



阙云飞,王晓红,张智仙,等.钩藤地上部营养器官总生物碱积累规律研究[J].江西农业大学学报,2023,45(1):37-44.
QUE Y F,WANG X H,ZHANG Z X,et al.Study of total alkaloids accumulation in vegetative organs of the ground of *Uncaria rhyn-*
chophylla[J].Acta agriculturae universitatis Jiangxiensis,2023,45(1):37-44.

钩藤地上部营养器官总生物碱积累规律研究

阙云飞,王晓红,张智仙,李 雪,张明生*

(贵州大学 生命科学学院/山地植物资源保护与种质创新教育部重点实验室,贵州 贵阳 550025)

摘要:【目的】研究钩藤[*Uncaria rhynchophylla* (Miq.) Miq. ex Havil.]地上部营养器官总生物碱含量变化规律,阐明总生物碱积累及源库关系,确认钩藤药材最佳采收部位及采收期,改变仅以带钩枝条为药材的传统方式,从而避免钩藤药材资源的浪费,同时为钩藤总生物碱研究提供基础资料。【方法】运用酸性染料比色法测定钩藤主茎、侧枝、叶及钩总生物碱含量,从而阐明总生物碱的积累规律。【结果】钩藤地上部营养器官中总生物碱积累的最大值分布在6—9月及11月,钩中总生物碱积累最大值为6.599 mg/g、主茎为7.726 mg/g、侧枝为6.880 mg/g、叶为6.890 mg/g,且钩中总生物碱含量在钩藤营养生长期表现为升高趋势,在生殖生长期则呈降低趋势,而全年积累均值由大到小表现为主茎、钩~侧枝、叶;综合各营养器官基本生理功能与其总生物碱积累规律,从而推测叶为生物碱合成源,主茎及侧枝作为运输通道,钩为库;丹寨基地不同生长年限钩藤中总生物碱积累由大到小表现为三年生、五年生、六年生、四年生,长顺基地为四年生、五年生、六年生、三年生,而3—12月地上部营养器官中总生物碱积累总量较高的是:7月8.911 mg/g、11月8.750 mg/g、6月8.237 mg/g。【结论】钩藤地上部营养器官均可作为药材采收,其采收期应在6月、7月及11月。

关键词:钩藤;营养器官;总生物碱;积累规律;酸性染料比色法

中图分类号:S567.1+9;Q945.18

文献标志码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

文章编号:1000-2286(2023)01-0037-08



Study of Total Alkaloids Accumulation in Vegetative Organs of the Ground of *Uncaria rhynchophylla*

QUE Yunfei, WANG Xiaohong, ZHANG Zhixian, LI Xue, ZHANG Mingsheng*

(College of Life Sciences, Key Laboratory of Plant Resources Conservation and Germplasm Innovation in Mountainous Region, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

Abstract: [Objective] By investigating the variation of total alkaloids content in the above-ground vegetative organs of *Uncaria rhynchophylla*, clarifying the accumulation and source-sink relationships of total alkaloids, confirming the best harvesting location and harvesting period of *U. rhynchophylla* medicinal materials, and changing the tradition of only using *U. rhynchophylla* medicinal materials as medicinal materials, this study aims to avoid the waste of *U. rhynchophylla* medicinal resources, as well as provides the basic data for research

收稿日期:2022-06-09 修回日期:2022-08-09

基金项目:国家重点研发计划项目(2016YFC0502604)和贵州省科技计划重大专项课题(黔科合平台人才[2017]5411-06)
Project supported by the National Key R and D Plan(2016YFC0502604) and the Major Special Projects of Guizhou Science and Technology Plan(Guizhou Science and Technology Cooperation Platform Talents 5411-06)

作者简介:阙云飞,硕士生,orcid.org/0000-0002-8651-9465, yfque@foxmail.com; *通信作者:张明生,教授,博士生导师,主要从事药用植物生理生化及分子生物学研究, mszhang@guz.edu.cn。

