

引文格式: 汪海翔, 杜春江, 魏 溱, 等. 基于主成分分析的通海乌天麻适宜采收期研究[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2024, 39(2): 101–107. DOI: [10.12101/j.issn.1004-390X\(n\).202310027](https://doi.org/10.12101/j.issn.1004-390X(n).202310027)

基于主成分分析的通海乌天麻适宜采收期研究*

汪海翔¹, 杜春江¹, 魏 溱¹, 侯 英¹, 徐 娟¹,
杨 梦¹, 刘祥义^{1**}, 苏为耿^{2**}

(1. 西南林业大学 材料与化学工程学院, 云南 昆明 650224;

2. 云南省林业和草原技术推广总站, 云南 昆明 650204)

摘要:【目的】为通海天麻质量评价标准和最佳采收期研究提供理论支撑。【方法】通过 HPLC 测定通海 5 个采收期的天麻有效成分天麻素、对羟基苯甲醇、巴利森苷 A、巴利森苷 B、巴利森苷 C 和巴利森苷 E 含量, 结合天麻产量、蛋白质与多糖含量, 采用主成分分析法计算各指标权重, 综合评价通海天麻的最佳采收期。【结果】1 月和 2 月采收的天麻产量显著高于其他采收期; 2 月采收的天麻, 其天麻素和对羟基苯甲醇总含量显著高于其他采收期; 12 月采收的天麻, 其巴利森苷类物质总含量显著高于其他采收期; 10 月、11 月和 1 月采收的天麻, 其蛋白质含量显著高于其他采收期; 12 月和 1 月采收的天麻, 其多糖含量显著高于其他采收期。主成分分析结果显示: 产量、巴利森苷类和多糖因子权重高于天麻素和对羟基苯甲醇, 蛋白质因子权重与对羟基苯甲醇相近。12 月采收期综合得分最高, 为 0.603。【结论】12 月采收通海天麻最佳, 在天麻质量评价上应重视巴利森苷类、多糖和蛋白质的含量。

关键词: 天麻; 主成分分析; 采收期

中图分类号: S567.239.091

文献标志码: A

文章编号: 1004-390X (2024) 02-0101-07

Study on the Suitable Harvest Period of *Gastrodia elata* Bl. in Tonghai Based on Principal Component Analysis

WANG Haixiang¹, DU Chunjiang¹, WEI Qin¹, HOU Ying¹, XU Juan¹,
YANG Meng¹, LIU Xiangyi¹, SU Weigeng²

(1. College of Materials and Chemical Engineering, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China;

2. Yunnan Forestry and Grassland Technology Extension Station, Kunming 650204, China)

Abstract: [Purpose] To provide theoretical support for the quality evaluation standard and the best harvesting time of *Gastrodia elata* in Tonghai. [Methods] The contents of gastrodin, *p*-hydroxybenzyl alcohol, parishin A, parishin B, parishin C and parishin E of *G. elata* in five harvest periods in Tonghai were determined by HPLC. Combined with the yield, protein and polysaccharide content of *G. elata*, the weight of each index was calculated by principal component analysis (PCA), and the best harvest time of *G. elata* was obtained by comprehensive evaluation. [Results] The yield of *G. elata*

收稿日期: 2023-10-25

修回日期: 2024-05-09

网络首发日期: 2024-05-20

*基金项目: 云南省科技厅科技人才与平台计划 (202005AF150037); 云南省重大科技专项 (202102AE090042); 云南省科技厅农业基础研究联合专项面上项目 (202301BD070001-236)。

