



质量分析

基于多元药效成分综合分析川麦冬适宜采收期研究^{*}马留辉, 窦明明, 石峰, 张亚琴, 雷飞益, 李思佳, 陈兴福^{**}

(四川农业大学农学院, 成都 611130)

摘要 目的: 考察不同采收期川麦冬内在多元药效成分的动态变化规律, 探讨川麦冬最佳采收期。方法: 采用《中华人民共和国药典》2015年版规定的冷浸法对麦冬水浸出物含量进行测定; 采用超声提取, 以 HPLC-MS 对麦冬皂苷 D、D', 麦冬黄烷酮 C、E, 甲基麦冬黄烷酮 A、B, 甲基麦冬黄酮 A 的含量进行测定, 用主成分分析法进行综合评价。结果: 不同采收期川麦冬内在多元药效成分的含量呈现动态变化规律, 综合评价显示, 3月下旬采收的样品综合评价指数最高, 与当地传统采收期基本相符。结论: 本文为揭示川麦冬中多元药效成分的动态积累规律及确定其药材的适宜采收期提供基础资料, 同时也为川麦冬内在质量的综合评价提供一定科学依据。

关键词: 川麦冬; 采收期; 多元药效成分; 麦冬皂苷; 麦冬黄烷酮; 甲基麦冬黄烷酮; 甲基麦冬黄酮; 动态积累; 主成分分析法

中图分类号: R 917

文献标识码: A

文章编号: 0254-1793(2018)11-2021-08

doi: 10.16155/j.0254-1793.2018.11.24

Study on the best harvest time of *Ophiopogonis Radix* from Sichuan based on the bioactive constituents

MA Liu-hui, DOU Ming-ming, SHI Feng, ZHANG Ya-qin,
LEI Fei-yi, LI Si-jia, CHEN Xing-fu^{**}

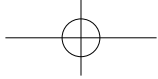
(Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China)

Abstract Objective: To study the dynamic change of bioactive constituents in *Ophiopogonis Radix* from Sichuan at different harvesting time, and to explore the optimal harvest period of *Ophiopogonis Radix*. **Methods:** The cold water extract was measured by the methods which are recorded in Chinese Pharmacopoeia. The contents of ophiopogonin D, ophiopogonin D', ophiopogonaone C, ophiopogonaone E, methylophiopogonanone A, methylophiopogonanone B and methylophiopogonone A were determined by HPLC-MS. And principal component analysis (PCA) was used for comprehensive evaluation. **Results:** There were obvious differences among the contents of active ingredients at different collecting time, and PCA results showed that *Ophiopogonis Radix* harvested around the late march and had

* 四川省“十二五育种攻关”项目(编号 2011NZ0098-12-01)

** 通信作者 Tel: (028) 65368946; E-mail: chenxf64@sohu.com

第一作者 Tel: (028) 65368946; E-mail: 2227126336@qq.com



the highest evaluation index, which was consistent with the local traditional harvest period. **Conclusion:** The result revealed the dynamic accumulation pattern of eight bioactive constituents in *Ophiopogonis Radix* from Sichuan Province and provided the basis for the suitable harvest time. Meanwhile, it provides certain scientific basis for quality evaluation of *Ophiopogonis Radix*.

Keywords: *Ophiopogonis Radix* from Sichuan; harvesting time; bioactive constituents; ophiopogonin; ophiopogonaone; methylophiopogonone; methylophiopogonone; dynamic accumulation; principal component analysis

中药材麦冬为百合科植物麦冬 *Ophiopogon japonicus* (L. f) Ker-Gawl. 的干燥块根, 具有养阴生津、润肺清心之功效, 主要用于治疗肺燥干咳, 阴虚咳嗽, 喉痹咽痛, 津伤口渴, 内热消渴, 心烦失眠, 肠燥便秘等症^[1]。现代研究表明, 麦冬的药效成分主要有麦冬皂苷 D、D' 等甾体皂苷类成分, 以及甲基麦冬二氢高异黄酮、麦冬黄烷酮等高异黄酮类成分^[2-6], 这些化合物具有抗心血管疾病, 抗炎, 抗肿瘤, 增强免疫等药理作用^[7-10]。全国药用麦冬主产区有四川省三台县和浙江省慈溪、余姚市等, 所产麦冬医药行业分别习称川麦冬、浙麦冬(杭麦冬)。其中川麦冬主产于四川省绵阳市三台县, 种植历史悠久, 生长周期仅为 1 年, 产量高。据相关统计, 目前三台麦冬产量已占全国总产量的 60% 以上, 其出口量占全国麦冬出口总量的 80% 左右, 已成为全国乃至东南亚最大的麦冬生产基地和麦冬市场交易中心^[11]。

