

不同种源地红花绿绒蒿果实及种子性状分析

陈红刚^{1,2,3}, 赵文龙^{1,2,3}, 晋玲^{1,2,3}, 刘东^{1,2}, 久西加^{1,2}, 杜骏^{1,2,3*}

(1. 甘肃中医药大学, 甘肃 兰州 730000; 2. 西北中藏药协同创新中心, 甘肃 兰州 730000;

3. 甘肃省珍稀中药资源评价与保护利用工程研究中心, 甘肃 兰州 730000)

摘要:【目的】探究种源地对红花绿绒蒿果实及种子性状的影响。【方法】测量不同种源地红花绿绒蒿果实大小、种子大小及千粒重,测定不同种源地红花绿绒蒿根际土成分含量,进行果实及种子性状与环境因子的相关性分析。【结果】果实长与土壤pH呈极显著负相关关系($P<0.01$),与土壤碱解氮呈显著正相关关系($P<0.05$);种子长与经度呈显著负相关关系($P<0.05$),与年均降水量呈极显著正相关关系($P<0.01$);种子千粒重与经度呈显著负相关关系($P<0.05$)。【结论】土壤因子显著影响红花绿绒蒿果实性状,气候因子显著影响红花绿绒蒿种子性状。

关键词:红花绿绒蒿;种源地;环境因子;果实性状;种子性状

中图分类号:S56;Q948 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2024)05-0214-06

DOI:10.13817/j.cnki.cycp.2024.05.025



红花绿绒蒿(*Meconopsis punicea*)为罂粟科绿绒蒿属多年生草本植物,产于四川西北部、西藏东北部、青海东南部和甘肃西南部海拔2 800~4 300 m的山坡草地,花色艳丽,形态独特,是一种具有较高观赏价值的高山功能性草本花卉及民族药材,具有镇痛止咳、固涩、抗菌的功效^[1-2],为《国家重点保护野生植物名录》Ⅱ级重点保护植物^[3]。红花绿绒蒿生长环境特殊,分布范围狭窄,种群规模较小,多呈点状分布,野生资源蕴藏量仅为1百余吨,面临着枯竭的危险^[4-6]。因此,应加强红花绿绒蒿资源保护力度,积极开展人工驯化栽培。

果实及种子性状对物种的定居、繁衍及分布具有重要影响,其性状会因地理阻隔和环境差异发生变

异^[7-8]。果实和种子性状随环境变化是植物关键的繁殖策略,直接关系到幼苗存活和建成及个体未来的适合度^[9],通过对不同生境植物果实和种子性状变化规律的研究,可以了解植物在不同生境下有性繁殖能力与适应性^[10],因而果实和种子性状常用于植物多样性研究及优质种源筛选^[11-12]。本试验通过研究不同种源地红花绿绒蒿果实和种子性状差异及成因,旨在明确环境因子与红花绿绒蒿果实及种子性状的关系,为红花绿绒蒿种源地选择及人工引种驯化提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 样品采集与贮藏

2021年8月,在各种源地随机采集顶端微开裂的红花绿绒蒿蒴果,经甘肃中医药大学晋玲教授鉴定为红花绿绒蒿(*Meconopsis punicea*)果实,室温条件下自然阴干,将果壳与种子分离,装入牛皮纸袋,置于4℃条件保存。具体信息见表1。

1.2 测定方法

1.2.1 果实大小测定 随机从各种源地样品中取红花绿绒蒿果实50个,用游标卡尺测量果实长(果实纵径最大长度)和果实宽(果实横径最大长度),取平均值,精确到0.01 mm。

收稿日期:2023-07-22;修回日期:2024-04-10

基金资助:国家自然科学基金项目(81760752);甘肃省珍稀中药资源评价与保护利用工程研究中心开放基金项目(GSZXZY202204);国家中药材产业技术体系建设专项(CARS-21)

