

2 种类型滇黄精生药学指标和化学成分动态分析

李 玲¹, 杨玉玲¹, 黄玉玲¹, 王朝梁², 杨志连³, 田迎秋^{1,2*}
(1. 文山州农业科学院药物生物技术研究, 云南 文山 663000; 2. 文山学院三七医药学院, 云南 文山 663000; 3. 文山阳禾旭中药材种植有限公司, 云南 文山 663000)

摘要: **目的** 分析 2 种类型滇黄精生药学指标和化学成分动态。**方法** 采集 4 年生的 2 种类型滇黄精在不同月份的块茎, 测定折干率、总灰分、浸出物、黄精多糖、总皂苷、总黄酮、酚类含量, 计算 4 种成分在不同月份的积累量, 并与主成分分析相结合进行综合评价。**结果** 生药学指标方面, M 型折干率最高值在 5 月, 达到 52.22%, 而 L 型在 4 月, 达到 25.11%; 在总灰分、浸出物 2 项指标中, 2 种类型滇黄精变化趋势差异不大; 化学成分方面, M 型多糖含量的高值在 1、4、9、11 月均有分布, L 型只在 4~5、11 月分布; 其他指标除皂苷最高值相同(均为 11 月)外, 总黄酮、酚类及主成分因子得分的动态变化趋势与极值有所差异。**结论** 基于折干率、生育期、多糖和主成分得分的动态变化与最高值, 应以 M 型滇黄精作为种植推广的首选并以此选育新品种, 而 L 型作为品种改良的潜在资源应加以保护和收集。

关键词: 滇黄精; 折干率; 浸出物; 黄精多糖; 总皂苷; 总黄酮; 酚类; 动态分析

中图分类号: R284.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1528(2021)06-1548-07

doi: 10.3969/j.issn.1001-1528.2021.06.029

Dynamic analysis of pharmacognosy indexes and chemical components of two types of *Polygonatum kingianum*

LI Ling¹, YANG Yu-ling¹, HUANG Yu-ling¹, WANG Chao-liang², YANG Zhi-lian³,
TIAN Ying-qiu^{1,2*}

(1. Wenshan Academy of Agrcultural Sciences, Wenshan 663000, China; 2. College of Notoginseng Medicine and Pharmacy, Wenshan University, Wenshan 663000, China; 3. Wenshan Yanghe Xu Chinese Medicinal Planting Co., Ltd., Wenshan 663000, China)

KEY WORDS: *Polygonatum kingianum* Coll. et Hernsl.; drying rate; extractives; polygonatum polysaccharides; total saponins; total flavonoids; phenols; dynamic analysis

黄精为百合科植物滇黄精 *Polygonatum kingianum* Coll. et Hernsl.、黄精 *Polygonatum sibiricum* Red. 或多花黄精 *Polygonatum cyrtoneura* Hua 的干燥根茎^[1], 味甘、平, 归脾、肺、肾经, 具有补气养阴、健脾、润肺、益肾之功, 用于滋补强身和治疗肾虚精亏、肺虚燥咳以及脾胃虚弱之症^[2-3]。现代药理研究表明, 黄精多糖是黄精的重要活性成分, 具有抗肿瘤、抗氧化、抗炎抗菌、调节血糖血脂、调节免疫、改善记忆力等功能^[4-5]; 皂苷是黄精属植物的主要活性成分之一^[6], 具有调节血糖、提高免疫、抗肿瘤等作用; 黄酮类是一种重要的天然产物, 也是黄精主要化学成分之

一^[7], 具有降血糖、抗肿瘤等作用; 多酚作为植物体内重要的代谢物质, 药理作用丰富, 已经成为评价药材质量的重要指标之一^[8]。

滇黄精是云南省范围内广泛种植的黄精品种, 由于其变异性较大, 有很多种表型, 主要为 2 种, 其明显特征是 1 种芽头更多, 约是另 1 种数量的 2 倍以上(成熟期时), 出芽时间和花期也较早(约 2 月份), 盛花期和果实成熟期分别为 4 月中旬和 8 月中旬, 适于较高海拔种植(1 300 m 以上), 叶片窄而细长, 花型相对较小, 抗病性、抗旱性较强, 因而易于管理, 受种植户喜好, 民间俗称“中红花黄精”或“多芽黄精”, 本研究简称为

收稿日期: 2020-11-06
作者简介: 李 玲 (1983—), 女, 硕士, 从事中药资源收集与利用研究。Tel: 15758800092, E-mail: 287694310@qq.com
* 通信作者: 田迎秋 (1981—), 男, 博士, 从事中药种质资源创新利用与产品开发研究。Tel: 18896393938, E-mail: 920746242@qq.com

“M 型滇黄精”；另 1 种芽头较少，但芽头大，出芽和开花时间、盛花期、果实成熟期均相对晚约 1 个半月至 2 个月，花型相对较大，民间俗称“大红 花黄精”或“少芽黄精”，适于较低海拔种植（1 300 m 以下），本研究简称为“L 型滇黄精”。除此之外，这 2 种滇黄精在果实内层颜色、花序或果柄长短与分支数量、茎杆及块根质地等方面也都有明显差异。

