

西南地区救荒野豌豆种子性状与萌发特性鉴定

张博宇^{1,2}, 杨涛¹, 李正丽³, 杨新⁴, 何玉华⁴, 项超⁵, 杨梅⁵, 李玮瑜², 宗绪晓¹, 刘荣¹

(¹中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081; ²北京农学院植物科学技术学院, 北京 102206; ³贵州省农业科学院园艺研究所, 贵阳 550006; ⁴云南省农业科学院粮食作物研究所, 昆明 650205; ⁵四川省农业科学院作物研究所, 成都 610066)

摘要: 救荒野豌豆(*Vicia sativa* L.)是一种粮菜兼用的食用豆类作物,也是重要的绿肥和优质牧草,具有重要经济价值和显著生态优势。目前关于西南地区救荒野豌豆资源的种子形态鉴定及萌发特性等相关研究存在空白。为了更好的保护和利用救荒野豌豆珍稀濒危野生种质资源,本研究对我国西南地区贵州、四川和云南三省的救荒野豌豆野生种质资源开展了调查收集,共调查了20个县(区),收集到106份形态多样、耐逆性强的野生种质资源。对这些资源的百粒重、粒长和粒宽等8个种子性状进行了鉴定评价,发现百粒重变异系数最大(92%),百粒重最大的来自云南(9.18 g),最小的来自贵州(0.31 g)。同时发现云南地区的救荒野豌豆与贵州和四川地区的资源在8个性状上均有显著差异。此外,对来自3个地区的3份代表性种质资源开展萌发特性研究,发现机械破皮和浓硫酸处理30 min均可有效打破休眠,显著提高救荒野豌豆野生种质资源的种子萌发率。以上研究结果为我国救荒野豌豆珍稀濒危野生资源的保护利用提供了重要理论基础和技术保障。

关键词: 救荒野豌豆;西南地区;野生种质资源;种子性状;萌发特性

Evaluation of Seed Traits and Germination Characteristics in *Vicia sativa* Collected from Southwest China

ZHANG Bo-yu^{1,2}, YANG Tao¹, LI Zheng-li³, YANG Xin⁴, HE Yu-hua⁴, XIANG Chao⁵, YANG Mei⁵, LI Wei-yu², ZONG Xu-xiao¹, LIU Rong¹

(¹Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081; ²College of Plant Science and Technology, Beijing University of Agriculture, Beijing 102206; ³Institute of Horticulture, Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang 550006; ⁴Institute of Grain Crops, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205; ⁵Crop Research Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu 610066)

Abstract: *Vicia sativa* L. is one of the legume crops that can be used both as grain and vegetable, as well as green fertilizer and high quality forage, which has important economic value and significant ecological advantages. However, the seed traits and germination characteristics in *Vicia sativa* wild germplasm resources from southwest China remains investigated. In order to better protect and utilize these endangered wild germplasm resources, this study investigated wild populations of *Vicia sativa* from Guizhou, Sichuan and Yunnan provinces in southwest China. A total of 106 wild germplasm accessions showing levels of variations on morphology and abiotic stress response were collected from 20 counties (districts). In addition, eight seed traits, such as 100-seed weight, seed length and seed width were measured. The coefficient of variation on 100-seed

收稿日期: 2023-02-07 修回日期: 2023-03-04 网络出版日期: 2023-04-06

URL: <https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20230207001>

第一作者研究方向为食用豆种质资源, E-mail: wx160041@163.com

通信作者: 刘荣, 研究方向为食用豆种质资源, E-mail: liurong@caas.cn

宗绪晓, 研究方向为食用豆种质资源, E-mail: zongxuxiao@caas.cn

李玮瑜, 研究方向为大豆分子辅助育种, E-mail: li-wei-yu@126.com

基金项目: 国家重点研发计划项目(2021YFD1200105-02); 国家现代农业产业技术体系-食用豆(CARS-08); 中国农业科学院科技创新工程(01-ICS-07); 国家作物种质资源库项目-食用豆资源整合与共享(NCGRC-2022-07)

Foundation projects: National Key Research and Development Program of China (2021YFD1200105-02); China Agriculture Research System-Food Legumes (CARS-08); Science and Technology Innovation Project of CAAS (01-ICS-07); National Crop Germplasm Resources Center Project-Food Legumes Resources Integration and Sharing (NCGRC-2022-07)

weight was the largest (92%), and these germplasms with highest (9.18 g) and lowest (0.31 g) 100-seed weight were collected from Yunnan and Guizhou, respectively. *Vicia sativa* accessions from Yunnan exhibited significant differences at eight traits, if compared to those of the accessions from either Guizhou or Sichuan. Through analyzing the germination characteristics of three representative genotypes from three regions, we found that both mechanical peeling and concentrated sulfuric acid treatment for 30 minutes can effectively break down the seed dormancy, thus resulting in significant improvement on the seed germination rate. Collectively, these results provided an important theoretical basis and technical guarantee for the protection and utilization of the endangered wild germplasm resources of *Vicia sativa*.

Key words: *Vicia sativa*; Southwest China; wild germplasm resources; seed traits; germination characteristic

救荒野豌豆 (*Vicia sativa* L.) 属于豆科 (Leguminosae) 野豌豆族 (Vicieae) 野豌豆属 (*Vicia*), 又名野豌豆、大巢菜、薇、箭舌野豌豆、苕子等, 一年生或二年生草本, 原产于欧洲南部和亚洲西部地区, 在世界各地均有分布^[1]。救荒野豌豆含有丰富的蛋白质、钙、脂肪、磷等营养元素, 可作为绿肥和优良牧草, 具有重要的经济价值。此外, 救荒野豌豆具有耐寒、耐旱、耐瘠薄等特性, 而且能够通过生物固氮有效改良土壤结构, 对极端气候和不良环境具有较强适应性^[2]。

作物种质资源是支撑农业发展创新和作物遗传改良的物质基础, 是保障粮食安全、生态安全和种业安全的战略性资源^[3]。然而救荒野豌豆作为一种多用途的救荒作物, 过去缺乏针对该作物的系统调查, 在国家作物种质库中保存的资源数量也寥寥无几。近年来, 由于非农用地的增加、过度放牧以及除草剂的不恰当使用等因素, 导致救荒野豌豆野生种质资源急剧减少, 尤其是我国西南地区, 部分野生资源濒临灭绝, 亟待开展抢救性收集和保存工作, 建立异位保存技术, 为救荒野豌豆野生资源保护和种质创新奠定重要基础。

