



苦荞种质资源评价及遗传育种研究展望

任长忠¹, 陈庆富², 李洪有², 魏黎明¹, 郭来春¹, 王春龙¹, 李春花¹

(1 吉林省白城市农业科学院, 吉林白城 137000; 2 贵州师范大学荞麦产业技术研究中心, 贵阳 550001)

摘 要:苦荞起源于中国西藏喜马拉雅地区, 有上千年的栽培历史。苦荞富含蛋白质、氨基酸、不饱和脂肪酸等丰富的营养物质和黄酮、酚酸等生物活性物质, 是药食同源作物。近年来, 苦荞的营养保健功能逐渐得到认可, 需求量日益增加, 苦荞产业也得到了快速发展。中国有着极其丰富的苦荞种质资源(883 份), 但中国苦荞育种起步晚, 育种技术落后, 专用型苦荞品种缺乏, 严重限制了其产业的发展。该研究对当前中国苦荞种质资源的收集与保存、评价(包括农艺性状、营养成分、功能成分以及抗逆性)和育种等方面的研究进展进行综述, 对存在的问题进行了阐述, 并对未来中国苦荞育种研究进行了分析展望, 以期为中国苦荞研究及育种工作提供参考。

关键词:苦荞; 种质资源评价; 遗传育种

中图分类号:S517 **文献标志码:**A

Tartary Buckwheat Germplasm Evaluation and Genetic Breeding Research Perspectives

REN Changzhong¹, CHEN Qingfu², LI Hongyou², WEI Liming¹,
GUO Laichun¹, WANG Chunlong¹, LI Chunhua¹

(1 Jilin Baicheng Academy of Agricultural Sciences, Baicheng, Jilin 137000, China; 2 Research Center of Buckwheat Industry Technology, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China)

Abstract: Tartary buckwheat originated in the Himalayan region of Tibet, China, and has a history of cultivation for thousands of years. Tartary buckwheat contains rich nutrients such as proteins, amino acids, unsaturated fatty acids and bioactive substances such as brass and phenolic acid. It is a crop with the same origin as medicine and food. In recent years, the nutrition and health function of Tartary buckwheat has been recognized gradually. The demand of Tartary buckwheat is increasing day by day, and the industry of Tartary buckwheat has been developed rapidly. China is extremely rich in Tartary buckwheat germplasm resources (883), but China's Tartary buckwheat breeding started late, backward breeding technologies, the lack of specialized Tartary buckwheat varieties, seriously limiting the development of its industry. The paper reviews the current research progress in the collection and conservation of Chinese Tartary buckwheat germplasm resources, evaluation (including agronomic traits, nutritional composition, functional components, and resistance) and breeding, describes the problems, and analyzes the future of Chinese Tartary buckwheat breeding research, with a view to providing a reference for Chinese Tartary buckwheat research and breeding.

Key words: Tartary buckwheat; germplasm resources evaluation; genetic breeding

收稿日期: 2022-12-12; 修改稿收到日期: 2023-05-23

基金项目: 财政部和农业农村部——国家燕麦荞麦产业技术体系项目(CARS-07); 贵州师范大学 2018 年度学术新苗培养基创新探索专项(黔科合平台人才[2018]5769-17)

作者简介: 任长忠(1964—), 男, 博士, 主要从事燕麦荞麦遗传育种、栽培及综合利用研究。E-mail: renchangzhong@163.com

苦荞属于蓼科荞麦属(*Fagopyrum* Mill.)一年生植物,起源于中国西藏喜马拉雅地区^[1]。作为药食同源作物,苦荞除含有丰富的营养物质(蛋白质、氨基酸、不饱和脂肪酸等)外,还富含黄酮、酚酸、生物碱、三萜、蒽醌等生物活性物质,具有降“三高”、消炎、抗氧化、抗病毒、抗动脉硬化和抗癌防癌等多种保健功能^[2-3]。近年来,随着人们对苦荞保健作用的认识逐渐加深,以及国家对苦荞产业的支持,苦荞的需求量日益增加,相关加工产业得到了快速发展。然而,中国苦荞育种技术落后,现有的苦荞品种普遍存在产量低、落粒、难脱壳、易倒伏等问题,优质高产、专用型新品种缺乏,现有的资源已不能满足生产需求,严重制约了苦荞生产加工的发展。为此,本研究归纳了中国苦荞种质资源收集,概述了苦荞种质资源的评价利用和遗传育种现状,以期对苦荞的遗传育种研究提供参考。

1 苦荞种质资源收集与保存

中国有着极其丰富的苦荞种质资源,具有上千年的苦荞栽培历史。中国有关苦荞种质资源的收集开始于20世纪50年代,期间收集到大量苦荞种质资源,但保存不规范等原因导致其中绝大部分种质材料被丢失^[4]。在20世纪80年代,由中国农业科学院牵头对全国各地的苦荞种质资源进行重新征集、收藏,共有883份苦荞种质编入“中国荞麦品种资源目录”^[4-5]。迄今,在这些编录的苦荞种质资源中,有754份苦荞种质资源被很好地保存在中国农业科学院种质资源库长期库中。除由中国农业科学院牵头的苦荞种质资源大规模收集和保存外,超过收集与保存100份以上苦荞种质的单位还有贵州师范大学、吉林省白城市农业科学院、山西省农业科学院、云南省农业科学院、山西农业大学、西北农林科技大学和西昌学院等单位^[6-15]。

2 苦荞种质资源评价

2.1 农艺性状评价

目前研究人员已对苦荞种质资源的多个农艺性状进行了评价,这些农艺性状主要包括生育期、株型、株高、主茎节数、主茎分枝数、株粒重、株粒数、千粒重、产量、粒色、粒型、粒长、粒宽和抗倒伏等。大量研究表明,在苦荞种质资源中,这些农艺性状遗传多样性丰富,变异广泛^[13-38]。同时基于各农艺性状的主成分分析和聚类分析,研究人员已筛选到各主要农艺性状相关的优异种质资源。此外,基于各农

艺性状间的相关性分析表明,生产上最为关心的苦荞产量性状主要与株高、株粒数、株粒重、千粒重、主茎分支数和生育期显著正相关^[16-21];倒伏性状主要与株高、主茎节数、节间长度呈显著正相关^[22-24]。除对苦荞种质资源主要农艺性状的大量评价外,最近研究者还对不同苦荞品种的结实率性状进行了评价。结果发现,苦荞的结实率20.7%~33.6%,并根据聚类分析结果将8个苦荞品种分为高结实率(>31%)和中结实率(23.3%~29.1%)^[39]。

