

不同品种地黄中毛蕊花糖苷的动态积累规律变化

王丰青¹, 王丽娜², 智惊宇¹, 张苗², 杨超飞¹, 黄勇¹, 谢彩侠^{2*}, 张重义^{1,3*}

(1. 河南农业大学农学院, 郑州 450002; 2. 河南中医药大学药学院, 郑州 450046;
3. 福建农林大学作物与科学学院, 福州 350002)

[摘要] 目的: 对大田生长期间不同品种地黄块根和叶片中的毛蕊花糖苷含量进行测定, 研究道地产区不同品种地黄块根和叶片中毛蕊花糖苷的积累规律。方法: 以栽培地黄 85-5, 北京 1 号, 沁怀, 金九和白选为材料, 于 2015 年和 2016 年在河南温县大田栽培, 以 HPLC 检测不同采收期不同品种地黄块根和叶片中的毛蕊花糖苷的含量。并以 85-5 为材料, 于 2014 年进行遮阴处理, 以 HPLC 检测遮阴后地黄块根和叶片中的毛蕊花糖苷含量。结果: 不同品种地黄块根和叶片中毛蕊花糖苷含量有较大差异, 块根中毛蕊花糖苷含量较高的 2 个品种是白选和沁怀, 两年内毛蕊花糖苷含量变化分别为 0.023% ~ 0.620% 和 0.018% ~ 0.796%; 叶片中毛蕊花糖苷含量较高的品种为 85-5 和北京 1 号, 毛蕊花糖苷含量变化分别为 1.955% ~ 5.968% 和 0.681% ~ 5.941%。不同发育阶段的地黄叶片中, 展开叶和衰老叶较幼嫩叶含有较高的毛蕊花糖苷。遮阴对地黄块根中毛蕊花糖苷含量有促进作用, 对叶片中毛蕊花糖苷含量有抑制效应。结论: 该研究为毛蕊花糖苷高含量地黄新品种的选育提供实验材料和依据, 同时也为明确地黄毛蕊花糖苷积累变化的分子机制奠定基础。

[关键词] 地黄; 毛蕊花糖苷; 块根; 叶片; 遮阴; 不同品种

[中图分类号] R284.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2017)24-0078-06

[doi] 10.13422/j.cnki.syfjx.2017240078

[网络出版地址] <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20170926.1132.070.html>

[网络出版时间] 2017-09-26 11:32

Changes in Dynamic Accumulation of Acteoside from Different *Rehmannia glutinosa* Cultivars

WANG Feng-qing¹, WANG Li-na², ZHI Jing-yu¹, ZHANG Miao², YANG Chao-fei¹,
HUANG Yong¹, XIE Cai-xia^{2*}, ZHANG Zhong-yi^{1,3*}

(1. College of Agronomy, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China;

2. College of Pharmacy, Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou 450046, China;

3. College of Crop Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

[Abstract] **Objective:** To determine the content of acteoside in tuberous roots and leaves of different cultivars of *Rehmannia glutinosa* during their different growth periods at genuine producing areas, and investigate the changes in dynamic accumulation. **Method:** The acteoside contents from tuberous roots and leaves in 85-5, Beijing-1, Qinhuai, Jingjiu and Baixuan that were cultivated in 2015 and 2016 at Wenxian county were investigated by HPLC method during different harvest periods. Furthermore, acteoside content was detected in tuberous roots and leaves of 85-5 after shading treatments in 2014. **Result:** There were great differences of acteoside content in tuberous roots and leaves among the different cultivars of *R. glutinosa*. Acteoside contents were 0.023%-0.620% and 0.018%-0.796% in tuberous roots of Baixuan and Qinhuai respectively, which were higher than that of other

[收稿日期] 20170621(002)

[基金项目] 国家自然科学基金项目(81473299);河南省自然科学基金项目(162300410157)

[第一作者] 王丰青, 博士, 副教授, 从事中药资源可持续利用研究, Tel:0371-63558122, E-mail: heauzyxw@126.com

[通讯作者] * 谢彩侠, 博士, 教授, 从事中药质量控制研究, Tel:0371-65962946, E-mail: nanyangxex@126.com;

* 张重义, 博士, 教授, 博士生导师, 从事中药资源可持续利用研究, Tel:0591-83742793, E-mail: zy Zhang@fafu.edu.cn

cultivars. However, 85-5 and Beijing-1 had higher content of acteoside in leaves, ranging from 1.955% -5.968% and 0.681% -5.941%. The contents of acteoside were higher in unfolded leaves and senescing leaves than tender leaves. Shading improved its content in tuberous roots and restrained the accumulation of acteoside in leaves. **Conclusion:** The results provide the experimental materials and basis for breeding the high-acteoside-content *R. glutinosa* cultivars, and lay foundations for studying the regulation mechanisms of acteoside biosynthesis in *R. glutinosa*.