种子的形态特征是物种遗传的重要特征之一, 不仅影响种子萌发、幼苗存活建植、个体适合度和植物生活史特征, 还决定了群体扩散能力, 对种群繁殖更新及其对环境的适应性都有重要意义^[4]。此外, 研究发现豆科种子普遍存在休眠特性, 救荒野豌豆也不例外, 主要原因是其种子在自然条件下容易形成硬实, 这层厚壳坚硬耐腐, 严重阻碍水分吸收和种胚的发育, 从而导致种子萌发受到抑制, 萌发率仅为 4%, 给农业生产带来诸多困难, 例如出苗不齐、建植率低等, 这也是救荒野豌豆野生资源开发与利用工作中的重大障碍^[5-6]。因此, 急需对救荒野豌豆的萌发特性进行研究, 研发出一种广适且高效破除休眠的方法, 提高其种子萌发效率。

打破休眠的方法有物理法、化学法和热处理等^[7-8]。最简单直接的方法是采用机械破除种皮, 以物理方式破除硬实, 使种子得以吸收水分顺利发育, 从而打破休眠提高萌发率。此外, 研究表明干热高温能够促进某些种子萌发, 原因在于高温可导致种子的硬种皮破碎, 刺激种胚, 促使种子发芽率提高, 这类种子经高温刺激后萌发率或萌发速度提高的现象被称为热冲击效应^[9-10]。另有研究表明酸处理可以打破种子的休眠^[11]。国内学者针对野生稻^[12]、黄芪^[13]以及东方山羊豆^[14]种子萌发特性的研究发现, 硫酸和硝酸处理可有效促进种子萌发。然而, 目前尚无针对不同地区救荒野豌豆野生种质资源种子萌发特性的研究。

救荒野豌豆野生种质资源蕴含丰富的遗传多样性, 目前针对我国西南地区救荒野豌豆野生种质资源的收集保存、鉴定评价及萌发特性的相关研究仍为空白。本研究对西南地区救荒野豌豆野生种质资源开展调查收集和种子性状的鉴定评价, 同时对不同地区的野生种质资源开展萌发特性研究, 揭示救荒野豌豆野生种质资源种子形态变异式样, 研发一种广适且高效破除休眠的方法, 为我国救荒野豌豆珍惜濒危野生资源的抢救性收集保护与开发利用提供理论基础和技术保障。

1 材料与amp;方法

1.1 资源调查与采集

参考《“第三次全国农作物种质资源普查与收集行动”技术规范》, 2022年3月到5月, 对我国西南地区三省云南、贵州和四川的救荒野豌豆野生种质资源开展调查收集, 主要调查资源的濒危状况、地理分布和生境特征, 采取群体取样策略, 视群体大小, 从 20~50 株上采集种子, 每株采集 10~20 粒种子, 混合为一份种质, 现场收集的种子放网袋或种子袋常温保存, 共收集 106 份种质。记录经

纬度海拔信息,拍摄生境和植株照片,填写调查收集表。

1.2 种子形态性状鉴定

对收集到的救荒野豌豆种质资源开展种子形态性状鉴定评价。将收获的种子用SC-G型自动考种分析及千粒重仪(杭州万深检测科技有限公司,中国)扫描并导出种子性状相关参数,包括:百粒重、投影面积、周长、粒长、粒宽、种子长宽比、直径和圆度共8个数量性状。

1.3 种子萌发特性研究

萌发试验分别选取来自四川、云南和贵州这3个地区中群体规模较大且种子数量充足的3份代表性资源SC2206、YN2210和GZ2209,开展种子萌发特性研究。

1.3.1 物理处理 将救荒野豌豆种子以物理方式人工擦破种皮,以室温(25℃)水浸种24h。浸种后放入25℃恒温培养箱中进行种子萌发试验。每个处理30粒种子,以未擦破种皮的种子为对照,设置3次重复。

1.3.2 热处理 (1)利用水浴锅热处理。设置60℃、80℃两个温度梯度,对救荒野豌豆种子进行10min、20min水浴,自然冷却后放置24h。以室温(25℃)水浸种处理24h为对照。处理完成后,放入25℃恒温培养箱中进行萌发试验。每个处理30粒种子,设置3次重复。(2)利用烘箱进行热处理,烘箱温度设置为50℃,设置48h、96h、144h3个处理时间,自然冷却后以室温(25℃)水浸种24h后放入25℃恒温培养箱中进行种子萌发试验。每个处理30粒种子,以室温(25℃)水浸种处理24h的种子为对照,设置3次重复。

1.3.3 酸处理 将救荒野豌豆种子分别用98%浓硫酸处理10min、20min、30min、40min、50min、60min后,用清水冲洗3次,然后室温(25℃)水浸种

24h,随后放入25℃恒温培养箱中进行萌发试验,每个处理30粒种子,以室温(25℃)水处理为对照,设置3次重复。

1.3.4 萌发试验 将种子表面均用2%的次氯酸消毒2min,再用蒸馏水冲洗3次。然后将种子置于铺有湿润滤纸的培养皿中,放入培养箱进行种子萌发试验。培养环境设置为:温度25℃,光照强度1250lx,光照与无光照交替进行,光照时间12h/d,适时补充水分,保持培养皿底部湿润且种子周围不出现水膜。试验周期为7d,记录1~7d种子的萌发数量,以胚根突破种皮长度超过自身种子的长度为萌发标准。

1.4 数据分析

利用SPSS 16.0和R软件计算种子性状的平均数、标准差和变异系数,对8个种子性状数据进行性状差异比较、相关分析和主成分分析。利用R软件计算萌发特性试验中对照和处理的平均数、标准差和标准误,开展统计分析 t 检验。

2 结果与分析

2.1 救荒野豌豆资源调查收集

2022年,对四川、贵州和云南地区的救荒野豌豆野生种质资源开展了调查收集,共收集到106份救荒野豌豆种质资源,基本信息如表1所示。在四川省调查了成都市、简阳市、南充市、资阳市和达州市的5个区县,共收集救荒野豌豆种质资源36份,主要分布在公路边、林地以及豌豆、蚕豆、油菜和玉米等作物田里;在贵州省调查了毕节市、贵阳市、安顺市、黔东南州和黔南州的12个区县,共收集救荒野豌豆种质资源26份,主要分布在公路旁、荒石地、菜地和田边等;在云南省调查了昆明市和玉溪市的3个县,共收集救荒野豌豆种质资源44份,主要分布在田边和路边,生境示例照片如图1所示。