针对川麦冬采收期的研究, 目前多以简单的方法测定 1 个或者 2 个成分^[12-13], 评价简单, 难以真实、全面反映药材的内在品质。本课题组通过前期对该地道产区的走访调查发现, 传统的麦冬最佳采收期在清明节前(3 月中下旬至 4 月上旬), 但因为产区种植面积扩大, 产区劳动力缺少等原因, 麦冬从 2 月份就开始采收, 一直到 4 月中下旬才结束, 整个采收期持续将近 3 个月, 造成市场上流通的麦冬质量参差不齐, 进而影响麦冬的临床药用。本实验采用冷浸法测定麦冬水溶性浸出物含量, 高效液相色谱-质谱联用法(HPLC-MS)同时测定麦冬皂苷 D、D', 麦冬黄烷酮 C、E, 甲基麦冬黄烷酮 A、B, 甲基麦冬黄酮 A 的含量, 综合考察其动态积累变化, 并用主成分分析对多元功效物质进行综合评价, 为进一步确定药材的适宜采收期提供依据, 同时为麦冬药材的生产和内在质量的控制提供参考方法和理论依据。

1 仪器、试剂与材料

1.1 仪器与试剂 安捷伦 1260 型高效液相色谱系

统, 配备安捷伦四极杆 LC/MS 6120 质谱检测器(安捷伦公司); 色谱柱为 Phenomenex Luna C₁₈(广州菲罗门公司); Milli-Q 超纯水系统(密理博公司); JD300-3 千分之一型精密电子天平(沈阳龙腾电子有限公司); 101-3AB 型电热恒温鼓风干燥箱(天津市泰斯特仪器有限公司); SB-25-12DTDN 超声波清洗机(宁波新芝生物科技股份有限公司); JJ-25I 型高效离心机(科曼库尔特公司)。

麦冬对照品麦冬皂苷 D(批号 PS13092201, 纯度 >98.54%)、麦冬皂苷 D'(批号 PS12060601, 纯度 >99.39%)、甲基麦冬黄酮 A(批号 0821-0010, 纯度 >99%), 均购于成都普思生物科技有限公司; 麦冬黄烷酮 C(批号 201211201412, 纯度 >92%)、麦冬黄烷酮 E(批号 YL201511121040, 纯度 >98%)、甲基麦冬黄烷酮 A(批号 201511251340, 纯度 >98%)、甲基麦冬黄烷酮 B(批号 YL201511281630, 纯度 >98%), 均购于上海一林生物科技有限公司。乙腈为色谱纯, 水为超纯水, 乙醇、乙酸等其他试剂为分析纯。

1.2 实验材料 根据前期对四川省绵阳市三台县里程乡麦冬生产基地中麦冬植株生长过程以及当地种植采收情况的观察, 确定采收期分别为 2016 年 2 月 26 日(S1)、3 月 7 日(S2)、3 月 17 日(S3)、3 月 27 日(S4)、4 月 6 日(S5)、4 月 16 日(S6)、4 月 26 日(S7)。采样时根据试验的情况, 在面积为 15 m × 5 m 的麦冬种植地上, 根据 5 点取样法确定 5 个面积为 1 m² 取样小区, 每个小区每次随机采挖 5 株麦冬, 作为每次取样的 5 次重复。

2 实验方法

2.1 麦冬浸出物含量的测定 麦冬浸出物含量参照《中华人民共和国药典》(2015 年版一部) 通则 2201 法^[1]进行测定。

2.2 麦冬黄酮、皂苷的测定 麦冬皂苷 D、D', 麦冬黄烷酮 C、E, 甲基麦冬黄烷酮 A、B, 甲基麦冬黄

酮 A 的含量测定参照吴茵等^[14-15]所建立的方法,略作修改,具体按照参考文献[16]中的方法进行测定。

2.3 数据处理 数据统计和主成分分析等采用 Microsoft Excel 2007 及 SPSS 21.0 软件完成。

3 结果分析

3.1 麦冬水溶性浸出物动态变化规律 取不同采收期的麦冬药材粉末(过 60 目筛),按“2.1”项下方法测定样品中浸出物含量。结果见表 1,不同采收期麦冬浸出物含量的动态变化见图 1。