作者简介: 汪海翔 (1997—), 男, 安徽合肥人, 在读硕士研究生, 主要从事天麻菌材研究。

E-mail: 2543663264@qq.com

**通信作者 Corresponding authors: 刘祥义 (1964—), 男, 广东梅县人, 博士, 教授, 主要从事天麻研究。

E-mail: Lluxy11@126.com; 苏为耿 (1981—), 男, 云南施甸人, 硕士, 高级工程师, 主要从事

经济林和林地中药材良种选育及栽培研究。E-mail: 916804419@qq.com

网络首发地址: <https://link.cnki.net/urlid/53.1044.S.20240520.0946.004>



harvested in January and February was significant higher than that in other harvest periods. The total content of gastrodin and *p*-hydroxybenzoic acid harvested in February were significant higher than that in other harvest periods. The content of parishin harvested in December was significant higher than that in other harvest periods. The protein content harvested in October, November and January was significant higher than that in other harvest periods. The polysaccharide content harvested in December and January was significant higher than that in other harvest periods. PCA result showed that the weight of yield, parishin, and polysaccharide were higher than that of gastrodin and *p*-hydroxybenzyl alcohol, and the weight of protein was close to *p*-hydroxybenzyl alcohol. The highest comprehensive score of harvesting in December of the planting year was 0.603. [Conclusion] The quality of *G. elata* harvested in December is the best in Tonghai, attention should be paid to the contents of parishin, polysaccharide and protein in the quality evaluation of *G. elata*.

Keywords: *Gastrodia elata*; principal component analysis; harvest period

中国传统名贵中药材天麻是兰科 (Orchidaceae) 天麻属 (*Gastrodia*) 植物天麻 (*G. elata* Bl.) 的干燥块茎, 有 2 000 多年的食、药用历史, 被称为“药材之王”, 是绿色保健珍品。天麻主要用于治疗头晕、癌症、抑郁、癫痫、惊厥、炎症、抗肝、衰老、神经保护等疾病^[1-2]。不同采收期会影响天麻的产量与有效成分含量, 进而影响天麻栽培过程中的经济效益^[3-5]。11 月收获的天麻其天麻素和多糖的含量分别为 5.813 和 21.321 mg/g, 均高于其他采收期, 随着采收时间的推后, 其对羟基苯甲醇含量有所下降^[6]。近年来, 随着云南省人工天麻种植范围的不断扩大, 玉溪市通海县成为天麻新兴种植地之一, 该地品种林麻 1 号乌天麻被云南省林业和草原局认定为天麻优良品种 (良种编号: 云 R-SV-GE-059-2021)。为明确通海种植天麻的产量与质量, 本研究以不同采收期林麻 1 号乌天麻为材料进行测定与分析。

研究采收期对天麻质量的影响时, 评价指标的选择至关重要, 目前对天麻采收期的研究主要以 11 月至次年 3 月为研究对象^[5]。以产量、折干率和天麻素含量为评价指标研究昭通乌天麻的采收期, 结果表明: 每年 11 月至次年 2 月为最佳采收时间^[7]; 以天麻多糖含量为评价指标研究贵州省大方县乌天麻的采收期, 结果表明 12 月为最佳采收时间^[8]; 以农艺性状以及天麻素、对羟基苯甲醇、巴利森苷类和多糖的含量为评价指标研究毕节红天麻的采收期, 结果表明 3 月为最佳采收时间^[9]。已有研究中, 天麻最佳采收期的评价指标主要集中于产量、天麻素含量、对羟基苯

甲醇含量、巴利森苷类含量和多糖含量, 但天麻糖蛋白具有抗凝和抗血栓的作用^[10], 不同采收期的天麻糖蛋白含量是否存在差异值得探讨。主成分分析 (principal component analysis, PCA) 法是一种对于多指标成分降维的多元统计方法, 在植物研究中应用广泛^[11-15]。本研究采用 PCA 法, 对天麻产量以及天麻素、对羟基苯甲醇、巴利森苷类、多糖和蛋白质的含量进行综合评价, 以确定通海天麻的最佳采收时间, 以期为通海天麻质量评价标准的建立及最佳采收期确定提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

林麻 1 号乌天麻 (*Gastrodia elata* Bl. form. glauca S. Chow) 样品采自玉溪市通海县四街镇天麻种植基地 (23°65'11"~24°14'49"N, 102°30'25"~102°52'53"E, 海拔 1 900 m), 年平均气温 15.7 °C, 年均降水量 881 mm。种植基地 33.33 hm², 采用林下仿野生移动菌材种植天麻。供试天麻种植于 2022 年 3 月, 于 2022 年 10 月至 2023 年 2 月的每月 15 日采收, 每个月为 1 个采收期, 每个采收期随机挖取 1 m² 产出的天麻为 1 组, 共 5 个采收期, 每个采收期设置 3 组重复。