除对苦荞种质资源的重要农艺性状评价外,一些研究已对苦荞的部分农艺性状进行了遗传分析。李春花等^[40]通过株高差异较大的2个苦荞品种杂交,对获得的F₂和F₃群体的株高、分枝数、主茎节数和单株粒重进行了遗传分析,结果发现4个性状在F₂和F₃群体中均出现了超亲分离,广义遗传率为0.62~0.78;相关性分析表明,株高、分枝数、主茎节数均与单株粒重显著相关,且株高与单株粒重间的遗传相关系数较大。唐链等^[41]利用高秆和中秆苦荞杂交获得的F₂和F₃群体,对株高、主茎分枝数进行遗传分析,结果表明苦荞株高、主茎分枝数是数量性状,且株高、主茎分枝数与产量呈极显著正相关,表明株高与主茎分枝数可作为苦荞高产杂交育种的重要目标性状。石桃雄等^[42]利用苦荞重组自交系对8个农艺性状(株高、主茎分枝数、主花序二分叉花枝数、顶三花枝粒数、单株粒数、单株粒质量、千粒质量、籽粒产量)进行了遗传变异和相关性分析,结果表明各性状变异系数为13.1%~42.4%,7个性状(除主茎分枝数)均存在双向超亲分离现象;在各性状间,单株粒数、主花序二分叉花枝数(影响粒数)和千粒质量是影响单株粒重的主要因素,表明单株粒数可作为高产苦荞品种选育的重要参考指标。石桃雄等^[43]和郑俊青等^[44]利用不同的苦荞重组自交系群体对苦荞粒长、粒宽和千粒重进行遗传分析,结果均发现3个性状均存在连续变异及双向超亲分离现象,表明这3个性状是数量性状。李春花等^[45]利用籽粒大小差异较大的2个苦荞品种杂交获得的F₂和F₃群体,对粒长、粒宽和千粒重进行遗传分析,获得了与石桃雄等^[43]和郑俊青等^[44]相似的结果。陈庆富等^[46]利用4个F₂群体(厚壳苦荞与薄壳苦荞杂交)对苦荞厚壳和薄壳特性进行遗传分析,结果发现苦荞厚壳特性为显性单基因遗传模式,其隐性纯合基因型表现为薄壳特性;薄壳特性与低千粒重和低单株产量呈极显著的相关性,但薄壳型植株千粒重变异幅度的最大值可以接近厚壳苦荞的平均水平;表明通过杂交育

种方法可使薄壳苦荞的产量接近或达到常规厚壳苦荞水平。此外,崔娅松等^[47]利用多个薄壳苦荞和厚壳苦荞组合获得的 F_2 和 F_3 群体分析表明,各组合果壳率的广义遗传力变幅为 0.42~0.91,狭义遗传力变幅为 0.07~0.27;广义遗传力与狭义遗传力数值相差极大;粒重和果仁重对果壳率直接效应最大,其中前者为正效应,后者为负效应。

2.2 品质性状评价

苦荞品质性状包括营养成分和功能成分 2 个方面。营养成分主要是淀粉、蛋白质、脂肪酸,而功能成分主要是黄酮、抗性淀粉等。目前,研究者已在种质水平上对苦荞这些品质性状进行了大量评价。

2.2.1 营养成分 苦荞籽粒中最丰富的营养物质主要是淀粉、蛋白质和脂肪酸。通过大规模对苦荞种质籽粒中的淀粉分析表明,苦荞总淀粉含量为 60.49%~77.98%,其中对淀粉品质影响很大的直链淀粉含量为 11.59%~28.30%^[30-31,48-49]。值得注意的是,不同种质间,苦荞的总淀粉和直链淀粉含量变异幅度较大,表明不同种质间淀粉的合成存在较大遗传差异^[30-31,48-52]。

苦荞籽粒总蛋白含量分析发现,不同苦荞种质籽粒中的总蛋白含量存在较大差异,其总含量为 6.82%~15.02%^[48, 53-57]。蛋白组分分析表明,苦荞中的蛋白主要是球蛋白、清蛋白、谷蛋白、醇溶蛋白和残渣蛋白等。在各种蛋白含量分析方面,不同的研究结果存在一定差异。大部分研究结果表明,苦荞籽粒中各种蛋白含量从高到低依次为清蛋白、谷蛋白、球蛋白和醇溶蛋白^[57-60]。Pomeranz 等^[61]研究结果认为荞麦籽粒蛋白中的清蛋白和球蛋白含量高达 80%。最近,笔者课题组通过分析不同发育时期苦荞籽粒中这 5 种蛋白相关基因的表达情况,发现清蛋白和球蛋白相关基因的表达是谷蛋白和醇溶蛋白的几十至万倍(数据未发表),因此笔者更偏向于 Pomeranz 等的观点,苦荞中主要蛋白是清蛋白和球蛋白。

苦荞籽粒脂肪含量检测发现,不同苦荞种质的籽粒中脂肪含量差异极大,含量为 1.22%~4.70%,明显高于小麦和水稻籽粒中的脂肪含量^[49,63]。目前苦荞中已有 13 种脂肪酸被鉴定,其中含量最多的脂肪酸是油酸和亚油酸,且它们的含量在不同苦荞种质中存在较大差异^[63-67]。

2.2.2 功能成分 抗性淀粉在降血脂、改变肠道微生物以及降血压等过程中具有显著作用以及极高的保健功能。目前,仅有个别研究在种质水平上对苦荞籽粒中的抗性淀粉含量进行了评价。Qin 等^[48]

对 21 份苦荞种质的抗性淀粉含量测定发现,不同苦荞种质间的抗性淀粉含量存在较大差异,其含量为 13.06%~22.53%,远高于小麦和水稻种子中的抗性淀粉含量。

黄酮类化合物具有降“三高”、消炎、抗氧化、抗病毒、抗动脉硬化、抗糖尿病、抗癌防癌等多种保健功能。通过对苦荞籽粒中黄酮含量的大量研究表明,不同苦荞种质籽粒中总黄酮含量差异极大,其含量为 0.65%~2.84%^[14,48,68-69]。目前,研究者还对苦荞籽粒中的黄酮组分进行了详细鉴定,结果表明苦荞籽粒中大约存在 90 种黄酮类化合物^[3]。这些黄酮化合物中含量最丰富的是芦丁(占总黄酮含量的 70%~85%)、槲皮素、山奈酚-3-O-芸香糖苷、山奈酚等,这些主要黄酮类化合物含量在不同苦荞种质中差异极大^[48,70-71]。有意思地,不同苦荞种质籽粒中的芦丁含量与槲皮素含量存在一定的负相关性^[48,70-71]。

2.3 抗逆性评价

目前,研究者对苦荞种质资源的抗逆性评价主要集中在抗旱、抗盐、抗重金属、耐瘠(耐低磷和耐低氮)等方面。

2.3.1 抗旱 干旱是威胁苦荞生产的主要非生物胁迫之一。目前,研究人员主要利用 PEG-6000 模拟干旱胁迫对不同苦荞种质萌发期的抗旱性进行评价。研究发现,PEG-6000 处理明显降低了苦荞的发芽率、发芽势、发芽指数、胚芽长度、胚根长度,但不同苦荞种质的相关指标受到的抑制程度存在较大差异,表明不同苦荞种质在萌发期具有不同的抗旱能力^[72-75]。研究人员进一步通过各指标相关性分析和灰色关联分析确定发芽率、相对发芽势、萌发指数、胚根长可作为苦荞萌发期抗旱评价指标,并基于此筛选出了抗旱苦荞种质^[72-75]。除利用 PEG-6000 处理对苦荞萌发期抗旱性评价外,研究者还通过土培法模拟自然干旱对苦荞种质苗期抗旱性进行了鉴定。路之娟等^[76]通过沙培方式对 9 个苦荞品种苗期抗旱性进行评价,结果发现干旱胁迫对苦荞形态、生理指标产生了极大影响,不同苦荞品种受到的影响存在一定差异;确定了株高、茎粗、根冠比、根系活力、最大根长、丙二醛含量和叶片相对水势可作为苦荞苗期抗旱性评价的关键指标,并在此基础上筛选出 3 个苦荞品种(迪庆苦荞、西农 9909 和奇台农家品种)为耐旱型品种。Aubert 等^[77]对土培下 12 份苦荞种质进行苗期抗旱性鉴定发现,干旱胁迫严重抑制了苦荞的株高和叶面积,不同品种受到的抑制差异较大,暗示这两个指标也可作为苦荞苗期抗旱性评价的关键指标。