[**Key words**] *Rehmannia glutinosa*; acteoside; tuberous root; leaf; shading; different cultivars

地黄以块根入药,是我国常用大宗药材,其道地产区为河南古“怀庆府”(今温县、武陟、修武、孟州等沿沁河一带),是著名“四大怀药”之一。因其药用历史悠久、临床疗效确切,已成为我国现代大中药产业链重点推荐研究利用的大宗药材之一^[1]。

毛蕊花糖苷具有抗氧化、免疫调节、抗炎、保肝、增强记忆力、抗肿瘤等生物活性,且毒副作用小^[2-4]。毛蕊花糖苷作为控制地黄质量的指标性成分之一,2015年版《中国药典》规定地黄中毛蕊花糖苷含量不得低于0.020%。目前,在植物中有关毛蕊花糖苷积累规律的研究报道较少。Servili等^[5]报道随着橄榄(*Olea europaea*)果实的成熟,毛蕊花糖苷的含量逐渐增加。Alagna等^[6]发现12个橄榄品种中,Coratina和Rosciola两个品种在花后90d果实中毛蕊花糖苷的含量高达9%,而其他10个品种在各发育阶段的果实中含量均<3%。郭雄飞等^[7]报道,管花肉苁蓉(*Cistanche tubulosa*)根部毛蕊花糖苷含量是顶部的16.7倍。边宝林等^[3]检测了地黄,草石蚕(*Stachys sieboldii*),肉苁蓉(*C. deserticola*),连翘(*Forsythia suspensa*)和梧桐(*Firmiana simplex*)等药材中毛蕊花糖苷的含量,结果表明,毛蕊花糖苷在梧桐花中含量最低为0.02%,在地黄叶中含量最高可达3.5%,在地黄块根11月份采收时的叶片中含量为2.66%,依然较同期的块根含量高。

已有的研究表明,不同的地黄品种毛蕊花糖苷含量差异很大,相同品种在不同地区种植含量也有差异,变异范围很大^[8-9],造成地黄质量参差不齐,严重影响了药材的用药安全性和有效性,制约了地黄中药产业的稳定、健康和可持续发展。特别是刚刚过去的2016年,由于道地产区部分地块的地黄毛蕊花糖苷含量低于2015年版《中国药典》标准的要求,给农户造成很大的损失,严重削弱了农户种植地黄的积极性。因此,开展不同地黄种质在道地产区不同采收阶段毛蕊花糖苷含量变化规律研究,对于毛蕊花糖苷含量高的种质筛选,明确地黄块根的最佳采收期具有重要的意义。

本研究以85-5,北京1号,沁怀,金九和白选5

个地黄品种为材料,分别于2015年,2016年在道地产区进行种植,分析不同采收时期和遮阴条件下地黄块根和叶片中毛蕊花糖苷的含量,为地黄合理栽培和毛蕊花糖苷高含量新品种选育提供依据和试验材料。

1 材料

以主栽品种85-5,北京1号,沁怀,金九和栽培种变异种质白选为材料进行块根和叶片中毛蕊花糖苷的积累规律研究。以85-5为材料进行光照对地黄毛蕊花糖苷含量的影响研究。所有材料经河南农业大学王丰青副教授鉴定均为玄参科多年生草本植物地黄 *Rehmannia glutinosa* 的块根。

e2695型高效液相色谱仪(2998型PDA检测器,美国Waters公司);AL204型1/1万,CPA225D型1/10万电子天平(瑞士梅特勒-托利多仪器有限公司);HQ-700DE型数控超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司);DZKW-4型电子恒温水浴锅(北京中兴伟业仪器有限公司);101-3AB型电热鼓风干燥箱(北京中兴伟业仪器有限公司);Milli-Q Reference纯水机。

毛蕊花糖苷对照品(成都曼斯特生物科技有限公司,批号MUST-13122711,纯度 $\geq 98\%$);甲醇,乙腈(色谱纯,安徽天地高纯溶剂有限公司);甲醇(分析纯,天津市恒兴化学试剂制造有限公司);乙酸(分析纯,西陇化工股份有限公司);超纯水。