1.2 指标测定

1.2.1 产量

将每个采收期的 3 组天麻样品用去离子水清洗, 晾干至表面无水, 称取鲜质量, 取平均值即为产量。

1.2.2 折干率

每平方米取鲜天麻样品 3~5 个, 洗净于蒸锅中隔水蒸制, 至无白心则取出冷却; 用陶瓷刀切为厚约 1 mm 的切片, 于 60 ℃ 烘箱中干燥至恒量, 即为干质量。按公式计算折干率: 折干率=鲜质量/干质量×100%。

1.2.3 天麻素、对羟基苯甲醇和巴利森苷的含量

称取天麻粉末 1.0 g, 加入 50% 乙醇 25 mL, 称量、超声 (250 W, 80 kHz) 60 min, 冷却; 用 50% 乙醇补重, 离心 4 min, 取上清液 10 mL, 浓缩至近干; 加入 3% 乙腈水溶液溶解, 定容至 25 mL, 摇匀; 用 0.45 μm 有机相滤膜过滤, 即得供试品溶液。参考《中华人民共和国药典》^[16]的方法测定乌天麻中天麻素、对羟基苯甲醇、巴利森苷 A、巴利森苷 B、巴利森苷 C、巴利森苷 E 的含量。

1.2.4 蛋白质含量

称取天麻样品粉末 0.1 g, 加入 PBS 缓冲液 1 mL, 4 ℃ 浸提 3 h, 12 000 r/min 离心 10 min, 取上清液 500 μL, 即得供试品溶液。采用 BCA 蛋白定量法^[17-18]测定蛋白质含量。

1.2.5 多糖含量

称取天麻样品粉末 0.3 g, 按料液比 1 : 40 (g : mL) 于 70 ℃ 水浴浸提 3.5 h, 超声提取 30 min, 浓缩液体至 10 mL; 加入 4 倍体积的 80% 乙醇, 沉淀 16 h, 5 000 r/min 离心 10 min, 倒去上清液既得天麻粗多糖; 加入去离子水 2 mL 溶解, 即得供试品溶液。采用苯酚硫酸法^[19]测定多糖含量。

1.3 最佳采收期的综合评价

由于选取评价天麻最佳采收期的指标为产量及 8 个有效成分, 其指标单位不同, 因此采用 PCA^[15]的零均值和归一化标准差法对各指标的原始数据进行标准化处理, 计算相关系数和特征

值, 将特征值大于 1 的成分确定为主成分, 对主成分中的系数作加权平均归一化处理, 计算各指标在主成分中的权重和各个主成分的得分, 将各主成分的方差贡献率当作权重, 计算总主成分得分, 根据得分确定天麻的最佳采收期。

1.4 数据统计与分析

采用 Excel 2010 统计数据; 采用 SPSS 22.0 进行方差分析、差异显著性分析和数据标准化。

2 结果与分析

2.1 不同采收期对产量和折干率的影响

由表 1 可知: 1 月和 2 月采收的天麻产量显著高于其他采收期, 10 月和 11 月采收的天麻产量显著低于其他采收期; 12 月采收的天麻折干率显著高于其他采收期, 10 月和次年 2 月采收的天麻折干率显著低于其他采收期。

表 1 不同采收期天麻的产量和折干率

Tab. 1 Yield and drying rate of *Gastrodia elata* in different harvest periods

采收日期 (yyyy-mm-dd) harvest date	平均产量/(kg·m ⁻²) average yield	平均折干率/% average drying rate
2022-10-15	1.31±0.03 c	17.37±0.29 d
2022-11-15	1.39±0.04 c	19.01±0.21 c
2022-12-15	1.96±0.05 b	23.80±0.04 a
2023-01-15	2.13±0.03 a	22.83±0.32 b
2023-02-15	2.09±0.03 a	17.04±0.19 d

注: 同列不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$); 下同。
Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant differences ($P<0.05$); the same as below.

2.2 不同采收期对天麻素和对羟基苯甲醇含量的影响

由表 2 可知: 1 月和 2 月采收的天麻, 其天麻素含量显著高于其他采收期; 2 月采收的天麻, 其对羟基苯甲醇含量和天麻素与对羟基苯甲醇总含量显著高于其他采收期。

表 2 不同采收期天麻的天麻素和对羟基苯甲醇的含量

Tab. 2 Contents of gastrodin and *p*-hydroxybenzyl alcohol of *G. elata* in different harvest periods