表1 西南地区106份救荒野豌豆种质资源基本信息

Table 1 Basic information of 106 germplasm resources of *Vicia sativa*

采集编号 Collection number	采集地点 Collection site	海拔(m) Elevation	生境 Habit	采集编号 Collection number	采集地点 Collection site	海拔(m) Elevation	生境 Habit
GZ2201	贵州省毕节市织金县	1368.0	河边	GZ2209	贵州省黔南州都匀市	802.0	山野路边
GZ2202	贵州省毕节市织金县	1320.0	林下	GZ2210	贵州省贵阳市清镇市	1247.3	荒石地
GZ2203	贵州省安顺市普定县	1242.0	林下	GZ2211	贵州省安顺市平坝区	1233.9	山野路边
GZ2204	贵州省贵阳市开阳县	1131.0	山野路边	GZ2212	贵州省清镇市	1219.3	公路边
GZ2205	贵州省毕节市织金县	1255.1	公路边	GZ2213	贵州省贵阳市花溪区	1045.8	山野路边
GZ2206	贵州省毕节市织金县	1228.3	公路边	GZ2214	贵州省贵阳市花溪区	1428.9	山野路边
GZ2207	贵州省黔南州贵定县	1083.0	山野路边	GZ2215	贵州省贵阳市花溪区	1428.9	山野路边
GZ2208	贵州省贵阳市花溪区	1152.7	河边	GZ2216	贵州省黔南州龙里县	1067.9	山坡野地

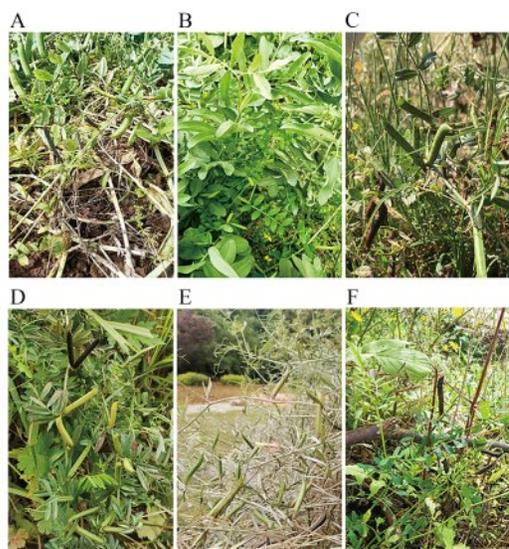
表 1 (续)

采集编号 Collection number	采集地点 Collection site	海拔 (m) Elevation	生境 Habit	采集编号 Collection number	采集地点 Collection site	海拔 (m) Elevation	生境 Habit
GZ2217	贵州省黔南州龙里县	1064.9	山坡野地	SC2236	四川省成都市新都区	473.0	荒地
GZ2218	贵州省黔南州龙里县	1053.1	山野路边	YN2201	云南省昆明市禄劝县	1794.4	油菜田
GZ2219	贵州省黔南州贵定县	1021.5	山野路边	YN2202	云南省昆明市禄劝县	1788.7	油菜田
GZ2220	贵州省贵阳市金阳新区	1257.0	公路边	YN2203	云南省昆明市禄劝县	1830.6	油菜田
GZ2221	贵州省贵阳市云岩区	1067.0	公路边	YN2204	云南省昆明市禄劝县	1831.2	油菜田
GZ2222	贵州省黔东南州榕江县	612.0	山野路边	YN2205	云南省昆明市禄劝县	1787.6	油菜田
GZ2223	贵州省黔东南州榕江县	677.0	山野路边	YN2206	云南省昆明市禄劝县	1788.2	路边荒地
GZ2224	贵州省黔东南州		山野路边	YN2207	云南省昆明市禄劝县	1794.1	路边荒地
GZ2225	贵州省黔东南州		山野路边	YN2208	云南省昆明市禄劝县	1807.0	路边荒地
GZ2226	贵州省安顺市		山野路边	YN2209	云南省昆明市禄劝县	1798.5	路边荒地
SC2201	四川省简阳市	361.0	山野路边	YN2210	云南省昆明市禄劝县	1793.0	蚕豆田边
SC2202	四川省简阳市	361.0	蚕豆田	YN2211	云南省昆明市禄劝县	1790.2	蚕豆田边
SC2203	四川省简阳市	361.0	林地	YN2212	云南省昆明市禄劝县	1795.0	蚕豆田边
SC2204	四川省简阳市	361.0	路边	YN2213	云南省昆明市禄劝县	1792.7	蚕豆田边
SC2205	四川省简阳市	340.0	蚕豆田	YN2214	云南省昆明市禄劝县	1790.0	蚕豆田边
SC2206	四川省简阳市	343.0	大蒜田	YN2215	云南省昆明市禄劝县	1789.7	蚕豆田边
SC2207	四川省南充市仪陇县	369.0	荒地	YN2216	云南省昆明市禄劝县	1793.2	蚕豆田边
SC2208	四川省南充市仪陇县	370.0	荒地	YN2217	云南省昆明市禄劝县	1792.7	蚕豆田边
SC2209	四川省南充市仪陇县	375.0	林地	YN2218	云南省昆明市禄劝县	1794.1	蚕豆田边
SC2210	四川省南充市仪陇县	373.0	荒地	YN2219	云南省昆明市禄劝县	1801.8	蚕豆田边
SC2211	四川省资阳市雁江区	420.0	柑橘林地	YN2220	云南省昆明市禄劝县	1796.2	路边荒地
SC2212	四川省资阳市雁江区	391.0	杂草地	YN2221	云南省昆明市禄劝县	1794.8	路边荒地
SC2213	四川省达州市宣汉县	1101.0	公路边	YN2222	云南省昆明市禄劝县	1790.0	路边荒地
SC2214	四川省达州市宣汉县	1101.0	油菜地	YN2223	云南省昆明市禄劝县	1801.0	路边荒地
SC2215	四川省达州市宣汉县	1101.0	豌豆田	YN2224	云南省昆明市禄劝县	1795.0	路边荒地
SC2216	四川省达州市宣汉县	1101.0	蚕豆田	YN2225	云南省昆明市嵩明县	1910.0	豌豆田边
SC2217	四川省达州市宣汉县	1101.0	菜地	YN2226	云南省昆明市嵩明县	1910.0	豌豆田边
SC2218	四川省达州市宣汉县	1104.0	豌豆田	YN2227	云南省昆明市嵩明县	1906.0	豌豆田边
SC2219	四川省达州市宣汉县	1104.0	豌豆田	YN2228	云南省昆明市嵩明县	1902.0	豌豆田边
SC2220	四川省达州市宣汉县	1123.0	菜地	YN2229	云南省昆明市嵩明县	1911.0	豌豆田边
SC2221	四川省达州市宣汉县	1123.0	菜地	YN2230	云南省昆明市嵩明县	1906.0	豌豆田边
SC2222	四川省达州市宣汉县	1123.0	荒地	YN2231	云南省昆明市嵩明县	1908.0	豌豆田边
SC2223	四川省达州市宣汉县	1140.0	蚕豆田	YN2232	云南省昆明市嵩明县	1911.0	豌豆田边
SC2224	四川省达州市宣汉县	1140.0	蚕豆田	YN2233	云南省玉溪市易门县	2337.0	荒野路边
SC2225	四川省达州市宣汉县	788.0	水沟边	YN2234	云南省玉溪市易门县	2345.0	荒野路边
SC2226	四川省达州市宣汉县	789.0	坡地	YN2235	云南省玉溪市易门县	2314.0	荒野路边
SC2227	四川省达州市宣汉县	777.0	蚕豆田边	YN2236	云南省玉溪市易门县	2255.0	荒野路边
SC2228	四川省达州市宣汉县	790.0	玉米地边	YN2237	云南省玉溪市易门县	1956.0	荒野路边
SC2229	四川省达州市宣汉县	789.0	蓄水池边	YN2238	云南省玉溪市易门县	1948.0	荒野路边
SC2230	四川省达州市宣汉县	789.0	葛笋地边	YN2239	云南省玉溪市易门县	1936.0	荒野路边
SC2231	四川省达州市宣汉县	790.0	小麦田里	YN2240	云南省玉溪市易门县	1937.0	荒野路边
SC2232	四川省达州市宣汉县	352.0	沟渠边	YN2241	云南省玉溪市易门县	1934.0	荒野路边
SC2233	四川省成都市新都区	477.0	沟渠边	YN2242	云南省玉溪市易门县	1697.0	荒野路边
SC2234	四川省成都市新都区	469.0	菜地边	YN2243	云南省玉溪市易门县	1682.0	荒野路边
SC2235	四川省成都市新都区	466.0	小麦田边	YN2244	云南省玉溪市易门县	1683.0	荒野路边