本研究结合农艺学性状、生药学指标和化学成分等多个指标，以折干率、灰分、浸出物、黄精多糖、皂苷、黄酮、酚类等 7 个指标考察这 2 种类型滇黄精，通过综合分析评价，旨在比较两者品质差异，以期 为种植户选种及精细化管理提供参考，亦为以两者作为亲本来选育优良新品种及与其他黄精品种杂交选育奠定基础。

1 材料

1.1 仪器 T6 新世纪型紫外可见分光光度计（北京普析通用仪器有限责任公司）；电热鼓风干燥箱（上海一恒科学仪器有限公司）；SX2-4-10A 型箱式电阻炉（绍兴市上虞道墟科析仪器厂）；Advanced-I-12 型超纯水机（成都艾柯水处理设备有限公司）；HHS 型电热恒温水浴锅（上海博讯实业有限公司医疗设备厂）；FA2004 型电子天平（上海舜宇恒平科学仪器有限公司）；C10002 型电子天平（杭州万特衡器有限公司）；SB-5200D 型超声波清洗机（宁波新芝生物科技股份有限公司）。

1.2 试剂与药物 人参皂苷 Re 对照品（成都格

莱特生物科技有限公司，批号 DST180226-014）；芦丁对照品（四川省维克奇生物科技有限公司，批号 wkq19010203）；没食子酸对照品（成都格莱特生物科技有限公司，批号 DST190715-008）；葡萄糖对照品（成都格莱特生物科技有限公司，批号 DST190624-005）。蒽酮、浓硫酸、无水乙醇、高氯酸、NaNO₂、Al（NO₃）₃、NaOH、福林酚、Na₂CO₃、香草醛、冰醋酸等试剂均为国产分析纯。

滇黄精为文山阳禾旭中药材种植有限公司黄精基地的滇黄精根茎，来源于云南省文山州文山市簿竹镇木期黑村，海拔 1 679.0 m，北纬 23°43′43′，东经 103°99′42′，经专家鉴定为正品。

2 方法和结果

2.1 2 种类型滇黄精性状

2.1.1 原植物形态特征 滇黄精 *Polygonatum kingianum* Coll. et Hemsl 为百合科黄精属草本植物，根状茎近圆柱形或近连珠状，结节有时作不规则菱状，肥厚；茎顶端作攀援状；叶轮生，每轮 3~10 枚，条形、条状披针形或披针形，先端拳卷；花序具花，总花梗下垂，花梗苞片膜质，微小，通常位于花梗下部；花被粉红色，裂片长 3~5 mm；花丝长 3~5 mm，丝状或两侧扁，花药长 4~6 mm；子房长 4~6 mm；浆果红色，直径 1~1.5 cm，具 7~12 颗种子；花期 3~6 月，果期 6~10 月。

2.1.2 不同生育期形态特征 在云南省种植的滇黄精主要有 2 种表现类型，本实验暂时分别命名为 M 型、L 型，其形态特征差异见表 1。

表 1 2 种类型滇黄精形态差异

Tab. 1 Morphological differences between two types of *P. kingianum*

类型	出芽时间	盛花期	挂果时间	果实成熟时间	叶片	茎杆	块根
M 型	2 月	4 月中旬	6 月中旬	8 月中旬	叶片窄、细长	茎杆较细,呈淡红色	芽头较小,数量多
L 型	3 月	5 月中旬	7 月中旬	11 中旬	叶片厚,宽大	茎杆较粗,呈暗绿色	芽头较大,数量少

2.2 样品采集 通过随机抽样法，于 2018 年 6 月在黄精基地选取无病虫害、生长年限一致的 2 种类型的滇黄精分别进行挂牌，于 2018 年 7 月至 2019 年 6 月每月下旬在基地对挂牌的植株进行取样。取样前 30 min 将温湿度计放置于预取样品附近，取样时记录温湿度。每种类型每次取样 3 株，每株取 2~3 年生龄节的根茎，具体信息见表 2。

2.3 折干率测定 将滇黄精根茎洗净晾干，称鲜重后切片，60 ℃烘干后称量干重，根据公式（干重/鲜重）×100% 计算折干率，结果见表 2。

由此可知，2 种类型滇黄精样品折干率变化差异较大，其中 M 型样品的折干率在 8.03% ~

52.22% 之间，在不同采收月份的变化较大，但总体相对较高，在 5 月、7 月出现了 2 个高值，分别为 52.22%、43.63%；L 型样品的折干率在 9.23%~25.11% 之间，不同采收月份变化相对较小，在 4、5 月相对较高，分别为 25.11%、24.41%，见图 1。

2.4 总灰分测定 按 2020 年版《中国药典》四部中通则 2302 法进行测定，结果见表 3~4、图 2。

由此可知，M 型、L 型不同月份采收样品总灰分含量均具有统计学差异，2 种类型滇黄精在不同月份采收的样品总灰分含量变化趋势一致，其中 M 型样品的总灰分含量在 2.56%~7.10% 之间，有 7