2.3.2 抗 盐 陆启环等^[78]对 19 个苦荞品种 NaCl 胁迫下的相关生理指标分析表明,盐胁迫抑制了苦荞种子萌发率和幼苗 SOD 活性,减少了幼苗叶片中叶绿素含量,增加了幼苗质膜透性和 MDA 含量。此外,研究还发现,不同品种间这些指标存在较大差异,抗性强的品种具有更高的种子萌发率、SOD 活性和叶绿素含量,更低的质膜透性和 MDA 含量。在此基础上,筛选出‘黔苦 3 号’为耐盐品种,‘西农 9909’为盐敏感品种^[78]。翁文凤^[79]对 268 份苦荞种质进行了萌发期耐盐性评价,结果发现盐胁迫处理明显抑制了苦荞种子的发芽率、胚根长和上胚轴长。不同品种间相关指标受到的抑制存在极大差异,总隶属函数值 >1.5 和 <0.7 筛选到耐盐种质 24 份,盐敏感种质 17 份。

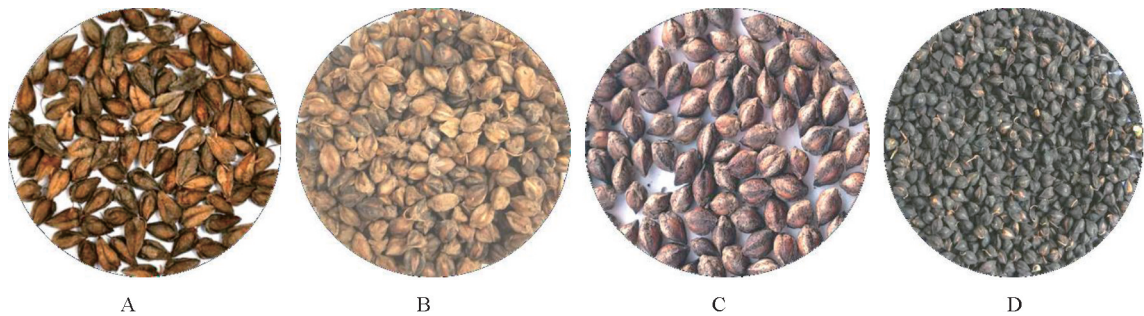
2.3.3 抗重金属 目前,仅有少部分研究开展了苦荞重金属耐性评价。毛旭等^[80]通过在重金属污染的农用地上直接种植苦荞,评价 7 个苦荞品种(黔黑苦 1 号、黔苦 2~7 号)对土壤中镉(Cd)、砷(As)、铅(Pb)、镍(Ni)、铜(Cu)和锌(Zn)等 6 种典型有害重金属的污染情况,筛选重金属低积累的苦荞品种。结果表明,苦荞籽粒对重金属的富集能力因元素而异,总体表型出 $Cd>Zn>Cu>Ni>Pb>As$ 的特征;7 个苦荞品种籽粒受到 Cd 元素严重污染,并且污染等级均达高污染;苦荞产量主要受到籽粒 Pb 含量的影响,达到强负相关关系,籽粒中 Zn 与 Ni、Cu 含量呈显著强正相关关系;‘黔苦 3 号’为 Cd 低积累品种,‘黔苦 7 号’为 As、Ni 和 Pb 的低积累品种,‘黔苦 5 号’为 Cu 低积累品种,‘黔苦 4 号’为 Zn 低积累品种。毛旭等^[81]通过在 Cd 污染的农用地上直接种植苦荞,评价了 7 个苦荞品种对 Cd 的积累成立差异,结果表明,在苦荞不同部位 Cd 富集能力表现为叶 $>$ 茎 $\approx$ 根 $>$ 颖壳 $>$ 籽粒;不同苦荞品种根部与籽粒 2 个部位的 Cd 含量差异显著;7 个苦荞品种地上部分富集系数与转运系数皆小于 1,其中‘黔黑苦 1 号’与‘黔苦 3 号’籽粒 Cd 浓度为 0.12 mg/kg,植株、籽粒 Cd 积累量的系统聚类分析将其列为较低值类品种,可推选为低 Cd 积累品种。

2.3.4 耐 瘠 目前,研究者对苦荞耐贫瘠评价主要集中在氮、磷、钾 3 个方面。张楚等^[82-83]对 9 个不同基因型苦荞品种在不同氮水平下的农艺性状、生理特性及植株氮素利用等指标进行了评价,发现低氮胁迫明显抑制了苦荞生长,不同苦荞品种受到的抑制程度存在一定差异。通过各指标的综合分析,筛选出株高、茎粗、叶面积、根冠比、叶绿素含量、SOD 活性

和氮利用效率可作为苦荞耐低氮评价的关键指标,迪庆苦荞为耐低氮品种。在苦荞耐低磷评价方面,杨春婷等^[84-85]对 14 个苦荞品种苗期耐低磷进行评价发现,低磷胁迫明显抑制了苦荞生长,且对地上部位的影响程度显著大于地下部位。通过各指标的综合分析,筛选出根表面积、根长、株高、地上部干质量、酸性磷酸酶、磷积累量和过氧化物酶活性 7 项指标为苦荞苗期耐低磷能力快速鉴定的关键指标,‘绿宝荞麦’、‘迪庆苦荞’、额敏农家品种和‘晋荞 4 号’为耐低磷型品种。李振宙等^[86]对四倍体苦荞在不同钾水平下籽粒灌浆特性、充实度进行了评价,发现中钾处理的灌浆起始势、达最大生长速率的天数、灌浆速率最大时的生长量、根系长度、根系表面积、根系体积、籽粒充实度和产量均最大,表明适宜的钾肥施用量不仅可以促进四倍体苦荞的生长发育,还有利于提高其籽粒充实度和产量。

3 苦荞育种研究进展

作物育种可以分为 4 个阶段:1.0 时代农家育种(根据表型选择),2.0 时代杂交育种,3.0 时代分子育种(分子标记辅助育种、转基因、基因编辑等),4.0 时代生物技术+人工智能+大数据信息技术育种。在育种方法上主要包括系统选育、诱变选育、杂交选育、单倍体育种、分子标记辅助育种、转基因育种、基因组育种等。目前,大作物如水稻、玉米、小麦等育种已由 2.0 进入 3.0 育种时代,并开始迈向 4.0 时代。相比于大作物,苦荞育种极其落后,目前主要处于基于表型选择的 1.0 农家育种时代,仅个别育种单位进入 2.0 杂交育种阶段。在苦荞育种方法上,目前用到的育种方法主要是系统选育和诱变选育,极少数用到了杂交选育。据统计,目前全国审(认)定(国审和省审认定)的苦荞品种有 55 个,其中通过系统选育法育成苦荞品种 31 个,通过诱变法育成苦荞品种 19 个,通过杂交育种法育成苦荞品种仅 5 个^[87]。几乎所有审(认)定苦荞品种果实都是厚壳型(诱变育种培育的‘米荞 1 号’除外),果壳厚难以脱壳,仅在最近(2022 年)贵州师范大学通过杂交育种法育成了可以作为鲜生苦荞米生产的专用型薄壳苦荞品种(图 1)。这可能与苦荞花朵较小、杂交困难、杂交技术仅少数单位掌握有关。然而,杂交技术是育种关键技术,也是很多育种方法如分子标记辅助育种、单倍体育种、基因组育种等必不可少的技术。因此,提升苦荞杂交育种技术对于推动苦荞育种进步和产业健康发展具有重要意义。



