

不同产地蒙古黄芪矿物元素比较研究

王玲玲^{1,2,3}, 王博^{1,2,3}, 熊丰^{1,2,3}, 杨路存^{1,2}, 李晶晶⁴, 肖元明^{1,2,3}, 周国英^{1,2*}

1. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810008
2. 中国科学院藏药研究重点实验室, 青海 西宁 810008
3. 中国科学院大学资源环境学院, 北京 100049
4. 青海师范大学生命科学院, 青海 西宁 810008

摘要 无机元素与药材的药效密切相关,其通过对次生代谢途径中各种酶活性的调节作用而影响中药中次生代谢产物的合成,是中药质量控制不可或缺的特征参数。为有效鉴别蒙古黄芪产地和品质差异,找出蒙古黄芪的特征元素及其与产地的关系。实验采用电感耦合等离子体发射光谱(ICP-OES)测定青海省不同产地蒙古黄芪无机元素的种类与含量,分别用 SPSS 22.0 和 R 包对数据进行聚类分析和主成分分析。测定了黄芪中的 12 种元素,主成分分析结果显示 Ca, Fe, Li, P, K, Mg, Zn, AL, Na 元素为蒙古黄芪的特征元素。聚类结果表明不同产地的蒙古黄芪样品中无机元素的种类和含量与产地有一定的关联性,当欧氏距离为 8 时,可聚为三大类, S12 为一类, S1, S2, S4, S5, S6, S7, S10, S11, S13, S16 聚为一类,其余的产地聚为一类,结合 ArcGIS 样点分布图,可更为直观地看出产地与其品质的关系。此外,建立了蒙古黄芪中无机元素的分布特征图谱,不同产地蒙古黄芪无机元素特征图谱相似度均为 0.996 以上,因此可结合指纹图谱对不同产地的蒙古黄芪进行识别分析。从无机元素含量的主成分分析结果来看,产于 S10(互助县东沟乡纳卡村)的黄芪质量最优,总因子得分值 F 最高,其次是 S7 和 S8,可见,互助县整体蒙古黄芪的品质较好。结果表明蒙古黄芪具有丰富的矿物元素,其含量受产地影响,关注药材中元素的含量和种类,不仅是对药理成分的补充说明,更能从元素角度进一步揭示其品质优劣,研究结果为蒙古黄芪的资源开发利用及品质鉴定提供参考依据,为蒙古黄芪的质量安全控制提供保障。

关键词 蒙古黄芪;无机元素;主成分分析;聚类分析;电感耦合等离子体发射光谱

中图分类号: O657.3 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2022)05-1407-06

引言

蒙古黄芪(*Astragalus membranaceus*)属于豆科黄芪属多年生草本植物,是我国传统常用的大宗中药材之一。黄芪的药用历史悠久,最早出现在《神农本草经》,被列为上品。《中国药典》(2015)表明,黄芪具有补气升阳、固表止汗、化痰通痹、扶毒促肌等作用^[1],由于其独特的药效,临床应用十分广泛^[2]。毛蕊异黄酮葡萄糖苷和黄芪甲苷为主要的化学活性成分,被《中国药典》(2015)列为黄芪质量控制的指标成分。目前,野生黄芪资源匮乏,为解决市场和行业需求,市场上以人工栽培的速生芪为主,其中栽培黄芪资源量最大,占总

资源 80% 以上^[3]。因此,分析其品质对加强对蒙古黄芪资源开发和利用具有一定的应用和理论价值。

近些年,在元素医学兴起和生物无机化学迅速发展的背景下,人们越来越重视对中药中无机成分的研究^[4]。雷连娣等通过 Logistic 回归分析,中药材黄芪中无机元素含量与海拔、经度、纬度、坡度以及坡向关系密切^[5]。研究表明,山西、内蒙古、甘肃等地的黄芪药材中元素含量表现出地域性差异^[6]。锌、铜、锰、镁等元素可能是影响当归真伪的最主要无机元素,从元素角度证明当归的道地性成因^[7]。因此,明确蒙古黄芪中无机元素的组成,分析研究不同产地栽培黄芪药材中无机元素的分布规律对其综合开发具有现实意义。目前对黄芪的研究偏重于有机成分,而对同省份内不同产区