采收日期 (yyyy-mm-dd) harvest date	天麻素含量 gastrodin content	对羟基苯甲醇含量 <i>p</i> -hydroxybenzyl alcohol content	天麻素与对羟基苯甲醇总含量 total content of gastrodin and <i>p</i> -hydroxybenzyl alcohol
2022-10-15	0.24±0.00 b	0.14±0.00 c	0.38±0.00 c
2022-11-15	0.23±0.00 bc	0.17±0.00 b	0.40±0.00 c
2022-12-15	0.22±0.00 c	0.16±0.00 b	0.38±0.00 c
2023-01-15	0.29±0.00 a	0.16±0.00 b	0.45±0.00 b
2023-02-15	0.29±0.00 a	0.22±0.00 a	0.51±0.00 a

2.3 不同采收期对巴利森苷类含量的影响

由表 3 可知：10 月和 11 月采收的天麻，其巴利森苷 A 和巴利森苷 B 的含量显著高于其他采收期；12 月和次年 1 月采收的天麻，其巴利森苷 C 的含量显著高于其他采收期；12 月采收的天麻，其巴利森苷 E 含量和巴利森苷总含量显著

高于其他采收期。

2.4 不同采收期对蛋白质与多糖含量的影响

由表 4 可知：10 月、11 月和次年 1 月采收的天麻，其蛋白质含量显著高于其他采收期，12 月和次年 1 月采收的天麻，其多糖含量显著高于其他采收期。

表 3 不同采收期天麻的巴利森苷含量
Tab. 3 Parishin content of *G. elata* in different harvest periods %

采收日期 (yyyy-mm-dd) harvest date	巴利森苷A含量 parishin A content	巴利森苷B含量 parishin B content	巴利森苷C含量 parishin C content	巴利森苷E含量 parishin E content	巴利森苷总含量 total parishin content
2022-10-15	1.10±0.02 a	0.54±0.00 a	0.11±0.00 c	0.61±0.01 c	2.36±0.01 b
2022-11-15	1.13±0.02 a	0.56±0.01 a	0.09±0.00 c	0.61±0.01 c	2.39±0.01 b
2022-12-15	0.78±0.02 c	0.46±0.02 b	0.46±0.00 a	0.81±0.01 a	2.51±0.01 a
2023-01-15	0.86±0.02 b	0.17±0.00 c	0.49±0.01 a	0.69±0.01 b	2.21±0.01 c
2023-02-15	0.59±0.00 d	0.05±0.00 d	0.38±0.00 b	0.60±0.00 c	1.62±0.00 d

表 4 不同采收期天麻的蛋白质和多糖含量
Tab. 4 Contents of protein and polysaccharide of *G. elata* in different harvest periods %

采收日期 (yyyy-mm-dd) harvest date	蛋白含量 protein content	多糖含量 polysaccharide content
2022-10-15	5.38±0.10 a	18.13±0.06 d
2022-11-15	5.42±0.07 a	19.33±0.23 c
2022-12-15	4.53±0.23 c	34.07±0.40 a
2023-01-15	5.48±0.28 a	35.33±0.50 a
2023-02-15	4.84±0.05 b	29.50±0.50 b

2.5 不同采收期天麻有效成分与产量的主成分分析

对评价天麻最佳采收期的产量及 8 个有效成分数据进行标准化处理，结果见表 5。将标准化后的数据进行主成分分析，对特征值大于 1 的数据进行提取，结果(表 6)显示：特征值大于 1 的主成分有 3 个，累计方差贡献率达到 88.110%，表明提取的这 3 个主成分可反映天麻品质性状的大部分信息，可作为天麻评价的综合指标。第 1 主成分的特征值为 4.714，方差贡献率为 52.373%，在综合评价中占主导作用，其中，巴利森苷 C、多糖和产量的正向载荷值较大，分别为 0.400、0.369 和 0.447，说明这 3 个指标对主成分 1 起决定作用；主成分 2 中，巴利森苷 B、巴利森苷 E 和多糖的正向载荷值较大，分别为 0.320、0.647 和 0.254，说明这 3 个指标对主成分 2 起决定作用；主成分 3 中，天麻素和对羟基苯甲醇正向载荷值较大，分别为 0.240 和 0.611，说明这 2 个指

