

青海省不同产地蒙古黄芪芒柄花苷和毛蕊异黄酮含量比较

王玲玲^{1,3}, 杨路存^{1,2}, 熊 丰^{1,3}, 李晶晶^{1,2}, 聂秀青^{1,3}, 肖元明^{1,3}, 李长斌^{1,3}, 周国英^{1,2*}

¹中国科学院西北高原生物研究所; ²中国科学院藏药研究重点实验室, 西宁 810008; ³中国科学院大学, 北京 100049

摘要:采用 HPLC 法测定青海省不同产地蒙古黄芪芒柄花苷和毛蕊异黄酮的含量, 及土壤与生长指标和有效成分含量的相关性研究, 为青海省不同产地蒙古黄芪药材品质综合评价提供参考资料及产区规范化栽培提供科学依据。采用 Agilent HC-C₁₈ (250 × 4.6 mm, 5 μm) 色谱柱, 流动相为乙腈和 0.01% 磷酸水, 梯度洗脱, 流速为 1 mL/min, 柱温 30 °C, 检测波长 260 nm。湟中县黄芪生长指标整体较好, 而乐都县黄芪生长指标较差, 以产量为指标, 湟中县 > 互助县 > 民和县 > 湟源县 > 大通县 > 乐都县。不同产地的蒙古黄芪, 其芒柄花苷和毛蕊异黄酮的含量差异较大。六个县中, 芒柄花苷含量依次为大通县 > 乐都县 > 民和县 > 互助县 > 湟源县 > 湟中县; 毛蕊异黄酮含量依次为互助县 > 大通县 > 乐都县 > 湟中县 > 民和县 > 湟源县。以芒柄花苷含量为采收指标, 大通县为适宜产地, 以毛蕊异黄酮为采收指标, 互助县为适宜产地, 综合两个含量指标及系统聚类分析结果, 乐都县为最佳采收地。但是以外观品相和产量为采收指标, 湟源县为最佳采收地。青海省 19 个产地芒柄花苷含量不低于 0.294 mg/g, 建议将蒙古黄芪含芒柄花苷不得少于 0.02% 定为青海省完善蒙古黄芪质量评价指标之一。

关键词:不同产地; 蒙古黄芪; 芒柄花苷; 毛蕊异黄酮

中图分类号: R284

文献标识码: A

文章编号: 1001-6880(2019) Suppl-0001-09

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2019.S.001

Comparison of the content of ononin and calycosin of *Astragalus membranaceus* in different producing areas in Qinghai province

WANG Ling-ling^{1,3}, YANG Lu-cun^{1,2}, XIONG Feng^{1,3}, LI Jing-jing^{1,2}, NIE Xiu-qing^{1,3},
XIAO Yuan-ming^{1,3}, LI Chang-bin^{1,3}, ZHOU Guo-ying^{1,2*}

¹Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences;

²Key Laboratory of Tibetan Medicine Research, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China;

³University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract: HPLC method was used to determine the content of ononin and calycosin of *Astragalus membranaceus* from different producing areas in Qinghai province, and the correlation between soil and growth index and the content of effective components was studied, so as to provide references for the comprehensive quality evaluation of *Astragalus membranaceus* from different producing areas in Qinghai province and scientific basis for the standardized cultivation in producing areas. Agilent HC-C₁₈ (250 × 4.6 mm, 5 μm) column was used. The mobile phase was acetonitrile and 0.01% phosphoric acid water with gradient elution. The flow rate was 1 mL/min, the column temperature was 30 °C, and the detection wavelength was 260 nm. The growth index of Huangzhong County is better, but that of Ledu County is worse. Taking yield as index, Huangzhong County > Huzhu County > Minhe County > Huangyuan County > Datong County > Ledu County. *Astragalus mongolicus* from different habitats has different contents of anthocyanin and isoflavone of stamen. Among the six counties, the content of mangiferin was Datong County > Ledu County > Minhe County > Huzhu County > Huangyuan County > Huangzhong County; the content of stamen isoflavone was Huzhu County > Datong County > Ledu County > Huangzhong County > Minhe County > Huangyuan County. Taking the content of Ononoside as the harvesting index, Datong County as the suitable harvesting area, mulberry isoflavone was taken as harvesting index and Huzhu County as suitable producing area. Ledu County as the best