表 1 麦冬浸出物含量测定结果

Tab. 1 Results of extract content in Ophiopogonis Radix

采收期 (harvest period)	浸出物含量 (extract content) /%				RSD/%
	1	2	3	平均值 (average)	
S1	77.98	77.40	78.05	77.81	0.46
S2	78.03	78.16	77.51	77.90	0.44
S3	80.32	81.07	80.50	80.63	0.48
S4	82.81	82.71	82.94	82.82	0.14
S5	81.86	81.08	82.01	81.65	0.61
S6	81.11	80.74	80.72	80.86	0.27
S7	81.01	80.67	80.09	80.59	0.58

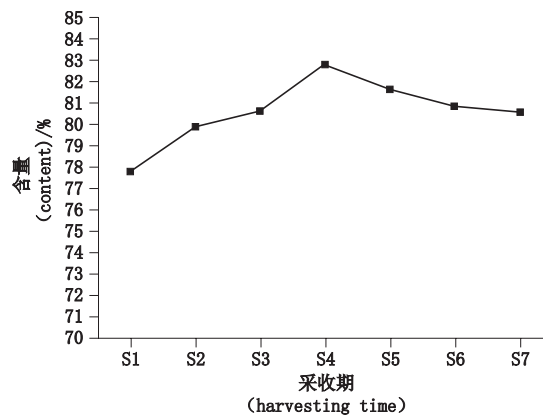


图 1 不同采收期样本中麦冬水溶性浸出物含量变化趋势图

Fig. 1 Trend chart of extracts in Ophiopogonis Radix at different harvested period

从表 1 和图 1 可以看出,不同采收期的川麦冬水溶性浸出物含量在整体上呈现先增加后降低的变化规律,即随着采收期的推迟,川麦冬水溶性浸出物含量从 2 月底的 77.81% 开始,快速增加,在 3 月下旬(3 月 27 日)达到峰值,为 82.82%,之后缓慢降低,最终在 4 月 26 日降低至 80.59%。

3.2 麦冬甾体皂苷的动态变化规律 取不同采收期的麦冬药材粉末(过 60 目筛),按“2.2”项下方法测定样品中 2 个皂苷的含量。结果见表 2,不同采收期麦冬 2 个皂苷的含量的动态变化见图 2。

表 2 麦冬皂苷 D 和 D' 含量测定结果

Tab. 2 Contents of ophiopogonins D and D' in Ophiopogonis Radix at different harvesting time

采收期 (harvest period)	麦冬皂苷 D (ophiopogonins D)					麦冬皂苷 D' (ophiopogonins D') / (mg · g ⁻¹)				
	质量分数 (mass fraction) / (mg · g ⁻¹)				RSD/%	质量分数 (mass fraction) / (mg · g ⁻¹)				RSD/%
	1	2	3	平均值 (average)		1	2	3	平均值 (average)	
S1	0.129 5	0.133 5	0.129 4	0.130 8	1.8	0.031 1	0.030 2	0.031 1	0.030 8	1.7
S2	0.134 8	0.134 0	0.134 4	0.134 4	0.30	0.031 9	0.031 2	0.032 2	0.031 8	1.6
S3	0.149 8	0.150 0	0.153 2	0.151 0	1.2	0.048 9	0.047 4	0.048 3	0.048 2	1.6
S4	0.141 5	0.142 6	0.141 0	0.141 7	0.60	0.025 7	0.025 4	0.025 8	0.025 6	0.80
S5	0.136 8	0.137 8	0.135 0	0.136 5	1.0	0.019 1	0.018 6	0.018 7	0.018 8	1.4
S6	0.133 1	0.135 9	0.134 5	0.134 5	1.0	0.017 7	0.017 6	0.018 1	0.017 8	1.6
S7	0.133 8	0.133 0	0.131 6	0.132 8	0.90	0.017 3	0.017 0	0.017 6	0.017 3	1.6

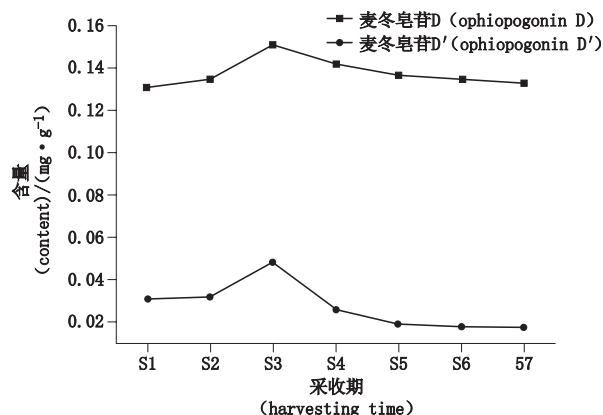
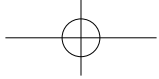


图2 不同采收期样品中麦冬皂苷D和D'含量变化趋势图

Fig. 2 Trend chart of ophiopogonins D and D' in Ophiopogonis Radix at different harvested period

