

周灿,姚森,司海倩,等.十堰地区何首乌不同生长期主要活性成分的分布及含量变化[J].华中农业大学学报,2021,40(6):35-42.

DOI:10.13300/j.cnki.hnlkxb.2021.06.005

十堰地区何首乌不同生长期主要活性成分的分布及含量变化

周灿¹,姚森¹,司海倩²,周明²,王学奎¹

1.华中农业大学植物科学技术学院,武汉 430070; 2.十堰市农业科学院,十堰 442000

摘要 为探索十堰地区何首乌(*Polygonum multiflorum* Thunb.)中活性成分随生长年限的动态变化过程,以确定何首乌人工栽培的适宜采收时期,采用 HPLC 法连续测定何首乌移栽后不同生长时期、不同器官中二苯乙烯苷(THSG)和不同形态蒽醌类物质的含量。何首乌地下部干物质含量在移栽后3年内持续增加,移栽后的2年内增加最快,第3年增长速度明显减慢。何首乌不同器官中二苯乙烯苷和蒽醌类物质含量高低顺序均为:未膨大根>块根>茎,叶中上述2类物质的含量微少、难以检出;根中二苯乙烯苷和蒽醌类成分含量均在移栽后2年内呈“直线式”增加趋势,并于第2年12月份达到最大值,第3年与第2年同时期相比上述2类物质的含量没有显著差异;茎中上述2类物质的含量在3年间总体差异不显著,但在不同季节存在明显波动,均以每年12月份含量最高。十堰地区何首乌在移栽后第2年12月份的质量、产量相对较好,可作为人工种植何首乌适宜采收期的参考依据。

关键词 何首乌;人工种植;武当道教医药;二苯乙烯苷;蒽醌类物质;植物源提取物

中图分类号 R 282.2;R 284.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2021)06-0035-08

何首乌为蓼科(Polygonaceae)何首乌属(*Fallopia*)多年生缠绕藤本植物,植株整株均可入药,收录于《中国药典》^[1]中的分别系其干燥块根和藤茎,前者名为何首乌(*Radix Polygoni multiflori*),后者名为首乌藤(*Polygoni multiflori* Caulis),二者的主要有效成分为二苯乙烯苷(2,3,5,4'-tetrahydroxystilbene 2-O-β-D-glucoside, THSG)和蒽醌类(大黄素、大黄素甲醚)等化合物。何首乌具有抗衰老^[2]、抗肿瘤^[3]、防治血栓^[4]、提高记忆力^[5]、保肝^[6]等功效。作为药材的何首乌块根和首乌藤中的活性成分二苯乙烯苷含量分别不得低于1.0%和0.2%,且何首乌块根中的结合蒽醌含量不得低于0.1%^[1]。

何首乌植株中活性成分的分布及含量受种植地区和采收时间的影响较大^[7-9],十堰市辖区具有丰富的中药材资源,其中何首乌也随着“武当道教医药”而声名远播,但当地售卖的“何首乌”药材多达6种,正品1种,其他为伪品(4种)和混淆品(1种)^[10]。本研究以武当山周边采集并鉴定为“正品”的何首乌

(*Polygonum multiflorum* Thunb.)为材料,在人工栽培条件下,通过测定不同采收期何首乌不同部位主要活性成分的含量,探索十堰地区何首乌主要活性成分动态累积的规律,结合其地下部分生长情况为何首乌人工栽培中采收期的选择提供依据,并为十堰地区何首乌的优质高产栽培技术提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

何首乌采自十堰市神农武当医药科技园有限公司的种植基地,本研究用试验材料经湖北中医药研究院王克勤研究员鉴定为蓼科何首乌属,与《中国药典》记载的品种特征一致。通过扦插育苗,选取健壮、无病、大小一致的扦插苗进行大田试验。

1.2 预处理方法

从移栽当年开始取样分析,每年9月、12月取样2次,连续取样3a,按生长年限(1年生至3年生)和取样月份(9月、12月)分别将样品标记为:

收稿日期:2021-07-28

基金项目:国家科技部“中医药现代化研究”重点专项(2017YFC1701000)

周灿,E-mail:664297376@qq.com

通信作者:王学奎,E-mail:wang-xuekui@mail.hzau.edu.cn

1-9、1-12、2-9、2-12、3-9、3-12。每次取样按3次重复进行,每次重复的取样植株数为5株,样品采集后将根部和茎(首乌藤)分开,根部按块根(根部膨大部分)和未膨大根(根部未膨大的细条状部分)分成2部分进行相关指标的测定。

新鲜的根、茎用自来水清洗表面泥土、沥干水分后,将茎切成1~2 cm左右小段,根切成厚度约5 mm的片状,分别将样品混匀后,分装于牛皮纸袋中,编号,于55℃下烘干。进行理化指标测定时,分别用磨样机将样品粉碎,过4号筛(筛孔内径0.25 mm),待测。