2.2 种子形态性状鉴定评价

2.2.1 种子性状变异比较 对 106 份救荒野豌豆野生种质资源的 8 个种子性状进行统计分析,结果如表 2 所示。供试材料平均百粒重 2.55 g,变异范围为

0.31~9.18 g;百粒重最大的是来自云南的资源,平均百粒重为 3.86 g,四川和贵州的资源平均百粒重相差不多。除了圆度、长宽比以外,其他性状表现出类似趋势。



A: 豌豆田; B: 蚕豆田; C: 油菜田; D: 荒石地; E: 河边; F: 林地
A: Pea field; B: Faba bean field; C: Rape field; D: Rocky land;
E: Riverside; F: Woodland

图1 救荒野豌豆野生种质资源生境照片

Fig.1 Habit photograph of the collected wild germplasm resources of *Vicia sativa*

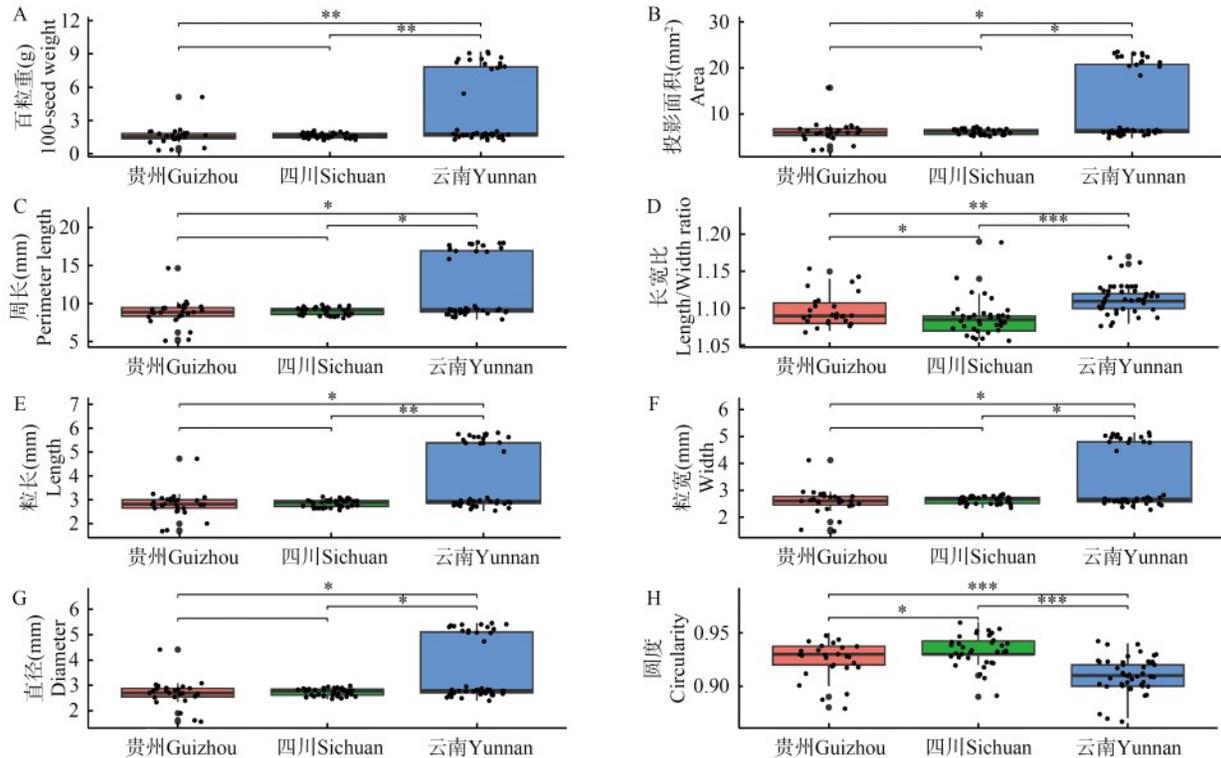
变异系数表示性状离散程度,变异系数越大则表明离散程度越大。总体来看,变异系数8个性状中百粒重的最大,达到92%;种子圆度的最小,为2%(表2)。不同地区比较发现,地区间种子性状的变异系数差异较大,云南地区是种子性状变异最大的地区,多项变异系数为3个地区之首,说明不同地区救荒野豌豆资源总体上的遗传变异离散程度及丰富性存在差异。

