

林下山参外形性状和生长年限的相关性研究

张龚敏， 张红梅[#]， 黄 清， 陈 干， 董志颖， 郑昌武^{*}， 徐宏喜^{*}
(上海中医药大学中药学院，上海 201203)

摘要：目的 研究 1~21 年逐年生林下山参的生长趋势特点，探讨自然生长环境下多年生林下山参的“芦”“芋”“体”“纹”“须”的外形性状特征和生长年限的相关性。方法 参考传统的“五形”定义特点，观察、测量、分析 1~21 年参龄的林下山参外形和质量数据，确认各参数和年限的相关性关系；采用主成分分析法降维筛选与年限相关的变量。结果 在林下山参的芦长、芦径、主根长、主根径、总长和质量变量中，芦长有逐年增长的趋势，特别是第 1~6 年，和年限有较好的线性关系。分析结果显示变量和年限相关性关系为芦长>总长>芦径。通过降维分析发现芦长、总长在第 1 个主成分因子上分数较高，质量和芦径在第 2、3 个主成分因子上分数较高。结论 传统“辨状论质”评估人参质量的方法具有一定的科学依据，除“数芦碗判定年限”外，林下山参年限及等级评估还可以综合参考芦长、总长和芦径等量化参数进行辅助判断。

关键词：林下山参；外形性状；生长年限；五形；主成分分析

中图分类号：R282.5 **文献标志码：**B **文章编号：**1001-1528(2024)02-0684-05

doi:10.3969/j.issn.1001-1528.2024.02.056

人参 *Panax ginseng* C. A. Mey. 为五加科人参属多年生草本植物，常见人参有园参、趴货、林下山参、野山参等种类^[1]，具有大补元气、复脉固脱、补脾益肺、生津养血、安神益智等功效^[2-3]，还具有抗肿瘤、抗氧化、抗疲劳等药理作用^[4-6]，临床用于糖尿病、高血压、病毒性肝炎等辅助治疗^[7-11]。常见市售人参多为园参，为人工栽培、园地生长；林下山参为人工撒种在野生环境中生长所成。由于真正的野生人参资源极其稀少，林下山参渐渐占据市场，为大家所熟知^[12]。2015 年版《GB/T18765-2015 野山参鉴定及分等质量》（以下简称《标准》）对野山参定义为“播种后，自然生长于深山密林 15 年以上的人参”^[13]，由于具有野山参的性状特点，价格呈逐年升高的趋势^[14]。因此，林下山参的年限鉴定在规范交易市场的作用中显得尤为重要。从传统鉴定标准里关于野生山参的“五形”（芦、体、皮、纹、须）、“六体”（灵、笨、老、嫩、横、顺）的描述及口传心授的歌诀中，总结野山参的特点为芦，三节芦，圆芦、堆花芦和马牙芦，圆芦最显著；芋，枣核芋，自然下垂；体，横灵体或者疙瘩体，也有顺体、过梁体；纹，均匀，凹陷，清晰；皮，紧皮细纹和皮老纹深；须，细长自然，清疏不乱，柔韧不断，珍珠点明显^[15-16]。

“林下山参”的鉴定虽然可以参考“野山参”的标准，但 2020 年版《中国药典》及行业标准中对林下山参的外观形态特点没有系统阐述。本实验参考传统“五形”理论，

观察 15 年以上的林下山参性状特点，总结其符合野山参的性状特点，分析林下山参“野化”的种植标准^[17]；同时对 1~21 年逐年生长的林下山参样本进行测量，采用游标卡尺和测量直尺分别对人参的芦、主根、整体植株的长度、质量进行测量、记录和数据分析，在不破坏整株植株的前提下，探讨林下山参年限和传统“五形”特征的规律性关系，分析外形性状参数在林下山参的年限鉴定中的作用，并利用主成分分析法（PCA）确定和年限相关度较高的变量。