作者简介:陈红刚(1982-),男,甘肃天水人,硕士,高级实验师,主要从事药用植物资源保护及开发利用研究。Email:yiao1102@126.com

*通信作者。E-mail:gslzdt@163.com

表1 红花绿绒蒿种源地信息

Table 1 Provenance information of *Meconopsis punicea*

编号	种源地	海拔/m	经度	纬度	生境	年均降水量/mm	年均日照时间/h	年均气温/℃
P1	青海省班玛县德啄山	4 418	100°40'12" E	32°41'52.8" N	山坡草地	888	2 332	1.0
P2	青海省久治县隆格山	4 404	100°51'12.96" E	33°17'13.49" N	高山灌丛	764	2 509	1.8
P3	四川省色达县德拉山	4 394	100°23'24"E	32°29'49" N	高山灌丛	772	2 451	3.1
P4	四川省阿坝州马尔康县梦笔山	3 932	102°19'12"E	31°41'49.2" N	高山灌丛	753	2 631	9.6
P5	甘肃省玛曲县当庆沟	3 837	101°08'02"E	34°10'05" N	高山灌丛	782	2 583	1.2
P6	甘肃省玛曲县诺尔隆尼哈	3 728	101°53'33.75"E	33°50'57.22" N	山坡草地	768	2 691	1.3
P7	青海省泽库县拉伊山	3 521	102°10'48"E	35°08'52.8" N	高山灌丛	607	2 609	1.2
P8	甘肃省合作市美仁草原	3 520	103°15'47.9"E	35°02'58.6" N	高山草甸	610	2 724	1.2
P9	甘肃省碌曲县直合青龙	3 232	102°17'28.69"E	34°35'44.14" N	高山灌丛	633	2 357	2.8
P10	甘肃省卓尼县光盖山	3 226	102°58'58.02" E	34°21'37.95" N	高山灌丛	669	2 450	2.9
P11	甘肃省卓尼县旗布沟	2 988	103°32'2.56" E	34°21'7.16" N	林缘	620	2 451	4.2
P12	甘肃中医药大学和政药用植物园	2 420	103°27'46"E	35°15'04" N	栽培	660	2 669	5.1

1.2.2 种子大小及千粒重测定 从各种源地样品中随机取红花绿绒蒿干燥种子1 000粒进行称重,精确到0.000 1 g,重复3次,取平均值,即为千粒重。在各种源地样品中随机取红花绿绒蒿种子100粒,用游标卡尺测量种子长(种子纵径最大长度)和种子宽(种子横径最大长度),取平均值,精确到0.01 mm。

1.2.3 根际土成分测定 2021年8月,采用抖落法破坏性采集各种源地红花绿绒蒿根际土样品^[13-14],每个样点采集20株,风干后置于4℃条件保存。使用电位法测定土壤pH^[15],重铬酸钾容量法测定有机质^[16],扩散法测定土壤碱解氮^[17],钼锑抗比色法测定土壤有效磷^[18],火焰光度法测定速效钾^[19],滴定法测定阳离子交换量^[20]。土壤成分检测工作委托甘肃省农业工程技术研究院土壤肥料检验检测实验室完成。

1.2.4 聚类分析 根据红花绿绒蒿果实长、果实宽、种子长、种子宽、种子千粒重5个指标,采用欧式距离法对12个种源地的红花绿绒蒿果实及种子性状进行聚类分析。

1.3 数据处理

使用EXCEL 2007软件进行数据整理,使用SPSS 23.0软件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 红花绿绒蒿果实及种子性状分析

2.1.1 红花绿绒蒿果实及种子性状 P4种源地果实长最大,为23.91 mm($P<0.05$),P7种源地果实宽最

小,为6.59 mm($P<0.05$),P12种源地果实长最小、果实宽最大,分别为19.13、10.80 mm($P<0.05$);P1种源地种子长、种子宽最大,分别为2.69、1.36 mm($P<0.05$),P11种源地种子长最小,为2.02 mm($P<0.05$),P5种源地种子宽最小,为0.91 mm($P<0.05$);P9种源地种子千粒重最大,为0.822 7 g($P<0.05$),P11种源地种子千粒重最小,为0.514 9 g($P<0.05$)(表2)。

2.1.2 红花绿绒蒿果实及种子性状变异系数 红花绿绒蒿果实长、果实宽、种子长、种子宽在种源地内和种源地间变异系数均大于10%,种子千粒重在种源地内差异较小,变异系数均小于10%,但在种源地间差异较大,变异系数为65.40%(表3)。