2 方法

2.1 地黄种植及样品采收

2.1.1 道地产区地黄种植和采收 在地黄道地产区河南温县武德镇亢村(35°3'31"N,113°7'17"E)怀药种植基地进行。种植材料(种栽)分别于2015年,2016年4月中下旬种植。选取至少10年未种植过地黄,地势平坦,土壤为沙壤土,肥力较好的地块。种栽选取直径2~4cm的地黄块根,掰成长约1.5~2cm的小段。起垄种植,垄宽40cm,垄高15cm,垄间距30cm,双行种植。栽培管理同一般大田。分别于每年的7月10日,7月30日,8月20日,9月10日,9月30日,10月10日,10月20日,

10 月 30 日和 11 月 10 日取地黄植株的块根和叶片,每个品种随机选取 10 株长势一致的植株。将新鲜地黄的块根和叶片洗净,除去泥沙,块根切成约 5 mm 的小块。块根和叶片分别在 55 °C 下烘干、粉碎,过 3 号药典筛,粉末置于干燥器中,备用。

2.1.2 地黄遮阴实验 实验在河南农业大学试验农场进行。选取至少 10 年未种植过地黄的地块。种栽选取方法同 2.1.1 项下。于 2014 年 4 月 24 日播种,实验材料分别种植 3 个小区(3 m × 6 m),在地黄齐苗后 30 d,其中第一小区覆以遮光率 90% 的遮阴网,第二小区覆以遮光率 60% 的遮阴网,第三小区为未遮阴对照。栽培管理方式同常规大田。分别于遮阴后 30,60,150 d 取样,每处理随机选取生长一致的 10 株地黄,地黄块根和叶片的处理方法同 2.1.1 项。

2.2 毛蕊花糖苷含量测定

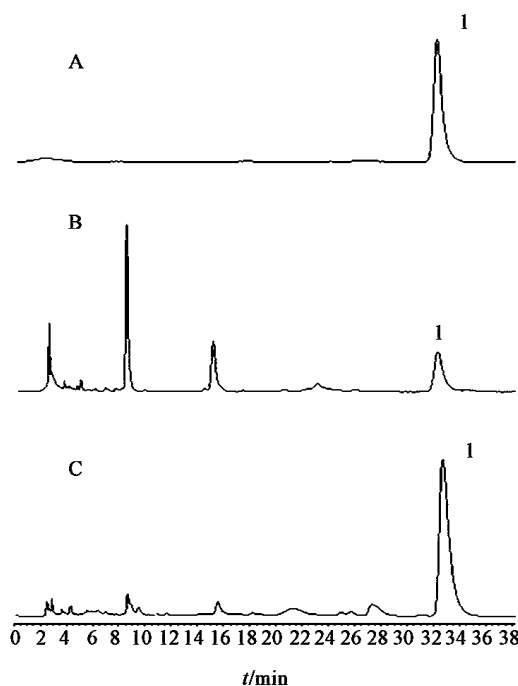
2.2.1 色谱条件与系统适用性试验 Athena C₁₈ 色谱柱(4.6 mm × 250 mm, 5 μm),以乙腈-0.1% 乙酸溶液(16:84)为流动相,检测波长 334 nm,流速 1.0 mL·min⁻¹,柱温 30 °C,进样量 20 μL,理论板数按毛蕊花糖苷计算不低于 5 000,色谱峰之间分离度良好。

2.2.2 对照品溶液的制备 取毛蕊花糖苷对照品适量,精密称定,加流动相制成每 1 mL 含 0.010 8 mg 的毛蕊花糖苷对照品溶液。

2.2.3 供试品溶液的制备 分别精密称定地黄块根和叶片粉末 0.8 g,置具塞锥形瓶中,分别精密加入甲醇 50 mL,称定质量,65 °C 回流提取 1.5 h,放冷至室温,补足减失质量;摇匀,滤过,精密量取续滤液 20 mL,浓缩至近干;残渣用流动相溶解,转移至 5 mL 量瓶中,用流动相定容,摇匀,经 0.22 μm 微孔滤膜过滤,即得。毛蕊花糖苷对照品与样品的高效液相色谱图见图 1。

2.2.4 标准曲线的绘制 块根:分别配制质量浓度为 0.038,0.154,0.274,0.370,0.426,0.56 g·L⁻¹ 的对照品溶液,按照 2.2.1 项下的色谱条件,精密吸取 20 μL,分别注入高效液相色谱仪测定峰面积,以毛蕊花糖苷的质量为横坐标,峰面积积分值为纵坐标,绘制标准曲线,得到线性回归方程 $Y = 1\,510\,967.76X + 614\,270.79$ ($r = 0.999\,4$)。结果表明毛蕊花糖苷在 0.76 ~ 11.2 μg 与峰面积呈良好的线性关系。