1 材料

1.1 仪器 BS124S 电子天平（北京赛多利斯天平有限公司）；SYNTEK 电子数显卡尺（上海精天电子仪器有限公司）。

1.2 药材 林下山参共 221 株，由上海雷允上药业野山参基地提供，生长年限为 1~21 年，每株样本均按照实际年份采摘。药材样本经上海中医药大学药学院张红梅副教授鉴定为五加科人参 *Panax ginseng* C. A. Mey. 的干燥根及根茎，保存于上海中医药大学科技创新中心。样本信息见表 1，以“年限-株数”编号，如 1 年生第 1 株样本编号为 1-01，以此类推。

2 方法与结果

2.1 林下山参“野化”特征观察 参考传统“五形”学说及“辨状论质”中对于野山参的“芦、芋、体、纹、

收稿日期：2023-01-16

基金项目：国家自然科学基金项目（81973438）

作者简介：张龚敏（1981—），女，博士生，研究方向为中药药效评价与新药研发。Tel: 17717502886, E-mail: winter227@163.com

#共同第一作者：张红梅（1978—），女，副教授，研究方向为中药鉴定与质量评价。Tel: 13916041712, E-mail: naturecolor@163.com

*通信作者：郑昌武（1982—），男，博士，教授，研究方向为中药化学。Tel: (021) 51322026, E-mail: fishzwc@hotmail.com

徐宏喜（1961—），男，博士，教授，研究方向为中药药理学。Tel: (021) 51323089, E-mail: xuhongxi88@gmail.com

须”等 5 个方面进行观察，并对其特征进行分类。

表 1 1~21 年人参样本信息

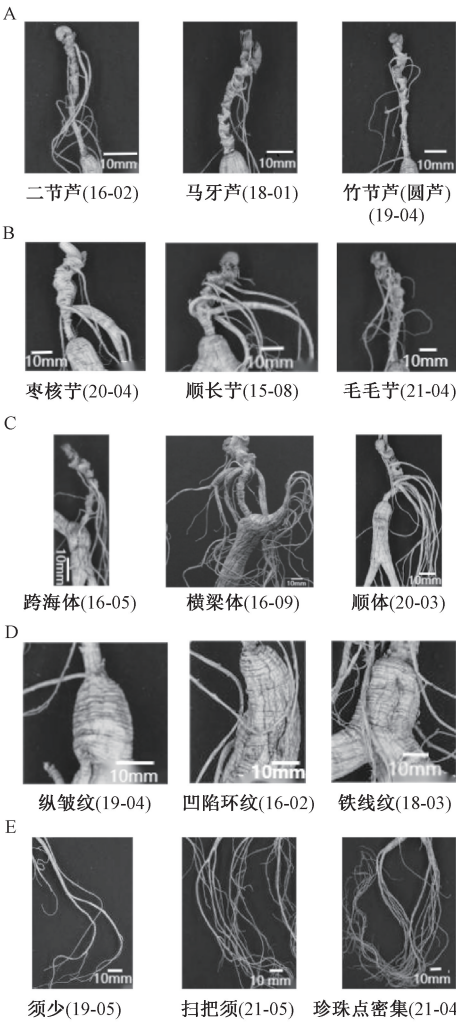
年限/年	数量/株	年限/年	数量/株	年限/年	数量/株
1	17	8	10	15	9
2	18	9	10	16	11
3	8	10	10	17	10
4	10	11	10	18	10
5	8	12	10	19	10
6	10	13	10	20	10
7	10	14	10	21	10

2.2 林下山参外形性状拍照、测量、数据整理 使用测量尺以及电子数显卡尺测量每个年限每株样本的总长、芦长、芦径、主根长、主根直径数据，用电子天平称取每株植株的质量。以上每个数值测量 3 次取平均值作为形态特征值。根据测量逐年生人参的特征值，分析各参数和年限的相关性。