表 2 样品信息

Tab. 2 Information of samples

类型	编号	采收月份	取样时间	气温/℃	鲜重/g	干重/g	折干率/%
M 型	M1	1	2019. 01. 26	24. 1	635. 88	190. 00	29. 88
	M2	2	2019. 02. 25	23. 7	376. 07	59. 11	15. 72
	M3	3	2019. 03. 26	28. 2	362. 78	57. 66	15. 89
	M4	4	2019. 04. 27	34. 5	232. 13	54. 29	23. 39
	M5	5	2019. 05. 27	30. 8	339. 53	177. 29	52. 22
	M6	6	2019. 06. 27	28. 0	519. 86	107. 39	20. 66
	M7	7	2018. 07. 24	24. 5	78. 67	34. 32	43. 63
	M8	8	2018. 08. 28	23. 0	111. 72	24. 34	21. 79
	M9	9	2018. 09. 27	20. 5	239. 00	54. 00	22. 59
	M10	10	2018. 10. 26	19. 0	165. 15	13. 26	8. 03
	M11	11	2018. 11. 24	16. 0	569. 00	132. 21	23. 24
	M12	12	2018. 12. 27	13. 2	661. 95	76. 00	11. 48
L 型	L1	1	2019. 01. 26	24. 1	357. 38	72. 00	20. 15
	L2	2	2019. 02. 25	23. 7	808. 50	115. 51	14. 29
	L3	3	2019. 03. 26	28. 2	510. 30	92. 96	18. 22
	L4	4	2019. 04. 27	34. 5	282. 54	70. 95	25. 11
	L5	5	2019. 05. 27	30. 8	612. 96	149. 64	24. 41
	L6	6	2019. 06. 27	28. 0	471. 02	80. 64	17. 12
	L7	7	2018. 07. 24	24. 5	300. 00	27. 691	9. 23
	L8	8	2018. 08. 28	23. 0	208. 88	31. 71	15. 19
	L9	9	2018. 09. 27	20. 5	123. 00	21. 00	17. 07
	L10	10	2018. 10. 26	19. 0	114. 13	20. 16	17. 66
	L11	11	2018. 11. 23	16. 0	325. 00	70. 93	21. 82
	L12	12	2018. 12. 27	13. 2	467. 95	66. 00	14. 10

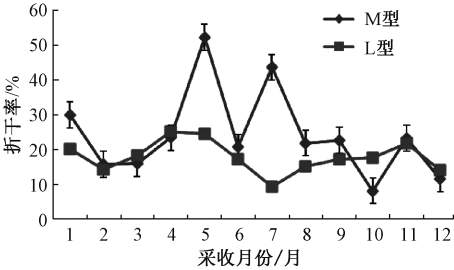


图 1 不同采收月份滇黄精折干率变化
Fig. 1 Changes in content of drying rate of *P. kingianum* in different months

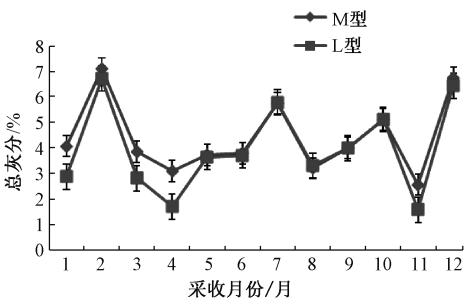


图 2 不同采收月份滇黄精总灰分含量变化
Fig. 2 Changes in content of total ash of *P. kingianum* in different months

表 3 M 型滇黄精不同采收月份成分含量测定结果 ($\bar{x}\pm s$, $n=3$)

Tab. 3 Results of content determination of constituents in different growth months of M-type *P. kingianum* ($\bar{x}\pm s$, $n=3$)