收稿日期: 2019-05-06 接受日期: 2019-07-10

基金项目: 青海省科技成果转化专项(2017-SF-119); 青海省高端创新人才“千人计划”; 中科院兰州分院院地合作项目; 青海省重点实验室发展建设专项(2017-ZJ-Y10)

* 通信作者 Tel: 0971-6159630; E-mail: zhougy@nwipb.cas.cn

harvesting area by synthesizing two content indexes and cluster analysis. However, Huangyuan County is the best harvesting area with appearance and yield as harvesting indicators. The content of Ononoside in 19 producing areas of Qinghai Province is not less than 0.294 mg/g. It is suggested that the content of ononoside in *Astragalus mongolica* should not be less than 0.02% as one of the quality evaluation indexes for improving the quality of *Astragalus mongolica* in Qinghai Province.

Key words: Different habitats ; *Astragalus mongolica*; Ononoside; Mulberry isoflavone

蒙古黄芪 (*Astragalus membranaceus*) 属于豆科黄芪属多年生草本植物,是我国传统的大宗药材之一,具有补气升阳,固表止汗,利水消肿,生津养血等功能,主治气虚乏力,中气下陷,久泻脱肛,气虚水肿等症状^[1]。药理研究表明,黄芪具有增强机体免疫系统^[2],保护心肌细胞,预防心衰及心肌梗死^[3],神经保护^[4],抗肿瘤^[5]等作用。黄芪的主要有效成分是黄酮类,黄芪甲苷和多糖,黄芪甲苷和毛蕊异黄酮葡萄糖苷是评价黄芪质量的两大指标性成分,除毛蕊异黄酮葡萄糖苷作为黄酮类第一大成分外,芒柄花苷和毛蕊异黄酮也是黄酮类含量的重要组成部分,尤其是芒柄花苷是黄芪的代表性成分之一,具有促进皮肤生长、清除自由基、增强免疫等药理作用^[6],针对芒柄花苷和毛蕊异黄酮的研究有很多,但是在评价黄芪品质时,并未将其作为指标性成分,其往往被忽略,只是单一的将传统药典规定成分作为评价指标,而为了保证更加全面系统的评价黄芪质量,因此本研究采用芒柄花苷和毛蕊异黄酮作为黄芪质量的评价指标。

黄芪药用范围广泛,经济价值高,随着野生黄芪资源的日渐枯竭,人工栽培的速生芪成为市场上药材的主要来源。但是市场上流通的人工芪往往质量不能保证,而且产地、品种混杂,对于不同道地产区与其他省份的黄芪质量对比评价已有较多报道^[7-10],但是对青海省内的黄芪质量监控对比尚无报道,青海省蒙古黄芪质量检测评价仍处于起步阶段。为进一步完善市场评价体系,对青海省东部农业区栽培黄芪质量评价有更全面的了解,探究更为适宜蒙古黄芪的栽培区域,进而得到高产高效的药材,因此本研究以青海省 19 个地区蒙古黄芪为研究对象,利用高效液相色谱仪对芒柄花苷和毛蕊异黄酮的含量进行测定,比较不同产地蒙古黄芪中芒柄花苷和毛蕊异黄酮的差异,为青海省蒙古黄芪质量的整体评价控制及资源的合理开发利用提供理论依据和科学指导,为蒙古黄芪规范化栽培提供科学依据。

1 材料

1.1 仪器与试剂

1260 系列色谱仪(美国安捷伦科技公司);

G7114AVWD 型检测器, Agilent HC-C₁₈ 色谱柱; KQ5200DE 型数控超声仪(昆山市超声仪器有限公司); WB-2000 旋转蒸发器(郑州长城科工贸有限公司); AL104 型分析天平(瑞士梅特勒-托利多公司); 水为超纯水(型号 Milli-Q Direct 8 默克化工技术上海有限公司); 乙腈、磷酸为色谱纯(山东禹王制药有限公司); 其他试剂均为分析纯。

对照品: 芒柄花苷(北京中成谨念科技有限公司,批号 75375-2,纯度 ≥99%), 毛蕊异黄酮(北京中成谨念科技有限公司,批号 B9938-5,纯度 ≥98%)。

1.2 材料

蒙古黄芪样品于 2018 年 10 月下旬采挖于青海省不同地区,经中国科学院西北高原生物研究所周国英研究员鉴定均为蒙古黄芪 *Astragalus membranaceus* 的根和根茎,洗净后晒干。