为了解析不同地区种子性状的分化程度,对8个性状开展了性状差异比较和方差分析。结果如图2所示,云南地区的救荒野豌豆资源与贵州和四川地区的资源在8个性状上均存在显著或极显著差异;而贵州和四川的资源在百粒重、投影面积、周长、粒长、粒宽和直径这6个性状分布上存在高度重叠,在长宽比和圆度这2个性状上有小部分重叠,存在显著差异。以上结果说明云南的救荒野豌豆同贵州与四川两地的资源在种子性状上差异较大,而贵州与四川的救荒野豌豆在种子性状上较为接近。

表2 不同来源救荒野豌豆野生种质资源种子形态性状统计

Table 2 Seed traits statistics of wild germplasm resources of *Vicia sativa* from different regions

来源 Source	性状 Traits	最大值 Max.	最小值 Min.	极差 Range	平均值±标准差 Average ± SD	变异系数(%) CV	
贵州	百粒重(g)	5.11	0.31	4.80	1.61±0.86	53	
Guizhou	投影面积(mm ²)	15.69	2.09	13.60	6.12±2.43	40	
	周长(mm)	14.62	5.10	9.52	8.83±1.76	20	
	长宽比	1.15	1.07	0.08	1.10±0.02	2	
	粒长(mm)	4.72	1.67	3.05	2.81±0.56	20	
	粒宽(mm)	4.11	1.47	2.64	2.57±0.49	20	
	直径(mm)	4.41	1.57	2.84	2.69±0.52	19	
四川	圆度	0.95	0.88	0.07	0.92±0.02	2	
	百粒重(g)	2.08	1.23	0.85	1.63±0.22	13	
	Sichuan	投影面积(mm ²)	7.20	5.09	2.11	6.10±0.59	10
		周长(mm)	9.82	8.09	1.73	8.96±0.49	5
		长宽比	1.19	1.06	0.13	1.09±0.25	23
		粒长(mm)	3.12	2.56	0.56	2.84±0.16	6
粒宽(mm)		2.84	2.34	0.5	2.62±0.13	5	
直径(mm)	2.98	2.47	0.51	2.73±0.14	5		
云南	圆度	0.96	0.89	0.07	0.93±0.01	1	
	百粒重(g)	9.18	1.23	7.95	3.86±3.17	82	
	Yunnan	投影面积(mm ²)	23.48	4.76	18.72	11.38±7.60	67
		周长(mm)	18.02	7.90	10.12	11.77±4.08	35
		长宽比	1.17	1.08	0.09	1.11±0.02	2
		粒长(mm)	5.81	2.53	3.28	3.76±1.31	35
粒宽(mm)		5.13	2.27	2.86	3.37±1.12	33	
直径(mm)	5.45	2.40	3.05	3.57±1.21	34		
总计	圆度	0.94	0.87	0.07	0.91±0.02	2	
	百粒重(g)	9.18	0.31	8.87	2.55±2.35	92	
	Total	投影面积(mm ²)	23.48	2.09	21.39	8.30±5.66	68
		周长(mm)	18.02	5.10	12.92	10.10±3.10	31
		长宽比	1.19	1.06	0.13	1.10±0.25	23
		粒长(mm)	5.81	5.10	0.71	3.22±1.00	31
粒宽(mm)		5.13	1.47	3.66	2.92±0.85	29	
直径(mm)	5.45	1.57	3.88	3.07±0.93	30		
圆度	0.95	0.87	0.08	0.92±0.02	2		



*、**、***分别代表在 $P < 0.05$ 、 $P < 0.01$ 、 $P < 0.001$ 水平上差异显著; 下同

*, ** and *** represent significant differences at $P < 0.05$, $P < 0.01$ and $P < 0.001$, respectively; The same as below

图2 8个种子性状差异比较

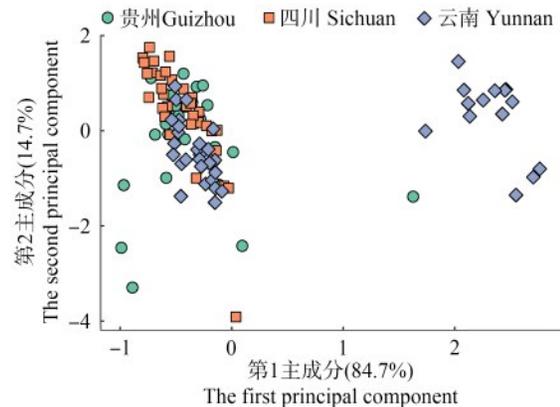
Fig.2 Difference comparison of eight seed traits

2.2.2 主成分分析 8个种子性状主成分分析结果表明(表3、图3),第一主成分可以解释变异的84.7%,对变异解释度贡献较大的性状有百粒重、投影面积、粒长和粒宽等(表3);第二主成分可以解释变异的14.7%,对变异解释度贡献较大的性状为长宽比和圆度。从分群结果来看,所有参试资源可分为两大类,其中一类在四川、贵州和云南均有分布,另一类大粒型资源主要分布在云南,说明云南样品在种子性状上存在较大变异(图3)。

表3 主成分矩阵

Table 3 Components matrix

种子性状 Seed traits	主成分 Principal components				
	1	2	3	4	5
百粒重 100-seed weight	0.983	0.146	-0.007	0.109	-0.020
投影面积 Area	0.988	0.147	-0.004	0.043	0.036
周长 Perimeter length	0.985	0.171	0.006	-0.039	-0.002
粒长 Length	0.988	0.153	0.002	-0.034	-0.006
粒宽 Width	0.978	0.204	0.012	-0.038	-0.003
长宽比 Length/Width ratio	0.662	-0.740	0.116	0.005	0.000
圆度 Circularity	-0.735	0.667	0.125	0.011	0.001
直径 Diameter	0.984	0.176	0.006	-0.036	-0.005



百分数代表不同主成分对表型变异的解释度

Percentage represents the degree of explanation of different principal components to phenotype variation

图3 主成分分析

Fig.3 Principal component analysis

2.3 种子萌发特性研究

2.3.1 物理处理 对3份不同地区的救荒野豌豆种子经物理划破种皮处理后,进行萌发试验。结果表明(图4),经物理处理后,来自贵州、四川和云南的3份种质资源的种子萌发率均较对照组显著提升,分别提升了60.0%,86.7%和73.3%,均达到了极显著差异,说明物理划破种皮处理可有效提高救荒野