1.3 测定指标

根部样品测定其干质量、二苯乙烯苷和蒽醌类物质含量,首乌藤(茎)用于测定二苯乙烯苷和蒽醌类物质含量。

1.4 二苯乙烯苷含量测定

参照《中国药典》,采用HPLC法测定二苯乙烯苷含量^[1]。

1)样品制备。分别称取何首乌的块根、未膨大根、茎的干燥、过筛粉末0.2 g,置于具塞锥形瓶中,精确加入50%乙醇25 mL,称取总质量,70℃加热回流30 min,放冷,用50%乙醇补至原质量,摇匀后静置,上清液粗滤后再经0.45 μm滤膜过滤后即得HPLC分析样液。

2)HPLC色谱条件。采用Agilent 1260高效液相色谱仪,色谱柱为Kromasil C18色谱柱(250 mm×4.6 mm,φ5 μm),流动相及组成是乙腈和水(体积比25:75),检测波长320 nm,流速1 mL/min,进样量10 μL。

3)定性定量分析。以二苯乙烯苷标准品(CAS# 82373-94-2, HPLC≥98.0%)的保留时间(retention time, RT)作为样品中二苯乙烯苷的定性依据,采用外标法,以不同质量浓度(10.0~800.0 μg/mL)二苯乙烯苷标准品(X_1)对应的峰面积(Y_1)建立回归方程($Y_1 = 31.10X_1 + 4.96, R_1^2 = 0.9998$),对样品中的二苯乙烯苷含量进行定量计算。

1.5 蒽醌类物质含量的测定

参照《中国药典》,采用HPLC法测定蒽醌类物质含量^[1]。

1)样品制备。分别称取首乌块根、未膨大根、茎的干燥、过筛粉末各1.0 g,置于具塞锥形瓶中,精确加入50 mL 75%甲醇,称定质量,60℃水浴中回流1 h,冷却至室温,用75%甲醇补至原质量,摇匀后

静置,上清液过滤后,再经0.45 μm滤膜超滤后,即得游离蒽醌HPLC待测样液。精密吸取上述滤液10 mL置于具塞锥形瓶中,精确加入1.5 mL浓盐酸和13.5 mL 75%甲醇,称质量,75℃水浴回流2 h,冷却,用75%甲醇补至原质量,混匀、超滤后即得总蒽醌待测样液。

2)HPLC色谱条件。采用Agilent 1260高效液相色谱仪,色谱柱为Kromasil C18色谱柱(250 mm×4.6 mm,φ5 μm),流动相为甲醇和0.1%磷酸溶液(体积比80:20),检测波长254 nm,流速1 mL/min,进样量10 μL。

3)定性定量分析。以大黄素标准品(CAS# 518-82-1 HPLC≥98.0%)和大黄素甲醚标准品(CAS# 521-61-9 HPLC≥98.0%)的保留时间作为样品中的2种主要游离蒽醌的定性依据,采用外标法,以不同质量浓度(5.0~200.0 μg/mL)大黄素标准品(X_2)和大黄素甲醚标准品(X_3)对应的峰面积(Y_2, Y_3)分别建立的回归方程: $Y_2 = 39.40X_2 + 1.22, R_2^2 = 0.9995$; $Y_3 = 21.39X_3 + 0.42, R_3^2 = 0.9992$,对样品中的2种游离蒽醌组分进行定量计算。计算公式为:样品的结合蒽醌含量=总蒽醌含量-游离蒽醌含量。

上述二苯乙烯苷、大黄素和大黄素甲醚3种标准品溶液在HPLC分析过程中峰面积的RSD分别为0.27%、0.28%和0.74%($n=6$),标样溶液存放48 h内峰面积的RSD分别为1.53%、1.97%和1.53%($n=6$);供试样品中二苯乙烯苷、大黄素和大黄素甲醚重复测定的峰面积的RSD分别为1.48%、1.36%和2.14%($n=6$);标准品的加样回收率分别为95.75%、95.00%和94.14%,对应的RSD分别为1.42%、1.41%和1.35%,满足定性、定量分析的要求。

1.6 数据处理与统计分析

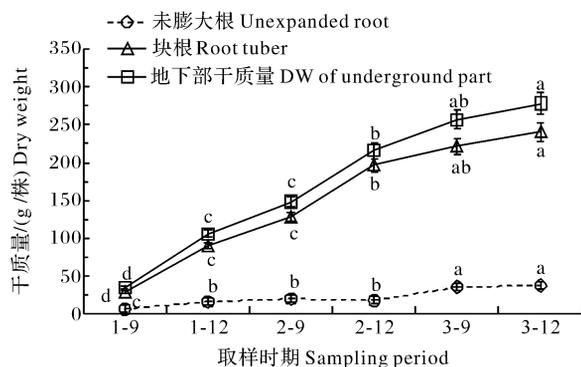
不同样品均为3次重复测定,采用Excel 2013进行数据处理,试验结果以“平均值±标准差”表示;采用SPSS 21软件进行数据方差分析和相关性分析。