收稿日期: 2021-02-24, 修订日期: 2021-06-28

基金项目: 国家重点研发计划课题项目(2019YFC0507404), 青海省科技成果转化专项(2017-SF-119)和中国科学院兰州分院院地合作项目资助

作者简介: 王玲玲, 女, 1994 年生, 中国科学院西北高原生物研究所博士研究生 e-mail: m15565477168@163.com

* 通讯作者 e-mail: zhouguy@nwipb.cas.cn

黄芪无机元素含量的区域性差异研究较少。本研究收集了青海省不同产地栽培的蒙古黄芪样品,采用等离子发射光谱(ICP-OES)测定黄芪药材中 12 种矿物元素含量,并对其进行主成分分析和聚类分析,从元素角度阐明不同产地黄芪品质差异的原因,以期对黄芪的药效开发、资源可持续利用和质量安全控制提供科学依据。

1 实验部分

1.1 仪器与参数

Optima 8000 电感耦合等离子体发射光谱仪(美国 Perkin Elmer 公司);工作参数:雾化气流 $0.55 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$, 射频功率 1.3 kW , 辅助气流量 $0.2 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$, 冷却气流量 $15 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$, 进样量 $1.5 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

1.2 样品

供试品由青海省 18 个黄芪药材产地采集,每个产地采

集 10 个样品,清洗、晒干、粉碎后将该产地 10 份样品粉混匀后备用,共 18 个样品。原植物经中国科学院西北高原生物研究所周国英研究员鉴定,均为两年生栽培蒙古黄芪(*As-tragalus membranaceus* (Fisch.) Bge. var. *membranaceus* (Bge.) Hsiao)。样品产地信息见表 1。

1.3 矿物元素提取

精密称取样品 0.200 g ,置于聚四氟乙烯微波消解罐中,加入硝酸 10 mL ,浸泡过夜,加盖密封,置于微波消解仪中消解。待消解完全后,开盖,将消解罐置于赶酸器中加热赶酸,设置温度 $180 \text{ }^\circ\text{C}$,时间 1.5 h 。待酸赶尽,转移至 50 mL 容量瓶中定容,然后转移至 PE 塑料液体瓶中,待测。同法同时制备空白溶液。

1.4 数据处理

用 Excel 对数据进行整理,采用 R 语言对数据进行主成分分析。采用 SPSS 22.0 对数据进行聚类分析。采用 Origin 对不同产地蒙古黄芪无机元素含量进行绘图比较。

2 结果与讨论

2.1 元素含量测定结果

不同产地蒙古黄芪中无机元素含量测定结果,见表 2。结果显示,12 种无机元素中含量最高的是 K,其均值达到 $9\,598.620 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。Al, Ca, Fe, Mg, Na, P 元素含量较高,而 Cu, Mn, Sr, Zn 元素含量较低。Li 元素含量最低,平均值只有 $0.330 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。Cu 属于重金属元素,其在各样品中的含量值均不超过 $20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,符合药典规定。

不同产地之间的元素含量存在差异,比如 Al 元素在各产地样本中的含量范围为 $42.638 \sim 767.008 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, Fe 元素含量范围为 $14.221 \sim 1\,000.230 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, Na 元素含量范围为 $6.479 \sim 1\,088.654 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。结果表明不同产地之间的蒙古黄芪由于土壤、气候及当地管理措施而造成品质的差异。即使同是一个县内的蒙古黄芪,其元素含量波动差异也很大,比如 Al 元素在民和县 5 个产区的差异范围是 $45.136 \sim 767.008 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,互助县的差异范围是 $42.638 \sim 160.730 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,湟中县的差异范围是 $75.795 \sim 289.263 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。表明同一县内可能由于不同的栽培管理措施而造成蒙古黄芪无机元素含量的差异。