利用土钻收集不同产地土壤表层 0~20 cm 的土样,晾干。

2 方法

2.1 对照品溶液的制备

分别精密称取芒柄花苷和毛蕊异黄酮对照品 3.7 mg、1.6 mg,置于 10 mL 量瓶中,用甲醇溶解并稀释至刻度线,摇匀,置于 4 °C 冰箱中保存备用。

2.2 供试品溶液的制备

精密称取黄芪药材粉末约 1 g(过 65 目筛),置 100 mL 的锥形瓶中,精密加甲醇 40 mL,65 °C 加热回流 3 h,过滤。滤液用旋转蒸发器于 65 °C 减压回收至干,用甲醇溶解定容至 10 mL,0.22 μm 微孔滤膜过滤,即得供试品溶液。

2.3 色谱条件

Agilent HC-C₁₈(250 × 4.6 mm, 5 μm) 色谱柱; 流动相乙腈(C)和 0.01% 磷酸水(D),梯度洗脱(0~5 min, 10%~18% C; 5~15 min, 18%~20% C; 15~25 min, 20%~25% C; 25~32 min, 25%~30% C; 32~52 min, 30%~45% C;), 流速为 1 mL/min; 柱温 30 °C; 检测波长 260 nm; 进样量 10 μL。该色谱条件下芒柄花苷和毛蕊异黄酮与其他组分基线分离良好。对照品和样品的色谱图见图 1。

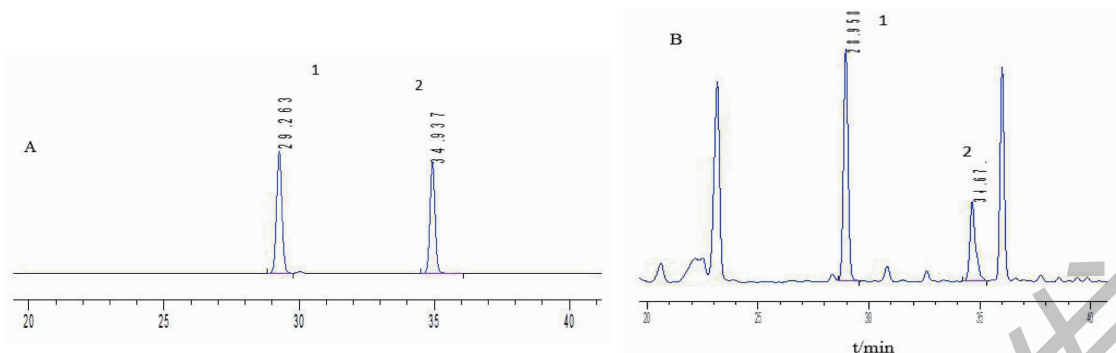


图1 蒙古黄芪的 HPLC 色谱图

Fig. 1 HPLC chromatogram of *Astragalus mongolicus*

注:A. 对照品;B. 供试品;1. 芒柄花苷;2. 毛蕊异黄酮。Note:A. Reference sample;B. Test sample;1. Ononin;2. Calycosin.

2.4 标准曲线的绘制

将 2.1 项下对照品溶液稀释 5 倍后精密吸取,依次进样 4、8、10 μL , 稀释 25 倍后精密吸取,依次进样 10、15 μL 。按照 2.3 项下色谱条件测定峰面积。以进样量(X)对峰面积(Y)进行回归,得到芒柄花苷的标准曲线 $Y = 3\,327.4X + 38.439$ ($r = 0.9995$),在 0.148 ~ 0.74 μg 线性关系良好,毛蕊异黄酮的标准曲线 $Y = 6\,522X + 55.812$ ($r = 0.9997$),在 0.064 ~ 0.32 μg 线性关系良好。

2.5 精密度试验

精密吸取 2.1 项下的对照品溶液,按 2.3 项下的色谱条件连续重复进样 6 次,每次 10 μL ,测定峰面积。结果芒柄花苷峰面积的 RSD 0.9%,毛蕊异黄酮峰面积的 RSD 0.9%,表明仪器精密度良好。