2 结果与分析

2.1 何首乌地下部干物质随生长年限的变化

图1为何首乌未膨大根、块根干质量及地下干物质总质量在第1年到第3年间随时间变化的趋势图。由图1可知,何首乌的膨大块根是地下根部干物质的主要来源,在根的干物质总量中占比达

86.1%；其次，何首乌在移栽后前 2 年，即取样时期从“1-9”至“2-12”期间，地下干物质累积较快，不同取样时期测得的块根干质量之间均达到显著差异，说明何首乌移栽后的 2 年内块根的膨大生长迅速，第 2 年何首乌块根干质量(2-12)是第 1 年(1-12)的 2 倍以上；与第 2 年同时期取样的相比，进入第 3 年何首乌的地下干物质质量仍显著增加，但增加的速度明显降低，不仅“3-9”与“3-12”之间的差异不显著，与“2-12”的相比，“3-12”的块根干物质质量相对增加率仅为 21.6%；未膨大根在根干质量中的平均占比较小，约 14%，且在块根快速生长的前 2 年其生长缓慢，如第 1、第 2 年末的干质量分别为 16.34 g/株(1-12)、17.96 g/株(2-12)，年际间的相对增率仅为 9.9%，至第 3 年末时未膨大根的干质量达到 37.74 g/株(3-12)，与第 2 年同时期(2-12)的相比相对增加了 110.0%。说明何首乌块根生长速度减慢时，未膨大根的相对生长会加快。



同一曲线上的小写字母代表不同时期取样测定的结果在 $\alpha=0.05$ 水平上的显著性差异，下同。The lowercase letters on the same curve represent the significant difference of the tested results sampled in different periods at $\alpha=0.05$ level, the same as below.

图 1 不同取样期何首乌地下部分干物质累积的变化

Fig.1 Changes of underground dry weight of *P. multiflorum* at different sampling periods

2.2 何首乌不同器官中二苯乙烯苷含量随生长年限的变化

从图 2 不同时期取样测定的何首乌根、茎中二苯乙烯苷含量的变化可以发现，二苯乙烯苷主要累积在根部，茎(首乌藤)中的二苯乙烯苷含量较低且随不同生长年限的变化幅度也很小，3 年内连续测定的最小值为 21.57 mg/g(3-12)、最大值为 27.34 mg/g(3-9)；根部二苯乙烯苷含量数倍于茎的(图 3 中的曲线 2、曲线 3)，其中未膨大根的二苯乙烯苷含

量平均高出块根约 50%，且在第 1 年、第 2 年内其二苯乙烯苷含量呈现“直线式”增加趋势，至第 3 年根中的二苯乙烯苷含量与第 2 年的几乎相同、没有显著差异，说明何首乌根中的二苯乙烯苷在第 2 年内累积最快并达到最高水平(未膨大根约 182 mg/g、块根约 118 mg/g)；未膨大根和块根中的二苯乙烯苷含量随生长年限的变化特征基本一致(图 3 中的曲线 1)，在同一年度内，9 月份取样测定的结果均低于 12 月份的。何首乌叶片中的二苯乙烯苷含量极低，试验中未达到仪器检测限(结果未列出)。

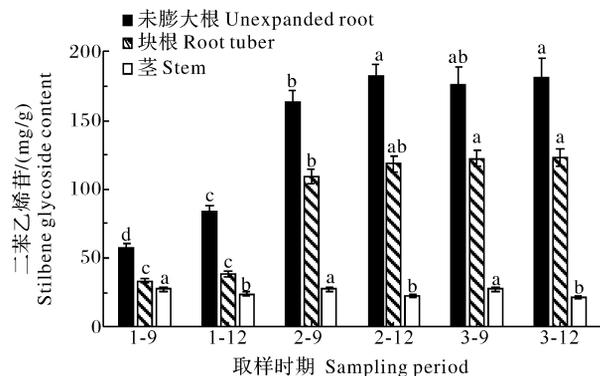


图 2 不同取样期何首乌二苯乙烯苷含量的变化

Fig.2 Changes of content of THSG in *P. multiflorum* at different sampling periods

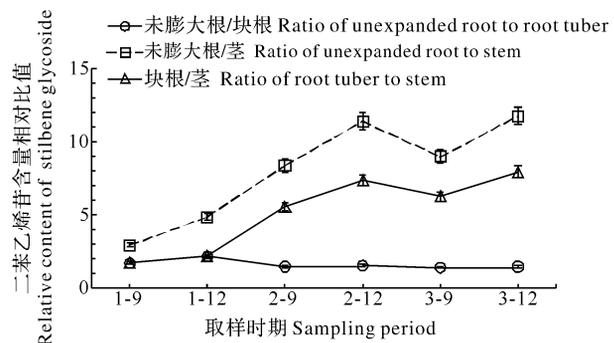


图 3 不同取样期何首乌不同器官二苯乙烯苷含量相对比值的变化

Fig.3 Changes of relative ratio of THSG content in different organs of *P. multiflorum* at different sampling periods