2.2 红花绿绒蒿根际土成分分析

红花绿绒蒿根际土壤pH在种源地间上下波动,但不具有规律性,土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾、阳离子交换量随海拔升高总体呈先升后降的趋势。其中,P4种源地土壤pH值最小,为5.74($P<0.05$),有机质(51.48 g/kg)、碱解氮(1 295 mg/kg)、有效磷(58.6 mg/kg)、速效钾(369 mg/kg)、阳离子交换量(74.8 cmol/kg)最高,显著高于其他种源地($P<0.05$)(表4)。

2.3 红花绿绒蒿果实及种子性状与环境因子的相关性分析

果实长与土壤pH呈极显著负相关关系($P<0.01$),与土壤碱解氮呈显著正相关关系($P<0.05$);

表2 不同种源地红花绿绒蒿果实及种子性状

Table 2 Fruit and seed characters of *Meconopsis punicea* from different provenance

编号	果实长/mm	果实宽/mm	种子长/mm	种子宽/mm	千粒重量/g
P1	21.06±3.84 ^{abcd}	8.54±1.29 ^{bc}	2.69±0.48 ^a	1.36±0.36 ^a	0.8180±0.0046 ^a
P2	23.03±4.25 ^{abc}	9.57±2.10 ^{ab}	2.43±0.36 ^{ab}	1.25±0.14 ^{abc}	0.7919±0.0237 ^{ab}
P3	22.93±4.09 ^{abcd}	8.45±2.49 ^{bc}	2.34±0.33 ^b	1.05±0.29 ^{cde}	0.7618±0.0588 ^{bc}
P4	23.91±3.56 ^a	7.82±1.47 ^{bcd}	2.34±0.33 ^b	1.20±0.26 ^{abcd}	0.7476±0.0292 ^{bc}
P5	21.45±3.64 ^{bcd}	7.86±2.18 ^{bc}	2.22±0.33 ^{bc}	0.91±0.18 ^c	0.5784±0.0193 ^f
P6	23.80±1.96 ^a	10.38±1.90 ^a	2.39±0.37 ^b	1.31±0.28 ^{ab}	0.7225±0.0090 ^c
P7	19.25±3.08 ^{cd}	6.59±1.37 ^d	2.19±0.35 ^{bc}	1.07±0.23 ^{cde}	0.6333±0.0144 ^d
P8	23.24±3.57 ^{ab}	7.97±1.35 ^{bcd}	2.13±0.43 ^{bc}	1.13±0.29 ^{bcd}	0.6135±0.0495 ^{de}
P9	21.81±4.54 ^{abcd}	8.46±1.47 ^{bc}	2.34±0.34 ^b	1.13±0.21 ^{bcd}	0.8227±0.0220 ^a
P10	22.56±2.37 ^{abcd}	10.74±1.24 ^a	2.42±0.36 ^a	1.15±0.22 ^{bcd}	0.5813±0.0149 ^f
P11	21.61±3.12 ^{abcd}	7.35±1.12 ^{cd}	2.02±0.32 ^c	1.04±0.19 ^{cde}	0.5149±0.0156 ^g
P12	19.13±3.06 ^d	10.80±2.18 ^a	2.32±0.39 ^b	1.02±0.22 ^{cde}	0.6584±0.0205 ^d

注:同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),下同

表3 不同种源地红花绿绒蒿果实及种子性状变异系数

Table 3 Coefficient of variation of fruit and seed characters of *Meconopsis punicea* from different provenance

编号	果实长	果实宽	种子长	种子宽	千粒重
P1	18.23	15.10	17.84	26.47	0.56
P2	18.45	21.94	14.81	11.20	2.99
P3	17.83	29.46	14.10	27.61	7.71
P4	14.88	18.79	14.10	21.66	3.90
P5	16.96	27.73	14.86	19.78	3.34
P6	10.23	18.30	15.48	21.37	1.25
P7	16.00	20.78	15.98	21.49	2.27
P8	15.36	16.93	20.18	25.66	8.06
P9	20.81	17.37	14.52	18.58	2.67
P10	10.50	11.54	14.87	19.13	2.56
P11	14.43	15.23	15.84	18.26	3.02
P12	15.99	20.18	16.81	21.56	3.11
总变异系数	22.11	26.36	11.24	20.78	65.40