on the total alkaloids of *U. rhynchophylla*. [Method] The acid dye colorimetric method was used to determine the content of total alkaloids in the stems, branches, leaves, and hooks of *U. rhynchophylla* in order to clarify the accumulation of total alkaloids. [Result] The maximum accumulation of total alkaloids in above-ground vegetative organs of *U. rhynchophylla* was distributed from June to September and November. The maximum accumulation of total alkaloids was 6.599 mg/g in hooks, 7.726 mg/g in stems, 6.880 mg/g in branches, and 6.890 mg/g in leaves. The content of total alkaloids in hooks showed an increasing trend in the vegetative growth period and a decreasing trend in the reproductive growth period, while the annual average accumulation showed the main stems>hooks≈branches>leaves. Based on the basic physiological functions of above-ground vegetative organs and the accumulation of total alkaloids, it was speculated that the leaf was the source of alkaloid synthesis, the stem and branch were the transportation channels, and the hook was the reservoir. The accumulation of total alkaloids in *U. rhynchophylla* of different growth years in Danzhai base was 3-year-old>5-year-old>6-year-old>4-year-old, and in Changshun base was 4-year-old>5-year-old>6-year-old>3-year-old. The accumulation of total alkaloids in above-ground vegetative organs from March to December was 8.911 mg/g in July, 8.750 mg/g in November and 8.237 mg/g in June. [Conclusion] The above-ground vegetative organs of *U. rhynchophylla* can be harvested as medicinal materials, and the optimal harvest period should be in June, July, and November.

Keywords: *Uncaria rhynchophylla*; vegetative organs; total alkaloids; accumulation rule; acid dye colorimetry

【研究意义】钩藤 [*Uncaria rhynchophylla* (Miq.) Miq. ex Havil.] 为茜草科 (Rubiaceae) 钩藤属 (*Uncaria* Schreber nom. cons.) 多年生常绿植物^[1], 钩藤生物碱在心血管疾病、癌症及帕金森病等疾病中均展现了较好的医疗效果^[2-7]。钩藤中含有上百种生物碱, 其中钩藤碱和异钩藤碱不仅含量最为丰富, 而且是重要的人药成分, 其余有柯诺辛碱、去氢钩藤碱、异去氢钩藤碱等^[8-10]。【前人研究进展】钩藤药用成分提取和药理作用是目前的研究热点, 徐佳瑜等^[11]运用响应曲面法对钩藤叶干燥温度、提取时间和提取剂浓度, 得到最适的钩藤碱及异钩藤碱提取条件: 55 °C 干燥、超声 60 min 和 73% 甲醇; 季晓娟等^[12]则运用紫外分光光度法测定钩藤药材在 243 nm 处的吸光度, 从而计算出总生物碱含量; 宋祯彦等^[13]研究发现钩藤散中存在 65 种活性化合物以协同方式与阿尔茨海默病多个靶点、多种途径相作用, 通过抗炎、抗凋亡、增强代谢和增强免疫系统等对阿尔茨海默病产生治疗作用; 崔莹^[14]、宋欣濛等^[15]还对钩藤各种提取物的药效作用进行综述, 但有关其营养器官总生物碱积累规律却少见报道。【本研究切入点】钩藤药材采收主要集中在年底, 且常以带钩茎枝入药, 其余部位则被丢弃, 造成极大的药材资源浪费。【拟解决的关键问题】本试验以不同生长年限的钩藤为试验材料, 采用酸性染料比色法测定其营养器官中总生物碱含量, 阐明总生物碱的积累规律, 并推测营养器官中生物碱的源库关系, 可为钩藤药材采收部位、采收期及生物碱研究提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 试剂与材料

试验材料钩藤 [*Uncaria rhynchophylla* (Miq.) Miq. ex Havil.] 来源于贵州省丹寨县和长顺县钩藤种植基地的 3~6 年生植株, 且课题组前期对基地环境情况进行了监测, 其环境状况基本一致^[16]。于 3 至 12 月份中每月 15 日取样, 在种植基地随机挑选长势一致、无病虫害的钩藤植株, 直接取其地上部分, 且不同生长年限各取 5 株, 然后剥离其主茎、侧枝、叶及钩, 将同一生长年限的钩藤按不同营养器官分类合并。钩藤的钩生长缓慢, 由此钩中总生物碱含量由 5 月开始测定。钩藤碱对照品质量分数≥98% (中国食品药品检定研究院, 钩藤碱批号: 11927-201403)。

1.2 总生物碱测定方法

取钩藤材料主茎、侧枝、叶及钩 (试验设 3 个重复, 总生物碱含量取平均值), 55 °C 烘干, 磨粉, 过 40 目

筛;总生物碱测定方法^[17],钩藤碱为对照品,用甲醇制成 43.2 μg/mL 的标准品溶液,其在 43.2~259.2 μg 范围内呈线性关系,回归方程为: $C=0.043\ 1A+0.019\ 9$, $R^2=0.998$;计算样品中钩藤总生物碱含量(以钩藤碱计)。分别利用 SPSS22.0 及 Origin 9.0 对试验数据进行统计和绘图。

