

分子植物育种
Molecular Plant Breeding
ISSN 1672-416X, CN 46-1068/S

《分子植物育种》网络首发论文

题目： 青海省东部不同产地和春秋季节蒙古黄芪化学成分差异性
作者： 王玲玲, 杨路存, 熊丰, 肖元明, 周国英
网络首发日期： 2020-07-20
引用格式： 王玲玲, 杨路存, 熊丰, 肖元明, 周国英. 青海省东部不同产地和春秋季节蒙古黄芪化学成分差异性. 分子植物育种.
<https://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20200720.1535.016.html>



网络首发：在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认：纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

研究报告

Research Report

青海省东部不同产地和春秋季节蒙古黄芪化学成分差异性

王玲玲^{1,2,3} 杨路存^{1,2} 熊丰^{1,2,3} 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, 西宁, 810008; 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, 生命科学学院, 北京, 100049

*通信作者, zhougy@nwipb.cas.cn

摘要 为了确定青海省蒙古黄芪最佳种植区域和采收期, 本研究通过对不同州县的毛蕊异黄酮葡萄糖苷和春秋季节采收的蒙古黄芪类黄酮成分和黄芪甲苷含量进行对比和分析。结果表明, 青海省民和县的蒙古黄芪毛蕊异黄酮葡萄糖苷含量均值大于其他州县, 排名依次为民和县>大通县>乐都县>互相县>湟中县>湟源县。进一步对民和县硃门镇蒙古黄芪春秋季节化学成分含量对比分析发现, 秋季黄酮类成分均高于春季, 而黄芪甲苷含量显著低于春季($p<0.05$), 同时, 秋季采收的黄芪根干重和根直径均大于春季。综合考虑, 青海省东部农业区蒙古黄芪适宜移栽区为民和县, 宜秋季采收。本研究为青海省蒙古黄芪的推广种植提供了参考资料, 为农业秋季采收提供科学证据, 对促进中药材产业的发展起到积极作用。

关键词 蒙古黄芪(*Astragalus mongolica*), 黄芪甲苷, 毛蕊异黄酮葡萄糖苷, 采收期

The Chemical Constituents of *Astragalus mongolica* from Different Producing Areas and Harvesting Periods

Wang Lingling^{1,2,3} Yang Lucun^{1,2} Xiong Feng^{1,2,3} Xiao Yuanming^{1,2,3} Zhou Guoying^{1,2*}

1 Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Science, Xining, 810008; 2 Key Laboratory of Tibetan Medicine Research, Chinese Academy of Sciences, Xining, 810008; 3 College of Life Sciences, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049

* Corresponding author, zhougy@nwipb.cas.cn

Abstract In order to determine the best planting area and harvesting period of *Astragalus mongolica* in Qinghai province, this study compared and analyzed the content of mullein isoflavone glucoside of *Astragalus mongolica* in each state and the content of flavonoids and Astragaloside of *Astragalus mongolica* harvested in spring and autumn. The results showed that the mean content of mullein isoflavone glucoside of *Mongolian astragalusmaoli* in Minhe county of Qinghai province was higher than that in other counties, the rank order is: Minhe county>Datong county>Ledu county>Huangzhong county > Huangyuan county. Further comparative analysis on the chemical composition of *Astragalus mongolicus* in spring and autumn in Minhe county showed that the flavonoids content in autumn was higher than that in spring, while the content of Astragaloside iv was significantly lower than that in spring ($p<0.05$). Meanwhile, dry weight of root and root diameter in autumn is greater than the value of the spring. Considering comprehensively, the suitable transplanting area of *Astragalus mongolica* in the eastern agricultural area of Qinghai province is Minhe country, which is suitable for autumn harvest. This study provides reference materials for the popularization and cultivation of *Astragalus mongolica* in Qinghai province, and provides scientific evidence for agricultural harvest. This work has played a positive role in promoting the development of traditional Chinese medicine industry.

Keywords *Astragalus mongolica*, Astragaloside iv, Mullein isoflavoneglucoside, Harvest time

黄芪是指蒙古黄芪(*Astragalus membranaceus* (Fisch.) Bge. *var mongolicus* (Bge.) Hsiao)或膜荚黄芪(*Astragalus membranaceus* (Fisch.) Bge.)的干燥根, 系豆科黄芪属多年生草本植物, 具有补气升阳、固表止汗、利水消肿、生津养血等功效(中华人民共和国药典(第一部), 2015, 中国医药科技出版社, pp.303; 王玲丽等, 2017)。黄芪为药食两用的植物, 既是中国传统的大宗中药材之一, 又被广泛应用于食品、化妆品和其他产品的开发中。现代药理学研究发现, 黄芪中的主要药用活性成分为黄酮类、皂苷类和多糖, 《中华人民共和国药典(第一部)》(2015, 中国医药科技出版社, pp.303)规定毛蕊异黄酮葡萄糖苷和黄芪甲苷是其主要活性指标成分, 具有增强机体免疫力、抗炎、降血糖和保护肝脏等作用(周龙云等, 2018; 孙敏等, 2018)。