种子长与经度呈显著负相关关系($P<0.05$),与年均降水量呈极显著正相关关系($P<0.01$);果实宽、种子宽与气候因子及土壤因子均无显著相关关系;种子千粒重与经度呈显著负相关关系($P<0.05$)(表5)。

2.4 红花绿绒蒿果实及种子性状聚类分析

当欧氏距离为25时,12个红花绿绒蒿种源地被划分为2类,P12单独聚为1类,为人工栽培,其他11个种源地聚为1类,为野生采集。当欧氏距离为5时,11个野生种源地被划分为4类,第1类为P7,其主要特征为果实及种子均较小;第2类为P2、P6、P10,其主要特征为果实和种子都较大;第3类为P3、P4、P8,其主要特征为果实及种子大小适中;第4类为P1、P5、P9、

P11,其主要特征为果实短而小,但种子大小适中(图1)。

3 讨论

植物性状受气候因子、土壤因子、地形等因素的共同影响^[21-22]。韦晓敏等^[23]研究表明,经度越大,使君子果实、种子长度和直径越短;纬度越大,果实长度、直径与种子长度越长;海拔越高,果实、种子长度和直径越长,种子越饱满。王泽等^[24]研究表明,梭梭种子的千粒质量与纬度和海拔显著负相关,与经度显著正相关。本研究中,红花绿绒蒿果实长、果实宽与地理气候因子无显著相关关系,种子长与经度呈显著

表 4 不同种源地红花绿绒蒿根际土成分

Table 4 Composition of rhizosphere soil of *Meconopsis punicea* from different provenance

编号	pH 值	有机质/ (g·kg ⁻¹)	碱解氮/ (mg·kg ⁻¹)	有效磷/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾/ (mg·kg ⁻¹)	阳离子交换量/ (cmol·kg ⁻¹)
P1	6.34±0.21 ^{abc}	30.00±0.69 ^{cd}	624±43 ^{cde}	16.8±0.7 ^b	172±35 ^{bcd}	34.9±3.8 ^{def}
P2	6.07±0.03 ^{bc}	29.62±1.18 ^{cd}	736±57 ^{bcd}	13.0±0.9 ^{bcd}	150±17 ^{bcd}	38.2±5.0 ^{de}
P3	6.04±0.15 ^{bc}	30.80±3.30 ^{cd}	793±37 ^{bc}	10.1±1.3 ^d	133±26 ^d	37.5±4.6 ^{de}
P4	5.74±0.02 ^c	51.48±8.60 ^a	1295±245 ^a	58.6±4.8 ^a	369±57 ^a	74.8±2.9 ^a
P5	6.61±0.32 ^{ab}	18.30±0.89 ^e	439±27 ^{fg}	11.2±0.2 ^{cd}	240±18 ^b	31.1±4.1 ^{efg}
P6	6.13±0.21 ^{bc}	30.69±0.69 ^{cd}	667±43 ^{cd}	16.1±0.7 ^{bc}	237±36 ^{bc}	38.7±3.8 ^{cde}
P7	6.36±0.19 ^{abc}	29.18±2.39 ^d	573±20 ^{def}	10.6±0.4 ^d	147±29 ^{cd}	43.7±4.0 ^{bcd}
P8	5.89±0.22 ^c	17.41±0.89 ^e	466±27 ^{efg}	11.4±0.2 ^{bcd}	159±18 ^{bcd}	27.0±4.1 ^{fg}
P9	6.17±0.19 ^{bc}	31.57±2.39 ^{cd}	693±12 ^{bcd}	14.6±1.8 ^{bcd}	176±27 ^{bcd}	47.7±3.2 ^{bc}
P10	5.76±0.28 ^c	42.83±2.30 ^{ab}	850±57 ^b	13.8±1.4 ^{bcd}	112±21 ^d	51.9±4.4 ^b
P11	6.38±0.23 ^{abc}	16.53±1.70 ^e	385±44 ^g	14.2±1.0 ^{bcd}	127±13 ^d	29.1±2.0 ^{efg}
P12	6.93±0.32 ^a	39.9±1.60 ^{bc}	189±15 ^h	11.0±0.3 ^{cd}	93.2±8 ^d	22.7±1.6 ^g