表 1 样品采集地信息
Table 1 The information of sample sites

编号	样品来源	经度	纬度	海拔/m
S1	民和县甘沟乡峡门村	35°59.529'	102°44.680'	2 346
S2	民和县满坪镇清泉村	36°1.410'	102°45.689'	2 333
S3	民和县马营乡罗家沟村	36°3.903'	102°48.938'	2 455
S4	民和县西沟乡要先村	36°11.647'	102°38.527'	2 548
S5	民和县官亭镇结龙村	36°3.903'	102°48.983'	2 455
S6	互助县五十乡	36°46.631'	102°8.492'	2 742
S7	互助县林川乡许家村	36°55.609'	102°0.011'	2 712
S8	互助县南门峡镇卷槽村	36°59.365'	101°55.125'	2 834
S9	互助县东沟乡大庄村	36°52.241'	102°2.655'	2 670
S10	互助县东沟乡纳卡村	36°11.646'	102°38.527'	2 971
S11	乐都区芦化乡九家山村	36°32.361'	102°42.443'	2 765
S12	乐都区芦化乡本康岭村	36°32.276'	102°43.93'	2 618
S13	乐都区李家乡滚茶沟村	36°33.895'	102°33.926'	2 867
S14	湟中县拦隆口镇合尔营村	36°49.205'	101°30.709'	2 714
S15	湟中县甘河镇羊毛村	36°32.815'	101°28.024'	2 656
S16	湟中县上新庄镇下峡门村	36°25.504'	101°36.785'	2 768
S17	湟源县申中乡卡路村	36°43.490'	101°11.270'	2 706
S18	大通县朔北乡白崖村	36°58.703'	101°47.151'	2 779

表 2 元素含量测定结果及指纹图谱相似度分析

Table 2 Content and Similarity analysis of distribution characteristics of inorganic elements

产地	元素/($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)												相似度
	Al	Ca	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn	Na	P	Sr	Zn	
S1	53.554	1 473.385	2.726	58.329	10 129.895	0.164	1 526.010	16.923	399.122	3 689.234	8.874	19.401	0.999
S2	45.136	1 972.498	6.280	31.212	10 274.420	0.335	1 645.543	14.711	181.844	3 583.634	10.721	24.344	0.999
S3	767.008	1 459.625	10.987	585.672	9 590.545	0.705	1 477.150	20.771	132.679	2 537.084	13.330	17.081	0.996
S4	194.991	1 608.063	4.235	128.889	11 390.195	0.454	1 865.978	25.757	296.662	3 471.934	11.666	29.025	0.999
S5	123.102	2 321.005	8.051	103.681	1 1873.720	0.493	2 075.090	20.987	44.877	3 150.884	31.179	23.795	0.997
S6	159.851	1 982.613	4.462	149.786	11 651.295	0.351	1 523.383	18.475	159.519	3 554.609	10.708	19.252	0.999
S7	78.623	1 469.978	1.282	97.484	10 292.445	0.143	1 293.393	12.233	126.052	3 547.834	10.080	17.103	0.999
S8	42.638	1 041.565	2.793	14.221	9 472.020	0.177	1 267.178	15.018	175.857	3 271.184	7.329	19.258	0.998