2 结果与分析

2.1 钩藤主茎中总生物碱含量变化

丹寨县、长顺县种植基地不同生长年限钩藤主茎中总生物碱含量均表现为双峰变化(图 1,图 2);钩藤植株营养生长过程(3—6 月),各营养器官中总生物碱缓慢积累且分别在 6 月、7 月得到一次峰值;花期时(7—8 月),总生物碱积累开始下降;9 月花期结束,植株重新开始营养生长,此时总生物碱快速积累,且得到第二次峰值;当植株开始挂果后(10—11 月),总生物碱积累快速下降;植株完成生殖生长(12 月),同时冬季营养生长缓慢,总生物碱含量变化不一。钩藤主茎中总生物碱积累峰值出现在 7—11 月,丹寨县基地全年积累总量由大到小依次为三年生、五年生、四年生、六年生,长顺县基地由大到小依次为四年生、六年生、五年生、三年生(表 1)。

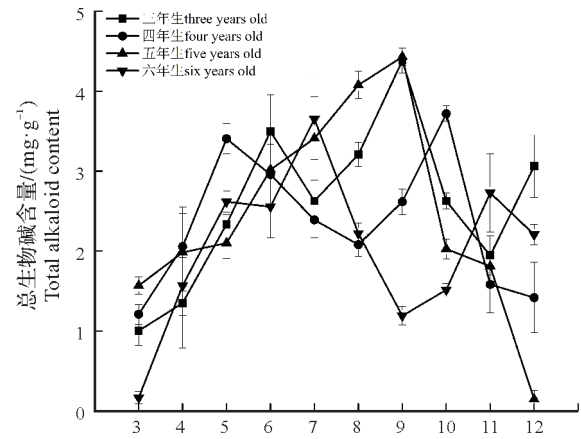


图 1 丹寨基地钩藤茎中总生物碱含量
Fig.1 Total alkaloids in stems of the *U. rhynchophylla* in Danzhai

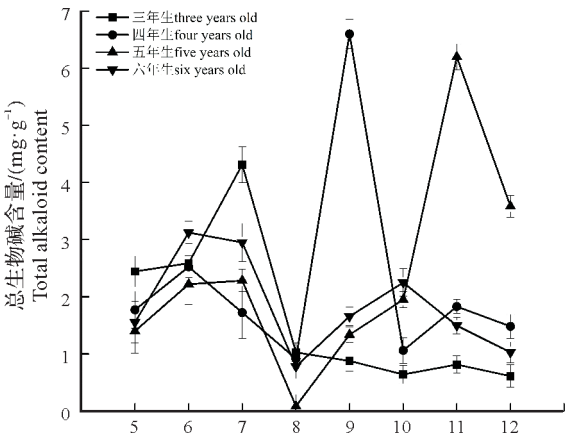


图 2 长顺基地钩藤茎中总生物碱含量
Fig.2 Total alkaloids in stems of the *U. rhynchophylla* in Changshun

2.2 钩藤侧枝中总生物碱含量变化

丹寨县、长顺县种植基地不同生长年限钩藤侧枝中总生物碱含量均表现为双峰变化(图 3,图 4);从 3 月开始,侧枝中总生物碱缓慢积累,在 7 月时得到第一次峰值;8—9 月进入花期后含量快速下降,10 月

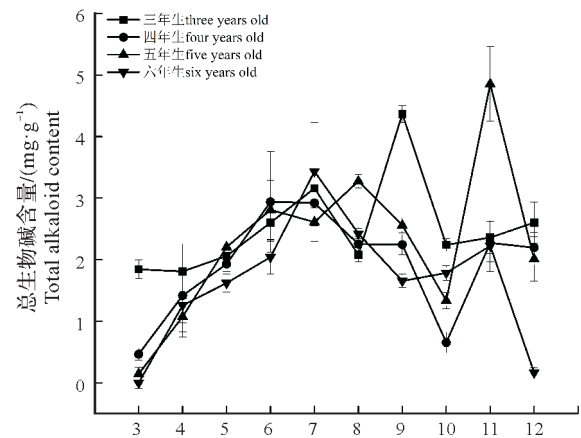


图 3 丹寨基地钩藤枝中总生物碱含量
Fig.3 Total alkaloids in branches of the *U. rhynchophylla* in Danzhai

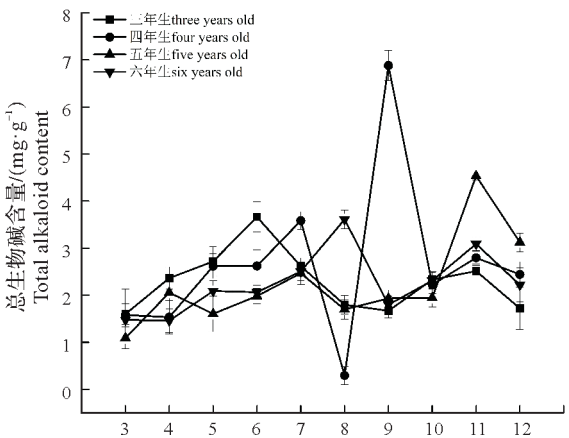


图 4 长顺基地钩藤枝中总生物碱含量
Fig.4 Total alkaloids in branches of the *U. rhynchophylla* in Changshun