2.3 何首乌不同器官中蒽醌类物质含量随生长年限的变化

从何首乌不同器官(未膨大根、块根、茎)中结合态蒽醌类物质(大黄素和大黄素甲醚)含量不同取样时期的变化趋势图(图 4、5、6)可以看出，在不同取样时期，何首乌根中结合态蒽醌含量的变化趋势基

本一致,即移栽后的前 2 年内结合态蒽醌总量呈直线增加趋势,到第 2 年 12 月份其未膨大根、块根中的结合态蒽醌总量分别为 0.27% 和 0.16%,在第 3 年其总量不再明显增加;根中的主要结合态蒽醌组分为结合态大黄素,如未膨大根中结合态大黄素的平均含量是结合态大黄素甲醚的 4.3 倍,而块根中其平均含量的差异倍数也达到 2.4 倍;未膨大根的结合态蒽醌总量高于块根,平均高出 50% 以上。

不同取样时期的分析结果(图 6)显示,茎中结合态蒽醌总量明显低于根的,在 0.03%~0.05% 内波动,分别只有未膨大根的 1/4、块根的 1/3;其次茎中的结合态蒽醌也以结合态大黄素为主,但只比结合态大黄素甲醚平均含量高出约 30%。

在不同生长年限以及同一生长年度内的不同月份,何首乌根、茎中结合态大黄素甲醚含量的相对波动幅度均小于结合态大黄素,而结合态大黄素含量在同一年度内则呈现季节性波动趋势(9 月份的低、12 月份的高)。

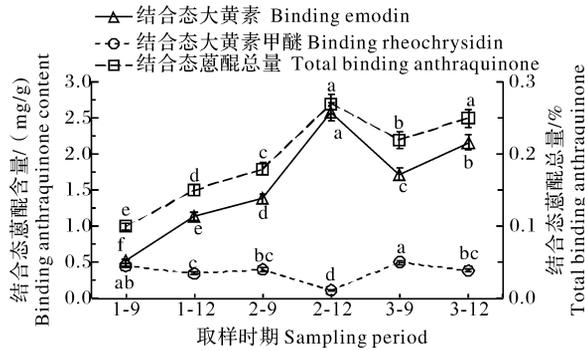


图 4 不同取样时期何首乌未膨大根中结合态蒽醌含量的变化

Fig.4 Changes of content of binding anthraquinone in unexpanded root of *P. multiflorum* at different sampling periods

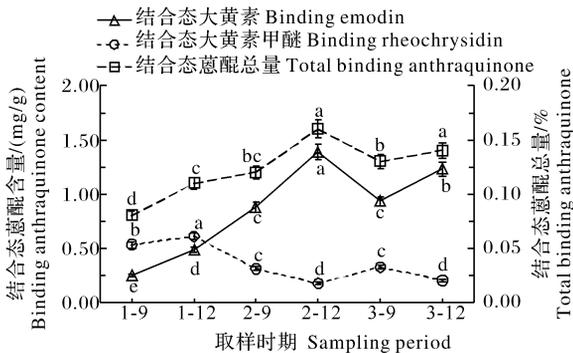


图 5 不同取样时期何首乌块根中结合态蒽醌含量的变化

Fig.5 Changes of content of binding anthraquinone in root tuber of *P. multiflorum* at different sampling periods

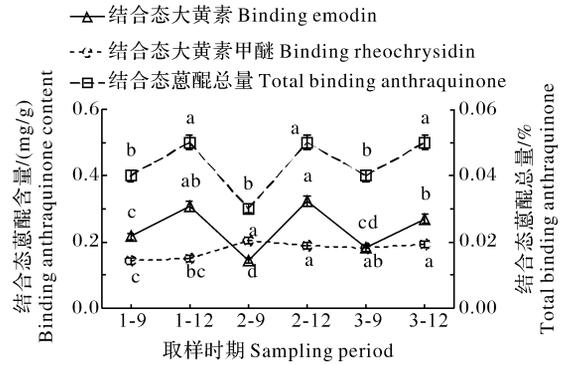


图 6 不同取样时期何首乌茎中结合态蒽醌含量的变化

Fig.6 Changes of content of binding anthraquinone in stem of *P. multiflorum* at different sampling periods