A. 晋荞麦 2 号(常规苦荞);B. 薄壳苦荞‘小米荞’(云南地方品种);C. 贵黑米‘苦荞 15 号’(薄壳苦荞杂交后代);
D. 贵米‘苦荞 18 号’(薄壳苦荞杂交后代)。

图 1 几个苦荞品种的种子形态比较

A. The conventional Tartary buckwheat ‘Jinqiaomai No. 2’; B. The Yunnan local Tartary buckwheat thin shelled Tartary buckwheat ‘Xiaomiqiao’; C. New thin-shelled Tartary buckwheat varieties Guiheimi ‘Kujiao No. 15’;
D. Guimi ‘Kujiao No. 18’ selected by hybridization.

Fig. 1 Comparison of seed morphology of several Tartary buckwheat varieties

4 问题与展望

4.1 苦荞种质资源评价

4.1.1 农艺性状和品质性状评价 虽然目前大量研究对苦荞种质资源的农艺性状和品质性状进行了评价,但相关研究一方面利用的苦荞种质资源数较少,另一方面相关性状的评价主要是在单个环境下进行的,导致表型数据精准度不高,很难为育种服务。因此,亟需建立苦荞专属种质资源库,将中国不同单位收集的苦荞种质资源进行整理,并对其进行农艺性状和品质性状的评价。由于大多数农艺性状和品质性状是受多基因控制的数量性状,其表型受环境因素影响较大,因此需要开展大规模苦荞种质资源的多年多点(苦荞主产区和非主产区)表型精准鉴定,而且要全面、系统地建立苦荞种质资源农艺性状以及品质性状的评价体系,为今后的遗传学研究、分子育种以及品种改良奠定基础,为中国各苦荞主产区推广应用提供参考。

4.1.2 抗逆性评价 目前,研究人员已对苦荞种质资源的抗旱性、抗盐性、抗重金属、耐低磷和耐低氮等进行了评价。但相关研究一方面用到的苦荞种质资源数少,另一方面各抗逆性评价方法都是模拟试验来完成,且不能很好地反映真实的逆境胁迫。如抗旱性评价主要采用 PEG-6000 模拟干旱胁迫,抗盐性评价主要采用水培法、耐低磷和耐低氮评价主要采用营养元素扣除法,导致这些鉴定的数据和种质很难为育种服务。此外,苦荞生产上目前面临的主要逆境胁迫是干旱胁迫。因此,开展大规模苦荞

种质在土壤自然干旱胁迫下的抗旱性评价更具重要意义。此外,需要采用盐碱地栽培、重金属土壤栽培、贫瘠土壤(缺氮土或缺磷土)栽培分别对抗重金属、耐低磷和耐低氮种质进行评价。

4.2 苦荞育种

目前苦荞育种技术方法主要以系统选育和诱变选育 2 种。由于杂交技术在作物育种中具有举足轻重的地位,同时也是许多育种技术所需要的,因此未来应加强苦荞杂交育种研究。由于苦荞花朵较小,杂交困难,目前仅有少数研究单位掌握苦荞杂交技术,因此这些单位需要组织苦荞杂交技术培训,让更多的研究者掌握苦荞杂交技术,这对推动苦荞育种进步具有重要意义。另外,分子标记辅助育种将在苦荞未来育种中占据主导地位,因此各苦荞研究单位应该在对大规模苦荞种质的各性状进行精准鉴定的基础上,开展全基因组关联分析发掘控制各性状的优异关键基因和开发分子标记,同时通过重组自交系群体(连锁群体)进行各性状的 QTL 定位,发掘控制各性状的关键遗传位点和连锁分子标记,并需要通过分离群体对标记的可靠性进行验证,这将为苦荞分子标记辅助育种奠定坚实基础。此外,转基因育种也是未来苦荞育种的一个方向,不仅降低传统方法对表型性状鉴定的依赖性,还能提高选择育种的可信度,更能够实现早期选择,有效地加快育种进程,因此对控制苦荞重要农艺性状的关键基因的发掘和功能验证以及苦荞转基因技术的开发也是必需的。

参考文献:

- [1] ZHANG K X, HE M, FAN Y, *et al.* Resequencing of global Tartary buckwheat accessions reveals multiple domestication events and key loci associated with agronomic traits[J]. *Genome Biology*, 2021, **22**: 23.
- [2] NURUL HUDA M, LU S, JAHAN T, *et al.* Treasure from garden: Bioactive compounds of buckwheat[J]. *Food Chemistry*, 2021, **335**: 127 653.
- [3] LI H Y, LÜ Q, LIU A, *et al.* Comparative metabolomics study of Tartary [*Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn] and common (*Fagopyrum esculentum* Moench) buckwheat seeds [J]. *Food Chemistry*, 2022, **371**: 131 125.
- [4] 范 昱, 丁梦琦, 张凯旋, 等. 荞麦种质资源概况[J]. 植物遗传资源学报, 2019, **20**(4): 813-828.
- FAN Y, DING M Q, ZHANG K X, *et al.* Germplasm resource of the genus *Fagopyrum* Mill. [J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2019, **20**(4): 813-828.
- [5] 杨克理. 我国荞麦种质资源研究现状与展望[J]. 作物品种资源, 1995(3): 11-13.
- YANG K L. Research status and prospect of germplasm resource of the genus *Fagopyrum* Mill. in China [J]. *China Seed Industry*, 1995(3): 11-13.
- [6] 王安虎, 蔡光泽, 陈 波, 等. 四川及藏东南荞麦资源的调查研究[J]. 西南农业学报, 2011, **24**(6): 2 057-2 061.
- WANG A H, CAI G Z, CHEN B, *et al.* Investigation and research of buckwheat resources in Sichuan Province and south-east Tibet[J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2011, **24**(6): 2 057-2 061.
- [7] 李春花, 卢文洁, 王艳青, 等. 云南苦荞资源农艺性状的主成分和聚类分析[J]. 江西农业大学学报, 2015, **37**(4): 612-617.
- LI C H, LU W J, WANG Y Q, *et al.* The principal components and cluster analysis of *F. tataricum* resources in Yunnan[J]. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 2015, **37**(4): 612-617.
- [8] 冉 盼. 西藏栽培和野生苦荞资源评价及其分子标记系统关系研究[D]. 贵阳: 贵州师范大学, 2021.
- [9] 沈伦豪, 任 奎, 唐 宇, 等. 西藏野生荞麦种质资源的调查与收集[J]. 植物遗传资源学报, 2022, **23**(3): 768-774.
- SHEN L H, REN K, TANG Y, *et al.* Investigation and collection of wild buckwheat germplasm resource in Xizang autonomous region of China [J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2022, **23**(3): 768-774.
- [10] HOU S Y, REN X M, YANG Y, *et al.* Genome-wide development of polymorphic microsatellite markers and association analysis of major agronomic traits in core germplasm resources of Tartary buckwheat [J]. *Frontiers in Plant Science*, 2022, **13**: 819 008.
- [11] 张丽君, 马名川, 刘龙龙, 等. 山西省苦荞品种资源的研究 [J]. 河北农业科学, 2015, **19**(1): 69-74.
- ZHANG L J, MA M C, LIU L L, *et al.* Studies on the germplasm resources of Tartary buckwheat in Shanxi Province[J]. *Journal of Hebei Agricultural Sciences*, 2015, **19**(1): 69-74.
- [12] 徐笑宇. 高黄酮苦荞资源鉴定与评价利用研究[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2015.
- [13] 李春花, 加央多拉, 陈蕤坤, 等. 苦荞种质资源性状评价及优异资源筛选[J]. 干旱地区农业研究, 2021, **39**(6): 19-27.
- LI C H, JIAYANGDUOLA, CHEN R K, *et al.* Evaluation and selection of Tartary buckwheat germplasm resources based on agronomic traits[J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2021, **39**(6): 19-27.
- [14] 李春花, 陈蕤坤, 黄金亮, 等. 苦荞种质资源遗传多样性分析及抗霜霉病种质筛选[J]. 南方农业学报, 2020, **51**(4): 740-747.
- LI C H, CHEN R K, HUANG J L, *et al.* Genetic diversity analysis and downy mildew resistance screening of Tartary buckwheat germplasm resources [J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2020, **51**(4): 740-747.
- [15] 吕 丹, 黎瑞源, 郑 冉, 等. 213 份苦荞种质资源主要农艺性状分析及高产种质筛选 [J]. 南方农业学报, 2020, **51**(10): 2 429-2 439.
- LÜ D, LI R Y, ZHENG R, *et al.* Main agronomic traits and selection of high seed yield germplasms in 213 Tartary buckwheat materials [J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2020, **51**(10): 2 429-2 439.
- [16] 陈稳良, 赵雪英, 李秀莲, 等. 苦荞产量与主要性状的灰色关联度评价[J]. 山西农业科学, 2009, **37**(10): 23-25.
- CHEN W L, ZHAO X Y, LI X L, *et al.* The grey relational grade analysis between the yield and main characters of the bitter buckwheat [J]. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 2009, **37**(10): 23-25.
- [17] 徐 芦, 高金锋, 王鹏科, 等. 灰色关联分析在苦荞区试产量性状上的应用[J]. 种子, 2010, **29**(6): 64-66.
- XU L, GAO J F, WANG P K, *et al.* Application of gray correlation analysis on yield characters in regional trials of buckwheat [J]. *Seed*, 2010, **29**(6): 64-66.
- [18] 母养秀, 杜燕萍, 陈彩锦, 等. 不同苦荞品种营养品质与农艺性状及产量的相关性[J]. 江苏农业科学, 2016, **44**(6): 139-142.
- MU Y X, DU Y P, CHEN C J, *et al.* Correlation between nutritional quality and agronomic traits and yield of different Tartary buckwheat varieties [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2016, **44**(6): 139-142.
- [19] 汪 灿, 胡 丹, 杨 浩, 等. 苦荞主要农艺性状与产量关系的多重分析[J]. 作物杂志, 2013(6): 18-22.
- WANG C, HU D, YANG H, *et al.* Multiple analysis of relationship between main agronomic traits and yield in Tartary buckwheat [J]. *Crops*, 2013(6): 18-22.
- [20] 杨学乐, 张 璐, 李志清, 等. 苦荞种质资源表型性状的遗传多样性分析[J]. 作物杂志, 2020(5): 53-58.
- YANG X L, ZHANG L, LI Z Q, *et al.* Diversity analysis of Tartary buckwheat germplasms based on phenotypic traits [J]. *Crops*, 2020(5): 53-58.
- [21] 贾瑞玲, 赵小琴, 南 铭, 等. 64 份苦荞种质资源农艺性状遗传多样性分析[J]. 作物杂志, 2020(5): 53-58.