叶片:称取毛蕊花糖苷对照品 9.96 mg,用流动相定容至 5 mL 量瓶,配成质量浓度为 1.992 g·L⁻¹ 的对照品溶液,按照 2.2.1 项下的色谱条件,精密吸



A. 对照品;B. 地黄块根;C. 地黄叶;1. 毛蕊花糖苷

图 1 毛蕊花糖苷对照品和地黄样品 HPLC

Fig. 1 HPLC of acteoside standard and *Rehmannia glutinosa* samples

取 12,16,20,24,32,40 μL,分别进样测定毛蕊花糖苷峰面积,以峰面积积分为纵坐标(Y)对毛蕊花糖苷的质量(X)作线性回归,得毛蕊花糖苷的标准曲线方程为 $Y = 1471\,429.61X + 3\,505\,682.96$ ($r = 0.999\,6$)。结果表明毛蕊花糖苷在 23.90 ~ 79.68 μg 与峰面积呈良好的线性关系。

2.2.5 重复性试验 分别称取同一块根和叶样品粉末 6 份,按 2.2.3 项下方法分别制备供试品溶液,按照 2.2.1 项下的色谱条件进样,记录色谱峰面积,结果块根和叶中毛蕊花糖苷的质量分数分别为 0.069 3%,5.647%,块根和叶片的 RSD 分别为 2.4% 和 2.2%,说明方法重复性良好。

2.2.6 精密度试验 取同一对照品溶液,按照 2.2.1 项下色谱条件重复进样 6 次,测定毛蕊花糖苷的峰面积,结果块根和叶片的 RSD 分别为 0.5%,0.1%,说明仪器精密度良好,符合分析要求。

2.2.7 稳定性试验 分别称取一份地黄块根和叶样品,按照 2.2.3 项下方法制备供试品溶液,按照 2.2.1 项下色谱条件进样,分别在 0,2,4,8,10,12 h 进样,测定毛蕊花糖苷峰面积,结果块根和叶片的 RSD 分别为 1.0% 和 0.6%,表明地黄块根和叶中毛蕊花糖苷在 12 h 内稳定性良好。

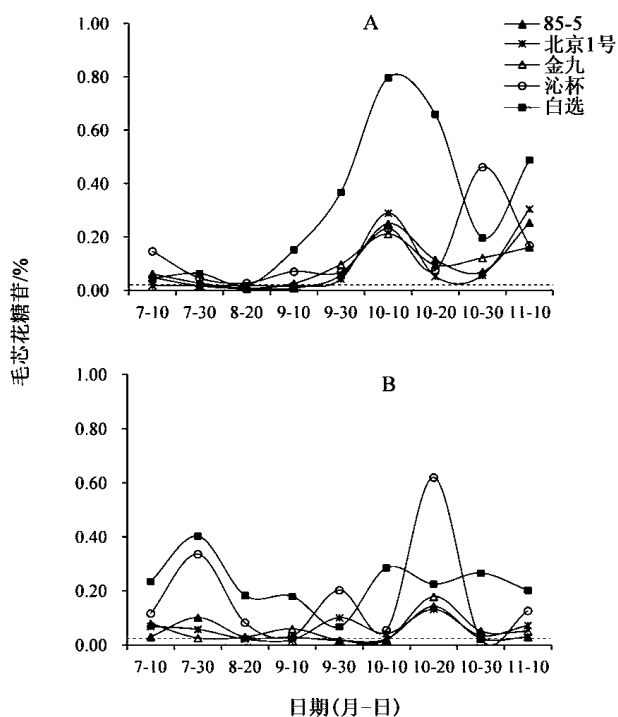
2.2.8 加样回收率试验 分别称取同一地黄块根和叶样品 6 份,各 0.4 g,精密称定,分别加入毛蕊花糖苷对照品适量,按照 2.2.3 项下方法制备供试品溶液,分别测定毛蕊花糖苷含量,计算平均回收率及