豌豆的种子萌发率。

2.3.2 热处理 对3份不同地区的救荒野豌豆种子进行水浴热处理,结果(图5)显示,与室温水浸种处理的对照组相比,60℃水浴处理10 min条件下,云南的救荒野豌豆种子萌发率显著高于对照组,提高了53.3%;60℃水浴处理20 min条件下,贵州、四川和云南的救荒野豌豆种子萌发率相比对照组都有所提高,但差异不显著。80℃水浴处理10 min条件下,只有来自云南的救荒野豌豆萌发率略高于对照组,提升了13.3%,但差异不显著。80℃水浴处理20 min条件下,处理组萌发率没有提升。

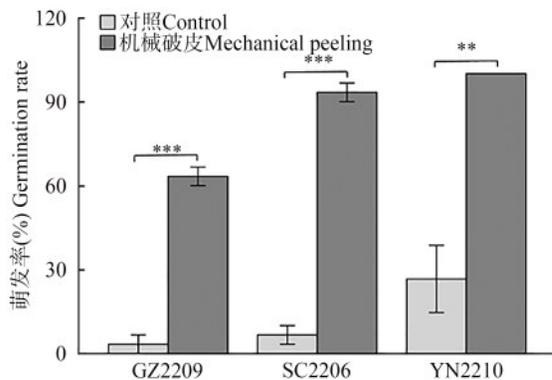


图4 物理破皮处理对救荒野豌豆种子萌发率的影响
Fig.4 Effect of physical peeling treatment on seed germination rate of *Vicia sativa*

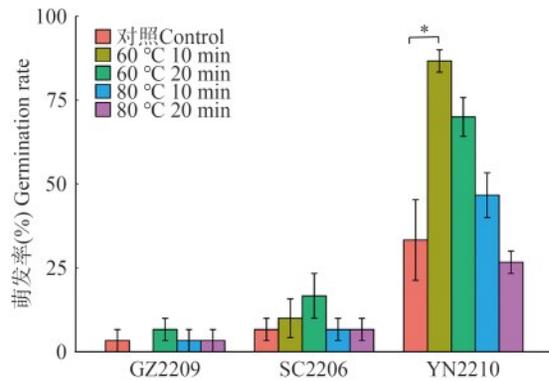


图5 水浴热处理对救荒野豌豆种子萌发率的影响
Fig.5 Effect of water bath heat treatment on seed germination rate of *Vicia sativa*

对3份不同地区的救荒野豌豆种子进行烘箱热处理,结果(图6)显示,与对照组相比,50℃烘箱处理48 h条件下,贵州、四川和云南的救荒野豌豆种子萌发率分别提高了3.3%、3.3%和13.3%;50℃烘箱处理96 h条件下,仅云南的救荒野豌豆种子萌发率提升了3.3%;50℃烘箱处理144 h条件下,四川和云南的救荒野豌豆种子萌发率分别提升了3.3%和13.3%。处理组和对照组的萌发率差异均不显著,说明烘箱热处

理对救荒野豌豆种子萌发率没有明显影响。

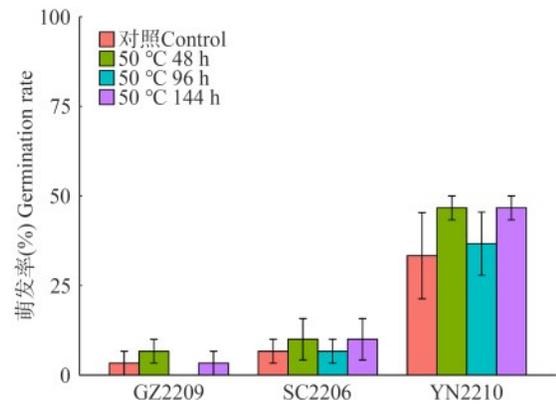


图6 烘箱热处理对救荒野豌豆种子萌发率的影响
Fig.6 Effect of oven heat treatment on seed germination rate of *Vicia sativa*

2.2.3 酸处理 对3份不同地区的救荒野豌豆种子进行浓硫酸处理,结果(图7)显示,贵州、四川和云南3份救荒野豌豆对照组的平均萌发率为12.2%;酸蚀10 min处理的3份资源平均萌发率提升到了63.3%;酸蚀20 min处理的萌发率继续上升,平均萌发率达到70%;酸蚀30 min处理的萌发率持续提升,平均萌发率达到81.1%;酸蚀40 min处理的萌发率平均值出现下降。40 min至60 min时间段,萌发率出现明显的下降趋势。因此,适当控制硫酸处理时间可以有效提高救荒野豌豆种子萌发率。

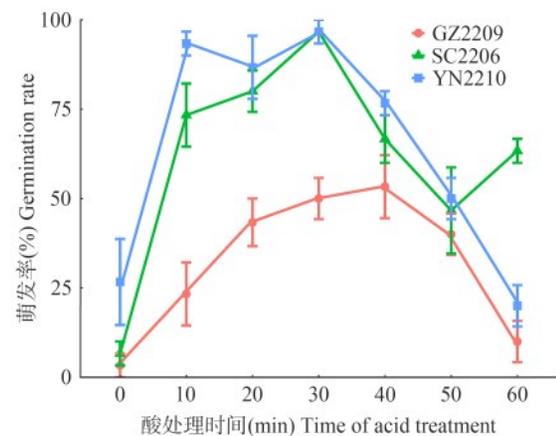


图7 酸处理对救荒野豌豆种子萌发率的影响
Fig.7 Effect of oven heat treatment on seed germination rate of *Vicia sativa*

3 讨论

3.1 西南地区救荒野豌豆野生种质资源调查收集
目前我国救荒野豌豆库存种质资源匮乏,仅有3份,而且针对其野生种质资源的保护和挖掘利用

等研究也不够深入。在人类活动对原生境的不断破坏之下,迫切需要开展抢救性调查收集,对救荒野豌豆野生种质资源的遗传多样性进行最大程度的保存和鉴定^[15-16]。前人研究主要针对不同地区的野豌豆属植物开展零星调查收集,包括内蒙古、山东、青海和西藏等^[17-21],缺乏针对西南地区救荒野豌豆种质资源的系统调查和收集保存。本研究对我国西南地区的救荒野豌豆开展系统性调查收集,调查了四川、贵州和云南三省的20个区县,共收集106份救荒野豌豆野生种质资源(表1),海拔分布从四川省简阳市新市镇的340 m到云南省玉溪市易门县十街镇的2337 m不等,主要分布在公路旁、田边和菜地等环境(图1),生境存在一定的片段化,受人畜活动影响严重,野生群体的面积急剧收缩,有些过去存在的群体现在已难觅踪迹。调查中还发现,有些救荒野豌豆野生种质资源具有很强的抗冻性,可抵御南方冬季低温霜冻和北方春季倒春寒,为救荒野豌豆抗冻育种提供了优异资源。因此,此次调查收集为救荒野豌豆野生种质资源的保存利用奠定了重要基础。