续表 2

S9	160.730	1 447.715	3.487	104.643	7 944.620	0.257	1 155.073	12.559	314.229	3 130.859	6.792	17.244	0.998
S10	87.460	1 367.350	4.795	50.231	110 209.870	0.252	1 444.358	19.651	219.899	4 141.609	9.239	28.556	0.997
S11	333.953	1 260.468	0.341	385.060	10 299.370	0.390	1 347.123	14.545	55.314	3 715.559	7.915	17.958	0.998
S12	610.366	4 831.645	6.517	1 000.230	4 564.670	0.740	1 884.963	26.190	1 088.654	1 360.957	20.725	14.253	0.797
S13	338.381	991.815	1.098	404.922	10 656.320	0.389	1 193.960	15.368	6.479	3 163.059	6.685	16.518	0.996
S14	75.795	1 463.480	1.430	71.350	8 796.220	0.155	1 246.320	12.477	233.427	3 254.309	8.539	14.500	0.999
S15	155.733	1 355.583	3.439	220.939	7 812.270	0.223	1 102.255	10.845	422.612	2 969.584	7.098	22.614	0.999
S16	289.263	1 215.330	6.745	274.632	11 090.395	0.249	1 427.845	15.078	178.907	3 797.609	8.163	25.085	0.998
S17	71.928	1 437.955	3.528	48.635	8 582.045	0.208	1 573.518	13.299	—	2 476.034	15.625	18.872	0.998
S18	256.991	1 484.575	3.142	321.590	8 144.848	0.263	1 279.733	13.435	283.121	2 890.546	7.580	19.294	0.999
均值	213.639	1 676.925	4.185	225.084	9 598.620	0.330	1 462.715	16.573	239.053	3 205.918	11.236	20.231	1

2.2 蒙古黄芪无机元素指纹图谱的建立

根据元素测定结果，筛选出 12 种共有元素(Al, Ca, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, P, Sr 和 Zn)建立蒙古黄芪无机元素特征指纹图谱，如图 1(a, b)所示。黄芪中各元素含量虽有差异，但在后期鉴别过程中可根据元素分布特征曲线的变化

趋势进行鉴别。根据角余弦法计算相似度(表 2)结果显示，除乐都区芦化乡本康岭村的 S12 相似度值为 0.797，其余产地的药材样品均大于 0.996。说明蒙古黄芪无机元素指纹特征图谱的相似度较好。

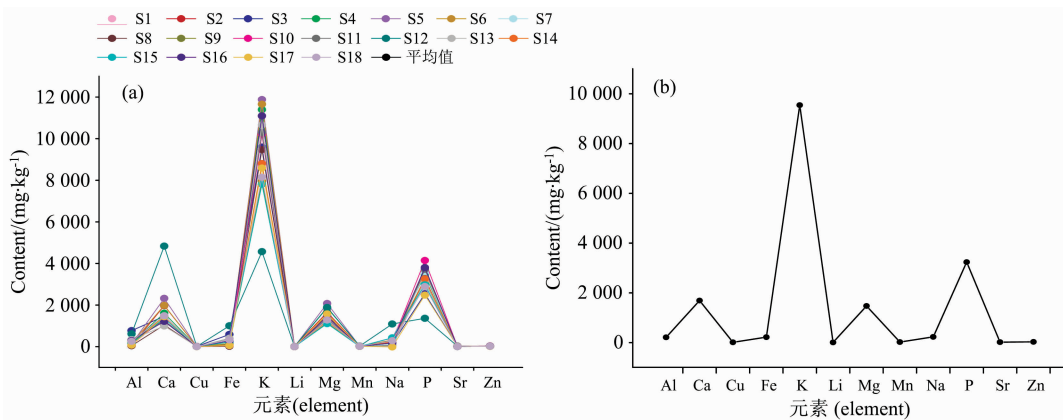


图 1 无机元素分布特征图谱(a)和无机元素分布对照特征图谱(b)

Fig. 1 Distribution characteristic map of mineral elements (a) and reference characteristic map (b)