RSD,结果地黄块根和叶片中毛蕊花糖苷的平均回收率分别为 100.07%, 100.06%, RSD 分别为 4.9%, 2.7%。

3 结果与分析

3.1 不同采收时期地黄块根毛蕊花糖苷的含量变化 为了分析不同品种、不同采收时期地黄毛蕊花糖苷的积累规律,2015 年和 2016 年连续 2 年检测了 85-5,北京 1 号,金九,沁怀和白选 5 个品种块根中毛蕊花糖苷的含量,见图 2。2015 年,5 个品种在 7~9 月份毛蕊花糖苷含量相对较低,10 月份以后毛蕊花糖苷含量较高,85-5,北京 1 号,金九,沁怀和白选块根中毛蕊花糖苷质量分数分别为 0.007%~0.253%,0.017%~0.304%,0.008%~0.212%,0.027%~0.461%和 0.018%~0.796%。2016 年,5 个品种块根毛蕊花糖苷含量呈一定程度的波动,但早期和后期采收毛蕊花糖苷含量的差异不大,85-5,北京 1 号,金九,沁怀和白选块根中毛蕊花糖苷质量分数分别为 0.017%~0.143%,0.019%~0.132%,0.017%~0.179%,0.023%~0.620%和 0.067%~0.403%。在 2015 年的 9 个采收期中,白选有 6 个时期毛蕊花糖苷含量最高,远高于除沁怀以外的其他品种;2016 年白选有 7 个时期毛蕊花糖苷含量最高,还有 2 个时期含量仅次于沁怀,说明白选是一个毛蕊花糖苷含量较高的品种。2015 年沁怀有 3 个时期毛蕊花糖苷含量最高,2 个时期含量居第二位,2016 年沁怀有 2 个时期毛蕊花糖苷含量最高,5 个时期含量仅次于白选,说明沁怀的毛蕊花糖苷含量也比较高。另外 3 个品种毛蕊花糖苷含量较低,85-5 和北京 1 号在 2015 年,2016 年分别有 3 次和 1 次块根毛蕊花糖苷质量分数 < 2015 年《中国药典》标准(0.020%),金九两年分别有 1 次和 2 次块根毛蕊花糖苷质量分数 < 0.020%。

3.2 不同采收时期地黄叶中毛蕊花糖苷的含量变化 为了分析地黄叶中毛蕊花糖苷的积累规律,在采收块根的同时,采收 5 个品种除枯死叶以外所有叶片(全叶)用于毛蕊花糖苷含量检测,两年的结果见图 3。2015 年,85-5,北京 1 号,金九 3 个品种叶片中的毛蕊花糖苷含量较高,质量分数分别为 3.043%~5.783%,2.552%~5.941%和 2.485%~4.763%,3 个品种含量最高的次数均为 3 次。沁怀和白选的毛蕊花糖苷含量较低,毛蕊花糖苷质量分数变化分别为 1.895%~3.887%和 1.717%~5.595%。2016 年结果类似,85-5,北京 1 号,金九 3 个品种的毛蕊花糖苷含量较高,毛蕊花糖苷质量分



A. 2015 年;B. 2016 年;虚线为药典规定的最低质量分数 0.020%

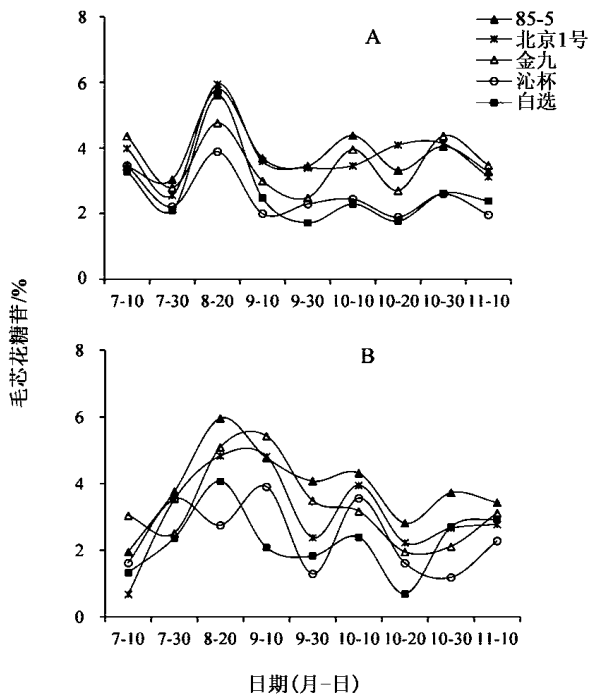
图 2 5 个地黄品种块根的毛蕊花糖苷质量分数

Fig. 2 Acteoside contents of tuberous roots from five *Rehmannia glutinosa* cultivars during 2015 and 2016

数分别为 1.955%~5.968%,0.681%~4.837%和 1.950%~5.431%,3 个品种含量最高的次数分别为 7 次,0 次和 2 次。沁怀和白选的毛蕊花糖苷含量较低,二者含量最低的次数分别为 4 次,毛蕊花糖苷含量分别在 1.189%~3.909%和 0.693%~4.071%。