2.6 重复性试验

精密称取民和县甘沟乡峡门村药材粉末 6 份,每份 1 g,分别按照 2.2 项下方法制备供试品溶液,按照 2.3 项下色谱条件进样 10 μL 测定含量。结果

芒柄花苷的平均质量分数为 0.62 mg/g, RSD 1.4%,毛蕊异黄酮的平均质量分数为 0.013 mg/g, RSD 1.6%,表明本方法重复性良好。

2.7 稳定性试验

取同一产地供试品(民和县甘沟乡峡门村)溶液,按照 2.3 项下色谱条件分别于 1, 2, 4, 8, 10, 12, 24 h 测定,测得芒柄花苷峰面积 RSD 0.9%,毛蕊异黄酮峰面积 RSD 1.1%,表明供试品溶液在 24 h 内稳定性良好。

2.8 加样回收率试验

精密称取民和县马营乡罗家村(含量已知)药材粉末 6 份,每份约 1 g,分别置于 100 mL 具塞锥形瓶中,并分别精密加入混合标准品 1 mL(芒柄花苷 0.37 mg/L,毛蕊异黄酮 0.16 mg/L),按照 2.2 项下的方法制备供试品溶液,进行测定,计算回收率,芒柄花苷的平均回收率为 103.39%, RSD 1.5%,毛蕊异黄酮的平均回收率为 101.70%, RSD 1.8%。见表 1 和表 2。

表1 芒柄花苷含量测定加样回收率试验

Table 1 Recovery tests of ononin

样品含量 The sample quantity (mg)	对照品加入量 Amount of control substance added (mg)	测得值 Measured value (mg)	回收率 The recovery rate (%)	平均值 The average (%)	RSD (%)
0.516 0	0.014 8	0.531 3	103.83		
0.516 0	0.014 8	0.531 4	104.23		
0.516 0	0.014 8	0.530 9	100.99	103.39	1.5
0.516 0	0.014 8	0.531 0	102.00		
0.516 0	0.014 8	0.531 3	104.03		
0.516 0	0.014 8	0.531 5	105.25		

表2 毛蕊异黄酮含量测定加样回收率试验

Table 2 Recovery tests of calycosin

样品含量 The sample quantity (mg)	对照品加入量 Amount of control substance added (mg)	测得值 Measured value (mg)	回收率 The recovery rate (%)	平均值 The average (%)	RSD (%)
0.016 30	0.006 4	0.022 9	104.69		
0.016 30	0.006 4	0.022 7	101.58		
0.016 30	0.006 4	0.022 7	100.86		101.70
0.016 30	0.006 4	0.022 6	99.66		
0.016 30	0.006 4	0.022 6	100.38		
0.016 30	0.006 4	0.022 8	103.02		

2.9 样品测定

取供试品溶液,按照2.2项下和2.3项下的步骤对不同产地的蒙古黄芪药材含量进行测定,每批

平行测定3次,记录色谱峰面积,用标准曲线计算含量,结果见表3。

表3 不同产地蒙古黄芪芒柄花苷和毛蕊异黄酮测定结果($\bar{x} \pm s, n=19$)Table 3 The determination results of ononin and calycosin of *Astragalus membranaceus* from different habitats ($\bar{x} \pm s, n=19$)

样品号 No.	产地 Habitat	芒柄花苷 Ononin (mg/g)	毛蕊异黄酮 Calycosin (mg/g)
1	民和县甘沟乡峡门村	0.442 ± 0.049	0.019 ± 0.002
2	民和县满坪镇清泉村	0.292 ± 0.025	0.013 ± 0.002
3	民和县马营乡罗家村	0.530 ± 0.038	0.016 ± 0.002
4	民和县西沟乡要先村	0.417 ± 0.011	0.009 ± 0.001
5	民和县官亭镇结龙村	0.424 ± 0.029	0.022 ± 0.002
6	互助县五十乡	0.356 ± 0.005	0.015 ± 0.001
7	互助县林川乡许家村	0.336 ± 0.035	0.010 ± 0.000
8	互助县南门峡镇卷槽村	0.363 ± 0.026	0.025 ± 0.004
9	互助县东沟乡大庄村	0.382 ± 0.029	0.018 ± 0.000
10	互助县东沟乡纳卡村	0.503 ± 0.043	0.087 ± 0.007
11	乐都区芦化乡九家山村	0.476 ± 0.014	0.020 ± 0.002
12	乐都区芦化乡本康岭村	0.460 ± 0.056	0.015 ± 0.002
13	乐都区李家乡滚茶沟村	0.433 ± 0.059	0.022 ± 0.005
14	乐都区芦花乡三条沟村	0.350 ± 0.008	0.008 ± 0.001
15	湟中县拦隆口镇合尔营村	0.264 ± 0.018	0.015 ± 0.001
16	湟中县甘河镇羊毛村	0.349 ± 0.013	0.015 ± 0.001
17	湟中县上新庄镇下峡门村	0.382 ± 0.013	0.018 ± 0.001
18	湟源县申中乡卡路村	0.353 ± 0.022	0.008 ± 0.000
19	大通县朔北乡白崖村	0.460 ± 0.042	0.021 ± 0.003