编号	灰分/%	浸出物/%	多糖/%	皂苷/%	黄酮/($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	酚类/($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)
M1	4. 07±0. 39 ^{Dd}	81. 62±1. 09 ^{Aa}	28. 90±2. 34 ^{Aa}	1. 37±0. 04 ^{Bc}	0. 15±0. 01 ^{Dd}	0. 18±0. 01 ^{Ff}
M2	7. 10±0. 06 ^{Aa}	62. 81±0. 13 ^{Ee}	15. 03±1. 97 ^{CD}	1. 31±0. 08 ^{BC}	0. 15±0. 01 ^{Bd}	0. 61±0. 03 ^{Cc}
M3	3. 85±0. 12 ^{Dd}	74. 35±1. 31 ^{Cc}	24. 83±3. 99 ^{AB}	1. 14±0. 06 ^{Df}	0. 27±0. 00 ^{Cc}	1. 58±0. 02 ^{Aa}
M4	3. 10±0. 29 ^{FGe}	81. 38±0. 23 ^{Aa}	27. 70±1. 91 ^{Aab}	1. 29±0. 06 ^{BC}	0. 11±0. 00 ^{Dd}	0. 12±0. 00 ^{Fg}
M5	3. 73±0. 33 ^{DEd}	77. 88±0. 09 ^{Bb}	20. 23±1. 07 ^{BC}	1. 21±0. 12 ^{CD}	0. 13±0. 01 ^{Dd}	0. 27±0. 02 ^{Ee}
M6	3. 79±0. 15 ^{Dd}	81. 64±0. 22 ^{Aa}	24. 80±5. 26 ^{AB}	1. 20±0. 05 ^{CD}	0. 14±0. 00 ^{Dd}	0. 26±0. 01 ^{Ee}
M7	5. 75±0. 51 ^{Bb}	67. 57±1. 76 ^{Dd}	12. 20±0. 20 ^{Df}	1. 12±0. 02 ^{Df}	0. 68±0. 07 ^{Bb}	0. 38±0. 03 ^{Dd}
M8	3. 20±0. 01 ^{EFe}	81. 09±2. 28 ^{Aa}	24. 34±1. 44 ^{AB}	1. 55±0. 02 ^{Ab}	0. 86±0. 17 ^{Aa}	0. 28±0. 04 ^{Ee}
M9	4. 00±0. 05 ^{Dd}	81. 27±0. 67 ^{Aa}	26. 90±1. 57 ^{Aab}	1. 57±0. 03 ^{Ab}	0. 10±0. 01 ^{Dd}	0. 12±0. 05 ^{Fg}
M10	5. 12±0. 01 ^{Cc}	75. 48±1. 41 ^{BC}	16. 93±4. 81 ^{CD}	1. 36±0. 03 ^{Bc}	0. 14±0. 01 ^{Dd}	0. 18±0. 03 ^{Ff}
M11	2. 56±0. 03 ^{Gf}	82. 52±0. 92 ^{Aa}	25. 93±1. 15 ^{AB}	1. 68±0. 08 ^{Aa}	0. 11±0. 01 ^{Dd}	0. 04±0. 01 ^{Gh}
M12	6. 76±0. 19 ^{Aa}	62. 99±0. 11 ^{Ee}	14. 90±0. 82 ^{CD}	0. 89±0. 06 ^{Ef}	0. 17±0. 02 ^{CD}	1. 05±0. 04 ^{Bb}

注:同列中不同大写字母表示差异有统计学意义($P<0. 01$),同列中不同小写字母表示差异有统计学意义($P<0. 05$)。

表 4 L 型滇黄精不同采收月份的成分含量测定结果 ($\bar{x}\pm s$, $n=3$)

Tab. 4 Results of content determination of constituents in different growth months of L-type *P. kingianum* ($\bar{x}\pm s$, $n=3$)

编号	灰分/%	浸出物/%	多糖/%	皂苷/%	黄酮/(mg·g ⁻¹)	酚类/(mg·g ⁻¹)
L1	2.87±0.02 ^{Fg}	81.48±1.56 ^{Aa}	18.2±1.2288 ^{Ccd}	1.21±0.78 ^{ABabc}	0.13±0.01 ^{Bb}	0.23±0.01 ^{DEefg}
L2	6.72±0.40 ^{Aa}	67.71±0.11 ^{DEef}	17.07±0.93 ^{CDdl}	1.12±0.08 ^{ABbc}	0.16±0.01 ^{Bb}	0.64±0.09 ^{Bb}
L3	2.81±0.25 ^{Fg}	79.71±2.57 ^{ABab}	24.27±3.01 ^{Bb}	1.33±0.13 ^{ABabc}	0.16±0.08 ^{Bb}	1.17±0.43 ^{Aa}
L4	1.69±0.10 ^{Gh}	81.77±0.79 ^{Aa}	29.30±3.04 ^{Aa}	1.05±0.12 ^{ABbc}	0.11±0.04 ^{Bb}	0.16±0.05 ^{Efg}
L5	3.64±0.25 ^{DEe}	71.42±0.30 ^{Ccd}	26.77±1.47 ^{ABab}	1.08±0.04 ^{ABbc}	0.14±0.01 ^{Bb}	0.47±0.04 ^{BCDbed}
L6	3.70±0.02 ^{DEde}	77.30±0.60 ^{Bb}	19.02±0.49 ^{Ccd}	1.18±0.06 ^{ABbc}	0.16±0.00 ^{Bb}	0.61±0.01 ^{BCbc}
L7	5.79±0.10 ^{Bb}	55.56±2.65 ^{Fg}	8.00±0.26 ^{Fg}	0.98±0.02 ^{Be}	0.61±0.02 ^{Aa}	0.61±0.05 ^{BCbc}
L8	3.30±0.02 ^{Ef}	69.77±0.81 ^{CDde}	20.24±1.04 ^{Cc}	1.36±0.05 ^{ABabc}	0.19±0.13 ^{Bb}	0.34±0.02 ^{BCDEdef}
L9	3.99±0.03 ^{Dd}	65.74±2.32 ^{Ef}	11.03±0.45 ^{EFF}	1.30±0.29 ^{ABabc}	0.13±0.00 ^{Bb}	0.32±0.07 ^{CDEdef}
L10	5.12±0.04 ^{Cc}	72.42±0.72 ^{Cc}	7.97±0.21 ^{Fg}	1.39±0.02 ^{ABabc}	0.14±0.01 ^{Bb}	0.30±0.06 ^{DEdefg}
L11	1.57±0.05 ^{Gh}	77.57±0.72 ^{Bb}	28.40±0.64 ^{Aa}	1.61±0.08 ^{Aa}	0.14±0.02 ^{Bb}	0.09±0.02 ^{Eg}
L12	6.43±0.29 ^{Aa}	67.65±1.09 ^{DEef}	13.73±2.25 ^{DEe}	1.42±0.17 ^{ABab}	0.13±0.02 ^{Bb}	0.39±0.01 ^{BCDEcde}