2.3 林下山参的“野”参性状 《标准》中定义生长 15 年以上的林下山参可以作为“野山参”，此时林下山参逐渐“野化”，具有“野生人参”特点。本实验对 15 年以上人参外形性状特点观察归纳见图 1。芦头的性状呈多样化，分别为圆芦、堆花芦及芦碗排布较密的马牙芦，其中以二节芦较为多见（圆芦结合堆花芦），三节芦基本未见（图 1A）。芋则以顺长芋、毛毛芋的较常见，偶见类似代表野生人参的“枣核芋”，但非典型样（图 1B）。主根部分的横灵体在样本中较为少见，笨体、顺体居多，横体有过梁体和跨海体的形状（图 1C）。样本中林下山参的纹路随着年限的增加逐渐加深。横线纹大多集中在肩部，少部分林下山参具有铁线纹，且表皮粗糙、凹凸不平或带有粗皮，但“抽沟”现象不明显（图 1D）。林下山参的须指主根和支根上渐细的呈须状的根，随着年限的增加，15 年以上的人参须呈明显增多、加长的趋势。由于生晒参失水严重，须部较为脆弱，转移过程容易折断，部分样本中的人参细须较为稀少，在 15 年以下的样本人参须上可见“珍珠点”，但在近 20 年及 20 年以上的样本中可见更加明显的“珍珠点”（图 1E）。15 年以上样本人参以棕黄色为主要色调，皮老纹深的特点和野生人参较为相近。通过对比 15~21 年的人参的样本特点，发现 15 年以上可被称为“野山参”的人参主根、芦长等方面差异较小，不似未满 15 年的林下山参呈现规律性的生长趋势。

2.4 林下山参的生长趋势变化特征 林下山参由于生长年限较长，市售林下山参多为 10~15 年及以上年份的植株^[18-19]。本实验采用逐年生样本对比观察的方法，总结出性状变化趋势特点。通过观察，整体上 1~21 年逐年生林下山参芦长、总长、主根长、芦径呈现比较明显的增长增粗的趋势，“皮老纹深”的现象逐步呈现，见图 2。

从趋势变化可将人参样本分成 3 个阶段，见表 2。6 年以下，特别是 3 年以下的林下山参未见明显的芦头，5~6 年开始逐步具有人参的“五形”特点，1~6 年可以作为林下山参的“成形期”。6~15 年的林下山参还不具备“野生



注：A 为芦，B 为芋，C 为体，D 为纹，E 为须。

图 1 15 年以上具备“野生”特性山参外形性状特点

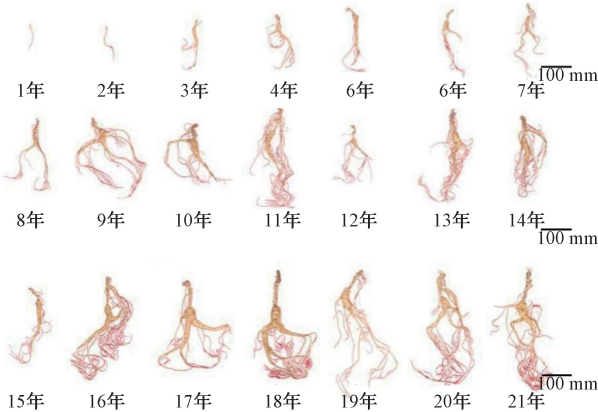


图 2 1~21 年逐年生长林下山参图

人参”的特点，芦和主根的生长进入了缓慢变化的发展阶段，10~15 年以上人参逐渐开始出现二节芦特点。15~21 年芦长继续增长，多以二节芦为主，较少见三节芦。6 年以下的林下山参极少有芋的出现，6 年以上的样本具备芋的结构完整性。其中以顺长芋为主，枣核芋等野生山参特有的芋在本批样本中较少出现。6 年以下的林下山参，特

表 2 林下山参外形性状测量均值结果

性状	6 年以下	6~15 年	15~21 年
芦	3 年以下未见成型芦头	芦头增长,并演化成二节芦	芦头增长,二节芦常见,马牙芦、堆花芦、竹节芦均可见
芦	较少样本有芦	顺长芦、毛毛芦居多	顺长芦长度增长,毛毛芦变多
体	1~2 年嫩芽状态,3 年形成体	主根变长	主根长度增长缓慢
纹/皮	牙白色到淡黄色,少纹	淡黄色到黄色逐年加深,浅纹	黄色逐年加深到棕黄色
须	短须	逐年变长,珍珠点不多见	逐年变长,逐渐出现扫把须,珍珠点明显