2.10 相关性分析

采用SPSS 20.0对土壤化学性质与生长指标、有效成分进行相关性分析、方差分析,结果见表8、

表9,对19个产地的芒柄花苷和毛蕊异黄酮含量进行聚类分析,结果见图2。

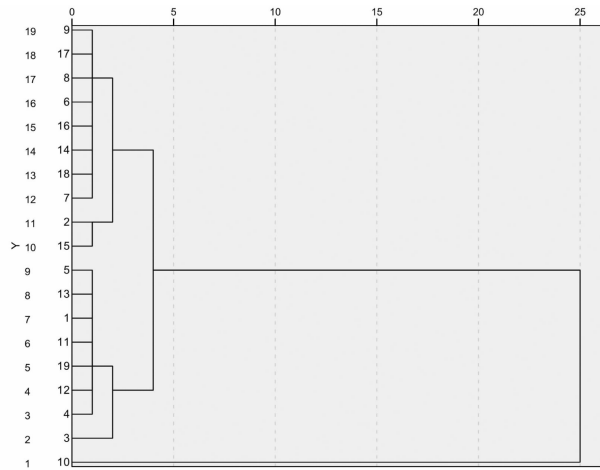


图2 不同产地蒙古黄芪系统聚类分析结果

Fig. 2 Cluster analysis results of *Astragalus membranaceus* from different habitats

注: X轴表示欧式距离, Y轴表示不同产地, 其中1为民和县甘沟乡峡门村, 2为民和县满坪镇清泉村, 3为民和县马营乡罗家沟村, 4为民和县西沟乡要先村, 5为民和县官亭镇结龙村, 6为互助县五十乡, 7为互助县林川乡许家村, 8为互助县南门峡镇卷槽村, 9为互助县东沟乡大庄村, 10为互助县东沟乡纳卡村, 11为乐都区芦化乡九家山村, 12为乐都区芦化乡本康岭村, 13为乐都区李家乡滚茶沟村, 14为乐都区芦花乡三条沟村, 15为湟中县拦隆口镇合尔营村, 16为湟中县甘河镇羊毛村, 17为湟中县上新庄镇下峡门, 18为湟源县申中乡卡路村, 19为大通县朔北乡白崖村。Note: X axis represents the Euclidean distance, Y axis represents the different origin, 1. Minhe county ganguo gorge gate village, 2. Qingquan village, manping town, minhe county, 3. Luo jiagou village, ma ying township, minhe county, 4. Minhe county xigou township to the first village, 5. Jielong village, guanting town, minhe county, 6. Fifty townships, huzhu county, 7. Xujia village, linchuan township, huzhu county, 8. Huzhu county south gate gorge town volume groove village, 9. Dazhuang village, donggou township, huzhu county, 10. Naka village, donggou township, huzhu county, 11. Luhua township, ledu district, nine mountain villages, 12. Luhua township, ledu district, benkangling village, 13. Ledu district lijia township rolling chagou village, 14. Ledu district luhua township three ditch village, 15. Helying village, lanlongkou town, huangzhong county, 16. Wool village, ganhe town, huangzhong county, 17. Xiaxia gate, shangxinzhuan town, huangzhong county, 18. Kalu village, shenzhong township, huangyuan county, 19. Baiya village, shuobei township, datong county.