近些年，黄芪药用价值得以深入研究与开发(刘翔, 2018)，而野生黄芪受利益驱使采挖严重，资源锐减，目前市场上流通的大多是人工栽培的黄芪(余坤子等, 2010)。

生境对药用植物的药效、药性和产量有重要作用。不同地域间因土壤、水分、温度等自然条件都能影响药用植物的开花、结果等一系列生长过程，尤其是土壤成分更能影响中药品质的优劣。如唐丽等人的研究认为 21 600 lx 高光照有利于提高铁皮石斛生物量，而 2 400 lx 低光照则更有利于提高其多糖含量；翟娟国等(2010)研究表明川白芷根长与土壤有效磷的量、根质量与土壤有效磷及速效钾的量间均呈显著正相关。不同时间采收的药材在质量上也有差异。前人对不同采收时间的美花石斛进行研究发现，药材中多糖的含量在 4 月时最低，此后逐渐积累，到 9 月份量达到最高，因此最佳采收期是在 9 月到次年 1 月期间。席旭东(2010)对蒙古黄芪种苗移栽后的产量和品质进行分析发现，11 月中旬的黄芪产量最高，黄芪甲苷的含量在秋季 11 月下旬和春季 3 月下旬较高。

随着黄芪国内国际市场需求的增多，黄芪适宜产区也在不断扩大，青海省东部农业区已经开始大规模种植黄芪药材(刘德旺等, 2016; 彭露茜等, 2017)。但是由于青海省各地区气候环境差异明显，栽培方式也有差别，且存在春季和秋季不同季节采收的情况，蒙古黄芪的产量和质量也参差不齐，进而影响到市场的稳定。为确定青海省蒙古黄芪最佳种植区和采收期，本研究对青海省东部农业区 6 个县 19 个地区的蒙古黄芪进行采集和毛蕊异黄酮葡萄糖苷成分分析，并对春秋两季蒙古黄芪化学成分的分析对比，以期寻求青海省最佳黄芪种植区域，改善市场商品芪质量低迷情况，促进当地药农收入，同时为青海省蒙古黄芪的规范化种植提供科学依据。

1 结果与分析

1.1 不同产地蒙古黄芪毛蕊异黄酮葡萄糖苷含量的差异

从对青海省东部农业区不同产地蒙古黄芪毛蕊异黄酮葡萄糖苷含量的测定(表 1)的结果可以看出，产地对毛蕊异黄酮葡萄糖苷的含量的影响极显著($p < 0.01$)。其中，民和县官营镇结龙村的毛蕊异黄酮葡萄糖苷含量达到 0.57%，为 19 个产地里最高的，而湟源县申中乡卡路村的毛蕊异黄酮葡萄糖苷含量是最低的，

为 0.26%。6 个地区整体含量比较分析发现，民和县的毛蕊异黄酮葡萄糖苷含量均值最高，且县内各采样点的含量普遍高于其他地区。乐都区的 4 个产地含量值差异较大，民和县、互助县等地的不同产地含量值差异较小。6 个县的含量均值排名依次为：民和县、大通县、乐都县、互助县、湟中县、湟源县。从表 1 可以看出，尽管各地区的毛蕊异黄酮葡萄糖苷含量高低不一，但是均达到《中国药典》(2015 版)规定的标准，19 个地区的含量均大于 0.02%。

表 1 不同产地蒙古黄芪毛蕊异黄酮葡萄糖苷含量对比

Table 1 The Determination results of mullein isoflavone glucoside of *Astragalus mongolica* from different habitats