别是 1~2 年的参苗通体发白；3~6 年林下山参，表面颜色从白色到牙白色；6 年以上的林下山参则从淡黄色逐步加深到黄色，并伴随浅横纹的出现；15 年以上的林下山参表面颜色则基本为棕黄色。

2.5 林下山参外形性状和年限相关性 及 PCA 分析

2.5.1 相关性分析 为进一步揭示林下山参外形性状特征

和生长年限之间的相关性，对收集的 221 份林下山参样本按照质量、总长、芦长、芦径、主根长和主根径 6 个可量化指标进行数据汇总分析，其中总长为自然垂直状态下从芦头到须最长处的样本全长。测量数据计算结果见表 3。其中一年生林下山参还未有芦头，故没有数据。

表 3 不同年限林下山参外形性状参数 ($\bar{x}\pm s$)

年限	质量/g	总长/mm	芦长/mm	芦径/mm	主根长/mm	主根径/mm
1	0.958±0.031	83.598±28.938	0	0	17.675±0.348	2.679±0.406
2	0.124±0.118	74.222±21.995	1.932±0.660	1.173±0.369	19.675±0.763	3.082±0.731
3	1.220±0.396	112.553±29.003	7.498±1.610	2.983±0.846	30.091±14.597	7.382±0.888
4	1.163±0.473	129.660±32.050	9.302±2.210	2.720±0.457	28.013±9.489	7.448±1.130
5	0.892±0.498	141.914±23.172	13.199±2.676	2.303±0.968	53.576±26.792	6.318±1.859
6	1.748±0.922	195.441±56.015	20.034±4.449	4.441±1.505	23.734±14.844	9.154±1.549
7	1.558±0.685	168.293±25.183	19.587±4.471	3.769±1.418	36.467±18.027	8.026±1.277
8	1.240±0.398	182.547±38.679	22.861±6.159	3.484±0.650	31.060±16.325	7.233±1.485
9	3.226±1.210	235.493±64.885	17.946±2.799	4.837±1.919	37.608±16.148	10.187±2.134
10	2.060±1.085	182.098±27.740	22.818±4.133	5.170±1.511	43.714±22.478	10.172±1.644
11	4.537±1.805	225.793±58.107	29.943±5.150	4.923±1.742	31.097±18.043	11.018±1.323
12	1.444±0.764	204.020±51.762	30.741±4.691	4.202±0.997	45.282±25.458	7.129±2.921
13	5.796±1.351	267.846±44.821	33.551±4.992	6.186±1.312	49.818±26.049	12.871±1.709
14	10.949±4.123	270.563±48.906	34.850±10.095	6.141±2.373	30.129±14.030	14.376±2.316
15	5.882±2.577	240.202±59.931	30.339±7.269	5.016±2.540	45.504±29.280	10.826±4.913
16	5.512±2.856	263.414±70.241	37.414±15.978	4.234±1.271	32.120±14.009	11.028±3.994
17	14.924±6.806	318.469±52.526	42.750±7.523	7.376±2.270	35.415±16.910	18.755±9.283
18	14.500±3.007	369.327±47.664	48.190±4.145	6.216±1.244	55.516±30.979	16.673±1.624
19	7.949±3.319	303.342±63.893	53.015±13.911	7.527±1.963	31.293±11.684	12.833±2.518
20	5.909±1.225	271.442±43.470	50.313±15.875	7.609±2.597	26.779±9.851	12.685±2.304
21	8.094±2.032	311.366±63.725	57.363±7.921	8.415±1.698	38.517±13.865	15.919±3.116

分别以年限为横坐标 (X)、6 组可量化指标为纵坐标 (Y) 进行回归，考察每组参数和年限之间的线性关系，分析数据，结果见图 3。随着年限的增加，林下山参的质量在 1~10 年中逐年增加，10 年之后质量变化跨度变大 (图 3A)，回归方程 $Y=0.5514X-1.3184$ ($r=0.7740$)。3 年及以上的林下山参，总长有明显增加的趋势，总长和生长年限呈现良好的正相关性 (图 3B)，回归方程 $Y=12.07X+83.969$ ($r=0.9320$)。一年生林下山参还处于嫩芽阶段，未见芦头；2 年以上的林下山参，芦长的增加趋势明显，并和年限呈良好的正相关 (图 3C)，回归方程 $Y=2.6334X-1.1749$ ($r=0.9823$)。3 年以上的林下山参，芦径的变化和拟合后的标准曲线差异较大 (图 3D)，回归方程 $Y=0.3208X+1.1726$ ($r=0.9161$)。主根长度在前三年增长快速，3 年后主根长度基本保持不变，后期林下山参的生长主