注:同列中不同大写字母表示差异有统计学意义($P<0.01$),同列中不同小写字母表示差异有统计学意义($P<0.05$)。

个在 4% 以内,达到 2020 年版《中国药典》标准 (不得超过 4%),以 11 月份 (M11) 最低,仅为 2.56%; L 型样品总灰分含量在 1.57% ~ 6.72% 之间,其中有 8 个在 4% 以内,达到 2020 年版《中国药典》标准 (不得超过 4%),以 11 月份 (L11) 最低,仅为 1.57%。

2.5 浸出物测定 参照 2020 年版《中国药典》四部通则 2201 项下“醇溶性浸出物测定法”中的热浸法测定,结果见表 3~4、图 3。

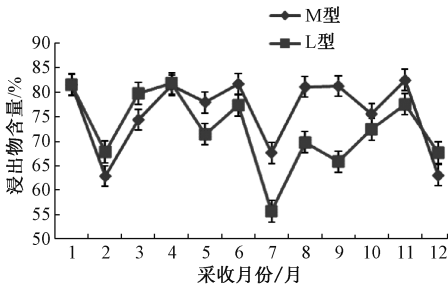


图 3 不同采收月份滇黄精浸出物变化
Fig. 3 Changes in contents of extractives of *P. kingianum* in different months

由此可知,2 种类型样品除 9、10 月变化趋势有差异外,其他月份一致,浸出物含量均高于 45%,达到 2020 年版《中国药典》标准 (不得少于 45%),其中 M 型样品在 62.81% ~ 82.52% 之间,1 月 (M1)、4 月 (M4)、6 月 (M6)、8 月 (M8)、9 月 (M9)、11 月 (M11) 较高,在 80% 以上,并且无显著性差异,以 11 月 (M11) 最高,达 82.52%; L 型样品在 55.56% ~ 81.77% 之间,而且有显著性差异,1 月 (L1)、4 月 (L4) 均较高,但无显著性差异,以 4 月 (L4) 最高,达 81.77%。

2.6 多糖含量测定 参照 2020 年版《中国药典》一部黄精项下“含量测定”方法。以吸光度为纵

坐标 (A),质量浓度为横坐标 (X) 进行回归,得方程为 $A = 4.584\ 6X + 0.025\ 4$ ($R^2 = 0.996\ 8$)。结果见表 3~4、图 4。

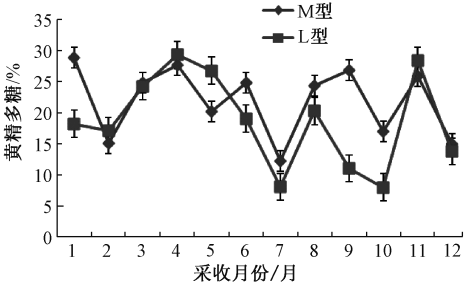


图 4 不同月份滇黄精黄精多糖含量变化
Fig. 4 Changes in contents of polysaccharides of *P. kingianum* in different months

由此可知,2 种类型滇黄精的黄精多糖含量在不同采收月份变化趋势在 6、9 月有差异,在其他月份变化趋势一致,2 种类型在不同月份的黄精多糖含量均达到了 2020 年版《中国药典》标准 (不得少于 7.0%),其中 M 型样品在 12.20% ~ 28.90% 之间,具有显著性差异,1 月 (M1)、4 月 (M4)、9 月 (M9)、11 月 (M11) 较高,分别为 28.90%、27.70%、26.90%、25.93%; L 型样品在 7.97% ~ 29.30% 之间,具有显著性差异,4 月 (L4)、11 月 (L11)、5 月 (L5) 较高,分别为 29.30%、28.41%、26.77%。

2.7 总皂苷含量测定 参照文献 [9],采用香草醛-冰醋酸-高氯酸比色法,在 586 nm 波长处测定吸光度。以吸光度为纵坐标 (A),人参皂苷 Re 含量为横坐标 (X) 进行回归,得方程为 $A = 2.5X - 0.008\ 4$ ($R^2 = 0.997\ 8$)。结果见表 3~4、图 5。