样品号	产地	毛蕊异黄酮葡萄糖苷(mg/g)	样品号	产地	毛蕊异黄酮葡萄糖苷(mg/g)
Sample No.	Different habitats	Mullein isoflavone glucoside (mg/g)	Sample No.	Different habitats	Mullein isoflavone glucoside (mg/g)
1	民和县甘沟乡峡门村 Gangou township gap gate village, Minhe county	0.033 ± 0.004	11	乐都区芦化乡九家山村 Jiujiaoshan village, Luhua township, Ledu district	0.051 ± 0.002
2	民和县满坪镇清泉村 Minhe county full ping town Qingquan village	0.040 ± 0.005	12	乐都区芦化乡本康岭村 Luhua town, Ledu district, Benkangling village	0.035 ± 0.005
3	民和县马营乡罗家村 Luoja village, Maying township, Minhe county	0.049 ± 0.005	13	乐都区李家乡滚茶沟村 Rolling chagou village, Lijia township, Ledu district	0.050 ± 0.006
4	民和县西沟乡要先村 Minhe county Xigou township to the first village	0.052 ± 0.002	14	乐都区芦花乡三条沟村 Ledu district Luhua township three ditch village	0.027 ± 0.001
5	民和县官亭镇结龙村 Jielong village, Guanting town, Minhe county	0.057 ± 0.005	15	湟中县拦隆口镇合尔营村 Huangzhong county Lanlongkou town Heerying village	0.028 ± 0.003
6	互助县五十乡 Huzhu county fifty township	0.032 ± 0.001	16	湟中县甘河镇羊毛村 Lanmao village, Ganhe town, Huangzhong county	0.036 ± 0.001
7	互助县林川乡许家村 Xujia village, Linchuan township, Huzhu county	0.034 ± 0.004	17	湟中县上新庄镇下峡门村 Huangzhong county Shangxinzhuang town Xiaximen village	0.029 ± 0.003
8	互助县南门峡镇卷槽村 Huzhu county south gate gap town roll groove village	0.035 ± 0.003	18	湟源县申中乡卡路村 Karu village, Shenzhong township, Huangyuan county	0.026 ± 0.002
9	互助县东沟乡大庄村 Dazhuang village, Donggou	0.035 ± 0.003	19	大通县朔北乡白崖村 Bai ya village, Shuo bei xiang,	0.042 ± 0.003

	township, Huzhu county	Datong county
10	互助县东沟乡纳卡村 Naka village, Donggou township, Huzhu county	0.042 ± 0.004

1.2 不同采收期蒙古黄芪化学成分的差异

通过对春季和秋季黄酮类成分的测定,由结果可以看出(图 1;表 2),四种成分出峰时间与标准品一致,基线稳定,分离效果好。秋季采收的蒙古黄芪毛蕊异黄酮葡萄糖苷、毛蕊异黄酮、芒柄花苷、芒柄花素含量均高于春季采收的黄芪。通过对四种异黄酮类成分分析,春季和秋季采收的黄芪黄酮类成分含量没有显著性差异。其中,毛蕊异黄酮葡萄糖苷在不同季节间的含量均大于 0.02%,超过《中华人民共和国药典(第一部)》(2015,中国医药科技出版社,pp.303)规定含量值。

通过对春季和秋季蒙古黄芪甲苷的测定,由结果可以看出(图 1;表 3),黄芪甲苷分离效果好,出峰时间快。春季采收的蒙古黄芪甲苷含量占 0.18%,而秋季采收的蒙古黄芪甲苷含量占 0.12%。从方差分析的结果得出,不同季节采收的蒙古黄芪甲苷的含量有显著性差异,春季采收的药材含量显著高于秋季采收的药材含量,但是两季的黄芪甲苷含量均达到《中华人民共和国药典(第一部)》(2015,中国医药科技出版社,pp.303)标准,远远超过规定的 0.04%,是规定标准的 3 倍以上。

对不同采收期的蒙古黄芪生长性状进行探讨,结果见表 4。由 Origin 2018 分析得出的显著性分析结果可知,根直径和根长在不同季节间有显著性差异,而根干重在季节间没有显著性差异。产量是单株干重和株数决定,秋季采收的黄芪干重大于春季,且根直径显著高于春季。从市场药材品相和芪农对药材直观收入考虑,秋季采收的黄芪最佳。