3.2 西南地区救荒野豌豆野生种质资源种子形态变异丰富

关于救荒野豌豆种子形态特征的研究主要集中在比较野豌豆属不同物种之间种子的形态差异,缺乏针对救荒野豌豆不同群体遗传多样性的鉴定分析。刘博文等^[22]利用野豌豆属14个种的48份种质,开展了17个种子表型性状的形态多样性和分类鉴定方法研究,发现不同物种之间种子变异较大,其中百粒重变异系数最大,为81.92%;聚类分析将试验材料分为5大族群,为野豌豆属的分类鉴定提供了形态依据。马正华等^[23]比较了青海的救荒野豌豆、窄叶野豌豆、山野豌豆和大花野豌豆种子的形态特征及硬实特性,发现救荒野豌豆种子显著大于其他3种野豌豆种子,千粒重约为11.57 g,种子直径约为0.316 cm,但硬实率最高,为93%,说明救荒野豌豆存在较强的休眠特性。本研究收集了来自贵州、四川和云南地区的106份救荒野豌豆野生种质资源,对这些资源的百粒重、粒长和粒宽等8个种子性状的鉴定分析表明,不同来源的救荒野豌豆在种子形态上存在较大变异,其中百粒重变异系数高达92%,所有资源中百粒重最大的来自云南(9.18 g),最小的来自贵州(0.31 g)(表2)。同时发现云南地区的救荒野豌豆与贵州和四川地区的资源在8个性状上均有显著差异(图2),其中在禄劝县收集的一

批特异的大粒救荒野豌豆资源,综合表现优异,可在此基础上开展进一步的挖掘利用。

3.3 西南地区救荒野豌豆野生种质资源种子休眠与萌发特性

包括救荒野豌豆在内的许多豆科植物具有硬实种子^[24]。硬实种子由于种皮厚实、坚硬且不透水,导致种胚不能吸涨发芽从而处于休眠状态^[25-26]。尽管硬实种子可以抵御不良环境的影响,使种子在时间和空间尺度上得以分散,有利于自然界中物种的延续^[27],然而由于种子休眠导致的出苗不齐、收获延迟和繁种困难等问题^[28-29],对作物种质资源的异位保存与开发利用造成了极大的障碍。有研究对山野豌豆、广布野豌豆、绢毛野豌豆和多茎野豌豆的种子进行了破除硬实方法研究,发现擦搓和碾磨等机械破皮方法可使发芽率提高到80%以上;而利用盐酸、硝酸和浓硫酸浸蚀处理结果表明,浓硫酸浸蚀20 min发芽率高达93%,为破除野豌豆硬实的最佳时间^[30]。马正华等^[23]对青海的救荒野豌豆、窄叶野豌豆、山野豌豆和大花野豌豆的硬实破除试验结果表明,浓硫酸浸种时间对种子发芽率和种子活力影响很大,且不同物种对浓硫酸浸种处理时间的响应存在差异,浓硫酸浸种处理救荒野豌豆10 min、窄叶野豌豆15 min、大花野豌豆15 min、山野豌豆20 min破除硬实效果为佳。对青藏高原东北部救荒野豌豆、山野豌豆和三齿萼野豌豆种子萌发的研究也得到了类似的结论,即机械破皮和浓硫酸处理30 min种子的萌发率最高^[6]。前人研究主要是针对野豌豆属不同物种开展的硬实特性和破除休眠方法的探索。考虑到物种内不同群体的差异,为了研发出一种广适且高效破除救荒野豌豆种子休眠的方法,本研究选取了来自不同地区的3份代表性种质资源开展种子萌发特性研究,发现机械破皮和浓硫酸处理均可有效打破休眠,显著提高救荒野豌豆野生种质资源的种子萌发率;而浓硫酸处理时间不宜过长,浸种处理30 min对不同群体的种子萌发率均有显著提升。相关研究结果为我国救荒野豌豆珍惜濒危野生资源的抢救性收集保护与开发利用提供了理论基础和技术支撑。

参考文献

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志. 北京: 科学出版社, 1998, 42(2): 218
Editorial Committee of Flora of China, Chinese Academy of Sciences. Flora of China. Beijing: Science Press, 1998, 42(2): 218
- [2] Nguyen V, Riley S, Nagel S, Fisk I, Searle I R. Common