如表2和图2所示,在川麦冬药材的整个采收期内,麦冬皂苷D的含量明显高于麦冬皂苷D'的含量,但两者在成分的积累上具有相似的变化规律,即随着采收期的推迟,麦冬的2个皂苷含量呈现先增加后减小的变化趋势。进一步分析可知,麦冬皂苷D、D'均在3月中旬(3月17日)达到峰值,分别为0.151 0、0.048 2 $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

3.3 麦冬高异黄酮的动态变化规律 取不同采收期的麦冬药材粉末(过60目筛),按“2.2”项下方法测定样品中5个黄酮的含量。结果见表3。不同采收期麦冬5个黄酮含量的动态变化见图3。

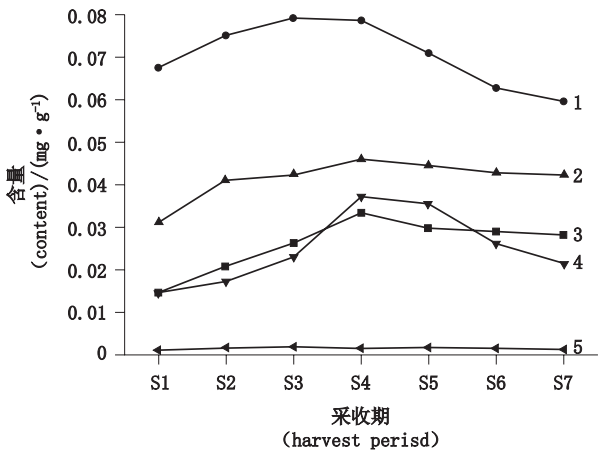
表3 麦冬高异黄酮含量测定结果

Tab. 3 Contents of homoisoflavonoids in Ophiopogonis Radix at different harvesting time

采收期 (harvest period)	成分 (composition)	质量分数 (mass fraction) / ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)				RSD/%
		1	2	3	平均值 (average)	
S1	麦冬黄烷酮 C (ophiopogonaone C)	0.014 4	0.014 3	0.014 8	0.014 5	1.8
	麦冬黄烷酮 E (ophiopogonaone E)	0.014 5	0.014 7	0.014 6	0.014 6	0.70
	甲基麦冬黄烷酮 A (methylophiopogonanone A)	0.066 6	0.067 5	0.068 1	0.067 4	1.1
	甲基麦冬黄烷酮 B (methylophiopogonanone B)	0.031 2	0.031 0	0.031 1	0.031 1	0.30
	甲基麦冬黄酮 A (methylophiopogonone A)	0.001 1	0.001 1	0.001 1	0.001 1	1.7
S2	麦冬黄烷酮 C (ophiopogonaone C)	0.017 4	0.017 3	0.017 2	0.017 3	0.70
	麦冬黄烷酮 E (ophiopogonaone E)	0.020 9	0.021 2	0.020 6	0.020 9	1.5
	甲基麦冬黄烷酮 A (methylophiopogonanone A)	0.074 2	0.074 3	0.076 2	0.074 9	1.5
	甲基麦冬黄烷酮 B (methylophiopogonanone B)	0.040 2	0.041 3	0.041 5	0.041 0	1.6
	甲基麦冬黄酮 A (methylophiopogonone A)	0.001 7	0.001 7	0.001 7	0.001 7	0.90
S3	麦冬黄烷酮 C (ophiopogonaone C)	0.023 0	0.023 2	0.022 8	0.023 0	1.0
	麦冬黄烷酮 E (ophiopogonaone E)	0.026 6	0.026 1	0.025 7	0.026 1	1.7
	甲基麦冬黄烷酮 A (methylophiopogonanone A)	0.079 0	0.078 8	0.079 1	0.079 0	0.20
	甲基麦冬黄烷酮 B (methylophiopogonanone B)	0.043 0	0.042 5	0.041 4	0.042 3	2.0
	甲基麦冬黄酮 A (methylophiopogonone A)	0.001 8	0.001 8	0.001 8	0.001 8	1.1
S4	麦冬黄烷酮 C (ophiopogonaone C)	0.038 0	0.036 7	0.036 9	0.037 2	1.9
	麦冬黄烷酮 E (ophiopogonaone E)	0.033 4	0.033 6	0.033 2	0.033 4	0.70
	甲基麦冬黄烷酮 A (methylophiopogonanone A)	0.077 8	0.077 8	0.079 6	0.078 4	1.4
	甲基麦冬黄烷酮 B (methylophiopogonanone B)	0.046 1	0.046 2	0.045 8	0.046 0	0.40
	甲基麦冬黄酮 A (methylophiopogonone A)	0.001 7	0.001 7	0.001 7	0.001 7	1.4