- 传多样性分析与综合评价[J]. 作物杂志, 2021(3): 19-27.
- JIA R L, ZHAO X Q, NAN M, *et al.* Genetic diversity analysis and comprehensive assessment of agronomic traits of 64 Tartary buckwheat germplasms[J]. *Crops*, 2021(3): 19-27.
- [22] 韦 爽, 万 燕, 晏 林, 等. 不同苦荞品种茎秆强度和植株性状的差异及其相关性[J]. 作物杂志, 2015(2): 59-63.
- WEI S, WAN Y, YAN L, *et al.* Difference and correlation of different Tartary buckwheat cultivars in stem strength and plant characters[J]. *Crops*, 2015(2): 59-63.
- [23] 贾瑞玲, 马 宁, 魏立平, 等. 50 份苦荞种质资源农艺性状的遗传多样性分析[J]. 干旱地区农业研究, 2015, **33**(5): 11-16.
- JIA R L, MA N, WEI L P, *et al.* Genetic diversity analysis on the agronomic characteristics of 50 Tartary buckwheat germplasms[J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2015, **33**(5): 11-16.
- [24] 宋 月, 向达兵, 黄后兵, 等. 苦荞品种抗倒性鉴定及评价方法的研究[J]. 作物杂志, 2017(6): 65-71.
- SONG Y, XIANG D B, HUANG H B, *et al.* Lodging resistance identification and evaluation of different Tartary buckwheat cultivars[J]. *Crops*, 2017(6): 65-71.
- [25] 邓琳琼, 张以忠. 毕节市苦荞种质资源农艺性状的鉴定与评价[J]. 湖北农业科学, 2015, **54**(15): 3 604-3 607.
- DENG L Q, ZHANG Y Z. Identification and evaluation of main agronomic traits of Tartary buckwheat in Bijie City[J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2015, **54**(15): 3 604-3 607.
- [26] 潘 凡, 石桃雄, 陈其皎, 等. 苦荞种质主要农艺性状的变异及其对单株粒重的贡献研究[J]. 植物科学学报, 2015, **33**(6): 829-839.
- PAN F, SHI T X, CHEN Q J, *et al.* Variation in major agronomic traits and its contribution to grain weight per plant in Tartary buckwheat germplasm[J]. *Plant Science Journal*, 2015, **33**(6): 829-839.
- [27] 李秀莲, 史兴海, 高 伟, 等. 主成分分析在苦荞育种中的应用[J]. 现代农业科技, 2012(16): 54-56.
- LI X L, SHI X H, GAO W, *et al.* Application of principal component analysis in the Tartary buckwheat breeding[J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2012(16): 54-56.
- [28] 赵建栋, 李秀莲, 史兴海, 等. 苦荞品种(系)聚类分析[J]. 农学学报, 2016, **6**(8): 12-17.
- ZHAO J D, LI X L, SHI X H, *et al.* Cluster analysis of *Fagopyrum tataricum* varieties(lines)[J]. *Journal of Agriculture*, 2016, **6**(8): 12-17.
- [29] 李春花, 尹桂芳, 王艳青, 等. 云南苦荞种质资源主要性状的遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2016, **17**(6): 993-999.
- LI C H, YIN G F, WANG Y Q, *et al.* Analysis of genetic diversity of main characters of Tartary buckwheat germplasm resources in Yunnan [J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2016, **17**(6): 993-999.
- [30] 赵 鑫, 陈少锋, 王 慧, 等. 晋北地区不同苦荞品种产量和品质研究[J]. 作物杂志, 2018(5): 27-32.
- ZHAO X, CHEN S F, WANG H, *et al.* Study on yield and quality of different Tartary buckwheat varieties in North Shanxi Province[J]. *Crops*, 2018(5): 27-32.
- [31] 张广峰, 陈喜明, 韩云丽, 等. 31 个荞麦品种的经济性状及品质分析[J]. 种子, 2020, **39**(5): 85-87, 91.
- ZHANG G F, CHEN X M, HAN Y L, *et al.* Analysis of economic traits and quality of 31 identified buckwheat varieties in China[J]. *Seed*, 2020, **39**(5): 85-87, 91.
- [32] 李荫藩, 郑敏娜, 梁秀芝, 等. 苦荞种质资源生物学性状的多元统计分析综合评价[J]. 中国农学通报, 2016, **32**(6): 40-48.
- LI Y F, ZHENG M N, LIANG X Z, *et al.* Multiple statistics analysis and comprehensive evaluation of biological traits of buckwheat germplasm resources[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2016, **32**(6): 40-48.
- [33] 尹桂芳, 王艳青, 李春花, 等. 荞麦新品种(系)农艺性状的主成分分析和聚类分析[J]. 中国农学通报, 2017, **33**(34): 20-25.
- YIN G F, WANG Y Q, LI C H, *et al.* Principal component analysis and cluster analysis of main agronomic characters of buckwheat new varieties (lines) [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2017, **33**(34): 20-25.
- [34] 张清明, 岳永贵, 马裕群, 等. 13 个苦荞品种在六盘水的产量性状表现[J]. 农技服务, 2019, **36**(9): 18-19.
- ZHANG Q M, YUE Y G, MA Y Q, *et al.* Performance of yield traits of 13 Tartary buckwheat varieties in Liupanshui [J]. *Agricultural Technology Service*, 2019, **36**(9): 18-19.
- [35] 杨 媛, 王 慧, 石金波, 等. 晋北地区苦荞种质资源的评价与筛选[J]. 北方农业学报, 2019, **47**(4): 1-7.
- YANG Y, WANG H, SHI J B, *et al.* Evaluation and screening of Tartary buckwheat germplasm resources from Northern Shanxi Province[J]. *Journal of Northern Agriculture*, 2019, **47**(4): 1-7.
- [36] 吴朝昕, 陈庆富, 黄 娟, 等. 不同生态区对不同品种甜荞和苦荞农艺性状和品质性状的影响[J]. 安徽农业大学学报, 2020, **47**(4): 618-626.
- WU C X, CHEN Q F, HUANG J, *et al.* Effects of different ecological regions on agronomic and quality characters of different varieties of common buckwheat and Tartary buckwheat [J]. *Journal of Anhui Agricultural University*, 2020, **47**(4): 618-626.
- [37] 梁诗涵, 李 境, 周 达, 等. 中国苦荞主产区苦荞种质形态性状的遗传多样性分析[J]. 分子植物育种, 2020, **18**(21): 7 254-7 266.
- LIANG S H, LI J, ZHOU D, *et al.* Genetic diversity analysis on the morphological traits of Tartary buckwheat germplasm from major production regions of China[J]. *Molecular Plant Breeding*, 2020, **18**(21): 7 254-7 266.
- [38] 李晓瑜, 方小梅, 伍浩天, 等. 苦荞种质资源主要农艺性状 SSR 标记关联分析[J]. 作物学报, 2022, **48**(12): 3 091-3 107.
- LI X Y, FANG X M, WU H T, *et al.* Association analysis of agronomic traits of Tartary buckwheat germplasm resources with SSR markers[J]. *Acta Agronomica Sinica*,

2022, **48**(12): 3 091-3 107.

[39] 宋 月. 不同品种苦荞的结实特性及其对源库调节的响应[D]. 成都: 成都大学, 2019.

[40] 李春花, 尹桂芳, 黄金亮, 等. 苦荞株型相关性状的遗传分析及其对产量的影响[J]. 江西农业大学学报, 2020, **42**(5): 881-887.

LI C H, YIN G F, HUANG J L, *et al.* Genetic analysis of plant-type related traits and its effect on yield per plant in Tartary buckwheat [J]. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 2020, **42**(5): 881-887.

[41] 唐 链, 梁成刚, 梁龙兵, 等. 苦荞株高及主茎分枝数的遗传相关分析[J]. 江苏农业科学, 2016, **44**(9): 129-132.

TANG L, LIANG C G, LIANG L B, *et al.* Genetic correlation analysis of plant height and branch number of main stem of Tartary buckwheat[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2016, **44**(9): 129-132.

[42] 石桃雄, 黎瑞源, 梁龙兵, 等. 苦荞重组自交系群体农艺性状分析[J]. 华南农业大学学报, 2018, **39**(1): 18-24.

SHI T X, LI R Y, LIANG L B, *et al.* Analysis of agronomic traits in recombinant inbred line population of Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum*)[J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2018, **39**(1): 18-24.

[43] 石桃雄, 黎瑞源, 郑 冉, 等. 苦荞重组自交系群体粒重、粒形和黄酮含量的变异分析[J]. 分子植物育种, 2021, **19**(18): 6 144-6 154.

SHI T X, LI R Y, ZHENG R, *et al.* Genetic variation of grain weight, grain shape and flavonoids content in RILs population of Tartary buckwheat[J]. *Molecular Plant Breeding*, 2021, **19**(18): 6 144-6 154.

[44] 郑俊青, 黎瑞源, 郑 冉, 等. 苦荞重组自交系群体粒重、粒形与蛋白组分含量的变异[J]. 浙江农业学报, 2021, **33**(4): 565-575.

ZHENG J Q, LI R Y, ZHENG R, *et al.* Variation analysis of grain weight, grain shape and protein content in recombinant inbred lines population of Tartary buckwheat[J]. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2021, **33**(4): 565-575.

[45] 李春花, 黄金亮, 尹桂芳, 等. 苦荞粒形相关性状的遗传分析[J]. 作物杂志, 2020(3): 42-46.

LI C H, HUANG J L, YIN G F, *et al.* Genetic analysis of grain shape related traits in Tartary buckwheat[J]. *Crops*, 2020(3): 42-46.

[46] 陈庆富, 陈其铰, 石桃雄, 等. 苦荞厚果壳性状的遗传及其与产量因素的相关性研究[J]. 作物杂志, 2015(2): 27-31.

CHEN Q F, CHEN Q J, SHI T X, *et al.* Inheritance of Tartary buckwheat thick shell character and its relationships with yield factors[J]. *Crops*, 2015(2): 27-31.

[47] 崔娅松, 王 艳, 杨丽娟, 等. 米苦荞果壳率及其相关性状的遗传研究[J]. 作物杂志, 2019(2): 51-60.

CUI Y S, WANG Y, YANG L J, *et al.* Genetic analysis of fruit hull rate and related traits on Tartary buckwheat[J]. *Crops*, 2019(2): 51-60.