标对主成分 3 起决定作用。

根据载荷矩阵与各主成分特征值，计算各成分权重值并得出各主成分的函数表达式，分别为： $F_1=0.117X_1+0.103X_2-0.196X_3-0.182X_4+0.184X_5+0.024X_6+0.17X_7-0.102X_8+0.206X_9$ ； $F_2=-0.287X_1-0.201X_2+0.005X_3+0.229X_4+0.127X_5+0.462X_6+0.182X_7-0.269X_8+0.021X_9$ ； $F_3=0.214X_1+0.545X_2+0.118X_3+0.144X_4+0.004X_5+0.14X_6-0.348X_7-0.507X_8-0.137X_9$ ；其中 $X_1, X_2, X_3, \dots, X_9$ 表示不同评价指标。以 3 个主成分的方差贡献率作为各自权重构建综合评价模型，得出综合得分 $F=0.52373F_1+0.21755F_2+0.13982F_3$ ；利用该模型计算不同采收期的综合得分并排序，结果(表 7)显示：不同采收期平均综合得分排名依次为 2022-12-15>2023-02-15>2023-01-15>2022-11-15>2022-10-15，采收期 2022-12-15 得分最高 (0.603)。

3 讨论

3.1 以产量与折干率为评价指标

折干率是指经晒干后的药材与鲜药材质量的比值，不同中药材的折干率不同，同一中药材的折干率也会因产地、采收时间、品种差异等原因有所差别^[20-22]。本研究显示：天麻产量与折干率随着采收期的不同具有差异性，从 10 月至次年 2 月采收，产量整体呈增加趋势，1 月采收产量最高，说明此阶段处于天麻生长活跃期，推测这一阶段天麻快速吸收密环菌以满足生长，从而造成

表 5 不同采收期评价指标的标准化

Tab. 5 Standardization of evaluation indicators in different harvest periods

采收日期 (yyyy-mm-dd) harvest date	天麻素 gastrodin	对羟基苯甲醇 <i>p</i> -hydroxybenzyl alcohol	巴利森苷A parishin A	巴利森苷B parishin B	巴利森苷C parishin C	巴利森苷E parishin E	多糖 polysaccharide	蛋白质 protein	产量 yield
2022-10-15	0.155	−0.761	1.106	0.897	−0.864	−1.112	−1.401	0.370	−1.278
2022-10-15	0.155	0.690	0.934	0.827	−1.087	0.564	−1.652	0.411	−1.281
2022-10-15	−1.423	−1.970	1.020	1.032	−0.869	−0.373	−0.385	0.760	−1.276
2022-11-15	−0.746	−0.277	0.805	0.928	−1.085	0.059	−0.636	0.473	−1.052
2022-11-15	0.155	0.206	1.363	0.701	−0.999	−0.292	−1.388	0.760	−1.057
2022-11-15	−0.971	−0.035	1.234	0.928	−1.090	−0.599	−0.962	0.555	−1.046
2022-12-15	−0.296	0.206	0.164	0.701	1.062	1.519	0.781	−1.515	0.511
2022-12-15	−1.872	−1.245	−0.746	0.505	0.624	2.374	1.345	−0.675	0.429
2022-12-15	−0.071	0.206	−0.459	0.496	0.465	0.726	0.430	−1.494	0.593
2023-01-15	1.192	0.980	−0.728	−1.093	0.367	−0.444	0.969	−0.839	0.962
2023-01-15	1.799	−1.390	0.002	−1.079	0.903	0.399	1.031	0.841	0.970
2023-01-15	−0.476	−0.229	−1.136	−1.088	−0.160	−1.590	1.031	2.132	0.953
2023-02-15	0.808	1.198	−1.189	−1.260	0.333	−0.410	0.279	−0.593	0.858
2023-02-15	0.740	1.174	−1.176	−1.249	0.138	−0.408	0.254	−0.675	0.871
2023-02-15	0.853	1.246	−1.193	−1.246	2.261	−0.413	0.304	−0.511	0.844

表 6 3 个主成分的载荷矩阵、特征值、方差贡献率和累积方差贡献率

Tab. 6 Load matrix, eigenvalue, variance contribution rate and cumulative variance contribution rate of three principal components