表 3(续)

采收期 (harvest period)	成分 (composition)	质量分数 (mass fraction) / (mg · g ⁻¹)				RSD/%
		1	2	3	平均值 (average)	
S5	麦冬黄烷酮 C (ophiopogonaone C)	0.035 1	0.035 9	0.035 5	0.035 5	1.1
	麦冬黄烷酮 E (ophiopogonaone E)	0.030 1	0.029 3	0.029 5	0.029 6	1.5
	甲基麦冬黄烷酮 A (methylophiopogonanone A)	0.071 4	0.071 2	0.070 1	0.070 9	1.0
	甲基麦冬黄烷酮 B (methylophiopogonanone B)	0.043 5	0.045 1	0.044 9	0.044 5	2.0
	甲基麦冬黄烷酮 A (methylophiopogonone A)	0.001 7	0.001 6	0.001 7	0.001 7	1.8
S6	麦冬黄烷酮 C (ophiopogonaone C)	0.025 7	0.026 3	0.026 3	0.026 1	1.4
	麦冬黄烷酮 E (ophiopogonaone E)	0.029 3	0.028 4	0.029 0	0.028 9	1.5
	甲基麦冬黄烷酮 A (methylophiopogonanone A)	0.062 4	0.061 9	0.063 5	0.062 6	1.3
	甲基麦冬黄烷酮 B (methylophiopogonanone B)	0.042 3	0.043 5	0.042 3	0.042 7	1.7
	甲基麦冬黄烷酮 A (methylophiopogonone A)	0.001 6	0.001 6	0.001 5	0.001 6	0.60
S7	麦冬黄烷酮 C (ophiopogonaone C)	0.021 3	0.021 5	0.021 4	0.021 4	0.40
	麦冬黄烷酮 E (ophiopogonaone E)	0.028 2	0.027 8	0.028 5	0.028 2	1.2
	甲基麦冬黄烷酮 A (methylophiopogonanone A)	0.059 2	0.059 6	0.060 0	0.059 6	0.70
	甲基麦冬黄烷酮 B (methylophiopogonanone B)	0.041 7	0.042 0	0.042 9	0.042 2	1.5
	甲基麦冬黄烷酮 A (methylophiopogonone A)	0.001 4	0.001 4	0.001 4	0.001 4	1.7



1. 甲基麦冬黄烷酮 A (methylophiopogonanone A) 2. 甲基麦冬黄烷酮 B (methylophiopogonanone B) 3. 麦冬黄烷酮 E (ophiopogonaone E) 4. 麦冬黄烷酮 C (ophiopogonaone C) 5. 甲基麦冬黄烷酮 A (methylophiopogonone A)

图 3 麦冬黄酮含量动态变化

Fig. 3 Trend chart of homoisoflavonoids in Ophiopogonis Radix at different harvested period

如表 3 和图 3 所示,川麦冬药材中所含的麦冬黄烷酮 C、E,甲基麦冬黄烷酮 A、B,甲基麦冬黄烷酮 A 5 个高异黄酮成分的含量,以甲基麦冬黄烷酮 A 最高,甲基麦冬黄烷酮 B 次之,甲基麦冬黄烷酮 A 的含量最少。高异黄酮的含量在 2 月初和 4 月底呈现先增加后降低的规律性变化,其中麦冬黄烷酮 C、E 和甲基麦冬黄烷酮 B 的含量在 3 月 27 号达到峰值,分别为 0.037 2、0.033 4、0.046 0 mg · g⁻¹,而甲基麦冬黄烷酮 A 和甲基麦冬黄烷酮 A 的含量在 3 月 17 号达到峰值,分别为 0.079 0、0.001 8 mg · g⁻¹。

3.4 PCA 用于不同采收期川麦冬质量评价 参考邹皮木瓜^[17]、何首乌^[18]、头花蓼^[19]等中药材的采收期综合评价方法,采用 SPSS 21.0 统计软件,对川麦冬水溶性浸出物,麦冬皂苷 D、D',麦冬黄烷酮 C、E,甲基麦冬黄烷酮 A、B,甲基麦冬黄烷酮 A 8 种指标进行主成分分析,其初始特征值与贡献率计算结果见表 4。