要为支根和须根 (图 3E)，回归方程 $Y=0.6062X+28.716$ ($r=0.3607$)。随着年限的增长，林下山参的主根直径逐年变粗 (图 3F)，回归方程 $Y=0.5792X+3.9052$ ($r=0.8603$)。结果表明，芦的长度和年限呈正相关，拟合直线最为标准，由此可见，除了传统数芦碗的方法外，按照芦头的长度来判断林下山参的年限也具有一定的科学依据。芦径和总长亦与年限相关度较高，可纳入年限等级评估中。林下山参的质量和年限的线性关系规律不强，特别是 10 年之后的人参，可能与人参 10 年后生长缓慢有关。

2.5.2 PCA 分析 对收集的 221 份林下山参样本质量、总长、芦长、芦径、主根长和主根径六个变量进行主成分因子分析，其相关性矩阵见表 4。

KMO 的值为 0.714，见表 5，数值大于 0.7 适合进行因子分析，巴特利球形度检验显著性 $P=0<0.05$ ，依据目前 6

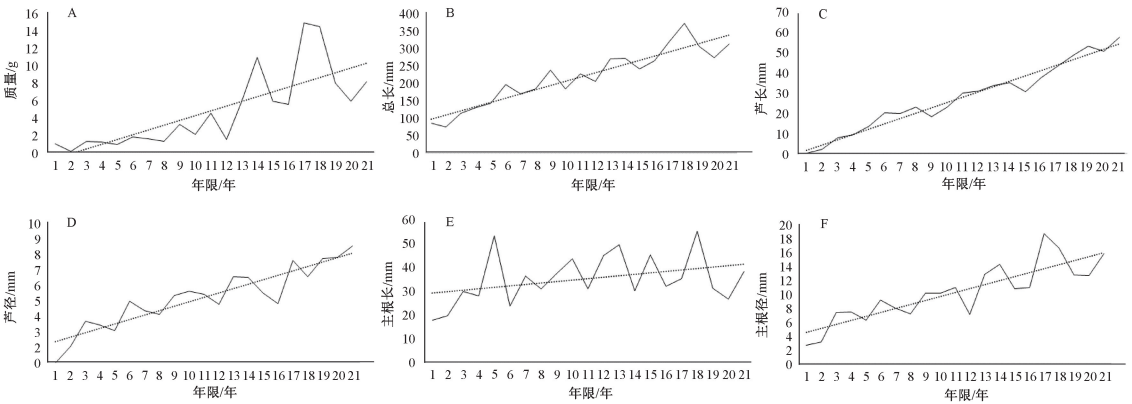


图 3 林下山参外形性状和年限的关系

表 4 相关矩阵分析

相关性	质量	总长	芦长	芦径	主根长	主根径
质量	1	0.762	0.756	0.348	0.914	0.873
总长	0.762	1	0.934	0.461	0.862	0.933
芦长	0.756	0.934	1	0.448	0.914	0.904
芦径	0.348	0.461	0.448	1	0.513	0.551
主根长	0.914	0.862	0.914	0.513	1	0.937
主根径	0.873	0.933	0.904	0.551	0.937	1

个变量因子进行主成分分析。按照分析步骤，获得各个公

表 6 总方差解释

成分	初始特征值			提取载荷平方和			旋转载荷平方和
	总计	方差/%	累积/%	总计	方差/%	累积/%	总计
1	4.804	80.072	80.072	4.804	80.072	80.072	2.621
2	0.739	12.31	92.382	0.739	12.310	92.382	2.010
3	0.307	5.112	97.494	0.307	5.112	97.494	1.218
4	0.103	1.715	99.209	—	—	—	—
5	0.032	0.539	99.748	—	—	—	—
6	0.015	0.252	100.000	—	—	—	—