又快速积累且得到第二次峰值;11月植株为果期,总生物碱积累迅速下降,但12月侧枝中总生物碱含量变化不一。钩藤侧枝中总生物碱积累峰值出现在6—11月,丹寨县基地全年积累总量由大到小依次为三年生、五年生、四年生、六年生,长顺县基地由大到小依次为四年生、三年生、六年生、五年生(表1)。

2.3 钩藤叶中总生物碱含量变化

丹寨县、长顺县种植基地不同生长年限钩藤叶中总生物碱含量表现为双峰、三峰变化(图5,图6);从3月开始,叶中总生物碱缓慢积累,在7月时均得到第一次峰值;8—10月进入花、果期后含量快速下降,但9月时长顺县基地钩藤叶中总生物碱快速积累得到第二次峰值;11月营养生长又开始,叶中总生物碱快速积累,此时丹寨县基地钩藤叶中总生物碱积累得到第二次峰值,长顺县基地则为第三次峰值;12月叶中总生物碱积累均下降。钩藤叶中总生物碱积累峰值出现在6月、7月、9月及11月,丹寨县基地全年积累总量由大到小依次为六年生、三年生、五年生、四年生,长顺县基地由大到小依次为五年生、四年生、三年生、六年生(表1)。

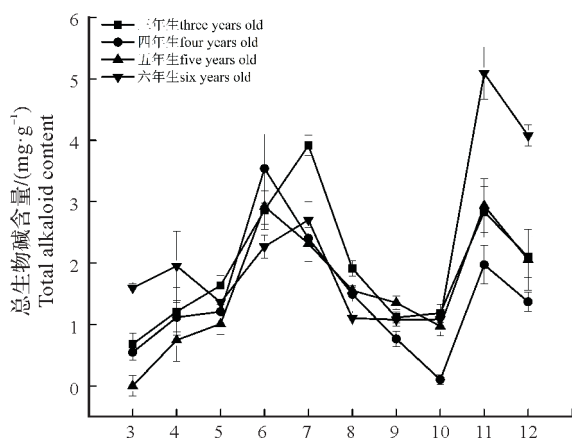


图5 丹寨基地钩藤叶中总生物碱含量

Fig.5 Total alkaloids in leaves of the *U. rhynchophylla* in Danzhai

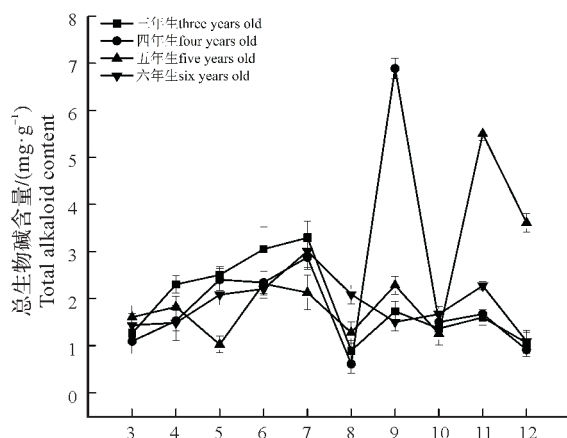


图6 长顺基地钩藤叶中总生物碱含量

Fig.6 Total alkaloids in leaves of the *U. rhynchophylla* in Changshun

2.4 钩藤钩中总生物碱含量变化

丹寨县、长顺县种植基地不同生长年限钩藤钩中总生物碱含量均表现为双峰变化(图7,图8);从5月开始,钩中总生物碱缓慢积累,在7月时得到第一次峰值;8—9月进入花期后含量快速下降,10—11月营养生长又开始,钩中总生物碱快速积累得到第二次峰值,12月钩中总生物碱积累下降。钩藤钩中总生物碱积累峰值出现在7月、8月、9月及11月,丹寨县基地全年积累总量由大到小依次为五年生、三年生、六年生、四年生,长顺县基地由大到小依次为五年生、四年生、六年生、三年生(表1)。