表 4 成分的初始特征值与贡献率

Tab. 4 Initial eigenvalue and contribution rate of principal component

主成分 (main component)	初始特征值 (initial eigenvalue)			抽取平方和载入 (extraction sum of squared loadings)		
	合计 (total)	方差 (variance)/%	累计率 (cumulative)/%	合计 (total)	方差 (variance)/%	累计率 (cumulative)/%
1	4.8	60.003	60.003	4.8	60.003	60.003
2	2.467	30.839	90.843	2.467	30.839	90.843
3	0.402	5.023	95.866			
4	0.289	3.618	99.484			
5	0.039	0.488	99.972			
6	0.002	0.028	100			
7	-1.00E-13	-1.01E-13	100			
8	-1.00E-13	-1.02E-13	100			

由表 4 可以看出,特征值大于 1 的有 2 个主成分,两者方差贡献率累积为 90.843%>80%,能够客观地反映川麦冬药材的内在质量,故选取其前 2 个主成分 F_1 、 F_2 进行分析。根据特征向量,计算样品各自的主成分得分,可得到主成分线性组合表达式 $F=0.660\ 5F_1+0.339\ 5F_2$,其中 F 为综合得分, F_1 为第一主成分, F_2 为第二主成分。

根据主成分的表达式,可以计算出不同采收期川麦冬综合得分并排序,结果见表 5。综合得分分值越高,综合品质表现越好。

表 5 不同采收期川麦冬的主成分因子及品质综合评价
Tab. 5 Comprehensive evaluation of principal component factors and quality of samples at different harvesting periods

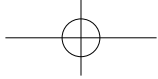
样品 (sample)	F_1	F_2	综合得分 (comprehensive) F	排序 (sorting)
S1	-5.95	0.53	-3.750 131 325	7
S2	-0.99	0.96	-0.328 011 294	4
S3	1.78	2.91	2.163 588 059	2
S4	4.01	-0.13	2.604 526 05	1
S5	2.05	-1.06	0.994 207 699	3
S6	0.08	-1.48	-0.449 583 127	5
S7	-0.98	-1.73	-1.234 596 061	6

根据表 5 综合评分的排序可以看出,川麦冬在 3 月 27 日采收的样品综合主成分 F 值最高,考虑麦冬水溶性浸出物、2 个甾体皂苷、5 个高异黄酮的含量,3 月下旬为川麦冬的最佳采收期。

4 讨论与结论

中药材的采收是保证药材品质的重要生产环节之一,不同采收期的药材质量存在较大的差异^[20-21]。唐·孙思邈《千金翼方》云:“凡药,皆须采之有时……若不依时采之,则与凡草不别,徒弃功用,终无益也。”本实验针对提前和延后采收造成川麦冬质量参差不齐的现象,开展实验研究,探索采收期对麦冬多元药效成分含量的影响。研究表明,在 2 月下旬至 4 月底这个时间段内,麦冬药材所含的有效成分在总体上呈现先增长后下降的规律,但各个成分达到最大值的时间有所差异。其中水溶性浸出物、甲基麦冬黄烷酮 B、麦冬黄烷酮 C、E 在 3 月中旬(3 月 17 号)达到峰值,麦冬皂苷 D、麦冬皂苷 D'、甲基麦冬黄烷酮 A 和甲基麦冬黄烷酮 A 4 个指标性成分在 3 月底(3 月 27 日)达到峰值。从多种有效成分的积累规律上可以看出,3 月份是麦冬有效成分快速积累的时期,随着块根生长时间的延长,各种有效成分快速合成积累,随后开始缓慢回落。因此在实际生产过程中,应该加强栽培麦冬药材的管理,促进麦冬有效成分的积累,以提高其质量。

采用主成分分析方法对采收期麦冬药材质量进行多因子综合分析评价,较以往依据单一化学评价指标得到的结果更为客观和合理^[22]。综合评价结果显示,3 月 27 日采收的麦冬药材综合评价指数最高,表明就水溶性浸出物,麦冬皂苷 D、D',麦冬黄烷酮 C、E,甲基麦冬黄烷酮 A、B,甲基麦冬黄烷酮 A 而言,3 月下旬采收的样品优于其他采收期样品,更适宜川麦冬

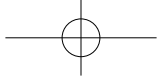


药材的采收;同时也进一步说明,过早(3月中旬之前)以及延后(4月中下旬以及之后)采收的麦冬药材,其综合评价指数较低。因此,在麦冬生产中可通过调整加工大户、商家等的收购时间,引导麦冬种植户适时采收,以及加强麦冬采收、加工等过程中机械的应用,以缓解麦冬采收时劳动力的压力,促进麦冬适时采收,以确保麦冬药材质量。