3 结果与讨论

3.1 不同提取溶液的选择

在定容过程中, 采用不同的定容液(50%, 60%, 70%和100%甲醇)进行测试, 发现随着甲醇浓度的增加, 芒柄花苷含量也随之增加, 并且液相色谱图分离良好, 基线平稳, 因此, 选择100%甲醇溶液用以定容。

3.2 不同产地的黄芪生长指标测定与比较

不同产地黄芪生长指标值差异较大, 具有显著性(表6), 但是同一县其生长指标值较为接近。由表5可知: 互助县林川乡许家村其根长值最大, 民和

县西沟乡要先村其根长值最小, 19个产地根直径的变化范围为8.97~20.89 mm, 根鲜重的变化范围为30.26~180.11 g, 根干重的变化范围为10.9~69.94 g, 6个县中, 湟中县黄芪生长状况整体较好, 平均根长45.58 cm, 根鲜重116.08 g, 根干重55.22 g, 均为各县之首, 而根直径仅此于民和县, 位列第二, 为14.69 mm。而乐都县的黄芪生长状况整体较差, 根直径13.81 mm, 根鲜重52.83 g, 根干重21.35 g, 均低于其他县相应指标, 而根长为38.42 cm, 仅高于大通县的根长指标。以产量和外观品相为指标, 湟中县较其他县相比, 更适宜黄芪移栽生长。

表5 不同产地蒙古黄芪生长指标的平均值($\bar{x} \pm s, n = 19$)Table 5 Average growth indexes of *Astragalus mongholicus* from different habitats($\bar{x} \pm s, n = 19$)

样品号 No.	产地 Habitat	根长 Root length(cm)	根直径 Root length (mm)	根鲜重 Root fresh weight (g)	根干重 Root dry weight (g)
1	民和县甘沟乡峡门村	38.45	20.80	189.78	73.40
2	民和县满坪镇清泉村	46.69	11.96	39.30	13.30
3	民和县马营乡罗家沟村	48.27	18.35	112.42	43.98

续表 5 (Continued Tab. 5)

样品号 No.	产地 Habitat	根长 Root length(cm)	根直径 Root length (mm)	根鲜重 Root fresh weight (g)	根干重 Root dry weight(g)
4	民和县西沟乡要先村	33.25	19.25	72.90	26.78
5	民和县官亭镇结龙村	41.83	17.95	80.43	32.98
6	互助县五十乡	43.77	17.79	108.30	52.03
7	互助县林川乡许家村	48.75	16.88	98.41	48.88
8	互助县南门峡镇卷槽村	39.25	13.23	104.60	46.63
9	互助县东沟乡大庄村	43.36	11.21	74.42	34.81
10	互助县东沟乡纳卡村	38.54	12.56	75.85	33.37
11	乐都区芦化乡九家山村	43.00	15.50	73.40	29.52
12	乐都区芦化乡本康岭村	41.40	15.72	62.63	23.82
13	乐都区李家乡滚茶沟村	35.40	10.97	36.12	11.97
14	乐都区芦花乡三条沟村	34.00	13.23	38.18	19.07
15	湟中县拦隆口镇合尔营村	45.73	16.92	113.05	56.64
16	湟中县甘河镇羊毛村	46.00	18.32	139.35	67.73
17	湟中县上新庄镇下峡门村	44.56	9.11	99.15	46.58
18	湟源县申中乡卡路村	39.31	14.96	69.53	31.14
19	大通县朔北乡白崖村	37.54	14.79	67.06	26.93

注:表中数据是 n 个数值的测量值($n \geq 10$)

Note: the data in the table are the measured values of n values ($n \geq 10$).

表 6 不同产地蒙古黄芪生长指标显著性分析

Table 6 Significance analysis of growth indexes of *Astragalus membranaceus* from different habitats

指标 Index	范围 Scope	平方和 Sum of squares	df	平均值平方 Mean square	F	显著性 Significance
根长	群组之间	3 029.041	18	168.280	4.265	0.000
Root lenght	在群组内	5 445.392	138	39.459		
	统计	8 474.433	156			
根直径	群组之间	1 489.355	18	82.742	11.006	0.000
Root lenght	在群组内	1 037.478	138	7.518		
	统计	2 526.833	156			
根鲜重	群组之间	174 125.5	18	9 673.637	9.665	0.000
Root fresh weight	在群组内	138 129.9	138	1 000.941		
	统计	312 255.4	156			
根干重	群组之间	36 825.07	18	2 045.837	9.481	0.000
Root dry weight	在群组内	29 776.72	138	215.773		
	统计	66 601.8	156			

3.3 不同产地的黄芪含量测定与比较

本研究收集了青海省 19 个产地的黄芪, 采收样品均为两年生蒙古黄芪, 采收时间统一为 10 月下旬, 每批样品量不少于 10 个。与参考文献^[8-10]结果一致, 各地黄芪有效成分含量差异较大, 具有显著性