[48] QIN P Y, WANG Q, SHAN F, *et al.* Nutritional composition and flavonoids content of flour from different buckwheat cultivars[J]. *International Journal of Food Science & Technology*, 2010, **45**(5): 951-958.

[49] 李 鹏. 荞麦直链淀粉含量测定及 Waxy 克隆分析[D]. 贵阳: 贵州师范大学, 2021.

[50] 黎 媛, 张贤聪, 王 涛, 等. 苦荞胚乳 GBSSI 基因表达模式及胚乳淀粉含量分析[J]. 分子植物育种, 2018, **16**(11): 3 509-3 517.

LI Y, ZHANG X C, WANG T, *et al.* Analysis of expression pattern of GBSSI gene and starch content in endosperm of *Fagopyrum tataricum* [J]. *Molecular Plant Breeding*, 2018, **16**(11): 3 509-3 517.

[51] 郑君君, 王 敏, 柴 岩, 等. 我国荞麦主要品种的粉质性状相关性研究[J]. 食品工业科技, 2009, **30**(6): 72-75.

ZHENG J J, WANG M, CHAI Y, *et al.* Study on the correlation between the rheological properties of Chinese major buckwheat species[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2009, **30**(6): 72-75.

[52] 石桃雄, 关志秀, 韦春玉, 等. ⁶⁰Co-γ 射线诱变创制苦荞品系的黄酮和蛋白质含量分析[J]. 山东农业科学, 2021, **53**(8): 22-27.

SHI T X, GUAN Z X, WEI C Y, *et al.* Analysis of flavonoids and protein contents in Tartary buckwheat lines induced by ⁶⁰Co-γ radiation[J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2021, **53**(8): 22-27.

[53] 韩 雍. 荞麦芦丁和蛋白质的近红外光谱分析[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2008.

[54] 刘冬生, 徐若英, 汪青青. 荞麦中蛋白质含量及其氨基酸组成的分析研究[J]. 作物品种资源, 1997(2): 26-28.

LIU D S, XU R Y, WANG Q Q. Analysis of protein content and amino acid composition in buckwheat[J]. *China Seed Industry*, 1997(2): 26-28.

[55] 安守海, 郑显明, 宋志成, 等. 贵州省部分苦荞的农艺性状和品质特性[J]. 贵州农业科学, 1997, **25**(4): 42-45.

AN S H, ZHENG X M, SONG Z C, *et al.* Agricultural feature and nutritive characters of f tartaricum[J]. *Guizhou Agricultural Sciences*, 1997, **25**(4): 42-45.

[56] SUZUKI T, NODA T, MORISHITA T, *et al.* Present status and future perspectives of breeding for buckwheat quality [J]. *Breeding Science*, 2020, **70**(1): 48-66.

[57] 冉 盼, 杨丽娟, 崔娅松, 等. 自交可育甜荞、金苦荞、米苦荞不同品系总黄酮、粗蛋白及其蛋白组分含量研究[J]. 广西植物, 2022, **42**(5): 874-885.

RAN P, YANG L J, CUI Y S, *et al.* Analysis of total flavonoids, crude protein and its components in different lines of self-fertile common buckwheat, golden Tartary buckwheat and rice Tartary buckwheat[J]. *Guihaia*, 2022, **42**(5): 874-885.

[58] 李志西, 魏益民, 张国权. 荞麦籽粒谷蛋白亚基结构研究初探[J]. 中国粮油学报, 1993, **8**(4): 11-14.

LI Z X, WEI Y M, ZHANG G Q. A primary study on the sub-units of glutelin of buckwheat grain[J]. *Journal of the*

Chinese Cereals and Oils Association, 1993, **8**(4): 11-14.

[59] 张启迪. 不同荞麦品种种子蛋白质组分的比较研究[D]. 贵阳: 贵州师范大学, 2017.

[60] 石桃雄, 郑俊青, 黎瑞源, 等. 苦荞种质资源种子蛋白质及组分含量的变异分析[J]. 河南农业科学, 2021, **50**(9): 25-35.

SHI T X, ZHENG J Q, LI R Y, *et al.* Variation analysis on protein and its components contents of seeds of Tartary buckwheat germplasms[J]. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 2021, **50**(9): 25-35.

[61] POMERANZ Y, LORENZ K. Buckwheat: Structure, composition, and utilization[J]. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1983, **19**(3): 213-258.

[62] PIRZADAH T B, MALIK B, TAHIR I, *et al.* Buckwheat journey to functional food sector[J]. *Current Nutrition & Food Science*, 2020, **16**(2): 134-141.

[63] TSUZUKI W, OGATA Y, AKASAKA K, *et al.* Fatty acid composition of selected buckwheat species by fluo-329 rometric high-performance liquid chromatography[J]. *Cereal Chemistry*, 1991, **68**: 365-369.

[64] ZHOU, Y M, HONG W, CUI L L, *et al.* Evolution of nutrient ingredients in Tartary buckwheat seeds during germination[J]. *Food Chemistry*, 2015, **186**: 244-248.

[65] PENG L X, ZOU L, TAN M L, *et al.* Free amino acids, fatty acids and phenolic compounds in Tartary buckwheat of different hull colour[J]. *Czech Journal of Food Sciences*, 2017, **35**(3): 214-222.

[66] KRZYSZTOF D, SZYMON K, SYLWIA M S, *et al.* Fatty acids profile, sterols, tocopherol and squalene content in *Fagopyrum tataricum* seed milling fractions[J]. *Journal of Cereal Science*, 2020, **96**: 103 118.

[67] SINKOVIC L, SINKOVIC D K, MEGLIC V. Milling fractions composition of common (*Fagopyrum esculentum* Moench) and Tartary [*Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn.] buckwheat[J]. *Food Chemistry*, 2021, **365**: 130 459.

[68] 吕 丹, 黎瑞源, 郑 冉, 等. 苦荞种质资源籽粒黄酮含量及籽粒性状的变异分析[J]. 分子植物育种, 2020, **18**(14): 4 762-4 774.

LÜ D, LI R Y, ZHENG R, *et al.* Variation analysis of flavonoids content in seeds and seed traits of Tartary buckwheat germplasm resources[J]. *Molecular Plant Breeding*, 2020, **18**(14): 4 762-4 774.

[69] 迟明艳, 徐昌艳, 周 雯. 18 种黔产苦荞中微量元素与有效成分含量的相关性[J]. 贵州医科大学学报, 2019, **44**(11): 1 295-1 300.

CHI M Y, XU C Y, ZHOU W. Research on the correlation of trace elements and active ingredients in *F. esculentum* from Guizhou Province[J]. *Journal of Guizhou Medical University*, 2019, **44**(11): 1 295-1 300.

[70] 章洁琼, 邹 军, 卢 扬, 等. 不同荞麦品种主要功能成分分析及评价[J]. 种子, 2020, **39**(2): 107-112.

ZHANG J Q, ZOU J, LU Y, *et al.* Analysis and evaluation of main functional components of different buckwheat varieties[J]. *Seed*, 2020, **39**(2): 107-112.

[71] 王 迪, 邓 放, 李阳倩, 等. UPLC-QQQ/MS 法分析比较不同品种苦荞麦代表性成分含量[J]. 粮食与油脂, 2021, **34**(9): 63-66.