本实验通过冷浸法测定不同采收期川麦冬水溶性浸出物含量,采用 HPLC-MS 同时测定多种甾体皂苷和高异黄酮的含量,综合考察其动态积累变化,并用主成分分析法对多元药效成分进行综合评价,对麦冬质量的评价指标更系统,评价方法更科学,确定的药材适宜采收期能够保证麦冬的综合质量,同时为川麦冬药材内在质量综合评价体系的建立提供借鉴。

参考文献

- [1] 中华人民共和国药典 2015 年版. 一部[S]. 2015: 97
ChP 2010. Vol I [S]. 2015: 97
- [2] 王远,王宇光,马增春,等. 麦冬皂苷 D 通过降低自噬抑制血管紧张素 II 诱导的心肌肥大[J]. 中国药理学通报, 2016, 32(10): 1370
WANG Y, WANG YG, MA ZC, *et al.* Ophiopogonin D attenuates angiotensin II -induced myocardial hypertrophy by reducing autophagy [J]. Chin Pharmacol Bull, 2016, 32(10): 1370
- [3] 任思嘉,徐焕华,李明,等. 麦冬皂苷 D' 对大鼠心肌细胞 H9c2 的细胞毒性[J]. 中国药理学与毒理学杂志, 2017, 31(4): 325
REN SJ, XU HH, LI M, *et al.* Cytotoxicity of ophiopogonin D' for rat H9c2 cardiomyocytes [J]. Chin J Pharm Toxicol, 2017, 31(4): 325
- [4] 吴发明,张思荻,曾俊,等. HPLC-ELSD 法测定不同产地麦冬中 4 种代表性成分的含量[J]. 药物分析杂志, 2016, 36(8): 1370
WU FM, ZHANG SD, ZENG J, *et al.* Determination of the 4 representative components in Maidong from different producing areas by HPLC-ELSD method [J]. Chin J Pharm Anal, 2016, 36(8): 1370
- [5] 王菲,尚展鹏,马志国,等. 不同干燥方法对川麦冬甾体皂苷和高异黄酮的影响[J]. 中国中药杂志, 2016, 41(23): 4393
WANG F, SHANG ZP, MA ZG, *et al.* Influence of different drying methods on steroidal saponins and homoisoflavonoids in *Ophiopogon japonicus* [J]. China J Chin Mater Med, 2016, 41(23): 4393
- [6] 席啸虎,刘璐,刘霞. 基于化学成分变化优化麦冬硫熏工艺[J]. 中草药, 2017, 48(7): 1327
XI XH, LIU R, LIU X. Optimization of processing technology for sulfur smoked *Ophiopogon japonicus* based on changes in chemical composition [J]. Chin Tradit Herb Drugs, 2017, 48(7): 1327
- [7] 于晓文,杜鸿志,孙立,等. 麦冬皂苷药理作用研究进展[J]. 药学进展, 2014, 38(4): 279
YU XW, DU HZ, SUN L, *et al.* Research progress in the pharmacological effects of ophiopogonins [J]. Prog Pharm Sci, 2014, 38(4): 279
- [8] 熊双丽,李安林,黄妮. 绵麦冬皂苷的提取分离及免疫活性研究[J]. 林产化学与工业, 2015, 35(1): 121
XIONG SL, LI AL, HUANG N. Extraction, separation, and immunoregulatory activity of saponins from *Ophiopogon japonicus* (L. f) Ker-Gawl. [J]. Chem Ind Fore Prod, 2015, 35(1): 121
- [9] 童菊华,庞小存,王威,等. 杭麦冬与川麦冬中高异黄酮类成分和抗氧化活性的比较[J]. 中草药, 2015, 46(20): 3091
TONG JH, PANG XC, WANG W, *et al.* Comparison of homoisoflavones extracted from *Ophiopogon japonicus* in Sichuan and Zhejiang and their anti-oxidative activity [J]. China Tradit Herb Drugs, 2015, 46(20): 3091
- [10] 姜醒,王兴焱,张春蕾,等. 麦冬中具有生物活性的高异黄酮类化学成分研究[J]. 中国现代中药, 2017, 19(4): 491
JIANG X, WANG XY, ZHANG CL, *et al.* Bioactive homoisoflavonoids from tuber of *Ophiopogon japonicus* [J]. Mod Chin Med, 2017, 19(4): 491
- [11] 刘伟. 绵阳市三台县麦冬产业竞争力分析[D]. 成都: 四川农业大学, 2014
LIU W. Analysis of Competitiveness of Santai's Radix Ophiopogonis Industry [D]. Chengdu: Sichuan Agricultural University, 2014
- [12] 蒋畅,王远,秦民坚,等. 不同采收期及加工条件对川麦冬总黄酮和总皂苷含量的影响[J]. 中国中药杂志, 2010, 35(7): 821
JIANG C, WANG Y, QIN MJ, *et al.* Influence of harvest times and processing methods on contents of total flavonoids and total saponins in roots of *Ophiopogon japonicus* [J]. China J Chin Mater Med, 2010, 35(7): 821
- [13] 姜国志,孙胜斌,刘铁军,等. 参麦注射液用麦冬药材不同采收期的研究[J]. 现代中药研究与实践, 2013, 27(6): 24
JIANG GZ, SUN SB, LIU TJ, *et al.* Study on harvest time of *Dwarf lilyturf* Tuber for Shenmai injection manufacturing [J]. Chin Med J Res Pract, 2013, 27(6): 24
- [14] 吴茵. 基于液质联用技术的麦冬化学成分分析与药代动力学研究[D]. 石家庄: 河北医科大学, 2015
WU Y. Studies on Chemical Composition Analysis and Pharmacokinetics of Radix Ophiopogonis Based on LC-MS/MS Technology [D]. Shijiazhuang: Hebei Medical University, 2015
- [15] 吴茵,魏欣,张黎媛,等. HPLC-MS/MS 法同时测定参麦注射液 7 种主要有效成分[J]. 中草药, 2014, 45(18): 2625
WU Y, WEI X, ZHANG LY, *et al.* Simultaneous determination of seven components in Shenmai injection by HPLC-MS/MS [J]. China Tradit Herb Drugs, 2014, 45(18): 2625
- [16] 雷飞益,马留辉,吴海军,等. 干燥方法对川麦冬药材品质的影响[J]. 中药材, 2017, 40(5): 1077
LEI FY, MA LH, WU HJ, *et al.* Effects of different drying methods