由此可知,2 种类型滇黄精样品在不同采收月份皂苷含量变化趋势有差异,其中 M 型滇黄精不

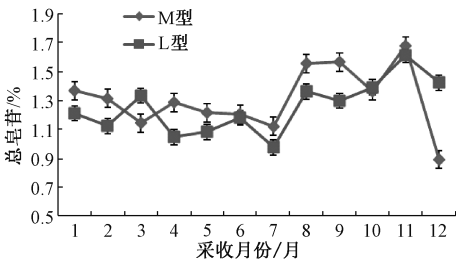


图 5 不同月份滇黄精总皂苷含量变化
Fig. 5 Changes in content of total saponins of *P. kingianum* in different months

同采收月份总皂苷含量在 0.89%~1.68% 之间，有显著性差异，除 12 月（M12）低于 1.0% 以外，其余月份均高于 1.0%，以 11 月（M11）最高，达 1.68%；L 型滇黄精在 0.98%~1.61% 之间，除 7 月（L7）低于 1.0% 以外，其余月份均高于 1.0%，以 11 月（L11）最高，达 1.61%。

2.8 总黄酮含量测定 参照文献 [10]，采用 $\text{NaNO}_2\text{-Al}(\text{NO}_3)_3\text{-NaOH}$ 比色法，在 510 nm 波长处测定吸光度。以吸光度为纵坐标（A），芦丁对照品含量为横坐标（X）进行回归，得方程为 $A = 0.014X - 0.0206$ （ $R^2 = 0.9947$ ）。结果见表 3~4、图 6。

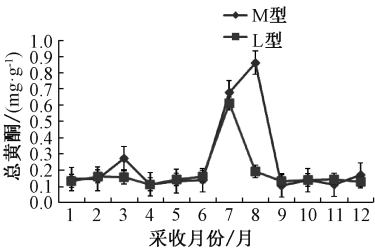


图 6 不同月份滇黄精总黄酮含量变化
Fig. 6 Changes in content of total flavonoids of *P. kingianum* in different months

由此可知，2 种类型滇黄精在不同采收月份总黄酮含量变化趋势有一定差异，但都出现了一次高峰值，其中 M 型滇黄精在 0.10~0.86 mg/g 之间，7 月（M7）出现较大增幅，8 月（M8）达到峰值，分别为 0.68%、0.86%，之后大幅降低，而其他 10 批样品之间的差异较小；L 型滇黄精在 0.11~0.61 mg/g 之间，7 月（L7）出现较大增幅，达到峰值，为 0.61%，之后大幅降低，而其他 11 个样品之间的差异较小。

2.9 酚类含量测定 参照文献 [10]，采用福林酚显色法，在 765 nm 波长处测定吸光度。以吸光度为纵坐标（A），没食子酸对照品含量为横坐标

（X）进行回归，得方程为 $A = 0.1115X + 0.0184$ （ $R^2 = 0.9981$ ）。结果见表 3~4、图 7。

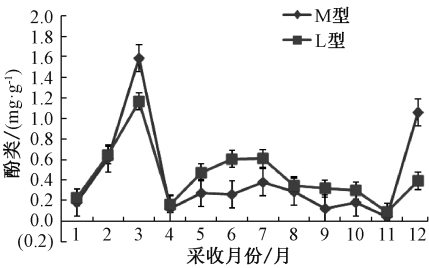


图 7 不同月份滇黄精酚类含量变化
Fig. 7 Changes in content of phenols of *P. kingianum* in different months

由此可知，2 种类型滇黄精酚类含量变化均在 3 月份达到最高，出现峰值，之后大幅降低，其中 M 型滇黄精在 0.04~1.58 mg/g 之间，有显著性差异，以 3 月（M3）、12 月（M12）较高，分别为 1.58、1.05 mg/g，其他样品均在 1% 以内；L 型滇黄精在 0.09~1.17 mg/g 之间，有显著性差异，以 3 月（L3）较高，为 1.17 mg/g，其他样品均在 1% 以内。

2.10 主成分分析

2.10.1 指标间相关性检验、KMO 和 Bartlett 球形度检验 表 5~6 显示，2 个类型滇黄精 7 个指标之间存在不同程度的相关性，KMO 值>0.5，Bartlett 球形度检验的相伴概率 $P < 0.05$ ，表明各成分之间存在相关性，适合采用主成分分析方法进行评价。

表 5 M 型滇黄精相关系数矩阵

项目	折干率	黄精多糖	浸出物	总皂苷	总黄酮	酚类	总灰分
折干率	1.000						
黄精多糖	-0.031	1.000					
浸出物	0.162	0.870	1.000				
总皂苷	-0.038	0.543	0.652	1.000			
总黄酮	0.209	-0.239	-0.098	0.032	1.000		
酚类	-0.309	-0.268	-0.564	-0.629	0.062	1.000	
总灰分	-0.226	-0.830	-0.935	-0.585	-0.005	0.384	1.000