何首乌不同器官中游离态、结合态蒽醌含量随不同生长年限的动态变化如图 7 所示,可以看出未膨大根、块根中游离态、结合态蒽醌含量随不同生长年限的动态变化趋势大致相似(图 7、图 8),即在移栽后的 2 年内游离态和结合态蒽醌含量持续、快速增加,在第 2 年的 12 月均达到最大值,未膨大根和块根中含量分别为 1.63、2.71 mg/g 和 1.28、1.56 mg/g,第 3 年时这 2 种形态的蒽醌含量增速明显减慢,并略低于第 2 年 12 月份的(2-12),因此,根中的总蒽醌含量与游离态、结合态 2 种形态的蒽醌含量的变化趋势一致;其次,根中的结合态蒽醌含量高于游离态的,未膨大根、块根中的结合态蒽醌的平均含量分别比游离态的高出 43.9% 和 17.6%,同一年度内 2 种形态的蒽醌含量均以 12 月份的相对最高。

何首乌茎中的游离态、结合态蒽醌含量随不同生长年份的动态变化特点与根中的存在较大差别,在移栽后的第 1 年到第 3 年,茎中的游离态蒽醌含量的变化幅度较小,而结合态蒽醌含量在不同年份间呈现规律性的波动,即 9 月份的低、12 月份的高,

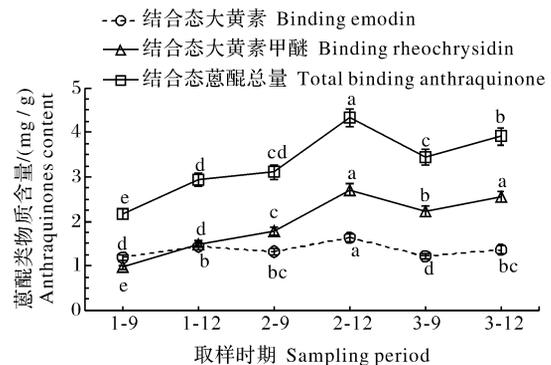


图 7 不同取样时期何首乌未膨大根中总蒽醌含量的变化

Fig.7 Changes of content of total anthraquinone in unexpanded root of *P. multiflorum* at different sampling periods

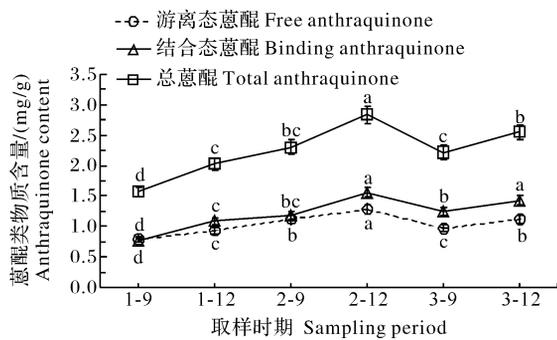


图 8 不同取样期何首乌块根中总蒽醌含量的变化
Fig.8 Changes of content of total anthraquinone in root tuber of *P. multiflorum* at different sampling periods

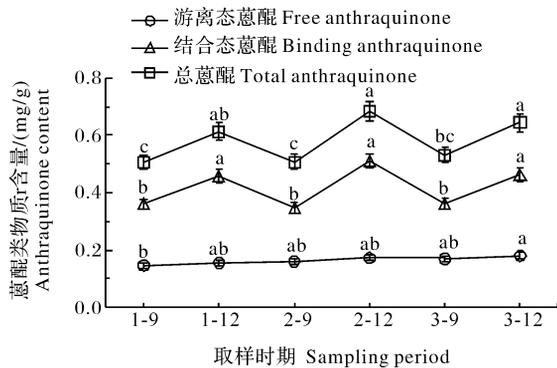


图 9 不同取样期何首乌茎中总蒽醌含量的变化
Fig.9 Changes of content of total anthraquinone in stem of *P. multiflorum* at different sampling periods

因此，茎中的总蒽醌含量的变化趋势与结合态蒽醌含量的变化相一致。

与根器官相比，茎中的总蒽醌含量很低(图 9)，平均只有块根的约 1/4、未膨大根的 1/5 以下。

2.4 何首乌块根以及不同器官中主要成分的相关性分析

块根是何首乌整株中最重要且经济价值最高的药用部位，本试验连续 3 a 共 6 批块根中的主要成分的相关分析结果(表 1)发现，块根中二苯乙烯苷与结合态大黄素、结合态蒽醌和总蒽醌含量之间均呈现显著正相关性，与结合态大黄素甲醚含量之间呈现极显著负相关性，与游离态蒽醌无显著相关性。块根蒽醌类物质之间，结合态大黄素与结合态蒽醌、游离态蒽醌和总蒽醌之间均呈现极显著正相关性，与结合态大黄素甲醚呈极显著负相关性；此外，结合态大黄素甲醚与其他蒽醌类物质之间全部呈现为显著负相关性。结合态蒽醌、游离态蒽醌和总蒽醌含量两两之间均为极显著正相关性。

对块根、未膨大根和茎 3 种不同器官(或组织)中的二苯乙烯苷含量进行相关分析发现，仅块根与未膨大根之间呈现极显著正相关性，其他并未发现显著相关性；不同部位中结合态蒽醌的相关性规律亦是如此，说明何首乌的地下根是其主要活性物质累积的场所。