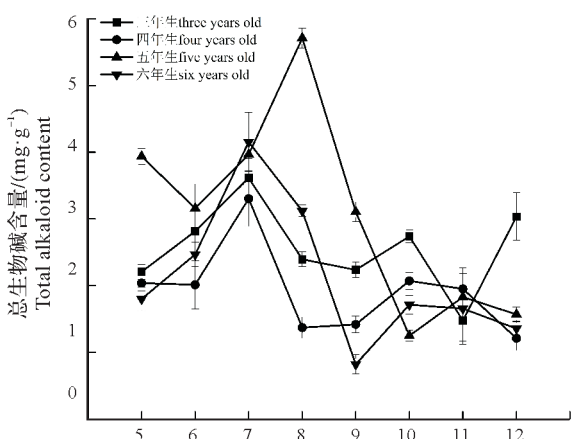


图7 丹寨基地钩藤钩中总生物碱含量

Fig.7 Total alkaloids in hooks of the *U. rhynchophylla* in Danzhai

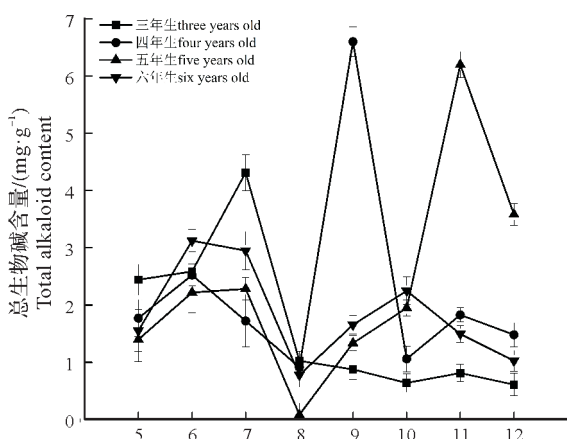


图8 长顺基地钩藤钩中总生物碱含量

Fig.8 Total alkaloids in hooks of the *U. rhynchophylla* in Changshun

表 1 钩藤地上部营养器官总生物碱含量
Tab.1 Total alkaloids in vegetative organs of the ground of *U. rhynchophylla*

月份 Month	主茎 Stems		侧枝 Branches		叶 Leaves		钩 Hooks	
	丹寨基地	长顺基地	丹寨基地	长顺基地	丹寨基地	长顺基地	丹寨基地	长顺基地
	Danzhai base	Changshun base	Danzhai base	Changshun base	Danzhai base	Changshun base	Danzhai base	Changshun base
三年生钩藤/(mg·g ⁻¹) 3-year-old <i>U. rhynchophylla</i>								
3 月	1.002	1.316	1.843	1.601	-0.090	1.263	/	/
4 月	1.350	1.374	1.809	2.365	1.210	2.302	/	/
5 月	2.336	2.230	2.061	2.718	1.635	2.505	2.206	2.442
6 月	3.496	2.249	2.602	3.665	2.863	3.052	2.815	2.587
7 月	2.626	2.849	3.158	2.616	3.917	3.293	3.612	4.313
8 月	3.206	2.878	2.080	1.800	1.911	0.896	2.394	1.026
9 月	4.381	1.481	4.366	1.669	1.113	1.732	2.235	0.876
10 月	2.626	1.945	2.239	2.331	1.186	1.365	2.737	0.640
11 月	1.945	2.210	2.360	2.515	2.834	1.601	1.476	0.814
12 月	3.061	1.601	2.602	1.722	2.099	1.060	3.032	0.611
四年生钩藤/(mg·g ⁻¹) 4-year-old <i>U. rhynchophylla</i>								
3 月	1.210	1.442	0.465	1.582	0.548	1.094	/	/
4 月	2.056	1.920	1.418	1.534	1.118	1.529	/	/
5 月	3.404	2.665	1.930	2.616	1.210	2.404	2.036	1.771
6 月	2.955	3.013	2.940	2.621	3.540	2.341	2.012	2.525
7 月	2.389	3.361	2.921	3.583	2.404	2.878	3.303	1.722
8 月	2.080	2.317	2.254	0.296	1.490	0.611	1.369	0.915
9 月	2.616	7.726	2.244	6.880	0.765	6.890	1.418	6.599
10 月	3.719	2.515	0.654	2.225	0.103	1.500	2.070	1.060
11 月	1.582	2.525	2.273	2.795	1.974	1.674	1.949	1.829
12 月	1.418	1.824	2.196	2.442	1.369	0.915	1.210	1.481
五年生钩藤/(mg·g ⁻¹) 5-year-old <i>U. rhynchophylla</i>								
3 月	1.568	1.113	0.146	1.094	0.001	1.606	/	/
4 月	1.983	2.143	1.075	2.056	0.746	1.824	/	/
5 月	2.099	2.409	2.206	1.606	1.012	1.026	3.936	1.398
6 月	3.018	2.781	2.810	1.983	2.921	2.317	3.158	2.220
7 月	3.409	3.554	2.612	2.467	2.317	2.128	3.965	2.283
8 月	4.076	1.394	3.274	1.698	1.553	1.278	5.710	0.084
9 月	4.429	1.867	2.558	1.935	1.355	2.283	3.105	1.336
10 月	2.027	1.645	1.336	1.945	0.973	1.253	1.249	1.949
11 月	1.809	5.889	4.855	4.535	2.936	5.502	1.829	6.198
12 月	0.146	2.795	2.012	3.124	2.056	3.612	1.568	3.583
六年生钩藤/(mg·g ⁻¹) 6-year-old <i>U. rhynchophylla</i>								
3 月	0.166	1.365	-0.076	1.476	1.597	1.437	/	/
4 月	1.568	2.027	1.258	1.461	1.954	1.485	/	/
5 月	2.616	3.100	1.621	2.090	1.360	2.085	1.800	1.553
6 月	2.554	3.593	2.041	2.065	2.268	2.206	2.467	3.124
7 月	3.651	3.506	3.433	2.505	2.704	3.008	4.154	2.950
8 月	2.220	5.710	2.423	3.612	1.104	2.090	3.119	0.780
9 月	1.191	1.360	1.655	1.800	1.079	1.505	0.818	1.655
10 月	1.514	1.809	1.785	2.312	1.084	1.669	1.713	2.249
11 月	2.728	2.781	2.225	3.090	5.091	2.273	1.655	1.495
12 月	2.206	1.606	0.166	2.220	4.076	1.094	1.355	1.026