表 6 L 型滇黄精相关系数矩阵

项目	折干率	黄精多糖	浸出物	总皂苷	总黄酮	酚类	总灰分
折干率	1.000						
黄精多糖	0.773	1.000					
浸出物	0.764	0.686	1.000				
总皂苷	0.071	0.065	0.244	1.000			
总黄酮	-0.659	-0.448	-0.704	-0.444	1.000		
酚类	-0.358	-0.064	-0.112	-0.236	0.248	1.000	
总灰分	-0.750	-0.746	-0.733	-0.211	0.352	0.266	1.000

2.10.2 滇黄精品质指标 参考文献 [11-12], 采用 SPSS17.0 软件对不同采收月份滇黄精样品的测定结果进行主成分分析, 计算相关矩阵特征值和特征向量, 见表 7~8。

表 7 M 型滇黄精初始特征值与贡献率
Tab. 7 Initial eigenvalues and contribution rates of M-type of *P. kingianum*

成分	初始特征值			提取平方和载入		
	合计	方差/%	累积贡献率/%	特征值	方差/%	累积贡献率/%
1	3.593	51.328	51.328	3.593	51.328	51.328
2	1.327	18.953	70.282	1.327	18.953	70.282
3	0.881	12.586	82.868	0.881	12.586	82.868
4	0.838	11.974	94.842	0.838	11.974	94.842
5	0.226	3.225	98.067	0.226	3.225	98.067
6	0.113	1.615	99.681	0.113	1.615	99.681
7	0.022	0.319	100.000	0.022	0.319	100.000

表 8 L 型滇黄精初始特征值与贡献率
Tab. 8 Initial eigenvalues and contribution rates of L-type of *P. kingianum*

成分	初始特征值			提取平方和载入		
	合计	方差/%	累积贡献率/%	特征值	方差/%	累积贡献率/%
1	3.829	54.707	54.707	3.829	54.707	54.707
2	1.231	17.589	72.296	1.231	17.589	72.296
3	0.893	12.757	85.053	0.893	12.757	85.053
4	0.582	8.309	93.362	0.582	8.309	93.362
5	0.270	3.854	97.216	0.270	3.854	97.216
6	0.126	1.801	99.016	0.126	1.801	99.016
7	0.069	0.984	100.000	0.069	0.984	100.000

由此可知, M 型滇黄精前 4 个成分的特征值大于 0.8, 4 个因子的累积方差贡献率为 94.842% > 80%, 即可解释原变量的 94.842% 的信息, 因此, 选取前 4 个因子进行分析; L 型滇黄精前 3 个成分的特征值大于 0.8, 3 个因子的累积方差贡献率为 85.053% > 80%, 即可解释原变量的 85.053% 的信息, 因此, 选取前 3 个因子进行分析。M 型滇黄精每个样品的综合评价模型为 $F=0.513\ 28F_1+0.189\ 53F_2+0.125\ 86F_3+0.119\ 74F_4$, L 型滇黄精为 $F=0.547\ 07F_1+0.175\ 89F_2+0.127\ 57F_3$, 综合评分见表 9~10。

2 种类型滇黄精主成分因子得分变化趋势一致, 见图 8, 但其变化幅度有差异。其中, M 型滇黄精总体得分范围-1.96~1.07, 以 11 月采收最高, 为 1.07, 其次为 8 月采收, 为 1.03, 12 月采收最低, 为 -1.96; L 型滇黄精总体得分范围-2.40~1.50, 以 4 月采收最高, 为 1.50, 其次为 11 月采收, 为 1.13, 7 月采收最低, 为 -2.40。

表 9 M 型滇黄精不同采收月份的主成分因子得分
Tab. 9 Principal component factor scores for M-type of *P. kingianum* in different harvesting months

编号	F_1	F_2	F_3	F_4	F	排序
M1	1.43	-0.15	-0.30	0.48	0.73	3
M2	-2.51	-0.44	-0.82	-1.02	-1.60	11
M3	-0.94	-1.27	1.96	1.12	-0.34	8
M4	1.49	-0.49	-0.20	0.52	0.71	4
M5	0.41	1.39	-0.96	1.62	0.55	6
M6	0.75	-0.52	-0.11	0.47	0.33	7
M7	-2.04	2.61	0.01	-0.01	-0.55	9
M8	1.37	1.34	1.83	-1.28	1.03	2
M9	1.65	-0.50	-0.48	-0.41	0.64	5
M10	-0.47	-0.73	-0.65	-1.20	-0.60	10
M11	2.40	-0.33	-0.34	-0.53	1.07	1
M12	-3.55	-0.92	0.05	0.24	-1.96	12

表 10 L 型滇黄精不同采收月份的主成分因子得分
Tab. 10 Principal component factor scores for L-type of *P. kingianum* in different harvesting months

编号	F_1	F_2	F_3	F	排序
L1	1.26	-0.06	-0.51	0.61	5
L2	-1.60	0.29	0.60	-0.75	10
L3	0.80	1.33	2.34	0.97	3
L4	2.66	1.19	-1.27	1.50	1
L5	1.10	1.20	-0.49	0.75	4
L6	0.21	0.58	0.50	0.28	6
L7	-4.51	1.17	-1.09	-2.40	12
L8	-0.03	-0.55	-0.07	-0.12	7
L9	-0.64	-0.95	-0.32	-0.56	8
L10	-0.56	-1.48	0.06	-0.56	9
L11	2.54	-1.23	-0.33	1.13	2
L12	-1.22	-1.49	0.58	-0.85	11