WANG D, DENG F, LI Y Q, *et al.* Compare the content of representative components of different varieties of Tartary buckwheat by UPLC-QQQ/MS[J]. *Cereals & Oils*, 2021, **34**(9): 63-66.

[72] 杨 迪. 苦荞种质资源抗旱性评价及相关基因的挖掘和功能分析[D]. 兰州: 兰州大学, 2021.

[73] 夏宇飞. 苦荞抗旱性鉴定及其 SSR 分子标记研究[D]. 贵阳: 贵州师范大学, 2022.

[74] 彭去回, 钱晓刚. 14 个荞麦种质材料萌芽期的抗旱性能初步研究[J]. 山地农业生物学报, 2011, **30**(6): 483-486.

PENG Q H, QIAN X G. Preliminary investigation in the drought tolerance of 14 buckwheat germplasms during germinating stage[J]. *Journal of Mountain Agriculture and Biology*, 2011, **30**(6): 483-486.

[75] 欧阳建勇, 万 燕, 马成瑞, 等. 不同浓度 PEG-6000 对苦荞种子萌发的影响及抗旱性评价[J]. 种子, 2020, **39**(4): 12-16.

OUYANG J Y, WAN Y, MA C R, *et al.* Effects of different concentrations of PEG-6000 on seed germination and drought resistance of Tartary buckwheat[J]. *Seed*, 2020, **39**(4): 12-16.

[76] 路之娟, 张永清, 张 楚, 等. 不同基因型苦荞苗期抗旱性综合评价及指标筛选[J]. 中国农业科学, 2017, **50**(17): 3 311-3 322.

LU Z J, ZHANG Y Q, ZHANG C, *et al.* Comprehensive evaluation and indicators of the drought resistance of different genotypes of *Fagopyrum tataricum* at seedling stage[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2017, **50**(17): 3 311-3 322.

[77] AUBERT L, QUINET M. Comparison of heat and drought stress responses among twelve Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum*) varieties[J]. *Plants*, 2022, **11**(11): 1 517.

[78] 陆启环, 李发良, 张 弢, 等. NaCl 胁迫对 19 个苦荞品种生理特性及 *FtNHX1* 表达的影响[J]. 植物生理学报, 2017, **53**(8): 1 409-1 418.

LU Q H, LI F L, ZHANG T, *et al.* Effect of NaCl stress on physiological characteristics and *FtNHX1* expression of nineteen Tartary buckwheat varieties [J]. *Plant Physiology Journal*, 2017, **53**(8): 1 409-1 418.

[79] 翁文凤. 苦荞耐盐基因的挖掘及候选基因的功能验证[D]. 贵阳: 贵州大学, 2021.

[80] 毛 旭, 龚思同, 舒 洁, 等. 苦荞重金属富集特征及低积累品种筛选[J]. 种子, 2022, **41**(1): 19-25.

MAO X, GONG S T, SHU J, *et al.* Study on characteristics of heavy metal enrichment and screening of Tartary buckwheat varieties with low accumulation of heavy metal[J]. *Seed*, 2022, **41**(1): 19-25.

[81] 毛 旭, 付天岭, 何腾兵, 等. 苦荞低镉积累品种筛选及富集转运特征分析[J]. 地球与环境, 2022, **50**(1): 103-109.

MAO X, FU T L, HE T B, *et al.* Screening of low cadmium accumulation cultivars of Tartary buckwheat and analysis of the characteristics of bioconcentration and transportation[J]. *Earth and Environment*, 2022, **50**(1): 103-109.

[82] 张 楚, 张永清, 路之娟, 等. 苗期耐低氮基因型苦荞的筛选及其评价指标[J]. 作物学报, 2017, **43**(8): 1 205-1 215.

ZHANG C, ZHANG Y Q, LU Z J, *et al.* Screening *Fagopyrum tararicum* genotypes tolerant to low nitrogen stress at seedling stage and its evaluating indices[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2017, **43**(8): 1 205-1 215.

[83] 张 楚, 张永清, 路之娟, 等. 低氮胁迫对不同苦荞品种苗期生长和根系生理特征的影响[J]. 西北植物学报, 2017, **37**(7): 1 331-1 339.

ZHANG C, ZHANG Y Q, LU Z J, *et al.* Effect of low nitrogen stress on the seedling growth and root physiological traits of *Fagopyrum tataricum* cultivars with different low-N treatments[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2017, **37**(7): 1 331-1 339.

[84] 杨春婷, 张永清, 马星星, 等. 苦荞耐低磷基因型筛选及评价指标的鉴定[J]. 应用生态学报, 2018, **29**(9): 2 997-3 007.

YANG C T, ZHANG Y Q, MA X X, *et al.* Screening genotypes and identifying indicators of different *Fagopyrum tataricum* varieties with low phosphorus tolerance[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2018, **29**(9): 2 997-3 007.

[85] 杨春婷, 张永清, 董 璐, 等. 不同基因型苦荞幼苗对低磷胁迫的响应[J]. 植物科学学报, 2018, **36**(6): 859-867.

YANG C T, ZHANG Y Q, DONG L, *et al.* Responses of different genotype *Fagopyrum tataricum* seedlings to low phosphorus stress[J]. *Plant Science Journal*, 2018, **36**(6): 859-867.

[86] 李振宙, 吴兴慧, 张 余, 等. 钾肥用量对四倍体苦荞籽粒灌浆特性、充实度的影响[J]. 福建农业学报, 2019, **34**(8): 883-888.

LI Z Z, WU X H, ZHANG Y, *et al.* Effect of potassium fertilizations on grouting and plumpness of tetraploid Tartary buckwheat grains[J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2019, **34**(8): 883-888.

[87] 任长忠, 陈庆富. 中国荞麦品种志[M]. 北京: 中国农业出版社, 2022.

(编辑: 韦青侠)

Introduction of the Plant Front Cover: *Rheum nobile*

Rheum nobile J. D. Hooker et Thomson, also named Gaoshan Da Huang, belongs to a member of the genus *Rheum* from the family Polygonaceae.

The plants are perennial herbs, having stout roots and rhizomes which can be used as medicine. The stems are simple, erect, 1—2 m tall, with numerous basal leaves, stem leaves and leaf-like bracts. The basal leaves are rosulate, orbicular, ovate, or cordate-ovate, 20—30 cm in diam. The stem leaves and leaf-like bracts are smaller upward, suborbicular, 5—13 cm in diam. The bracts are yellowish, covered with each other to form an airtight and translucent tower shaped greenhouse to resist high altitude, low temperature, strong wind and strong ultraviolet rays, and protect the axillary inflorescences inside the bracts.

Rheum nobile needs as much as 15—45 years of vegetative growth to accumulates enough nutrients until it matures. It blossoms once a lifetime, then the plant dies as the fruit matures with the final nutrients distributed to the seeds. Flowering from June to July; fruiting in September.

Rheum nobile is an endemic Himalayan species, growing on alpine scree slopes and meadows at elevations of 4 000—4 800 m above sea level. It belongs to a group that has evolved and specialized with the rise of the Qinghai-Tibet Plateau and to adapt to the special environment of high mountains. Because of its extremely harsh growth environment, and long vegetative growth and phenological period, *R. nobile* is awfully rare.

(LUO Jian)