评价指标 evaluating indicator	PC1	PC2	PC3
天麻素 gastrodin	0.255	−0.401	0.240
对羟基苯甲醇 <i>p</i> -hydroxybenzyl alcohol	0.224	−0.281	0.611
巴利森苷A parishin A	−0.426	0.007	0.132
巴利森苷B parishin B	−0.396	0.320	0.162
巴利森苷C parishin C	0.400	0.178	0.004
巴利森苷E parishin E	0.052	0.647	0.160
多糖 polysaccharide	0.369	0.254	−0.391
蛋白质 protein	−0.221	−0.377	−0.569
产量 yield	0.447	0.030	−0.154
特征值 eigenvalue	4.714	1.958	1.258
方差贡献率/% variance contribution rate	52.373	21.755	13.982
累积方差贡献率/% cumulative variance contribution rate	52.373	74.128	88.110

表 7 不同采收期天麻主成分得分、综合得分及排名

Tab. 7 Principal component score, comprehensive score and ranking of *G. elata* in different harvest periods

采收日期 (yyyy-mm-dd) harvest date	F_1	F_2	F_3	F	平均综合得分 average comprehensive score	排名 rank
	−1.17	−0.69	0.19	−0.73		
2022-10-15	−1.02	−0.30	1.26	−0.42	−0.64	5
	−1.33	0.46	−1.24	−0.77		
	−1.01	0.11	0.05	−0.50		
2022-11-15	−1.08	−0.66	0.60	−0.62	−0.59	4
	−1.18	−0.26	0.16	−0.65		
	0.45	1.60	0.81	0.70		
2022-12-15	0.26	2.51	−0.94	0.55	0.60	1
	0.46	0.98	0.74	0.56		
	1.09	−0.53	0.44	0.52		
2023-01-15	0.73	−0.20	−1.39	0.14	0.10	3
	0.43	−1.19	−2.31	−0.36		
	1.02	−0.69	0.53	0.46		
2023-02-15	0.97	−0.67	0.56	0.44	0.53	2
	1.37	−0.48	0.53	0.69		

不同采收期的产量具有差异；次年 1 月与 2 月的产量无显著差异，表明这一时期天麻已经完成生长、不吸收密环菌营养并进入休眠期。这与昭通小草坝天麻产区的最高产量采收期相似，但与钟鸣天麻产区的最高产量采收期不同^[7]，说明不同地域环境会导致天麻最佳采收期不同。

3.2 以化学成分为评价指标

本研究显示:天麻素、对羟基苯甲醇、巴利森苷、多糖和蛋白质含量与采收期有关。随着天麻的生长,天麻素与对羟基苯甲醇总含量呈上升趋势,其中次年 1 月和 2 月采收的天麻,其天麻素含量较高,与邓青芳等^[23]对不同采收期贵州乌天麻 3 种动态成分的研究结果相似,说明不同地域环境下乌天麻天麻素与对羟基苯甲醇动态变化具有相似性。巴利森苷能够改善衰老诱导的心肺纤维化,缓解肠道菌群失调,对于抗衰老有良好的效果^[2]。巴利森苷会受到温度影响而分解^[24],本研究发现:巴利森苷类总含量在 12 月至次年 2 月采收的天麻中下降,分析其原因可能是不同采收期温度不同,导致巴利森苷分解。天麻多糖具有多种药理活性,如抗炎、抗氧化、抗衰老、调节免疫功能、保肝及降血脂等^[25],其多糖含量在不同采收期存在显著差异。天麻蛋白质因具有高抑菌活性而备受关注,其提取工艺也逐渐得到完善^[26]。本研究显示:天麻蛋白质在不同采收期也存在显著差异,说明蛋白质可以作为天麻质量和采收期的综合评价指标之一。

3.3 以 PCA 综合得分为评价指标

PCA 广泛应用于中药材质量评价,如杨永学等^[27]对不同产地芡实 15 种元素的差异进行了研究;刘奇越等^[28]对不同产地蔓荆子的质量进行了评价;吴禄祥等^[29]对不同产地两面针的药材质量进行了评价。本研究采用 PCA 法对不同采收期天麻进行分析,将多指标归类为 3 个主成分,并计算得出产量、巴利森苷类物质含量和多糖含量权重高于天麻素,蛋白质含量与对羟基苯甲醇含量的权重相近,与张远帆等^[15]的研究结果相似,说明在天麻质量评价中还应重视蛋白质、多糖与巴利森苷类物质,且采用 PCA 对天麻不同采收期进行综合评价的结果更为客观。