(表 4), 由表 3 结果可知, 大通县朔北乡白崖村的芒柄花苷含量最高, 乐都县 3 个产地芒柄花苷含量普遍高于其他产地, 其次为民和县地区, 湟中县芒柄花苷含量普遍偏低; 互助县毛蕊异黄酮含量均值最高, 是民和县平均含量的 2 倍, 其次大通县毛蕊异黄酮

含量最高,乐都县和湟中县含量水平居中。因此综合芒柄花苷和毛蕊异黄酮含量均值比较,大通县为黄芪移栽成药的适宜产地。本研究中存在不足在

于大通县采样点只有1个,为保证结果更有说服力,应至少增加2个,其次是关于当地环境对于黄芪有效成分含量的影响,还有待进一步的研究^[11-13]。

表4 不同产地蒙古黄芪芒柄花苷和毛蕊异黄酮显著性分析

Table 4 Significance analysis of ononin and calycosin of *Astragalus mongholicus* from different habitats

指标 Index	范围 Scope	平方和 Sum of squares	df	平均值平方 Mean square	F	显著性 Significance
芒柄花苷 Ononin	群组之间	0.269	18	0.015	4.766	0.000
	在群组内	0.119	38	0.003		
	统计	0.389	56			
毛蕊异黄酮 Calycosin	群组之间	0.016	18	0.001	47.514	0.000
	在群组内	0.001	38	0.000		
	统计	0.016	56			

3.4 不同产地土壤化学性质与黄芪生长发育及有效成分相关性分析

土壤是影响植物生长发育、繁殖代谢的重要生态因子,土壤中的氮、磷、钾通过与根系之间的物质交换,对植物次生代谢产物有重要影响^[14]。由表8、表9可知,土壤有机碳、全氮与根直径的相关性最大,土壤中全磷与根干重、根鲜重的相关性较大,全钾与芒柄花苷的相关性最大。整体上,有机碳、全

氮、全磷对生长指标根长、根直径影响较大,而全钾对有效成分的相关性较大,因此,湟中县黄芪生长状况良好可能与其土壤中含较多有机碳、全氮、全磷有关,而互助县、乐都县、民和县其芒柄花苷和毛蕊异黄酮含量偏高,可能与其土壤中钾含量偏高有关,但植物在生长发育过程中还受温度、水分等环境制约,这有待进一步控制实验的研究。

表7 不同产地土壤化学性质($\bar{x} \pm s, n = 19$)

Table 7 Chemical Properties of Soils from Different habitats ($\bar{x} \pm s, n = 19$)

样品号 No.	产地 Habitat	有机碳 Organic carbon (g/kg)	全氮 Total nitrogen (g/kg)	全磷 Total phosphorus (g/kg)	全钾 Total potassium (g/kg)
1	民和县甘沟乡峡门村	13.07	1.42	0.72	21.61
2	民和县满坪镇清泉村	13.49	1.47	1.04	20.19
3	民和县马营乡罗家沟村	10.31	1.17	0.67	21.04
4	民和县西沟乡要先村	18.65	1.91	1.12	20.62
5	民和县官亭镇结龙村	6.16	0.69	0.99	19.72
6	互助县五十乡	17.34	1.90	0.87	19.91
7	互助县林川乡许家村	15.66	1.50	0.94	20.35
8	互助县南门峡镇卷槽村	27.14	2.67	0.72	20.23
9	互助县东沟乡大庄村	15.63	1.70	0.90	20.14
10	互助县东沟乡纳卡村	17.63	1.68	0.93	20.06
11	乐都区芦化乡九家山村	12.56	1.33	0.73	20.20
12	乐都区芦化乡本康岭村	8.74	1.03	1.08	18.23
13	乐都区李家乡滚茶沟村	24.27	2.37	0.93	21.96
14	乐都区芦花乡三条沟村	16.88	1.88	0.77	20.12
15	湟中县拦隆口镇合尔营村	12.97	1.51	0.59	19.10
16	湟中县甘河镇羊毛村	19.02	2.00	1.04	18.91
17	湟中县上新庄镇下峡门村	17.12	1.62	0.80	20.18
18	湟源县申中乡卡路村	15.74	1.59	1.02	18.48
19	大通县朔北乡白崖村	21.80	2.11	0.71	20.39

表 8 蒙古黄芪生长指标与土壤成分的相关性分析

Table 8 Correlation analysis between growth indexes of *Astragalus mongholicus* and soil composition