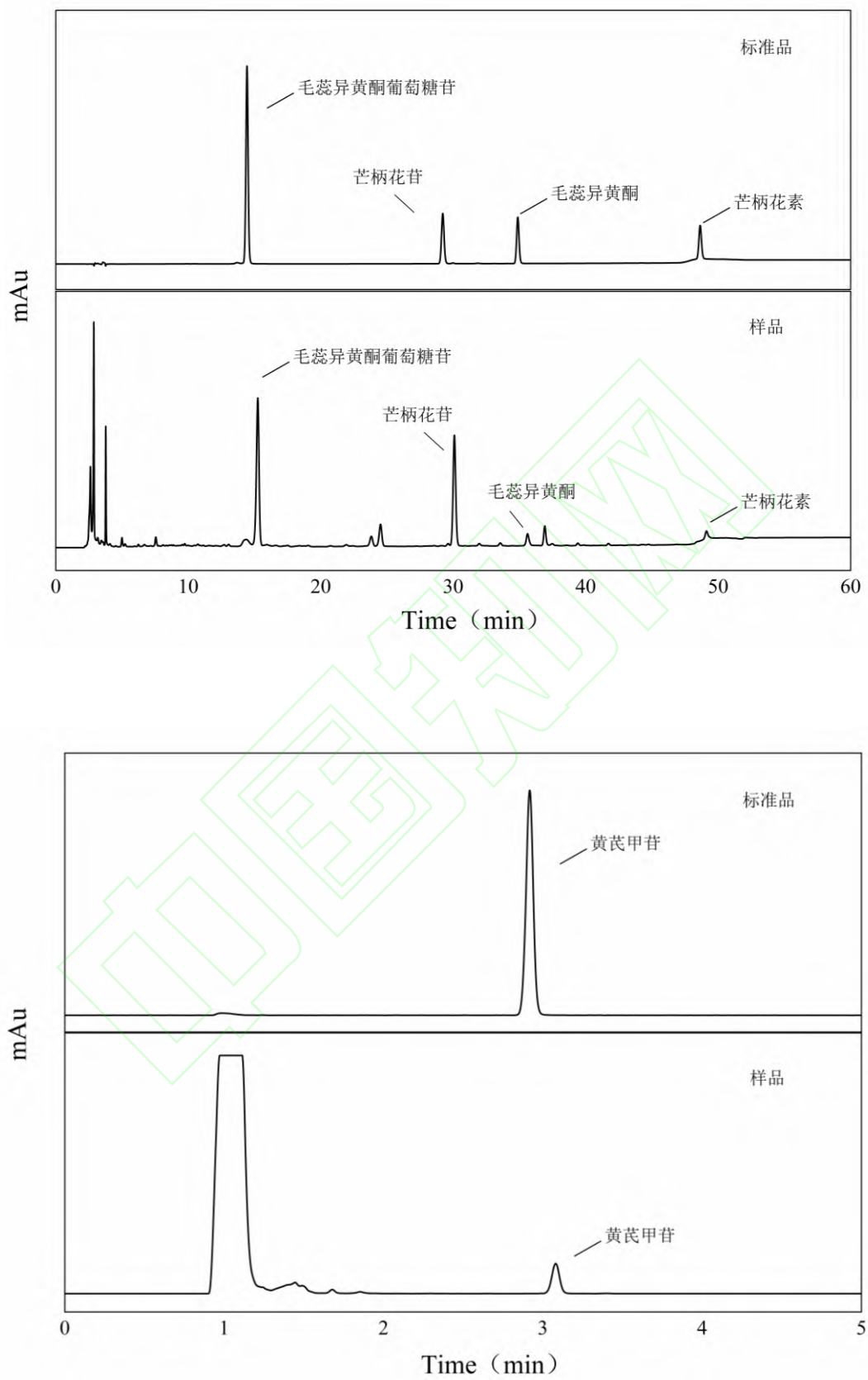


图 1 黄酮类和黄芪甲苷的色谱图

Figure1 Chromatogram of flavonoid and Astragaloside iv

表 2 不同采收期蒙古黄芪黄酮类成分含量对比

Table 2 Comparison of the content of flavonoids of *Astragalus mongolica* in different harvest periods

	毛蕊异黄酮葡萄糖苷(%) Mullein isoflavone glucoside (%)	芒柄花苷(%) Ononin (%)	毛蕊异黄酮(%) Mullein isoflavone (%)	芒柄花素(%) Formononetin (%)
春季 Spring	0.0218±0.0022	0.0289±0.0071	0.0064±0.0016	0.0004±0.0001
秋季 Autumn	0.0404±0.0090	0.0566±0.0130	0.0125±0.0030	0.0006±0.0000

表 3 不同季节蒙古黄芪黄芪甲苷含量对比

Table 3 Comparison of the content of Astragaloside iv of *Astragalus mongolica* in different seasons

	黄芪甲苷(%) Astragaloside iv (%)	<i>F</i>	<i>p</i>
春季 Spring	0.1756±0.0172	6.2112	0.0319
秋季 Autumn	0.1207±0.0137		

表 4 不同季节采收的蒙古黄芪生长数据分析

Table 4 Analysis of Mongolian jaundice growth data harvested in different seasons

	春季 Spring	秋季 Autumn	<i>F</i>	<i>P</i>
根直径 Root diameter	14.23	19.58	10.17913	<0.01
根长 Root length	47.80	37.45	9.98931	<0.01
根干重 Root dry weight	39.96	53.93	3.03658	>0.05