表 5 红花绿绒蒿果实及种子性状与环境因子的相关性分析

Table 5 Correlation analysis of fruit and seed characters with environmental factors of *Meconopsis punicea*

指标	海拔	经度	纬度	年均降雨量	年均日照时间	年均气温	pH	有机质	碱解氮	有效磷	速效钾	阳离子交换量
果实长	0.473	-0.220	-0.565	0.267	0.085	0.177	-0.799**	0.108	0.643*	0.423	0.504	0.421
果实宽	-0.218	0.013	0.045	0.181	0.066	0.032	0.031	0.429	-0.059	-0.161	-0.268	-0.113
种子长	0.489	-0.616*	-0.523	0.746**	-0.423	-0.103	-0.125	0.485	0.352	0.123	0.084	0.229
种子宽	0.452	-0.326	-0.474	0.465	-0.173	-0.082	-0.447	0.302	0.433	0.279	0.223	0.298
千粒重	0.554	-0.620*	-0.564	0.521	-0.348	0.026	-0.210	0.372	0.445	0.225	0.232	0.310

注：“*”表示显著相关($P<0.05$)；“**”表示极显著相关($P<0.01$)。

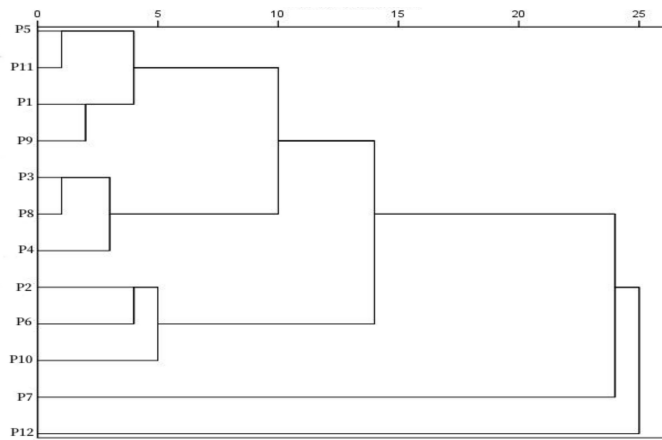


图 1 红花绿绒蒿果实及种子性状聚类分析

Fig. 1 Cluster analysis of fruit and seed characters of *Meconopsis punicea*

负相关关系($P<0.05$)、与年均降水量呈极显著正相关关系($P<0.01$)，种子千粒重与经度呈显著负相关关系($P<0.05$)，说明红花绿绒蒿果实性状与地理气候因子相关性不显著，种子性状与地理气候因子存在

显著相关性($P<0.05$)。

土壤养分分布特征与气候、水分、经纬度、海拔等多种因素有关^[25-27]，土壤养分的变化会引起果实和种子性状的差异^[28-29]。杨旭等^[30]研究表明，凹叶厚朴果

实性状与土壤养分含量存在显著或极显著的相关性,种子各性状与生境及土壤养分的相关性均不显著,田大栓等^[31]研究表明,绿藜种子大小只受氮磷比例的影响,且氮磷比例只有在养分匮乏的环境中才会对种子大小和萌发率产生显著影响。本研究中,红花绿绒蒿果实长与土壤碱解氮呈显著正相关关系($P < 0.05$),与土壤pH呈极显著负相关关系($P < 0.01$),种子长、种子宽、种子千粒重与土壤因子无显著相关关系,说明红花绿绒蒿果实性状与土壤因子存在显著相关性,种子性状与土壤因子相关性不显著。