2.3 蒙古黄芪无机元素主成分分析及其产地综合评价

主成分分析采用降维的思想对多个指标进行综合分析，提取出一些潜在的综合指标来代替原来更具可观察性的指标来描述每个个体^[8]，作为一种更为合理、客观、可靠的统计方法，对不同地区中药质量评价的选择具有实际应用价值^[9]。采用 R 语言对 18 个产地的蒙古黄芪无机元素进行主成分分析，以主成分特征值>1、累积贡献率>80%为参考，前 3 个主成分的累积方差贡献率达 81.42%，能够代替 12 种无机元素来评价不同产地蒙古黄芪无机元素的差异。Ca, Fe, Li, P 在第一主成分中占有较大贡献率，方差贡献率为 48.87%；第二主成分的代表元素是 K, Mg, Zn，方差贡献率为 21.73%；第三主成分代表元素是 Al, Ca, Na，方差贡献率为 10.82%。表明，不同产地之间这些元素存在差异，因此可知 Ca, Fe, Li, P, K, Mg, Zn, AL, Na 是导致不同产地蒙古黄芪内在差异的特征元素。

从表 3 可知，按总因子得分值 F 进行排序，从无机元素角度，互助县东沟乡纳卡村排名第一，其次是互助县林川乡许家村、互助县南门峡镇卷槽村，可见互助县蒙古黄芪的综

合品质较优。民和县甘沟乡峡门村、民和县满坪镇清泉村排名靠前，而其他民和三个地方的排名靠后，说明民和县内分布的蒙古黄芪品质差异较大。大通县朔北乡白崖村黄芪品质排名第四，但其采样点只有一个，不足以代表大通县整体蒙古黄芪的品质优劣，有待进一步研究。

2.4 聚类分析

聚类分析是一种客观评价中药来源的新方法。以组间连接法为组群合并准则，采用 SPSS 对不同产地蒙古黄芪无机元素进行样本系统聚类分析，结果见图 2。当欧式距离为 4 时，S12 单独聚为一类；S3 单独聚为一类；S4, S5 和 S6 单独聚为一类；S8, S9, S14, S15, S17 和 S18 聚为一类；S1, S7, S10, S11, S2, S13 和 S16 聚为一类。当欧式距离为 8 时(图 3)，聚为三大类，用红点表示 S1, S2, S4, S5, S6, S7, S10, S11, S13 和 S16；绿点表示 S3, S8, S9, S14, S15, S17 和 S18；蓝点表示 S12。这表明同一产区的蒙古黄芪无机元素与含量既有一定的关联性，又有一定的差异存在，可能与当地栽培方式和田间管理不同有关。

表 3 不同产地蒙古黄芪的综合评价

Table 3 Comprehensive evaluation of *Astragalus membranaceus* from different habitats

产地	主成分因子			F	综合排序
	F1	F2	F3		
S1	4.097	0.200	3.154	2.387	5
S2	1.996	4.958	2.259	2.297	6
S3	-12.871	0.603	-12.036	-7.461	17
S4	-2.731	10.094	0.605	0.924	11
S5	-7.492	14.482	2.801	-0.211	15
S6	0.758	3.237	-1.128	0.952	10
S7	7.012	-2.939	1.025	2.899	2
S8	6.522	-2.378	1.149	2.795	3
S9	3.407	-6.661	0.773	0.301	13
S10	4.730	6.025	1.101	3.740	1
S11	3.047	-3.004	-4.984	0.297	14
S12	-30.721	-7.905	5.482	-16.138	18
S13	2.764	-4.565	-6.737	-0.370	16
S14	5.600	-6.329	2.127	1.592	8
S15	3.475	-6.576	1.743	0.458	12
S16	2.902	3.385	-3.696	1.754	7
S17	1.906	-0.837	3.249	1.101	9
S18	5.598	-1.792	3.111	2.683	4