2 讨论

不同产地生产的黄芪受当地环境、土壤、耕作管理等条件的影响，其长势、产量及化学成分含量也会有所差异。先前的文献也有报道，不同地区生产的黄芪质量和化学成分存在差异，研究表明山东、陕西等道地产区黄芪品质较好(管仁伟等, 2015; 田甜等, 2018)。闫墩等人通过比较不同产地黄芪的药效可以发现，研究表明，内蒙古武川产黄芪的抗疲劳作用比浑源和土右的蒙古黄芪作用好，造成的原因可能有种源、水分、阳光、采收的年限等(闫墩等, 2017)。此外，王雪洁等(2011)对引种栽培黄芪药材中主要黄酮类成分含

量比较研究后发现，内蒙古黄芪引种到山西浑源地区黄酮类物质较原产地高，而原产地野生品和栽培品种质资源的芒柄花素优于山西浑源半野生品种，表明黄酮类物质含量不仅与产地和生长方式有关，还与黄芪种质有关(王雪洁等, 2011)。

本研究收集了青海省 6 个县 19 个产地的蒙古黄芪，采收样品均为两年生蒙古黄芪，采收时间为 10 月下旬，对其进行不同产地的化学成分差异分析。结果表明：样品均符合《中国药典》含量规定，其中，民和县黄芪品质较好，大通县次之。本实验室在先前的工作中已对 19 个产地其他有效成分做了分析，结果与毛蕊异黄酮葡萄糖苷含量的变化趋势一致，均显示民和县均值含量最高，湟源县最次。这一结果可能与当地的微环境，如海拔和经纬度等因素有关。如杨仕兵等人对青海省不同地区五脉绿绒蒿总生物碱含量进行比较发现，其含量与分布海拔呈正相关，与分布纬度无显著关联(杨仕兵等, 2006)。青海省作为蒙古黄芪适宜产区之一，其省内不同地区药材适宜性移栽情况鲜有报道，本研究为蒙古黄芪适宜产区的确定提供了参考依据。同时，由于受当年黄芪价格下降的影响，湟源县、大通县药农积极性不高，采样点只有一个，所以民和县作为青海省东部农业区蒙古黄芪最佳种植区域有待进一步验证。

蒙古黄芪产量和品质受生长期影响。不同季节、不同月份采收对蒙古黄芪的产量和化学成分含量均有影响。次生代谢产物是植物应对环境变化，协调自身机制，提高抵抗力的重要成分，有研究表明，不同月份采收的宽叶羌活挥发性成分和含量存在差异，8、9 月份挥发油含量较高，适宜秋季采收(李春丽等, 2012)。

植物在不同季节生理活动不同，其次生代谢产物含量也不同。本研究选用生长指标和有效成分两方面进行分析比较，得出结果，春季根直径和根干重高于秋季，而春季的黄芪甲苷含量显著高于秋季，秋季的毛蕊异黄酮葡萄糖苷、芒柄花苷、毛蕊异黄酮和芒柄花素含量则高于春季。无论春季还是秋季采收，两季的指标性成分含量均达到药典标准。传统农业上大多采用秋季收获，也有少量地区是春季采收，但是，从实际情况和综合利益考虑，蒙古黄芪通常于当年春季移栽，秋季采收后可及时翻地播种其他作物，或者在当年秋季收获后，至来年春季移栽期间，土地有一段休养时间以恢复养分、水分供给能力。因此，建议蒙古黄芪秋季采收，这样将对土地循环、产业发展起到积极作用，此外，这与前人的研究也较为一致(高青鸽,

2015)。

3 材料与amp;方法

3.1 试验材料

试验材料为两年生蒙古黄芪(*Astragalus mongolica*), 收集于青海省东部不同州县地区, 调查发现, 各地引栽的蒙古黄芪种苗均来自甘肃省岷县。材料经中国科学院西北高原生物研究所周国英研究员鉴定, 确定为蒙古黄芪(*Astragalus mongolica*)的根。

1260 系列色谱仪(美国安捷伦科技公司); G7114AVWD 型检测器, Agilent HC-C18 (250 mm×4.6 mm, 5μm), Agilent EC-C18 (150 mm×4.6 mm, 4 μm)色谱柱; KQ5200DE 型数控超声仪(昆山市超声仪器有限公司); WB-2000 旋转蒸发仪(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: 毛蕊异黄酮葡萄糖苷, 芒柄花苷, 毛蕊异黄酮, 芒柄花素, 黄芪甲苷购自北京中成谨念科技有限公司, 纯度≥98%。