- vetch: A drought tolerant, high protein neglected leguminous crop with potential as a sustainable food source. *Front in Plant Science*, 2020, 11: 818
- [3] 刘旭,李立会,黎裕,方涛. 作物种质资源研究回顾和发展趋势. *农学学报*,2018,8(1):1-6
Liu X, Li L H, Li Y, Fang W. Crop germplasm resources: Advances and trends. *Journal of Agriculture*, 2018, 8(1): 1-6
- [4] 张丽坤,王朔,冯玉龙. 紫茎泽兰种子形态特征和萌发特性与其入侵性的关系. *生态学报*,2014,34(13):3584-3591
Zhang L K, Wang S, Feng Y L. Effects of seed characteristics and germination on invasiveness of *Ageratina adenophora*. *Acta Ecologica Sinica*, 2014, 34(13): 3584-3591
- [5] 胡小文,武艳培,王彦荣,余进德,张宝林. 豆科种子休眠破除方法初探. *西北植物学报*,2009,29(3):568-573
Hu X W, Wu Y P, Wang Y R, Yu J D, Zhang B L. Primary study of release method for legume seed dormancy. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2009, 29(3): 568-573
- [6] 周勇辉,刘玉萍,李兆孟,苏旭,吕婷,胥芮. 青藏高原东北部3种野豌豆种子萌发特性的研究. *西南农业学报*,2016,29(5):1193-1196
Zhou Y H, Liu Y P, Li Z M, Su X, Lv T, Xu R. Study on seed germination characteristics of three *Vicia* species from Northeast of Qinghai-Tibetan plateau. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2016, 29(5): 1193-1196
- [7] 陈乙实,娜丽克斯·外里,王树林,景鹏成,鲁为华. 不同处理方法对7种豆科植物种子休眠以及成苗特性的影响. *草地学报*,2017,25(4):823-831
Chen Y S, Narkes·W L, Wang S L, Jing P C, Lu W H. Effect of different treatment methods on seed dormancy and seedling characteristics of seven kinds of Leguminous plants. *Acta Agrestia Sinica*, 2017, 25(4): 823-831
- [8] Baskin C C, Baskin J M. *Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. San Diego: Academic Press, 1998: 79-112
- [9] 余娇娥,吴雪涛,司宏敏,马筱,王兵,闭鸿雁,徐清,林素汀,苏文华,周睿. 萌发前高温处理对黄茅种子萌发率的影响. *种子*,2018,37(10):26-35
Yu J E, Wu X T, Si H M, Ma X, Wang B, Bi H Y, Xu Q, Lin S T, Su W H, Zhou R. Effects of high temperature before germination on seed germination rate of *Heteropogon contortus*. *Seed*, 2018, 37(10): 26-35
- [10] 索风梅,张昭,陈瑶,黄少雄,张本刚,齐耀东. 不同温度处理条件下植物种子萌发的研究进展. *世界科学技术-中医药现代化*,2017,19(4):706-710
Suo F M, Zhang Z, Chen Y, Huang S X, Zhang B G, Qi Y D. Research progress of different temperatures treated plants seed germination. *World Science and Technology/Modernization of Traditional Chinese Medicine and Materia Medica*, 2017, 19(4): 706-710
- [11] 徐本美,顾增辉. 硫酸处理硬实种子的效果. *植物生理学通讯*,1985(2):22-25
Xu B M, Gu Z H. Effect of sulfuric acid on hard seeds. *Plant Physiology Communications*, 1985(2): 22-25
- [12] 刘贵华,周进,汪海洋,郭友好. 不同处理对普通野生稻种子萌发及水位对幼苗存活的影响. *武汉植物学研究*,2000,18(2):146-150
Liu G H, Zhou J, Wang H Y, Guo Y H. Seed germination and seedling survival of *Oryza rufipogon* Griff. under different treatments. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 2000, 18(2): 146-150
- [13] 郑天翔,陈叶. 黄芪硬实种子的破除方法研究. *种子*,2016,35(6):90-93
Zheng T X, Chen Y. Study on the method of breaking hard seed of astragalus. *Seed*, 2016, 35(6): 90-93
- [14] 穆海婷,贾雪,苗一凡,郁伟杰,刘稳,徐博. 不同处理对东方山羊豆硬实种子萌发的影响. *种子*,2022,41(9):106-109
Mu H T, Jia X, Miao Y F, Yu W J, Liu W, Xu B. Effects of different treatments on hard seeds of *Galega Orientalis* L. *Seed*, 2022, 41(9): 106-109
- [15] Castañeda-Álvarez N P, Khoury C K. Global conservation priorities for crop wild relatives. *Nature Plants*, 2016, 2: 16022
- [16] Dempewolf H, Eastwood R J, Guarino L, Khoury C K, Müller J V, Toll J. Adapting agriculture to climate change: A global initiative to collect, conserve, and use crop wild relatives. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 2014, 38: 369-377
- [17] 刘云波,赵一之. 蒙古高原野豌豆属植物的分类研究. *内蒙古大学学报:自然科学版*,2001,32(1):66-73
Liu Y B, Zhao Y Z. A taxonomic study on the genus *Vicia* L. in the Mongolian Plateau. *Journal of Inner Mongolia University: Natural Science Edition*, 2001, 32(1): 66-73
- [18] 王燕红,姚燕,张学杰,孟琰. 山东省野豌豆属野生种质资源调查. *宁夏农林科技*,2013,54(2):95-96
Wang Y H, Yao Y, Zhang X J, Meng Y. Investigation of wild germplasm resources of genus *Vicia* L. in Shandong province. *Ningxia Journal of Agriculture and Forestry Science & Technology*, 2013, 54(2):95-96
- [19] 刁治民. 青海野豌豆属植物及根瘤菌资源的研究. *四川草原*,2000(4):41-44
Diao Z M. Study on the resources of *Vicia* and its rhizobium in Qinghai. *Sichuan Grassland*, 2000(4): 41-44
- [20] 吴征镒. *西藏植物志*. 北京:科学出版社,1985,2:758-762
Wu Z Y. *Flora of Tibet*. Beijing: Science Press, 1985, 2: 758-762
- [21] 彭艳,南吉,马素洁,魏学红. 西藏野豌豆种质资源及其应用研究进展. *黑龙江农业科学*,2019(10):156-161
Peng Y, Nan J, Ma S J, Wei X H. Research progress on occurrence and control of Downy Mildew of Melon. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, 2019(10):156-161
- [22] 刘博文,黎桂阳,常媛飞,金美燕,刘芳,高秋,刘万良,哈斯塔米尔,王显国. 野豌豆属种子形态多样性与种子分类鉴定方法的研究. *草地学报*,2021,29(7):1375-1385
Liu B W, Li G Y, Chang Y F, Jin M Y, Liu F, Gao Q, Liu W L, Hasitamier, Wang X G. Study on seed morphological

- diversity and seed classification and identification method of *Vicia*. *Acta Agrestia Sinica*, 2021, 29(7): 1375-1385
- [23] 马正华, 田丰. 野豌豆属种子硬实特性研究. 黑龙江畜牧兽医科技版, 2013(11): 97-99
- Ma Z H, Tian F. Study on the hard seed characteristics of *Vicia*. *Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine*, 2013(11): 97-99
- [24] Guppy H B. *Studies in seeds and fruits*. London: Williams & Norgate, 1912: 522
- [25] Nikolaeva M G. *Physiology of deep dormancy in seeds*. Jerusalem: IPST Press, 1969: 220
- [26] Baskin J M, Baskin C C. A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*, 2004, 14: 1-16
- [27] Crocker W, Barton L V. *Physiology of seeds. An introduction to the experimental study of seed and germination problems*. Waltham, Massachusetts: Chronica Botanica Co, 1953: 267
- [28] 潘睿. 豆科硬实种子形成机理的研究. 长春: 东北师范大学, 2005
- Pan R. *Study on the forming mechanism of Legume hard seeds*. Changchun: Northeast Normal University, 2005
- [29] 杨楠, 曹亚从, 魏兵强, 王立浩. 单双子叶植物种子萌发和休眠的研究进展. *植物遗传资源学报*, 2022, 23(5): 1249-1257
- Yang N, Cao Y C, Wei B Q, Wang L H. Research progress on seed germination and dormancy of Monocot and Dicot plants. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2022, 23(5): 1249-1257
- [30] 肖文一, 任风才. 野豌豆种子性状及破除硬实的技术措施. *中国草原与牧草杂志*, 1984, 1(2): 61-64
- Xiao W Y, Ren F C. Seed characters of vetch and technical measures for breaking hard seed. *Chinese Journal of Grassland and Herbage*, 1984, 1(2): 61-64