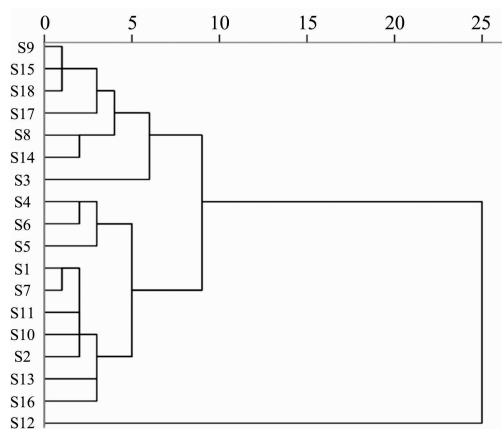


图 2 聚类分析谱系图

Fig. 2 Genealogy diagram of cluster analysis

3 结论

电感耦合等离子体发射光谱以高灵敏度、检出限低、分析速度快等优点,被广泛应用于医药、食品、冶金、环保等领

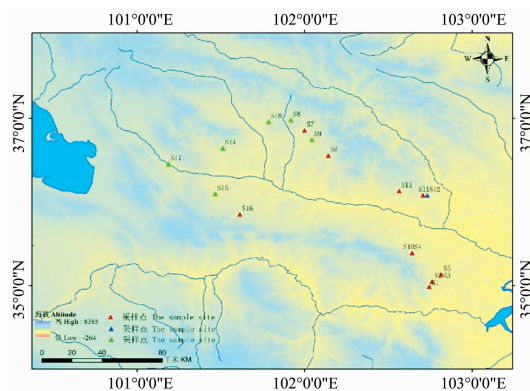


图 3 采样点分布

Fig. 3 Location of the sampling site

域,是无机元素分析的重要工具^[10]。本工作采用 ICP-OES 法、主成分分析法和聚类分析法研究了不同产地黄芪中无机元素的差异,将 12 种无机元素简化为 3 个主成分,并依次对 18 个产地的蒙古黄芪进行综合评价,结果显示青海省不同产地蒙古黄芪的无机元素存在差异,而且有同种元素在不同产地的含量差异范围很大。根据蒙古黄芪不同产地 12 种共有元素,建立其无机元素指纹图谱,为科学、准确地判别和评价黄芪药材质量提供了研究基础。主成分分析结果筛选出蒙古黄芪主要的特征元素是 Ca, Fe, Li, P, K, Mg, Zn, Al, Na。从元素角度分析,互助县的蒙古黄芪综合品质较优,民和县的蒙古黄芪品质差异较大。聚类分析结果显示,民和县的五个产区分别聚为三类,可见差异较大,这可能与当地栽培管理措施有关。

无机元素不仅影响植物的生理活动,而且是药材的有效成分之一,不同药材中元素分布特征不同^[11]。本研究结果显示黄芪中 K, P, Ca 和 Mg 含量相对较高,与蒙古黄芪的药效是一致的。K 元素与黄芪降血糖作用有关^[12], P, Ca 和 Mg 元素与黄芪提高免疫力、镇静作用有一定关系^[13]。在植物生长发育过程中,土壤通过植物根系为植物生长提供必需的养分。不同产地的蒙古黄芪无机元素差异最主要的原因可能是土壤差别造成的。其次,不同地区的光照时间和强度、气候、施肥和降水等生态环境因素对中草药的元素含量有直接影响。这也证实了药用植物矿质元素的地域性特征,即异地栽培会产生“质同效异”的结果。因此可以通过对无机元素的种类和含量测定,并结合药材活性成分,进行药材溯源,从而为保障药材质量和安全提供参考依据,同时为蒙古黄芪地道性形成机制研究提供新思路。

References

- [1] Chinese Pharmacopoeia Commission(国家药典委员会). Drug Standard of Ministry of Public Health of the People's Republic of China (中华人民共和国卫生部药品标准). Beijing: People's Medical Publishing House(北京:人民卫生出版社), 2015. 336.
- [2] LIU Xiao-fang, ZHANG Shu-rong, GUO Ai-ling, et al(刘晓芳,张淑蓉,郭爱玲,等). Chinese Traditional Patent Medicine(中成药), 2017, 39(3): 642.
- [3] QIN Xue-mei, LI Zhen-yu, SUN Hai-feng, et al(秦雪梅,李震宇,孙海峰,等). China Journal of Chinese Materia Medica(中国中药杂志), 2013, 38: 3234.