3.3 不同发育阶段地黄叶片毛蕊花糖苷的含量变化 为了进一步分析叶片不同发育阶段毛蕊花糖苷是否也有差异,2015 年和 2016 年地黄生育后期分别检测了北京 1 号和 85-5 两个品种幼嫩叶、展开叶和衰老叶中毛蕊花糖苷的含量,结果见图 4。2 个品种叶片不同发育阶段的毛蕊花糖苷含量存在一定的规律性,即幼嫩叶片含量较低,展开叶和衰老叶含量较高。2015 年的 3 个采收时期,北京 1 号和 85-5 两个品种叶片毛蕊花糖苷含量变化规律一致,含量均为衰老叶 > 展开叶 > 幼嫩叶。2016 年北京 1 号 10 月 20 日和 10 月 30 日采收,毛蕊花糖苷含量为展开叶 > 衰老叶 > 幼嫩叶,11 月 10 日采收毛蕊花糖苷含量衰老叶 > 展开叶 > 幼嫩叶;85-5 于 10 月 20 日采收,叶片 3 个发育阶段毛蕊花糖苷含量差异不大,10 月 30 日和 11 月 10 日采收毛蕊花糖苷含量衰老叶 > 展开叶 > 幼嫩叶。两年的数据表明,衰老叶和展开叶中含有较多的毛蕊花糖苷。

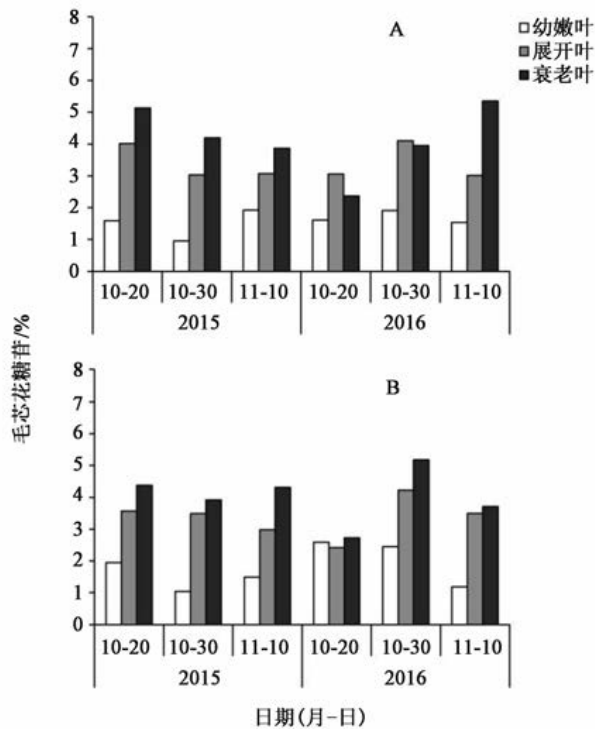
3.4 遮阴对地黄块根中毛蕊花糖苷含量的影响 为了研究光照条件对地黄毛蕊花糖苷积累的影响,



A. 2015 年; B. 2016 年

图 3 5 个地黄品种叶的毛蕊花糖苷质量分数

Fig. 3 Acteoside contents of leaves from five *Rehmannia glutinosa* cultivars during 2015 and 2016



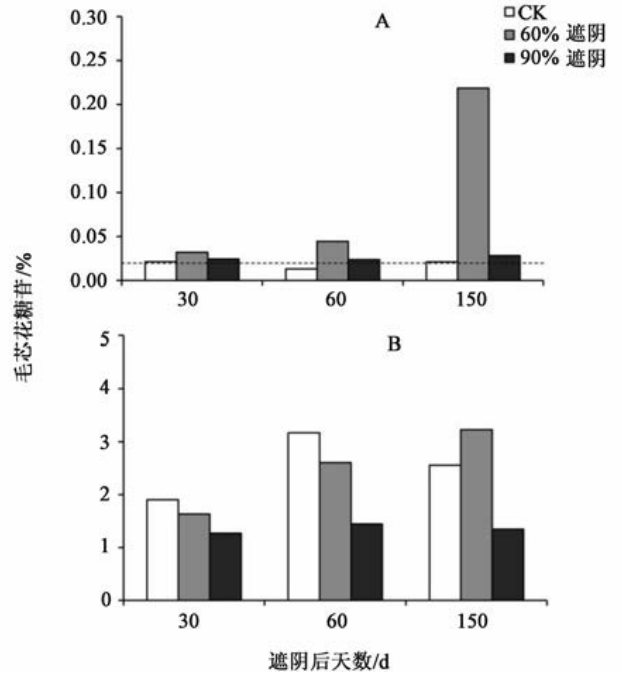
A. 北京 1 号; B. 85-5

图 4 85-5 和北京 1 号地黄品种不同发育阶段叶的毛蕊花糖苷质量分数

Fig. 4 Acteoside contents of leaves from 85-5 and Beijing 1 at three development stages