表 1 何首乌块根主要成分含量之间相关性分析

Table 1 Correlation analysis between main components' contents in root tuber of *P. multiflorum*

成分 Component	二苯乙烯苷 Stilbene glycoside	结合态大黄素 Combined emodin	结合态大黄素甲醚 Combined rheochrysidin	结合态蒽醌 Combined anthraquinone	游离态蒽醌 Free anthraquinone	总蒽醌 Total anthraquinone
二苯乙烯苷 Stilbene glycoside	—	0.902 *	-0.933 **	0.827 *	0.771	0.821 *
结合态大黄素 Combined emodin		—	-0.942 **	0.975 **	0.925 **	0.974 **
结合态大黄素甲醚 Combined rheochrysidin			—	-0.844 *	-0.846 *	-0.861 *
结合态蒽醌 Combined anthraquinone				—	0.919 **	0.988 **
游离态蒽醌 Free anthraquinone					—	0.969 **
总蒽醌 Total anthraquinone						—

注：*、** 分别表示在 $\alpha=0.05$ 、 $\alpha=0.01$ 水平(双侧)上显著相关。Note: *, ** mean significant correlation at $\alpha=0.05$ and $\alpha=0.01$ levels (bilateral), respectively.

3 讨论

3.1 不同生长年限对何首乌地下干物质的影响

何首乌的地下干物质(根)量随着生长期的增长

而逐渐增加，幼苗移栽后的第 1 年和第 2 年其根的干物质质量几乎呈“直线式”增加，第 3 年其根的干物质增长速度明显低于前 2 年，如第 2 年 12 月份(2-12)根的干物质质量与第 1 年的相比相对增加了

102.78%，而第3年12月份(3-12)与第2年的相比其根干物质质量相对增加率只有28.98%。仅从产量因素考虑，何首乌人工种植年限至少应超过2 a。

3.2 不同生长年限对何首乌二苯乙烯苷含量的影响

何首乌的二苯乙烯苷主要累积在根部，其中未膨大根中的二苯乙烯苷含量显著高于块根，并且其根中的二苯乙烯苷含量在移栽后的2年内持续快速增长，第1年末(1-12)未膨大根、块根中的二苯乙烯苷含量分别为83.67、38.42 mg/g，第2年末(2-12)则分别为182.16、118.40 mg/g，均增加了2~3倍，而第3年末(3-12)分别为181.49、122.76 mg/g，与第2年的相比没有显著差异。因此，何首乌在移栽后的第2年，根中的二苯乙烯苷累积速度最快，其含量在地上部叶片完全枯萎的12月份达到最大值(约1.2%)，并达到《中国药典》要求的二苯乙烯苷含量 $\geq 1.0\%$ 的要求^[1]，这与李帅锋等^[11]以不同产地何首乌为材料测定的二苯乙烯苷的变化趋势相一致。

本试验中测得的何首乌茎中的二苯乙烯苷含量明显低于根部，在移栽后3年生长期呈现相似的变化趋势，不同时期取样测定的结果均呈现“9月份高、12月份低”的“波动”特点，第1年至第3年其含量波动幅度依次为13.4%、22.3%和26.7%。第2年后其茎(首乌藤)的二苯乙烯苷含量均达到《中国药典》的要求^[1]。

3.3 不同生长年限对何首乌蒽醌类物质含量的影响

何首乌根部的2种结合态蒽醌——结合态大黄素和结合态大黄素甲醚是《中国药典》中必检的质量指标之一，其总量不得低于0.1%^[1]。在何首乌根中，未膨大根的结合态蒽醌含量显著高于块根，结合态蒽醌中以结合态大黄素为主，本研究测得的块根中的结合态大黄素平均含量是结合态大黄素甲醚的2.4倍，而未膨大根中这种差异达到4.3倍。

从结合态蒽醌含量随种植年限的变化过程来看，未膨大根、块根中的2种结合态蒽醌含量的动态变化趋势整体相似，相对含量低的结合态大黄素甲醚在不同生长年份间的变化幅度也相对较小，而结合态大黄素的变化幅度大，移栽之后的2年内几乎呈“直线式”增加，到了第3年其含量不再明显增加，与第2年同时期的测定结果相比不存在显著差异。

有关不同产地何首乌块根中的蒽醌类成分的含量测定较多^[9,11-13]，反映不同产地何首乌中蒽醌类成分的含量差异很大，甚至还存在未检出的情况。有关不同种植年限对何首乌有效成分影响的研究较少报道。王芳等^[8]以贵州省施秉县3年生何首乌为材料分析得出结合态大黄素含量在不同月份间同样呈现波动性变化，10月、12月根中的含量高，本研究结果与此结果大体吻合，但结合态大黄素的含量与重庆、贵州两地的相比要高出1倍。李欣等^[12]研究发现湖北武当山何首乌的蒽醌类和二苯乙烯苷含量高于其他地区，认为可能与武当山的高海拔、大温差有关，低温有利于结合蒽醌成分的积累。