同一物种在不同居群间发生的变异可以反映出该物种对不同环境的适应能力,物种的变异程度也表明其适应不同生境的广泛程度,变异程度较大的物种,其适应的生境也越广^[32],通常情况下,当变异系数超过10%,认为供试样本间差异较大^[33]。本研究中,红花绿绒蒿果实及种子性状在种源地间差异较大,变异系数均大于10%,说明红花绿绒蒿对不同环境的适应能力较强,印证了气候变暖使青藏高原红花绿绒蒿生境更加适宜,有利于引种驯化的研究结果^[34]。

4 结论

红花绿绒蒿果实及种子性状与环境因子密切相关,果实性状与土壤因子存在显著相关性,种子性状与地理气候因子存在显著相关性。根据欧氏聚类结果,P2、P6、P10种源地红花绿绒蒿果实和种子都较大,适宜作为红花绿绒蒿人工引种驯化的种源地。

参考文献:

- [1] 中国植物志委员会. 中国植物志(第32卷)[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 34.
- [2] 国家中医药管理局中华本草编委会. 中华本草·藏药卷[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2002: 180.
- [3] 国家林业和草原局, 农业农村部. 国家重点保护野生植物名录 [EB/OL]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-09/09/content_5636409.htm, 2021-09-07/2023-12-02.
- [4] 陈红刚, 赵文龙, 杜毅, 等. 藏药红花绿绒蒿的资源调查[J]. 中国野生植物资源, 2021, 40(5): 76-78+83.
- [5] 刘玉珊, 高兰阳, 王辉, 等. 红花绿绒蒿的研究现状[J]. 现代园艺, 2012(6): 14-15.
- [6] 辜晓英, 耿蓓蕊, 陈红刚, 等. 藏药红花绿绒蒿资源、化学及药理系统研究进展[J]. 中国野生植物资源, 2022, 41(11): 50-55.
- [7] 杨军. 木姜叶柯种源内不同家系种实生物学性状变异研究[J]. 吉林林业科技, 2021, 50(5): 1-6, 14.
- [8] 杨志玲. 厚朴不同种源及家系种子性状的变异[J]. 中南林业科技大学学报, 2009, 29(5): 49-55.
- [9] Kathleen D, Lisa D, Converse G, *et al.* The evolutionary ecology of seed germination of *arabidopsis thaliana*: Variable natural selection on germination timing [J]. *Evolution*, 2005, 59(4): 758-770.
- [10] 刁松锋, 邵文豪, 姜景民, 等. 基于种实性状的无患子天然群体表型多样性研究[J]. 生态学报, 2014, 34(6): 1451-1460.
- [11] 何权, 蒋瑞娟, 朱军, 等. 新疆梭梭种子表型性状变异分析及相关研究[J]. 植物资源与环境学报, 2019, 28(3): 26-32.
- [12] 胡凌峰, 宋曰钦, 孟俊, 等. 基于数量性状的花桐木种子多样性分析及综合评价[J]. 分子植物育种, 2019, 17(16): 5504-5512.
- [13] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. (第三版). 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [14] 中华人民共和国农业部. NY/T1121.1-2006 土壤检测 第1部分: 土壤样品的采集、处理和贮存[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [15] 中华人民共和国农业部. NY/T1121.2-2006 土壤检测 第2部分: 土壤pH的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [16] 中华人民共和国农业部. NY/T1121.6-2006 土壤检测 第6部分: 土壤有机质的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [17] 中华人民共和国林业局. LY/T1228-2015 森林土壤氮的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [18] 中华人民共和国农业部. NY/T1121.7-2014 土壤检测 第7部分: 土壤有效磷的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
- [19] 中华人民共和国农业部. NY/T889-2004 土壤速效钾和缓效钾含量的测定[S]. 北京: 中国农业出版社, 2005.
- [20] 中华人民共和国农业部. NY/T1121.5-2006 土壤检测 第5部分: 石灰性土壤阳离子交换量的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [21] Anjula P, Pragyar R, Ahlawats P, *et al.* Studies on fruit morphology, nutritional and floral diversity in lessknown melons (*Cucumis melo* L.) of India [J]. *Genetic Re-*