指标 Index	根长 Root length	根直径 Root length	根鲜重 Root fresh weight	根干重 Root dry weight
有机碳 Organic carbon	-0.373 ^{ns}	-0.444 ^{ns}	-0.101 ^{ns}	-0.009 ^{ns}
全氮 Total nitrogen	-0.376 ^{ns}	-0.385 ^{ns}	-0.087 ^{ns}	-0.005 ^{ns}
全磷 Total phosphorus	-0.122 ^{ns}	-0.022 ^{ns}	-0.372 ^{ns}	-0.378 ^{ns}
全钾 Total potassium	-0.221 ^{ns}	0.014 ^{ns}	0.025 ^{ns}	-0.111 ^{ns}

注:ns 表示相关性不显著。

Note:ns indicates that the correlation is not significant.

表 9 芒柄花苷和毛蕊异黄酮含量与土壤成分的相关性分析

Table 9 Correlation analysis of the content of ononin and calycosin with soil composition

指标 Index	芒柄花苷 Ononin	毛蕊异黄酮 Calycosin
有机碳 Organic carbon	-0.142 ^{ns}	0.127 ^{ns}
全氮 Total nitrogen	-0.212 ^{ns}	0.052 ^{ns}
全磷 Total phosphorus	-0.07 ^{ns}	-0.032 ^{ns}
全钾 Total potassium	0.339 ^{ns}	0.095 ^{ns}

注:ns 表示相关性不显著。

Note:ns indicates that the correlation is not significant.

3.5 不同产地的黄芪系统聚类分析

对所测得芒柄花苷和毛蕊异黄酮的含量进行标准化处理,选用欧式距离计算样品间相似性测度,用离差平方和法进行聚类,聚类结果将样品分为 3 类,产地序号为 9、17、8、6、16、14、18、7、2、15 聚为 1 类,质量较为一致,5、13、1、11、19、12、4、3 聚为第 2 类,10 与其他产地的相似性较差,单独为第 3 类(图 1),说明环境气候对其品质是有一定影响的,但是互助县东沟乡纳卡村产地(序号 10)的芒柄花苷和毛蕊异黄酮含量整体上是偏高的,其次是第 2 类产地的两种有效成分含量居中,而第 1 类产地的芒柄花苷与毛蕊异黄酮含量整体上偏低。

从产地聚类结果来看,虽然互助县东沟乡纳卡村产的黄芪有效成分含量较高,但互助县其他产地均属于第 1 类成分偏低产地,乐都县采样产地均属于第 2 类,其有效成分含量居中,其次是民和县,由于采样的分布点和数量均会影响到结果的分析,因此乐都县比大通县作为青海省蒙古黄芪最佳产地更有说服力,推荐其作为青海省蒙古黄芪成药质量规范化种植试验点,但是质控指标毛蕊异黄酮葡萄糖苷和黄芪甲苷的含量比较还有待进一步的测验。

本研究 19 个产地的芒柄花苷含量范围在 0.264~0.530 mg/g 之间,毛蕊异黄酮含量范围在

0.008 3~0.087 mg/g 之间,毛蕊异黄酮葡萄糖苷作为黄酮类的第一大成分,《中国药典》(2015)规定其含量不少于 0.02%,作为黄酮类第二大成分的芒柄花苷,根据本研究结果显示,建议其含量规定不少于 0.02%,以完善黄芪质量评价体系,对高品质黄芪筛选具有重要意义。

参考文献

- 1 Chinese Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China: Vol I (中华人民共和国药典:第一部)[M]. Beijing: China Medical Science Press, 2015: 303.
- 2 Qiu HH, Cheng GL, Xu JQ, et al. Effects of *Astragalus* polysaccharides on associated immune cells and cytokines in immunosuppressive dogs[J]. Procedia Vaccinol, 2010, 2(1): 26-33.
- 3 An Ch, Nong YB, Wen ZhH, et al. Effects of astragaloside and *Astragalus* polysaccharide on mitochondrial membrane potential of hypertrophic myocardial cells in milk mice[J]. Mod Chin Clin Med(北京中医药大学学报), 2009, 16(3): 17-19.
- 4 Wen YL, Wang Y, Ming QL, et al. *Astragalus* saponin IV of ischemia/reperfusion rats hippocampal angiogenesis[J]. Med Recapitulate(医学综述), 2011, 17: 1727-1729.

(下转第 28 页)