4 结论

采收期会影响天麻的产量、折干率及有效成分(天麻素、对羟基苯甲醇、巴利森苷、蛋白质、多糖)含量。以天麻素、对羟基苯甲醇和产量为指标评价天麻最佳采收期具有局限性,巴利森苷、蛋白质和多糖可作为天麻质量评价的指标。12 月是通海天麻的最佳采收期。研究结果可

为天麻最佳采收期的确定与评价指标的选取提供参考。

[参考文献]

- [1] YIN Q, YAN R, WANG Y, et al. Gastrodin from *Gastrodia elata* attenuates acute myocardial infarction by suppressing autophagy: key role of the miR-30a-5p/ATG-5 pathway[J]. Journal of Functional Foods, 2023, 102(5): 105429. DOI: 10.1016/j.jff.2023.105429.
- [2] 王信, 李莉, 杨宝慧, 等. 天麻活性成分巴利森苷B对匹鲁卡品致痫小鼠痫性行为的干预作用及网络药理学作用机制分析[J]. 中国医院药学杂志, 2022, 42(6): 595. DOI: 10.13286/j.1001-5213.2022.06.04.
- [3] 孙瑞泽, 王凤敏, 魏玲, 等. 不同等级零代种对商品天麻产量及经济效益的影响[J]. 西北园艺, 2023(9): 74. DOI: 10.3969/j.issn.1004-4183.2023.09.032.
- [4] 王丽, 马聪吉, 张智慧, 等. 不同定植密度和种苗等级对乌天麻地下块茎主要农艺性状和经济指标的影响[J]. 西南农业学报, 2017, 30(1): 62. DOI: 10.16213/j.cnki.scjas.2017.1.012.
- [5] GONG M Q, LAI F F, CHEN J Z, et al. Traditional uses, phytochemistry, pharmacology, applications, and quality control of *Gastrodia elata* Blume: a comprehensive review[J]. Journal of Ethnopharmacology, 2023, 319: 117128. DOI: 10.1016/j.jep.2023.117128.
- [6] 刘天睿, 陈向东, 王忠巧, 等. 彝良乌天麻最佳采收期初步研究[J]. 中药材, 2019, 42(9): 1985. DOI: 10.13863/j.issn1001-4454.2019.09.004.
- [7] 刘金美, 田治蛟, 戴堃, 等. 昭通乌天麻最佳采收期研究[J]. 中国现代中药, 2016, 18(2): 189. DOI: 10.13313/j.issn.1673-4890.2016.2.015.
- [8] 马风伟, 李莹, 潘成, 等. 不同采收期乌天麻中多糖的提取及含量测定[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(22): 47. DOI: 10.3969/j.issn.1005-6521.2018.22.009.
- [9] 朱棚英, 周雪, 朱艳柳, 等. 采收时间对毕节红天麻成分及主要农艺性状的影响[J]. 中药材, 2023, 46(4): 946. DOI: 10.13863/j.issn1001-4454.2023.04.025.
- [10] 丁诚实, 沈业寿, 李赓, 等. 天麻糖蛋白的抗凝与抗栓作用[J]. 中国中药杂志, 2007, 32(11): 1060. DOI: 10.3321/j.issn:1001-5302.2007.11.017.
- [11] 常昊, 赖亮民, 钟武杰, 等. 主成分分析不同包装材料下白灵菇低温贮藏品质变化[J]. 北方园艺, 2023(18): 87. DOI: 10.11937/bfy.20230577.
- [12] 吴蓓, 彭春燕, 李军茂, 等. 基于UFLC-Q-TOF-MS/MS技术及PCA分析的不同产地杏香兔耳风药材差异研究[J]. 中国中药杂志, 2017, 42(21): 4165. DOI: 10.19540/j.cnki.cjcmm.2017.0162.
- [13] 汪萌. 基于多重分析手段的三七商品规格等级划分研究[D]. 北京: 北京中医药大学, 2021.
- [14] 巫晓霞, 黄群, 李羿. 基于多元统计学的茯苓质量综合评价[J]. 化学研究与应用, 2022, 34(10): 2472. DOI: 10.3969/j.issn.1004-1656.2022.10.027.
- [15] 张远帆, 王尚涛, 莫可, 等. 基于PCA-熵权TOPSIS法的汉中天麻外观性状与成分含量综合评价研究[J]. 广西科学, 2023, 30(6): 1204. DOI: 10.13656/j.cnki.gxkx.2024