3.2 试验方法

实验设计分为两个部分, 测定青海省东部不同产地蒙古黄芪毛蕊异黄酮葡萄糖苷含量和测定民和县硖门镇春秋季蒙古黄芪黄芪甲苷和毛蕊异黄酮葡萄糖苷含量。每个处理随机选用 5 株进行粉碎、上机, 用标准曲线测定样品含量。

应用 Origin 2018 进行数据处理、方差分析, 采用 LSD 法进行多重比较。

3.3 测定方法

3.3.1 对照品溶液的制备

分别精密称取毛蕊异黄酮葡萄糖苷、芒柄花苷、毛蕊异黄酮和芒柄花素对照品 8.1 mg、3.7 mg、1.6 mg、1.3 mg, 置于 10 mL 定量瓶中, 用甲醇溶解并稀释至刻度线, 摇匀混标, 置于 4℃冰箱中保存备用。

精密称取黄芪甲苷 16.7 mg，置于 10 mL 定量瓶中，用甲醇溶解并稀释至刻度线，摇匀，置于 4℃ 冰箱中保存备用。

3.3.2 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℃ 加热回流 3 h，过滤。滤液用旋转蒸发器于 65℃ 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，即得黄酮类供试品溶液(宋庆燕，2017)。

精密称取黄芪药材粉末(过 65 目) 1.0 g，置 50 mL 具塞锥形瓶中，精密量取无水甲醇 30 mL，超声提取 30 min，过滤，残渣用 30 mL 甲醇溶解，再超声提取 30 min，过滤，合并滤液，在 65℃ 下旋转蒸发减压回收至干。残渣用 25 mL 浓氨水溶解，放置 10 min，不时振摇。用水饱和正丁醇萃取 2 次(30, 20 mL)，合并萃取液，65℃ 下旋转蒸发减压回收至全干，残渣用甲醇溶解并定容至 10 mL，摇匀，即为黄芪甲苷供试品溶液(宋庆燕，2017)。

3.3.3 色谱条件

Agilent HC-C18 (250 mm×4.6 mm, 5 μm) 色谱柱；流动相乙腈(C)–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℃；检测波长 260 nm；进样量 10 μL。该色谱条件下毛蕊异黄酮葡萄糖苷、芒柄花苷、毛蕊异黄酮和芒柄花素与其他组分基线分离良好。

Agilent EC-C18 (150 mm×4.6 mm, 4 μm) 色谱柱；流动相：乙腈-水(40:60)；进样量 15 μL；流速 1.2 mL/min。蒸发光散射检测器(ELSD)参数：N2 压力 40 psi；漂移管温度 60℃；喷雾器动力级别为 30%；增益值为 20。该色谱条件下黄芪甲苷与其他组分分离良好。

3.3.4 标准曲线的绘制

将黄酮类对照品溶液稀释 5 倍后精密吸取，依次进样 4 μL、8 μL、10 μL，稀释 25 倍后精密吸取，依次进样 10 μL、15 μL。按照色谱条件测定峰面积。以进样量(X)对峰面积(Y)进行回归，得到毛蕊异黄酮葡

葡萄糖苷的标准曲线 $Y=5\ 251.7X+207.82$ ($r=0.999\ 7$), 在 $0.324\sim 1.296\ \mu\text{g}$ 线性关系良好; 芒柄花苷的标准曲线 $Y=3\ 327.4X+38.439$ ($r=0.999\ 5$), 在 $0.148\sim 0.740\ \mu\text{g}$ 线性关系良好; 毛蕊异黄酮的标准曲线 $Y=6\ 522X+55.812$ ($r=0.999\ 7$), 在 $0.064\sim 0.320\ \mu\text{g}$ 线性关系良好; 芒柄花素的标准曲线 $Y=10\ 854X+21.446$ ($r=0.999\ 2$), 在 $0.010\ 4\sim 0.078\ \mu\text{g}$ 线性关系良好。

吸取黄芪甲苷对照品溶液原浓度 $0.5\ \mu\text{L}$, $1.5\ \mu\text{L}$, 稀释 5 倍后 $3\ \mu\text{L}$, $7\ \mu\text{L}$, $10\ \mu\text{L}$ 分别进样, 取黄芪甲苷的进样量(μg)与峰面积积分值的自然对数值进行线性回归, 得回归方程 $Y=0.4599\ X+1.8191$, $r=0.9995$ 。结果表明黄芪甲苷进样量在 $0.835\sim 3.34\ \mu\text{g}$ 范围内线性关系良好。