以 85-5 为材料研究了 90% 遮阴, 60% 遮阴下地黄块根和叶片的毛蕊花糖苷含量, 结果见图 5。遮阴对地黄毛蕊花糖苷含量有一定程度的影响, 并且随着

遮阴时间的延长, 毛蕊花糖苷含量差异有增大的趋势。块根中, 60% 遮阴后毛蕊花糖苷含量明显较对照和 90% 遮阴处理高, 且遮阴时间越长毛蕊花糖苷增加幅度越大, 而 90% 遮阴较未遮阴对照 (CK) 虽也有增加但增幅较小。叶片中, 遮阴 30 d 和 60 d 时, 其毛蕊花糖苷含量均为未遮阴对照 > 60% 遮阴 > 90% 遮阴, 而遮阴 90 d 时, 毛蕊花糖苷含量 60% 遮阴 > 未遮阴对照 > 90% 遮阴。说明遮阴对地黄块根和叶片毛蕊花糖苷积累有不同的影响。



A. 块根; B. 叶; 虚线为药典规定的最低质量分数 0.020%

图 5 85-5 地黄品种遮阴下块根和叶的毛蕊花糖苷质量分数

Fig. 5 Acteoside contents of tuberos roots and leaves of 85-5 under shading conditions

4 讨论

毛蕊花糖苷是地黄中较为稳定的化学成分, 在地黄和熟地黄中的含量差异不大, 可同时作为地黄和熟地黄的指标成分^[10], 于 2010 年版《中国药典》开始作为地黄质量控制的指标性成分。已有报道对地黄毛蕊花糖苷含量的测定主要集中在两个方面, 一是不同品种在同一产地块根毛蕊花糖苷含量差异比较, 二是同一品种在不同产地种植毛蕊花糖苷含量的变化。柴茂等^[9]分析了 8 个地黄品种在温县同一地块种植时毛蕊花糖苷的含量, 发现不同品种毛蕊花糖苷含量有差异, 9302 中毛蕊花糖苷含量最高 (0.25%), 生津 1 号含量最低 (0.020%)。杨云等^[8]检测发现 6 个地黄品种在同一基地种植毛蕊花糖苷含量不同, 存在种质差异。本研究两年的试验结果表明, 5 个地黄品种块根中的毛蕊花糖苷含量存在明显的基因型差异, 白选和沁怀 2 个品种的毛

蕊花糖苷含量在多个发育时期都比较高,为毛蕊花糖苷高含量品种,可作为育种亲本用于毛蕊花糖苷含量高的新品种选育。而 5 个地黄品种不同发育时期的块根中毛蕊花糖苷含量也有很大差异,且在不同年份表现也不完全一致,说明地黄块根中毛蕊花糖苷的积累除了受种质影响外,可能同时也受气候、土壤等环境因子影响,这为通过栽培手段调控地黄毛蕊花糖苷的积累提供了新的思路。

地黄叶片中含有丰富的化学成分,如毛蕊花糖苷,梓醇,齐墩果酸, β -谷甾醇,木犀草苷,松果菊苷,对羟基苯乙醇等^[11-12]。作为商品药材,地黄叶已经被列入《北京市中药材标准》。地黄叶片中的毛蕊花糖苷含量很高,本研究 5 个地黄品种的叶片中毛蕊花糖苷含量在不同发育时期均高于块根,是块根毛蕊花糖苷含量的十几倍、几十倍,具有较大开发应用潜力。本研究发现,不同地黄品种叶中毛蕊花糖苷含量也有很大差异,而这种差异在地黄植株生长的不同时期相对稳定,如 85-5 和北京 1 号叶中毛蕊花糖苷含量较其他品种高。通过比较 5 个品种块根叶中毛蕊花糖苷含量,发现块根毛蕊花糖苷含量高的品种,叶片中毛蕊花糖苷含量偏低,如白选和沁怀。而且通过比较不同发育阶段叶的毛蕊花糖苷含量,发现衰老叶、展开叶的毛蕊花糖苷含量较幼嫩叶高,这与地黄梓醇在叶片发育后期含量较低的规律不一致^[13],说明毛蕊花糖苷和梓醇在地黄体内以两种不同的方式积累。