- on chemical profile of *Ophiopogon japonicus* roots [J]. *J Chin Med Mater*, 2017, 40(5): 1077
- [17] 齐红, 王云, 郭庆梅, 等. 不同采收期皱皮木瓜质量动态分析 [J]. *中国实验方剂学杂志*, 2017, 23(2): 19
- QI H, WANG Y, GUO QM, *et al.* Dynamic quality analysis of *Chaenomelis Fructus* in different harvesting periods [J]. *Chin J Exp Tradit Med Form*, 2017, 23(2): 19
- [18] 罗益远, 刘娟秀, 刘训红, 等. 不同采收期何首乌中多元功效物质的动态积累分析 [J]. *中国中药杂志*, 2015, 40(13): 2565
- LUO YY, LIU JX, LIU XH, *et al.* Dynamic accumulation analysis of bioactive constituents of *Polygonum multiflorum* in different collection periods [J]. *China J Chin Mater Med*, 2015, 40(13): 2565
- [19] 余欣洋, 张丽艳, 谢宇, 等. 主成分分析确定头花蓼最佳采收时间及初加工方法 [J]. *中国实验方剂学杂志*, 2013, 19(21): 90
- YU XY, ZHANG LY, XIE Y, *et al.* Principal component analysis to determine optimal harvesting time of *Polygonum capitatum* and initial processing method [J]. *Chin J Exp Tradit Med Form*, 2013, 19(21): 90
- [20] 于京平, 张永清, 林海燕, 等. 桔楼果皮中腺嘌呤、鸟苷、瓜氨酸动态积累规律研究 [J]. *天然产物研究与开发*, 2015, 27(6): 1032
- YU JP, ZHANG YQ, LIN HY, *et al.* Dynamic accumulation of adenine, guanine nucleoside and citrulline in *Trichosanthes kirilowii* peel [J]. *Nat Prod Res Dev*, 2015, 27(6): 1032
- [21] 刘和平, 许彦, 尚强, 等. 不同采收期水栀子果实中西红花苷 I、西红花苷 II 和栀子苷含量变化研究 [J]. *天然产物研究与开发*, 2017, 29(8): 1333
- LIU HP, XU Y, SHANG Q, *et al.* Content variations of crocin I, crocin II and gardenoside in *Gardenia jasminoides* var. *grandiflora* with different harvesting time [J]. *Nat Prod Res Dev*, 2017, 29(8): 1333
- [22] 段金殿, 严辉, 宿树兰, 等. 药材适宜采收期综合评价模式的建立与实践 [J]. *中草药*, 2010, 41(11): 1755
- DUAN JA, YAN H, SU SL, *et al.* Establishment and practice for evaluating model of best harvest time of traditional Chinese medicinal materials [J]. *China Tradit Herb Drugs*, 2010, 41(11): 1755

(本文于 2017 年 10 月 17 日收到)