3.3.5 样品测定

取供试品溶液, 对青海省东部不同产地和采收期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。

作者贡献

王玲玲是本研究实验设计、论文撰写和研究的执行人; 杨路存参与实验设计以及田间试验的布设; 熊丰和肖元明协助进行田间试验种植、样品处理工作; 周国英是项目的负责人, 指导实验设计, 数据分析和论文写作与修改。全体作者都阅读并同意最终的文本。

致谢

本研究由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”项目、中科院兰州分院院地合作项目和青海省重点实验室发展建设专项(2017-ZJ-Y10)共同资助。

参考文献

- Gao Q.G., 2015, The influence different harvest time and fertilization on root growth index and the main secondary metabolites content of *Mongolian astragalus*, Northwestern University of Agriculture, Forestry and Technology, 26-30 (高青鸽, 2015, 施肥及采收期对蒙古黄芪生长和次生代谢的影响, 西北农林科技大学, 导师: 王渭玲, pp.26-30)
- Guan R.W., Wang Y.Z., and Zhou J.Y., 2015, Correlation between germplasm origin and quality of *scutellariabaicalensis*, Shizhen

Guoyi Guoyao (Lishizhen Medicine and Materia Medica Research), 26(2): 451-452 (管仁伟, 王英震, 周建永, 2015, 黄芩的种质产地与其质量的相关性研究, 时珍国医国药, 26(2): 451-452)

Li C.L., Zhou Y.B., Zhou G.Y., Xu W.H., and Yang L.C., 2012, Comparison analysis of contents and constituents of volatile oils extracted from cultivated *Notopterygium forbesii* H. Boiss collected in different months, Natural Products Research and Development, 24(7): 910-915 (李春丽, 周玉碧, 周国英, 徐文华, 杨路存, 2012, 不同采收期栽培宽叶羌活挥发性成分的研究, 天然产物研究与开发, 24(7): 910-915)

Liu D.W., Gu C.M., Yang Q.Z., Huang L.F., Xie C.X., and Cai M., 2016, Resource surveys and suitability of origin for genuine medicinal materials, *Astragalus mongolica* var. *mongolicus* in Inner Mongolia, China, Yingyong Shengtai Xuebao (Chinese Journal of Applied Ecology), 27(3): 838-844 (刘德旺, 谷彩梅, 杨庆珍, 黄林芳, 谢彩香, 蔡敏, 2016, 内蒙古地区道地药材蒙古黄芪资源调查及产地适宜性, 应用生态学报, 27(3): 838-844)

Liu X., 2018, Protective effects of combination of *Astragalus polysaccharide* and *Lyciumbarbarum* polysaccharide on liverinjury in mice, Jiyinzuxue Yu Yingyong Shengwuxue (Genomics and Applied Biology), 37(6): 2656-2662 (刘翔, 2018, 黄芪多糖与枸杞多糖联用对小鼠肝组织损伤的保护作用, 基因组学与应用生物学, 37(6): 2656-2662)

Peng L.X., and Guo Y.L., 2017, Geographical distribution of *Astragalus* Radix and prediction of its suitable area in China, Sichuan Nongye Daxue Xuebao (Journal of Sichuan Agricultural University), 35(1): 60-68 (彭露茜, 郭彦龙, 2017, 中国黄芪地理分布和未来适生区预测, 四川农业大学学报, 35(1): 60-68)

Song Q.Y., 2017, Combined Application of nitrogen, phosphorus and potassium on Yield and Quality of Radix Astragali, Beijing University of Traditional Chinese Medicine, 27-30 (宋庆燕, 2017, 氮磷钾配施对黄芪产量和质量的影响[D]. 北京中医药大学, 27-30)

Sun M., Wu G.T., Du L D., Ren Y., 2018. Advances in pharmacological activity in the cardiovascular system. Journal of Gansu University of Traditional Chinese Medicine, 2018 (5): 26 (孙敏, 吴国泰, 杜丽东, 任远, 2018, 黄芪在心血管系统方面的药理活性研究进展[J]. 甘肃中医药大学学报, (5): 26)