“/”表示无测定值;负值表示总生物碱含量不在定量限范围内。

“/”indicates no measured value;the negative value indicates that the total alkaloid content is not within the quantitative limit.

3 结论与讨论

钩藤地上部营养器官均有生物碱积累,且总生物碱积累峰值出现在6—9月及11月,而3—12月地上部营养器官中总生物碱积累总量较高依次是:7月8.911 mg/g、11月8.750 mg/g、6月8.237 mg/g,正处于钩藤花期的前两个月、果期的后一个月,因此,钩藤地上部营养器官均可作为药材采收,其采收期应在6月、7月及11月。植物生长有营养及生殖生长^[18],且本试验发现钩藤总生物碱积累随植株生长期变化而呈现一定规律;5—7月正值花期,10—11月是果期^[19],但生长环境差异,致使时间略有不同。钩藤钩中总生物碱含量随植株营养生长而积累到峰值,在植株生殖生长时又快速下降,但主茎和侧枝中总生物碱运输量变化,导致其总生物碱积累变化不同于钩;且3—12月钩藤地上部营养器官总生物碱平均值由高到低为茎、钩~枝、叶,综上推测主茎和侧枝为运输通道、叶为源、钩为库。由于不同生长年限钩藤根系吸收营养能力的差异,其总生物碱积累由高到低表现为五年生、四年生、六年生~三年生,由此建议钩藤药材种植以四年生、五年生为主。

运用酸性染料比色法定量检测植物总生物碱^[20-21],在钩藤中已有较多报道,同时本试验结果与前人报道一致^[22-23]。有研究^[24]发现黄连(*Coptis chinensis* Franch.)生长年限越高,其根茎生物量随之增高,且在花、果期时,根茎生物碱积累下降;Tall Larkspur(*Delphinium barbeyi*)植株生殖生长期,茎和叶中生物碱积累下降,但花及豆荚中生物碱积累上升^[25],结论与本试验一致。红茂草[*Dicranostigma leptopodum* (maxim) Feade]在初花期时,全株生物碱含量最高,在进入繁殖期后,植株便会减少生物碱的合成来提高繁殖效率,研究人员推测叶片中合成生物碱,由茎运输到其他器官^[26],与本试验结论相同。苦豆子(*Sophora alopecuroides* L.)植株营养生长阶段有利于生物碱的积累,而生殖阶段则不利于生物碱积累^[27];金则新等^[27]研究了青钱柳(*Cyclocarya paliurus*)营养器官中鞣质、蒽醌、总黄酮生物碱、绿原酸和皂甙6种次生代谢产物,发现在同一植株的不同器官中次生代谢产物及其前体物质含量、合成部位和积累部位均存在差异,由此推断,次生代谢产物主要由叶片合成,通过茎运输到其他器官,与本试验结论一致。本试验未检测钩藤花、果中总生物碱积累规律,也是不足之处。经探访,贵州钩藤药材采收大致在11—12月。本试验探明贵州丹寨县及长顺县基地不同生长年限钩藤地上部营养器官总生物碱积累规律,建议其药材采收期为6月、7月及11月,且应将主茎、侧枝及叶一同收集,以免浪费钩藤药材资源。

致谢:国家喀斯特石漠化防治工程技术研究中心建设(2012FU125X13)、贵州省科技创新人才团队建设专项资金(黔科合平台人才[2016]5624)、贵州省教育厅创新群体重大项目(黔教合KY字[2016]023)和贵州省中药材现代产业技术体系建设项目(GZCYTX-02)同时对本研究给予了资助,谨致谢意!