- 0125.019.
- [16] 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.
- [17] 汪菲菲, 李娟, 陈克金, 等. 紫外—可见分光光度法检测高纯度人C1酯酶抑制剂蛋白质含量的经验公式[J]. 微生物学免疫学进展, 2023, 51(3): 28. DOI: [10.13309/j.cnki.pmi.2023.03.005](https://doi.org/10.13309/j.cnki.pmi.2023.03.005).
- [18] 王亚君, 刘进, 国建娜. 不同检测方法对牛奶中蛋白质含量的检测研究[J]. 中国饲料, 2023(8): 86. DOI: [10.15906/j.cnki.cn11-2975/s.20230821](https://doi.org/10.15906/j.cnki.cn11-2975/s.20230821).
- [19] 徐娟, 付晓娜, 周海, 等. 黄精多糖提取、单糖组成及抗氧化活性分析[J]. 粮食与油脂, 2022, 35(7): 141. DOI: [10.3969/j.issn.1008-9578.2022.07.030](https://doi.org/10.3969/j.issn.1008-9578.2022.07.030).
- [20] XUE X F, LI F L, XU M K, et al. Gastrodin ameliorates atherosclerosis by inhibiting foam cells formation and inflammation through down-regulating NF- κ B pathway[J]. Nutrition & Metabolism, 2023, 20(1): 9. DOI: [10.1186/s12986-022-00722-z](https://doi.org/10.1186/s12986-022-00722-z).
- [21] ZHANG M J, CUI S M, MAO B Y, et al. Effects and mechanism of gastrodin supplementation on exercise-induced fatigue in mice[J]. Food & Function, 2023, 14(2): 787. DOI: [10.1039/d2fo03095k](https://doi.org/10.1039/d2fo03095k).
- [22] WEN Y, ZHANG X L, WEI L H, et al. Gastrodin attenuates renal injury and collagen deposition *via* suppression of the TGF- β 1/Smad2/3 signaling pathway based on network pharmacology analysis[J]. Frontiers in Pharmacology, 2023, 14: 1082281. DOI: [10.3389/fphar.2023.1082281](https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1082281).
- [23] 邓青芳, 马凤伟, 费强, 等. 不同采收期贵州乌天麻中三种成分动态分析[J]. 黑龙江农业科学, 2019(6): 113. DOI: [10.11942/j.issn1002-2767.2019.06.0113](https://doi.org/10.11942/j.issn1002-2767.2019.06.0113).
- [24] 田紫平, 肖慧, 冯舒涵, 等. 天麻有效成分巴利森苷的降解规律分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2017, 23(23): 18. DOI: [10.13422/j.cnki.syfjx.2017230018](https://doi.org/10.13422/j.cnki.syfjx.2017230018).
- [25] 李光美, 王朝群, 唐超, 等. 天麻多糖对阿尔茨海默症小鼠焦虑行为及记忆功能的影响[J]. 遵义医科大学学报, 2023, 46(3): 227. DOI: [10.14169/j.cnki.zunyixuebao.2023.0044](https://doi.org/10.14169/j.cnki.zunyixuebao.2023.0044).
- [26] 陈伊铃. 黄芩及天麻有效成分提取工艺优化和抗菌活性研究[D]. 吉林: 吉林大学, 2017.
- [27] 杨永学, 陈毛华, 刘坤, 等. 基于ICP-MS/ICP-OES及主成分分析法研究不同产地芡实15种元素的差异[J]. 中国食品添加剂, 2024, 35(3): 254. DOI: [10.19804/j.issn1006-2513.2024.3.031](https://doi.org/10.19804/j.issn1006-2513.2024.3.031).
- [28] 刘奇越, 马恩耀, 周劲松, 等. 基于主成分分析的不同产地蔓荆子的质量评价研究[J]. 江西化工, 2023, 39(6): 45. DOI: [10.14127/j.cnki.jiangxihuagong.2023.06.002](https://doi.org/10.14127/j.cnki.jiangxihuagong.2023.06.002).
- [29] 吴禄祥, 黄若干, 蓝晓东, 等. 基于主成分分析的不同产地两面针药材质量评价[J]. 中南农业科技, 2023, 44(10): 23. DOI: [10.3969/j.issn.1007-273X.2023.10.007](https://doi.org/10.3969/j.issn.1007-273X.2023.10.007).

责任编辑: 何承刚