- Tang L., Wang C.Y., Long H., Li G., and Zhou Q., 2019, Research progress on the impact of ecological factors on the growth and development of tinkle, *Chinese Herbal Medicine*, (2): 251-255 (唐丽, 王朝勇, 龙华, 李贵, 周强, 2019, 生态因子对铁皮石斛生长发育影响的研究进展, *中药材*, (2): 251-255)
- Tian T., Han R.L., and Liang Z.S., 2018, HPLC fingerprint analysis of *Scutellaria baicalensis* from different producing areas and different time periods, *Zhejiang Nongye Kexue (Zhejiang Agricultural Sciences)*, 59(3): 370-376 (田甜, 韩蕊莲, 梁宗锁, 2018, 不同产地和不同年限黄芩 HPLC 指纹图谱研究, *浙江农业科学*, 59(3): 370-376)
- Wang L.L., Feng H.L., Yang K., Teng H.M., and Hu Z.H., 2017, Research progress on biology and chemical constituents of *Astragalus mongolica*, *Jiyinzuxue Yu YingyongShengwuxue (Genomics and Applied Biology)*, 36(6): 455-459 (王玲丽, 丰华玲, 杨柯, 腾红梅, 胡正海, 2017, 黄芪生物学及化学成分研究进展, *基因组学与应用生物学*, 36(6): 455-459)
- Wang X.J., Sun H.F., Xie D.S., Wu B., and Qin X.M., 2011, Comparison of the Content of Major Flavonoids in the Introduced and Cultivated Radix Astragali, *Plant Studies*, 31 (3): 358-362 (王雪洁, 孙海峰, 谢道生, 武滨, 秦雪梅, 2011, 引种栽培黄芪药材中主要黄酮类成分含量比较研究, *植物研究*, 31(3): 358-362)
- Wu K.Y., Wang W.Q., Jin J.X., Sun Z.R., and Long Y.L., 2008. The effect of origin and harvesting time on polysaccharides of the *Dendrobium loddigesii Rolfe*, *Herbal Medicine*, 39(11): 1732-1735 (武孔媛, 王文全, 金家兴, 孙志蓉, 龙友邻, 2008, 产地和采收时间对美花石斛药材中多糖的影响, *中草药*, 39(11): 1732-1735)
- Xi X.D., 2010, Studies on growing chareacteristics and harvest time of *Astragalus membranaceus* seeding of transplanting of defferent grade (席旭东, 2010, 黄芪种苗分级移栽生长发育特性及采收期研究, *甘肃农业大学*, pp.35-38)
- Yan T., Ren K., Bai X R., Zhang C H., Li M H., 2017. Anti-fatigue Effects of Astragalus membranaceus (Fisch.) Beg. var. mongholicus (Beg.) Hsiao from Different Genuine Habitats on Mice. *Chinese Modern Chinese Medicine*, (7) 924-928 (闫瞰, 任凯, 白小荣, 张春红, 李旻辉, 2017, 不同道地产区蒙古黄芪抗疲劳作用比较研究, *中国现代中药*, (7) 924-928)
- Yang S B., Liu D M., Liu Y., Lu X F., Hu F Z., and Peng M., 2006, Analysis of total alkaloids in *Meconopsis quintuplinervia* from Different Localities of Qinghai, *Zhongcaoyao (Chinese Traditional and Herbal Drugs)*, 29(5): 430-432 (杨仕兵, 刘德铭, 刘洋, 卢

学峰, 胡凤祖, 彭敏, 2006, 青海省不同地区五脉绿绒蒿总生物碱含量的比较, 中药材, 29(5): 430-432)

Yu K.Z., Liu J., Hong H., Guo B.L., Cai S.Q., and Chen H.B., 2010, Ecological environment of cultivated *Astragali Radix* and market specification of preparedslices, *Zhongguo Zhongyao Zazhi* (China Journal of Chinese Materia Medica), 35(9): 1112-1115 (余坤子, 刘靖, 洪浩, 郭宝林, 蔡少青, 陈虎彪, 2010, 黄芪种植产地与生态环境及饮片规格的调查研究, 中国中药杂志, 35(9): 1112-1115)

Zhai J.G., Wu W., Liao K., Zhang X., and Hou K., 2010, Effects of soil factors on yield and quality of *Angelica dahurica* var. *formosana*, *Zhongcaoyao* (Chinese Traditional and Herbal Drugs), 41(6): 984-988 (翟娟国, 吴卫, 廖凯, 张旭, 侯凯, 2010, 土壤环境对川白芷产量和品质的影响研究, 中草药, 41(6): 984-988)

Zhou L.Y., Tian Z.R., Liu S.F., Chen X.Q., Cui X.J., and Wang Y.J., 2018, Review on neuroprotection effect of *Astragali Radix* on central nervous system and related toxicology, *Zhongcaoyao* (Chinese Traditional and Herbal Drugs), 49(20): 4935-4944 (周龙云, 田子睿, 刘书芬, 陈旭青, 崔学军, 王拥军, 2018, 黄芪对中枢神经系统的药理作用及毒理研究现状, 中草药, 49(20): 4935-4944)