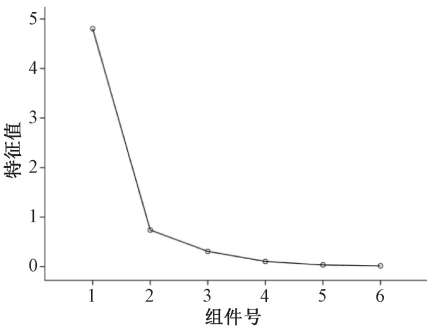


图 4 碎石图

本实验为获取和生长年限相关的多维变量，取特征值K=3，旋转后的成分矩阵如表 7 所示。可以看出，与林下山参年限相关的变量中，芦长、总长在第 1 个主成分因子上的分数较高，质量和芦径在第 2、3 个主成分因子上分数较高，可以作为除芦头特征外的年限辅助评价指标。

3 讨论

本实验通过收集 1~21 年整株林下山参样本 221 株，在不破坏植株完整性的前提下，参考传统的“五形”性状和

因子的总方差解释表，见表 6，碎石图（图 4）显示可提取 3 个因子进行分析。

表 5 KMO 和巴特利检验

检验	值
KMO 取样适切性量数	0.714
近似卡方	168.466
自由度	15
显著性	0

表 7 旋转后的成分矩阵 a

变量	成分		
	1	2	3
质量	0.423	0.893	0.122
总长	0.871	0.398	0.220
芦长	0.867	0.414	0.205
芦径	0.214	0.154	0.964
主根长	0.626	0.703	0.282
主根径	0.704	0.604	0.322

注：提取方法为主成分分析法，旋转方法为凯撒正态化最大方差法，a 为旋转在 5 次迭代后已收敛。

2015 年版的《标准》将 15 年以上林下山参定义为“野山参”的规范，对 15 年以上的林下山参“野生”特征进行观察总结，发现 15~21 年间的林下山参多以二节芦为主，三节芦较为少见，《标准》中可以补充低参龄（15~21 年）的野山参以二节芦为主的特点。《标准》中对于 15 年以上生晒林下山参即“野山参”苓的特征描述以“枣核苓”“蒜瓣苓”“毛毛苓”“顺长苓”为主，本实验显示低参龄的“野山参”的苓部以“顺长苓”“毛毛苓”为主。其他 2 种形态在低参龄林下山参中比较少见，此特征亦可以作为

15~21 年参龄的补充说明。

本实验对 1~21 年生长的多株林下山参样本进行整理收集，测量每个年限样本的总长、芦长、芦径、主根长、主根直径以及质量，分析此 6 个变量和年限的相关性。芦长、芦径、总长、质量和年限均呈正相关，其中，芦长和年限的拟合直线最标准，显示芦长是林下山参年限判断中的最主要变量，传统中药师们将芦头性状和芦碗数量作为鉴定野山参年限的首选要素具有一定的科学依据。除芦长外，本实验进一步确认在林下山参年限判定中纳入芦径以及总长进行辅助判断，可增加年限鉴定结果的可信度。本实验同时采用统计学中的主成分分析法对林下山参的“质量、总长、芦长、芦径、主根长、主根径”进行分析，发现芦长、总长在第 1 个主成分因子上的分数较高，质量和芦径在第 2、3 个主成分因子上分数较高，可以作为传统“辨状论质”之外的量化评价指标，增加了传统方法判断林下山参年限等级的多参数评估依据。在方法良多的形态学、光谱学、成分分析方法、代谢组学等方法学之外，本实验建立了不破坏珍贵样本、通过外形性状量化指标而对年限等级进行鉴定和评估的方法学基础^[20-23]。本实验的结果基于中国东北桓仁生产基地 221 株林下山参开展，但数量有限，后续可收集更多产地、更多数量的林下山参样本，扩大数据以进行结果对照验证。

参考文献：

[1] 徐世义,李可欣,史德武,等. 野山参、林下山参、趴货、园参性状及显微特征的比较研究[J]. 中草药, 2013, 44 (16): 2304-2307.

[2] 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.