本研究发现何首乌根部的蒽醌类物质含量比茎中的高至少2倍以上，这与王芳等^[8]的研究结果不同。茎中的蒽醌类物质含量在3年内出现规律性的波动，以每年12月份叶片枯落后的含量最高，除了第1年的含量略低以外，其他年份同时期的含量比较接近。

3.4 何首乌不同器官主要活性成分之间的相关性

何首乌主要药用部位块根中的有效成分二苯乙烯苷和结合蒽醌类物质之间存在显著的正相关关系。块根中蒽醌类物质之间，结合蒽醌、游离蒽醌和总蒽醌两两之间均存在极显著正相关；结合蒽醌与结合大黄素之间呈极显著正相关，与结合大黄素甲醚呈显著负相关。因此，块根中结合态蒽醌总量与结合态大黄素含量密切相关。

根部与茎部的活性成分之间未发现显著相关性，表明何首乌不同器官中主要活性成分的代谢存在显著差异。

综上所述，何首乌扦插苗在十堰地区移栽后的第2年内生长最快，产量增加幅度最大，其有效成分二苯乙烯苷和结合态蒽醌类也达到相对最高水平，块根和首乌藤的有效成分含量均达到《中国药典》规定的指标要求^[1]，至第3年时产量增幅远低于第2年，有效成分与第2年的相比无显著差异。因此，从人工种植的比较效益考虑，可在种植2 a后的12月份采挖，可比大多数何首乌产区的采挖时间提前至少1 a。

本研究在相对可控条件下，较系统地研究了武当山何首乌不同器官主要活性成分含量在不同年份、不同月份间的动态变化以及累积特点，首次明确了何首乌主要药用部位——块根中的两大类活性成

分二苯乙烯苷和结合态蒽醌类(《中国药典》规定的何首乌药材的质量控制指标)、结合态蒽醌类与游离态蒽醌类之间存在极显著正相关性,对于提高何首乌药材品质具有现实指导意义;其次,本研究结果表明,作为“废弃物”的何首乌未膨大根,其主要活性成分二苯乙烯苷和结合蒽醌类的含量约为块根的1.5倍,作为植物源提取物或复方颗粒的原料,既可提高何首乌资源利用程度,又可提高其种植综合效益。