参考文献 References:

- [1] 中华人民共和国国家药典委员会. 中华人民共和国药典(2015版,一部)[M]. 北京:中国医药科技出版社,2015.
National Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China (2015 edition, one) [M]. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2015.
- [2] NDEGIJIMANA A, WANG X, PAN G, et al. A review on indole alkaloids isolated from *Uncaria rhynchophylla*, and their pharmacological studies[J]. Fitoterapia, 2013, 86(4): 35-47.
- [3] 刘林, 赵宇红, 曾常青, 等. 钩藤在阿尔茨海默病模型中的药理作用研究进展[J]. 药学报, 2016, 51(4): 536-542.
LIU L, ZHAO Y H, ZENG C Q, et al. Research progress in pharmacological effects of *Uncaria Hook* on Alzheimer disease models[J]. Acta pharmaceutica Sinica, 2016, 51(4): 536-542.
- [4] ZHANG Q, ZHAO J J, XU J, et al. Medicinal uses, phytochemistry and pharmacology of the genus *Uncaria* [J]. Journal of ethnopharmacology, 2015, 173(1): 48-80.
- [5] SHOSHAN-BARMATZ V, NAHON-CRYSTAL E, SHTEINFER-KUZMINE A, et al. VDAC1, mitochondrial dysfunction, and alzheimer's disease[J]. Pharmacological research, 2018, 131(1): 87-101.

- [6] WILLEM M,TAHIROVIC S,BUSCHE M A,et al. η -Secretase processing of APP inhibits neuronal activity in the hippocampus[J].Nature,2015,526(7573):443-447.
- [7] CHEN F,QI W,SUN J,et al.Urinary metabolites of isorhynchophylline in rats and their neuroprotective activities in the HT22 cell assay[J].Fitoterapia,2014,97(9):156-163.
- [8] 严愉妙.广东钩藤属植物的活性成分含量测定及其药理作用的研究[D].广州:南方医科大学,2012.
- YAN Y M.Contents determination of the active ingredient in Guangdong *Uncaria* genus and its pharmacological actions[D].Guangzhou:Southern Medical University,2012.
- [9] 王义祥,侍媛媛,解双陆,等.钩藤吲哚类生物碱分析方法研究进展[J].药学进展,2013,37(6):257-264.
- WANG Y X,SHI Y Y,XIE S L,et al.Advances in research on analytical methods of indole alkaloids from *Uncaria*[J].Progress in pharmaceutical sciences,2013,37(6):257-264.
- [10] 汪运.华钩藤叶生物碱提取分离及降压活性研究[D].重庆:西南大学,2011.
- WANG Y.Extraction and separation and antihypertensive activity of alkaloids from *Uncaria sinensis*[D].Chongqing:Southwest University,2011.
- [11] 徐佳瑜,王晓红,杨胜伟,等.响应曲面法优化钩藤叶中钩藤碱和异钩藤碱的提取条件[J].中南林业科技大学学报,2018,38(10):131-138.
- XU J Y,WANG X H,YANG S W,et al.Optimization on extracting conditions of rhynchophylline and isorhynchophylline in *Uncaria rhynchophylla* leaves by response surface method[J].Journal of central south university of forestry & technology,2018,38(10):131-138.
- [12] 季晓娟,刘杰,赵泳波.钩藤茎枝不同药用部位总生物碱的含量分析[J].临床合理用药杂志,2018,11(7):50-51.
- JI X J,LIU J,ZHAO YB.Analysis on the content of total alkaloids in different parts of *Uncaria* stems branche for medicine [J].Chinese journal of clinical rational drug use,2018,11(7):50-51.
- [13] 宋祯彦,陈易璇,余婧萍,等.钩藤散活性成分治疗阿尔茨海默病作用机制的网络药理学分析[J].中草药,2018,49(24):5854-5864.
- SONG Z Y,CHEN Y X,YU J P,et al.Network pharmacological approach to investigate mechanism of active ingredients in Gouteng powder for alzheimer's disease[J].Chinese traditional and herbal drugs,2018,49(24):5854-5864.
- [14] 崔莹.钩藤化学成分和药理活性研究进展[J].西安文理学院学报(自然科学版),2015(4):16-18.
- CUI Y.Advances in study on chemical compositions and pharmacological activities of *Uncaria rhynchophylla*[J].Journal of Xi'an university(natural science edition),2015(4):16-18.
- [15] 宋欣濛,薛睿,季宇彬.钩藤中吲哚类生物碱化学成分及药理活性研究进展[J].亚太传统医药,2014,10(5):64-68.
- SONG X M,XUE R,JI Y B.A Review about the chemical constituents and pharmacological activities of indole alkaloids from *Uncaria rhynchophylla*[J].Asia-Pacific traditional medicine,2014,10(5):64-68.
- [16] 徐佳瑜.钩藤主要药效成分积累的适宜条件研究[D].贵阳:贵州大学,2018.
- XU J Y.Study on the suitable conditions for accumulation of main medicinal ingredients of *Uncaria rhynchophylla*[D].Guizhou:Guizhou University,2018.
- [17] 曾常青,罗北亮.酸性染料比色法测定钩藤的总生物碱含量[J].中药材,2007,30(8):1021-1024.
- ZENG C Q,LUO B L.Contents mensuration of total alkaloid in *Uncaria rhynchophylla* by acid dye colormetry[J].Journal of Chinese medicinal materials,2007,30(8):1021-1024.
- [18] 潘瑞炽,王小菁,李娘辉.植物生理学[M].7版.北京:高等教育出版社,2012.
- PAN R Z,WANG X Q,LI N H.Plant physiology[M].7th ed.Beijing:Higher Education Press,2012.
- [19] 张明生.贵州主要中药材规范化种植技术[M].北京:科学出版社,2013.
- ZHANG M S.Standardized planting techniques of main Chinese medicinal materials in Guizhou[M].Beijing:Science Press,2013.