- sources and Crop Evolution, 2021, 68: 1453–1470.
- [22] 周晓慧, 王娟, 刘贤安, 等. 四川牡丹种实性状与环境因子的关系[J]. 东北林业大学学报, 2018, 46(9): 41–45+58.
- [23] 韦晓敏, 吴芳蕾, 林青青, 等. 不同来源使君子果实、种子形态特征与环境因子的相关性[J]. 亚太传统医药, 2022, 18(11): 49–53.
- [24] 王泽, 谷海斌, 梁燕, 等. 北疆荒漠不同种源梭梭种子特性与环境因子关系[J]. 北方园艺, 2020(8): 80–86.
- [25] Jian N. Carbon storage in terrestrial ecosystems of China: Estimates at different spatial resolutions and their responses to climate change[J]. Climatic Change, 2001, 49(3): 339–358.
- [26] 牟文博, 徐当会, 王谢军, 等. 排露沟流域不同海拔灌丛土壤碳氮磷化学计量特征[J]. 植物生态学报, 2022, 46(11): 1422–1431.
- [27] 王苗利, 张靖雪, 郭志鹏, 等. 经纬度对中国野生狗牙根土壤养分的影响[J]. 草原与草坪, 2019, 39(5): 53–61.
- [28] 杜会聪, 蒋雅婷, 张莹, 等. 浙江省蜡梅野生种群种实表型性状变异及其与土壤相关因子的关系[J]. 植物资源与环境学报, 2018, 27(2): 77–84.
- [29] 康平德, 袁理春, 赵琪, 等. 金沙江流域麻疯树种子的经济性状和生境土壤分析[J]. 云南农业大学学报, 2008, 23(4): 488–491.
- [30] 杨旭, 杨志玲, 王洁, 等. 濒危植物凹叶厚朴种实特性[J]. 生态学杂志, 2012, 31(5): 1077–1081.
- [31] 田大栓. 氮磷供应量及比例对灰绿藜种子性状的影响[J]. 植物生态学报, 2018, 42(9): 963–970.
- [32] 高玉红. 不同红河橙居群果实表型的变异[J]. 经济林研究, 2021, 39(4): 88–96.
- [33] 董胜君, 陈建华, 刘立新, 等. 不同种源西伯利亚杏表型性状多样性研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2018, 49(6): 686–696.
- [34] 赵文龙, 陈红刚, 刘录宏, 等. 气候变化对濒危藏药红花绿绒蒿适生区分布格局的影响[J]. 中国药学杂志, 2021, 56(16): 1306–1312.

Analysis of fruit and seed characters of *Meconopsis punicea* from different provenance

CHEN Hong-gang^{1,2,3}, ZHAO Wen-long^{1,2,3}, JIN Lin^{1,2,3}, LIU Dong^{1,2},
JIU Xi-jia^{1,2}, DU Tao^{1,2,3*}

(1. Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou 730000, China; 2. Northwest Collaborative Innovation Center for Traditional Chinese Medicine, Lanzhou 730000, China; 3. Engineering Research Center for Evaluation, Protection and Utilization of Rare Traditional Chinese Medicine Resources, Lanzhou 730000, China)

Abstract: [Objective] The study is carried out to explore the influence of provenance on fruit and seed characters of *Meconopsis punicea*. [Method] The fruit size, seed size and 1000-grain weight of *Meconopsis punicea* from different provenance were measured. The content of rhizosphere soil components of *Meconopsis punicea* from different provenance was determined, and the correlation between fruit and seed characteristics and environmental factors was analyzed. [Result] The fruit length showed a highly significant negative correlation with soil pH ($P < 0.01$), and a significant positive correlation with soil hydrolyzed nitrogen ($P < 0.05$). There was a significant negative correlation between seed length and longitude ($P < 0.05$), and a highly significant positive correlation with annual rainfall ($P < 0.01$). The seed 1000-grain weight were negatively correlated with longitude ($P < 0.05$). [Conclusion] The soil nutrient in the producing area significantly affects the fruit characters of *Meconopsis punicea*. The longitude and annual rainfall significantly affects the seed characters of *Meconopsis punicea*.

Key words: *Meconopsis punicea*; provenance; environmental factor; fruit characters; seed characters

(责任编辑: 靳奇峰)