- [12] 舒文将, 史艳财, 蒋运生, 等. 广西槐树质资源调查[J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(15): 53-59.
- [13] 张静, 丁博, 肖国生, 等. 三峡库区栽培重楼药材和土壤中营养元素的相关性分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2016, 22(4): 32-38.
- [14] 翟琨. 湖北贝母种植基地土壤质量评价[J]. 湖北民族学院学报: 自然科学版, 2011, 29(2): 235-236.
- [15] 常超, 谢宗强, 熊高明, 等. 三峡库区不同植被类型土壤养分特征[J]. 生态学报, 2009, 29(11): 5978-5985.
- [16] 唐立霞, 谈献和, 张瑜, 等. 不同种植年限黄蜀葵根际土养分变化规律[J]. 中国中药杂志, 2013, 38(22): 3871-3874.
- [17] 叶琪琪, 杜冰洁, 张鹏葛, 等. 新疆伊贝母有效成分含量与土壤因子相关性分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(13): 41-47.
- [18] 廖海兵, 李云霞, 邵晶晶, 等. 连作对浙贝母生长及土壤性质的影响[J]. 生态学杂志, 2011, 30(10): 2203-2208.
- [19] 姚佳, 尹海波, 赵容, 等. 基于连作障碍条件下穿山龙无机元素吸收规律及总皂苷含量分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2015, 21(24): 61-64.
- [20] 吴宗展, 吴翠色. 不同施肥方式对太白贝母生长的影响[J]. 农业工程, 2016, 6(6): 153-154.

[责任编辑 顾雪竹]