环境不但影响植物的生长,而且能够调控植物次生代谢产物的积累。毛蕊花糖苷是一种苯乙醇苷类化合物,包含 1 个羟基酪醇基团和 1 个咖啡酰基团,分别经由酪氨酸途径和苯丙氨酸途径合成^[14]。前人的研究发现连作、营养元素栽培技术影响地黄毛蕊花糖苷和梓醇的积累^[15-16],水杨酸能够诱导毛蕊花糖苷含量显著增加^[14]。本研究还发现遮阴提高地黄块根中毛蕊花糖苷的含量,这与遮阴提高七叶一枝花根茎皂苷含量的变化趋势一致^[17]。由于遮阴会影响地黄块根的膨大,降低地黄的产量^[18],是否可以通过适当遮阴提高地黄块根中的毛蕊花糖苷需要进一步研究。遮阴对地黄叶片中毛蕊花糖苷的积累有抑制趋势,这与块根中毛蕊花糖苷的含量变化规律并不一致,具体原因需要进一步深入研究。

[参考文献]

[1] 黄璐琦,李军德,李哲,等.我国现代大中药产业链发展趋势及对策[J].中国科技投资,2010(5):67-69.
[2] HE J, HU X P, ZENG Y, et al. Advanced research on acteoside for chemistry and bioactivities [J]. J Asian

Nat Prod Res, 2011, 13(5):449-464.

[3] 边宝林,王宏洁,杨健.5种不同药材中毛蕊花糖苷的含量比较[J].中国中药杂志,2010,35(6):739-740.
[4] 高莉,彭晓明,霍仕霞,等.毛蕊花糖苷改善 D-半乳糖致亚急性衰老小鼠脑损伤的作用[J].中草药,2013,44(24):81-85.
[5] Servili M, Baldioli M, Selvaggini R, et al. Phenolic compounds of olive fruit: one- and two-dimensional nuclear magnetic resonance characterization of nüzhenide and its distribution in the constitutive parts of fruit[J]. J Agr Food Chem, 1999, 47(1):12-18.
[6] Alagna F, Mariotti R, Panara F, et al. Olive phenolic compounds: metabolic and transcriptional profiling during fruit development[J]. BMC Plant Biol, 2012, 12(1):162-181.
[7] 郭雄飞,吴亚东,倪慧,等.管花肉苁蓉不同部位有效成分含量的考察比较[J].新疆医科大学学报,2012,35(1):48-50.
[8] 杨云,张华锋,刘炯,等.道地产区不同品种怀地黄中梓醇及毛蕊花糖苷的含量比较[J].中国实验方剂学杂志,2013,19(16):97-101.
[9] 柴茂,董诚明,江道会,等.不同品种怀地黄中梓醇和毛蕊花糖苷的高效液相色谱法测定[J].中医学报,2013,28(5):690-692.
[10] 李惠,俞桂新,王峥涛,等. HPLC 测定地黄中麦角甾苷的含量[J].中国中药杂志,2006,31(10):822-824.
[11] 周燕生,倪慕云.鲜地黄叶化学成分的研究[J].中国中药杂志,1994,19(3):162-163.
[12] 张艳丽,冯志毅,郑晓珂,等.地黄叶的化学成分研究[J].中国药学杂志,2014,49(1):15-21.
[13] 吉雪琪,孙鹏,祁建军,等.地黄生长期根叶中梓醇及总环烯醚萜苷含量变化[J].中国中药杂志,2014,39(3):466-470.
[14] WANG F, ZHI J, ZHANG Z, et al. Transcriptome analysis of salicylic acid treatment in *Rehmannia glutinosa* hairy roots using RNA-seq technique for identification of genes involved in acteoside biosynthesis [J]. Front Plant Sci, 2017, 8:787-802.
[15] 张重义,李改玲,牛苗苗,等.连作地黄的生理生态响应与品质评价[J].中国中药杂志,2011,36(9):1133-1136.
[16] 姚锋,董诚明,李洋,等.不同复合肥对地黄产量和品质的影响[J].河南农业科学,2014,43(4):56-59.
[17] 梁娟,易涛,叶漪.遮阴对七叶一枝花光合特性及皂苷含量的影响[J].江苏农业科学,2016,44(4):265-267.
[18] WANG F, SUO Y, HE W, et al. Identification and characterization of 40 isolated *Rehmannia glutinosa* MYB family genes and their expression profiles in response to shading and continuous cropping [J]. Int J Mol Sci, 2015, 16(7):15009-15030.

[责任编辑 顾雪竹]