- [20] 姜华, 李军, 徐强, 等. 白屈菜中总生物碱含量的酸性染料比色法测定[J]. 时珍国医国药, 2017, 28(4): 854-856.
JIANG H, LI J, XU Q, et al. Determination of total alkaloids in *chelidonii herba* by acid dye colorimetry[J]. Lishizhen medicine and materia medica research, 2017, 28(4): 854-856.
- [21] 闫晋晋. 附子发育解剖学及生物碱积累规律研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2008.
YAN J J. Study on the developmental anatomy of aconite and the accumulation of alkaloids[D]. Yangling: Northwest A&F University, 2008.
- [22] 张华, 李珊. 贵州不同产地钩藤的总生物碱含量测定[J]. 贵州农业科学, 2017, 45(1): 119-121.
ZHANG H, LI S. Determination of total alkaloids in *Uncaria rhynchophylla* from different producing areas in Guizhou[J]. Guizhou agricultural sciences, 2017, 45(1): 119-121.
- [23] 徐东升, 高言明, 杨春, 等. 贵州钩藤总生物碱含量测定研究[J]. 微量元素与健康研究, 2015(2): 34-35.
XU D S, GAO Y M, YANG C, et al. Determination of total alkaloids in *Uncaria sinensis*[J]. Studies of trace elements and health, 2015(2): 34-35.
- [24] 刘芳, 张浩, 青琳森, 等. 峨眉黄连根茎生物量积累及生物碱类成分的动态变化研究[J]. 时珍国医国药, 2015, 26(9): 2233-2235.
LIU F, ZHANG H, QING L S, et al. Research on the dynamic change of biomass and the alkaloid contents of *Coptis chinensis* Franch in Emei[J]. Lishizhen medicine and materia medica research, 2015, 26(9): 2233-2235.
- [25] RALPHS M H, GARDNER D R. Distribution of norditerpene alkaloids in tall larkspur plant parts through the growing season[J]. Journal of chemical ecology, 2003, 29(9): 2014-2021.
- [26] 王廷璞, 王勤, 安建平, 等. 不同生长期不同器官红茂草中生物碱含量的动态变化研究[J]. 安徽农业科学, 2008(17): 7294-7296.
WANG T P, WANG Q, AN J P, et al. Study on the dynamic change of alkaloid content in different organ of *Dicranostigma leptopodum* feade in different growth period[J]. Journal of Anhui agricultural sciences, 2008(17): 7294-7296.
- [27] 李春英, 胡永强. 苦豆子中生物碱的分布及其在生长期内的含量变化[J]. 植物生理学通讯, 2009, 45(9): 910-912.
LI C Y, HU Y Q. Distribution of alkaloid in different organ and changes of its contents in different growth phases of *Sophora alopecuroides* L.[J]. Plant physiology journal, 2009, 45(9): 910-912.
- [28] 金则新, 李钧敏, 丁军敏. 青钱柳不同营养器官次生代谢产物分析[J]. 安徽农业科学, 2007(13): 3806-3807.
JIN Z X, LI J M, DING J M. Analysis on the secondary metabolites in different nutrient organs of *Cyclocarya paliurus*[J]. Journal of Anhui agricultural sciences, 2007(13): 3806-3807.