[3] Kang S, Min H. Ginseng, the ‘Immunity Boost’: the effects of *Panax ginseng* on immune system[J]. *J Ginseng Res*, 2012, 36 (4): 354-368.

[4] Vo H T, Ghimeray A, Thang V N, *et al.* Quantitative estimation of ginsenosides in different ages of *Panax vietnamensis* and their anti-proliferation effects in hela cells [J]. *Afr J Tradit Complement Altern Med*, 2015, 12(4): 79-83.

[5] Bae H J, Chung S I, Lee S C, *et al.* Influence of aging process on the bioactive components and antioxidant activity of ginseng (*Panax ginseng* L.) [J]. *J Food Sci*, 2014, 79 (10): H2127-H2131.

[6] Kim H G, Cho J H, Yoo S R, *et al.* Antifatigue effects of *Panax ginseng* C. A. Meyer: a randomised, double-blind, placebo-controlled trial[J]. *PLoS One*, 2013, 8(4): e61271.

[7] Chen W, Balan P, Popovich D G. Review of ginseng anti-

diabetic studies[J]. *Molecules*, 2019, 24(24): 4501.

[8] Kim J H. Cardiovascular diseases and *Panax ginseng*: a review on molecular mechanisms and medical applications [J]. *J Ginseng Res*, 2012, 36(1): 16-26.

[9] Im K, Kim J, Min H. Ginseng, the natural effectual antiviral: protective effects of Korean red ginseng against viral infection [J]. *J Ginseng Res*, 2016, 40(4): 309-314.

[10] 王大英, 吴咏梅. 野山参在心血管系统临床应用体会[J]. 人参研究, 2017, 29(6): 9-10.

[11] 彭伟. 野山参粉鼻饲辅助治疗急性心肌梗死并发心源性休克效果观察[J]. 中国乡村医药, 2021, 28(20): 33-34.

[12] 何绍玉, 李伟, 郑毅男, 等. 林下山参参与园参中腺苷和人参皂苷含量比较分析[J]. 药物分析杂志, 2010, 30(9): 1701-1706.

[13] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 18765-2015 野山参鉴定及分等质量[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.

[14] 陈军力, 李跃雄, 吴咏梅, 等. 野山参及其相似品的来源及鉴别要点[J]. 中成药, 2015, 37(11): 2562-2564.

[15] 杨文志, 刘强, 赵花, 等. 林下山参鉴别纲要及其商品属性的评价[J]. 人参研究, 2019, 31(1): 17-21.

[16] 傅颖. 野山参性状特征及常见混伪品鉴别[J]. 中成药, 2020, 42(6): 1663-1666.

[17] 肖新月, 张南平, 林瑞超. 有关野山参质量标准的讨论[J]. 中国药事, 2003(12): 45-48.

[18] 戴全宽, 李林媛, 徐国兵, 等. 基于“辨状论质”的园参、移山参和野山参的外观性状与化学成分的相关性研究[J]. 中国药房, 2020, 31(6): 650-655.

[19] 徐韩平. 浅谈野山参的分类与鉴别[J]. 中国乡村医药, 2021, 28(1): 13-14.

[20] Ye L L, Xue Y L, Wang Y D, *et al.* Identification of ginseng root using quantitative X-ray microtomography [J]. *J Ginseng Res*, 2017, 41(3): 290-297.

[21] Kou T Y, Ye J, Wang J, *et al.* Terahertz spectroscopy for accurate identification of *Panax quinquefolium* basing on nonconjugated 24 (R) -pseudoginsenoside F₁₁ [J]. *Plant Phenomics*, 2021, 2021: 6793457.

[22] Liu Z, Wang C Z, Zhu X Y, *et al.* Dynamic changes in neutral and acidic ginsenosides with different cultivation ages and harvest seasons: identification of chemical characteristics for *Panax ginseng* quality control [J]. *Molecules*, 2017, 22 (5): 734.

[23] Chen J, Yuan Y, Ran X K, *et al.* Metabolomics analysis based on a UPLC-Q-TOF-MS metabolomics approach to compare Lin-Xia-Shan-Shen and garden ginseng [J]. *RSC Adv*, 2018, 8 (53): 30616-30623.