- [4] LI Xin-ai, DUAN Bao-zhong, YAN Ya(李新爱, 段宝忠, 严 亚). Journal of Anhui Agricultural Sciences(安徽农业科学), 2014, 42: 12883.
- [5] LEI Lian-ti, OUYANG Li, LIU Ya-qiong, et al(雷连娣, 欧阳荔, 刘雅琼, 等). China Journal of Chinese Materia Medica(中国中药杂志), 2008, (3): 255.
- [6] QIANG Zheng-ze, WANG Yan, XIAO Wen, et al(强正泽, 王 燕, 肖 文, 等). Journal of Chinese Medicinal Materials(中药材), 2016, 39(1): 53.
- [7] YAN Hui, DUAN Jin-ao, QIAN Da-wei, et al(严 辉, 段金傲, 钱大玮, 等). Journal of Chinese Medicinal Materials(中药材), 2011, 4(4): 513.
- [8] HU Xiang-fang, LIU Dan, ZHAO Rui, et al(胡香芳, 刘 丹, 赵 睿, 等). Sichuan Environment(四川环境), 2007, 4: 36.
- [9] WU Xin-xin, SHENG Zhen-hua, WU Qiao-feng(吴新新, 盛振华, 吴巧凤). Chinese Traditional Patent Medicine(中成药), 2015, 37: 370.
- [10] ZHANG Zhi-jun, LEI Chao-hai, LI Pei, et al(张治军, 雷超海, 李 沛, 等). Chinese Journal of Pharmaceutical Analysis(药物分析杂志), 2018, 38: 1500.
- [11] GU Wei, SHEN Xiu-yuan, ZHOU Juan-juan, et al(谷 巍, 申修源, 周娟娟, 等). Journal of Chinese Medicinal Materials(中药材), 2012, 35: 1893.
- [12] TIAN Zhu-ping, HE Bang-ping, WANG Xiao-yan, et al(田柱萍, 何邦平, 王小燕, 等). Studies of Trace Elements and Health(微量元素与健康研究), 2005, 4: 54.
- [13] HUANG Jian-hui, CHEN Ling-zhi(黄建辉, 陈灵芝). Chinese Journal of Plant Ecology(植物生态学与地植物学学报), 1991, 15(3): 224.

A Comparative Study of Inorganic Elements in Cultivating *Astragalus Membranaceus* From Different Habitats

WANG Ling-ling^{1, 2, 3}, WANG Bo^{1, 2, 3}, XIONG Feng^{1, 2, 3}, YANG Lu-cun^{1, 2}, LI Jing-jing⁴, XIAO Yuan-ming^{1, 2, 3}, ZHOU Guo-ying^{1, 2*}

1. Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China

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

3. College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

4. College of Life Sciences, Qinghai Normal University, Xining 810008, China

Abstract Mineral elements are closely related to the efficacy of traditional Chinese medicine. They affect the synthesis of secondary metabolites by regulating the activities of various enzymes in the secondary metabolism pathway, which is an indispensable characteristic parameter for the quality control of traditional Chinese medicine. In order to effectively identify the quality differences of *Astragalus membranaceus*, the characteristic elements of *Astragalus membranaceus* and their relationship with the region were found out. The species and contents of mineral elements in *Astragalus membranaceus* from different areas in Qinghai Province were determined by ICP-OES. The data were analyzed by cluster analysis and principal component analysis (PCA) with SPSS 22.0 and R package respectively. 12 kinds of elements in *Astragalus membranaceus* were determined. The results of PCA showed that Ca, Fe, Li, P, K, Mg, Zn, AL, Na were characteristic elements of *Astragalus membranaceus*; the clustering analysis results showed that the types and contents of mineral elements in the samples were related to the producing area. When the Euclidean distance was 8, the samples could be clustered into three categories: S12 was clustered into one group, S1, S2, S4, S5, S6, S7, S10, S11, S13, S16 could be clustered into one category, the other samples were in one group. Combining with the distribution map of ArcGIS, the relationship between producing area and its quality can be seen more intuitively. In addition, the distribution characteristics of inorganic elements in *Astragalus membranaceus* were established. The similarity of the characteristics of inorganic elements in *Astragalus membranaceus* from different areas was more than 0.996. Therefore, the fingerprint can be used to identify and analyze *Astragalus membranaceus* from different areas. From the results of PCA of element content, the quality of *Astragalus membranaceus* produced in S10 (Naka village, Donggou Township, Huzhu county) was the best, the total factor score F was the highest, followed by S7 and S8, which showed that the quality of *Astragalus membranaceus* in Huzhu county was good. The results show that *Astragalus membranaceus* is rich in mineral elements, and its content is affected by the place of production. Paying attention to the content and types of elements in the medicinal materials is a supplementary explanation of the pharmacological components and can further reveal the quality from the

perspective of elements. The results provide a reference basis for the development and utilization of resources and quality identification of *Astragalus membranaceus* and provide a guarantee for quality and safety control it.

Keywords *Astragalus membranaceus*; Inorganic elements; Principal component analysis (PCA); Cluster analysis; ICP-OES

(Received Feb. 24, 2021; accepted Jun. 28, 2021)

* Corresponding author

欢迎投稿

欢迎订阅

欢迎刊登广告

《光谱学与光谱分析》2022年征订启事

国内邮发代码：82-68

国外发行代码：M905

《光谱学与光谱分析》1981年创刊，国内统一刊号：CN 11-2200/O4，国际标准刊号：ISSN 1000-0593，CODEN 码：GYGFED，国内外公开发行，大 16 开本，332 页，月刊；是中国科协主管，中国光学学会主办，钢铁研究总院、中国科学院物理研究所、北京大学、清华大学共同承办的学术性刊物。北京大学出版社出版，每期售价 95 元，全年 1140 元。刊登主要内容：激光光谱测量、红外、拉曼、紫外、可见光谱、发射光谱、吸收光谱、X 射线荧光光谱、激光显微光谱、光谱化学分析、国内外光谱化学分析领域内的最新研究成果、开创性研究论文、学科发展前沿和最新进展、综合评述、研究简报、问题讨论、书刊评述。

《光谱学与光谱分析》适用于冶金、地质、机械、环境保护、国防、天文、医药、农林、化学化工、商检等各领域的科学研究单位、高等院校、制造厂家、从事光谱学与光谱分析的研究人员、高校有关专业的师生、管理干部。

《光谱学与光谱分析》为我国首批自然科学核心期刊，中国科协优秀科技期刊，中国科协择优支持基础性、高科技学术期刊，中国科技论文统计源刊，“中国科学引文数据库”，“中国物理文摘”，“中国学术期刊文摘”，同时被国内外的 CJCR, CNKI, CSCD, SCI, AA, CA, Ei, AJ, PJK, MEDLINE, Scopus 等文献机构收录。根据中国科学技术信息研究所发布信息，中国科技期刊物理类影响因子、引文量及综合评价总分《光谱学与光谱分析》都居前几位。欢迎国内外厂商在《光谱学与光谱分析》发布广告（广告经营许可证：京海市监广登字 20170260 号）。

《光谱学与光谱分析》的主编为高松院士。

欢迎新老客户到全国各地邮局订阅，若有漏订者可直接与《光谱学与光谱分析》期刊社联系。

联系地址：北京市海淀区学院南路 76 号（南院），

《光谱学与光谱分析》期刊社

邮政编码：100081

联系电话：010-62181070, 62182998

电子信箱：chnghxygpfx@vip.sina.com

修改稿专用邮箱：gp2008@vip.sina.com

网 址：<http://www.gpxygpfx.com>