参考文献 References

- [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,2020:183.Chinese Pharmacopoeia Commission. Chinese Pharmacopoeia (Volume I) [M]. Beijing: China Medical Science Press,2020:183(in Chinese).
- [2] BÜCHTER C,ZHAO L,HAVERMANN S,et al.TSG (2,3,5,4'-tetrahydroxystilbene-2-O-β-D-glucoside) from the Chinese herb *Polygonum multiflorum* increases life span and stress resistance of *Caenorhabditis elegans* [J/OL].Oxidative medicine and cellular longevity,2015,2015:124357 [2021-07-28].<http://dx.doi.org/10.1155/2015/124357>.
- [3] 杨红莉,李瑞婧,李子木,等.何首乌R50部位诱导人结肠癌细胞凋亡的作用机制[J].中国药理学与毒理学杂志,2014,28(1):51-56.YANG H L,LI R J,LI Z M,et al. Mechanism of *Polygonum multiflorum* R50 on apoptosis of human colorectal cancer cells[J]. Chinese journal of pharmacology and toxicology,2014,28(1):51-56(in Chinese with English abstract).
- [4] XIANG K,LIU G,ZHOU Y J,et al.2,3,5,4'-tetrahydroxystilbene-2-O-β-D-glucoside (THSG) attenuates human platelet aggregation,secretion and spreading *in vitro* [J].Thrombosis research,2014,133(2):211-217.
- [5] 俞云,汪佰莉,张雨,等.何首乌苷对亚急性衰老模型小鼠学习记忆能力及海马内ChAT和AChE表达的影响[J].四川动物,2017,36(1):48-53.YU Y,WANG B L,ZHANG Y,et al.The effect of *Polygonum multiflorum* Thunb. glycoside on learning and memory and expression of ChAT and AChE in the *Hippocampus* of subacute aging model mice[J].Sichuan journal of zoology,2017,36(1):48-53(in Chinese with English abstract).
- [6] 金波,黄晶晶,朱学鑫,等.何首乌二苯乙烯苷预防急性酒精性肝损伤小鼠作用及其机制[J].中华中医药杂志,2016,31(8):3333-3336.JIN B,HUANG J J,ZHU X X,et al.Protection of TSG against acute alcoholic liver injury and the underlying mechanisms[J].China journal of traditional Chinese medicine and pharmacy,2016,31(8):3333-3336(in Chinese with English abstract).
- [7] 李帅锋,郑传柱,张丽,等.不同产地何首乌药材的质量分析[J].江苏中医药,2015,47(8):69-71.LI S F,ZHENG C Z,ZHANG L,et al. Quality analysis of *Polygonum multiflorum* Thunb. from different places[J]. Jiangsu journal of traditional Chinese medicine,2015,47(8):69-71(in Chinese).
- [8] 王芳,张久磊,武玉祥,等.何首乌不同采收期及不同部位的药用成分[J].贵州农业科学,2015,43(12):170-172.WANG F,ZHANG J L,WU Y X,et al. Medicinal components of *Polygonum multiflorum* with different parts at different harvest time [J]. Guizhou agricultural science,2015,43(12):170-172(in Chinese with English abstract).
- [9] 黄晓冰,黄霏霞,王光宁,等. HPLC测定不同产地何首乌中二苯乙烯苷和蒽醌类成分的含量[J].食品与药品,2019,21(2):111-115.HUANG X B,HUANG A X,WANG G N,et al. Determination of stilbene glycoside and anthraquinones in *Polygonum multiflorum* Radix from different origins by HPLC [J]. Food and drug,2019,21(2):111-115(in Chinese with English abstract).
- [10] 童玉玺,陈吉炎,陈师西,等.从武当山何首乌品种混乱的现状谈中药资源的保护[J].中草药,2000,31(8):13-14.TONG Y X,CHEN J Y,CHEN S X,et al. Discussion on the protection of traditional Chinese medicine resources from the current situation of chaotic varieties of *Polygonum multiflorum* in Wudang Mountain[J]. Chinese traditional and herbal drugs,2000,31(8):13-14(in Chinese).
- [11] 李帅锋,郑传柱,张丽,等.不同产地何首乌 HPLC 指纹图谱研究[J].中草药,2015,46(14):2149-2154.LI S F,ZHENG C Z,ZHANG L,et al. HPLC fingerprint on roots of *Polygonum multiflorum* from different habitats[J].Chinese traditional and herbal drugs,2015,46(14):2149-2154(in Chinese with English abstract).
- [12] 李欣,孟磊,魏胜利,等.不同产地何首乌药材质量及差异研究[J].中国现代中药,2020,22(3):384-390. LI X,MENG L,WEI S L,et al. Analysis on functional components of *Polygonum multiflorum* from different habitats[J]. Modern Chinese medicine,2020,22(3):384-390(in Chinese with English abstract).
- [13] 倪昌荣,刘史佳,卢嘉微,等.不同产地制何首乌 HPLC 指纹图谱研究及 5 种成分的含量测定[J].中医药导报,2020,26(9):29-33. NI C R,LIU S J,LU J W,et al. Study on HPLC fingerprint and determination the five contents of *Zhiheshouwu* (*Polygonum multiflorum*) from different habitat [J]. Guiding journal of traditional Chinese medicine and pharmacy,2020,26(9):29-33(in Chinese with English abstract).

Distribution and content changes of main active components of *Polygonum multiflorum* Thunb. in different growth periods in Shiyan of Hubei Province

ZHOU Can¹, YAO Miao¹, SI Haiqian², ZHOU Ming², WANG Xuekui¹

1. College of Plant Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2. Shiyan Academy of Agricultural Sciences, Shiyan 442000, China

Abstract In order to explore the dynamic change process of the main active components of *Polygonum multiflorum* Thunb. with growth years in Shiyan area, Hubei Province, and to determine the suitable harvest period for the artificial cultivation of *Polygonum multiflorum* Thunb., HPLC was used to continuously determine the contents of 2,3,5,4'-tetrahydroxystilbene 2-O- β -D-glucoside (THSG) and anthraquinones with different forms in different organs of *P. multiflorum* Thunb. at different growth stages after transplanting. Results showed that the underground dry matter of *P. multiflorum* Thunb. continued to increase within 3 years after transplanting, with the fastest increase within 2 years and significant decrease of the growth rate in the third year. The decreasing order of the contents of THSG and anthraquinones in different organs of *P. multiflorum* Thunb. was unexpanded root > root tuber > stem. The contents of THSG and anthraquinones in leaves were very small and difficult to be detected. The contents of THSG and anthraquinones in root of *P. multiflorum* Thunb. increased almost linearly within 2 years after transplanting, reaching the maximum value in December of the second year. There was no significant difference between the content of THSG and anthraquinones in the third year compared with that in the same period of the second year. The overall difference in the content of THSG and anthraquinones in stems in 3 years was not significant, but there were obvious fluctuations in different seasons, with the highest content in December each year. The quality and yield of *P. multiflorum* Thunb. in Shiyan area in December of the second year after transplanting are relatively optimal, which can be used as a reference for the suitable harvest period of *P. multiflorum* Thunb. artificially cultivated in this area.

Keywords *Polygonum multiflorum* Thunb.; artificial cultivation; Wudang Taoist medicine; 2,3,5,4'-tetrahydroxystilbene 2-O- β -D-glucoside (THSG); anthraquinones; plant extracts

(责任编辑:赵琳琳)