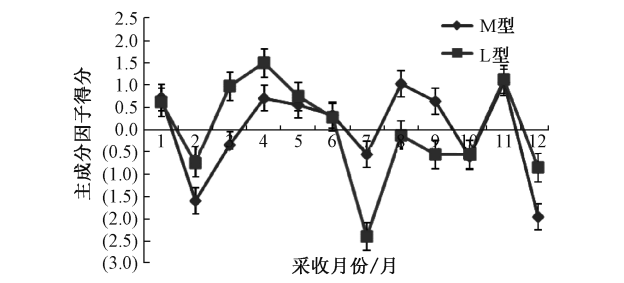


图 8 不同月份采收滇黄精主成分因子得分变化
Fig. 8 Changes in principal component factor scores of *P. kingianum* in different months

3 讨论

本研究参考前期黄精成分报道^[4-8]和其他品种研究^[13-14], 选择了 6 个生药学指标和化学成分, 并与主成分分析法相结合, 对这 2 种滇黄精类型进行分析评价。在折干率方面, M 型最高值在 5 月, 达到 52.22%, L 型在 4 月, 达到 25.11%, 差异近 2 倍, 就加工成本和得率来看, M 型明显优于 L

型，意味着这 2 种滇黄精从折干率确定的最佳采收期（分别为 5 月、4 月）和当前普遍选择果实成熟（11 月前后）以后的采收期并不吻合。由此对这 2 种滇黄精的精细化种植提出了新要求，即两者如果不留种，就应该分别在 5 月下旬、4 月下旬摘花留叶留秆，让地下部分的块根继续营养生长一段时间至最大值时采挖。

在总灰分和浸出物 2 项指标中，2 种类型滇黄精变化趋势与最大值、最小值差异不大，均能达到《中国药典》要求；多糖方面，2 种类型的最高值无明显差异，但 M 型在 1、4、9、11 月均有分布，L 型的最高值只在 4~5、11 月，其他化学成分（如总黄酮、酚类）及主成分因子得分等动态变化趋势与极值也不尽相同，表型方面的差异结合生药学与化学成分的差异，表明 M 型和 L 型是同一生态环境下形成的 2 个相对生殖隔离的滇黄精类型。

综上所述，应以 M 型滇黄精为首选选育新品种，并采用高密度短周期的种植方式实现增产。同时，基于滇黄精种植区及云南省黄精产业发展的长远考虑，还应引进品质更为优良的多花黄精开展杂交选育工作，以改良滇黄精多糖含量不高、活性偏低的不足^[14]，并结合云南省独有的气候、环境和种植优势来培育品质更优、适应性更强、产量更高的新品种。

参考文献：

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典：2020 年版一部

[S]. 北京：中国医药科技出版社，2020.

[2] 徐天才，陈 翠，王泽清，等. 云南黄精属植物资源及其药理作用的调查研究[J]. 中国农学通报，2018，34(12)：84-90.

[3] 刘京晶，斯金平. 黄精本草考证与启迪[J]. 中国中药杂志，2018，43(3)：631-636.

[4] 李 丽，田丽娜，任振兴，等. 黄精多糖的结构分析及功能活性研究进展[J]. 中国实验方剂学杂志，2015，21(15)：231-234.

[5] 苏文田，刘跃钧，蒋燕锋，等. 黄精产业发展现状与可持续发展的建议[J]. 中国中药杂志，2018，43(13)：2831-2835.

[6] 姜程曦，张铁军，陈常青，等. 黄精的研究进展及其质量标志物的预测分析[J]. 中草药，2017，48(1)：1-16.

[7] 陶爱恩，张晓灿，杜泽飞，等. 黄精属植物中黄酮类化合物及其药理活性研究进展[J]. 中草药，2018，49(9)：2163-2171.

[8] 马承慧，王 群，刘 牧. 3 种松科植物松针多酚的体外抗氧化活性评价[J]. 西南农业学报，2016，29(5)：1063-1067.

[9] 黄祥元，黄美容. 黄精提取物中总皂苷含量的测定[J]. 食品与机械，2012，28(6)：106-108.

[10] 焦 劼，陈黎明，孙瑞泽，等. 不同产地黄精主要化学成分比较及主成分分析[J]. 中药材，2016，39(3)：519-522.

[11] 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)：2565-2570.

[12] 李俊萍，付士朋，王谦博，等. 多指标综合评价刺五加叶适宜采收期的研究[J]. 中草药，2019，50(13)：3187-3192.

[13] 刘 佳，朱 翔，叶宏达，等. 云南多花黄精适宜采收期初步研究[J]. 中国农学通报，2017，33(27)：88-91.

[14] 苏文田，谢建秋，潘心禾，等. 多花黄精多糖与浸出物的时空变异规律[J]. 中国中药杂志，2019，44(2)：270-273.