

西藏野生荞麦种质资源的调查与收集

沈伦豪^{1,2}, 任奎^{1,2}, 唐宇³, 严明理², 刘丽莉², 张凯旋¹, 周美亮¹

(¹ 中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081; ² 湖南科技大学生命科学与健康学院, 湘潭 411201;

³ 四川旅游学院食品学院, 成都 610100)

摘要: 青藏高原喜马拉雅地区是荞麦的起源中心, 其独特的气候类型和地理位置孕育了丰富独特的野生荞麦资源。为探明西藏地区荞麦属种质资源的群体数量以及分布情况, 中国农业科学院野生荞麦资源调查队于 2020-2021 年间历时 40 d 在西藏自治区进行了系统的资源调查与收集工作。以金沙江、澜沧江、雅鲁藏布江、尼洋河、帕隆藏布等河流为主线, 在西藏的昌都、林芝、山南、拉萨、日喀则 5 个地区采集到荞麦属野生植物种质资源 189 份 (苦荞野生种 122 份、野生金荞麦 36 份、甜荞野生种 10 份、细柄野荞麦 8 份、心叶野荞麦 5 份、金沙野荞麦资源 5 份、小野荞麦 2 份、四倍体齐蕊野荞麦 1 份), 其种间性状变异丰富且与其他地区的野生荞麦资源在性状上存在明显差异。野生荞麦有部分荞麦栽培种所不具备的优异性状, 为荞麦属遗传育种提供了宝贵的基因资源。

关键词: 野生荞麦; 西藏地区; 种质资源

Investigation and Collection of Wild Buckwheat Germplasm Resource in Xizang Autonomous Region of China

SHEN Lun-hao^{1,2}, REN Kui^{1,2}, TANG Yu³, YAN Ming-li², LIU Li-li², ZHANG Kai-xuan¹, ZHOU Mei-liang¹

(¹ Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081;

² College of Life Science and Health, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201;

³ College of Food Science and Technology, Sichuan Tourism University, Chengdu 610100)

Abstract: Himalayan region of Qinghai Tibet Plateau is the origin center of buckwheat. The specific climate and geographical location of this region enabled the appearance of abundant wild buckwheat resources. In order to uncover the populations of buckwheat and their distribution in Xizang Autonomous Region, the wild buckwheat resource investigation team of Chinese Academy of Agricultural Sciences conducted a survey and collection for 40 days from 2020 to 2021. Focusing on the important areas including Jinsha River, Lancang River, Brahmaputra River, Niyang River, Palong Zangbo and other rivers in Changdu, Nyingchi, Shannan, Lhasa and Shigatse, 189 buckwheat wild plant germplasm accessions were collected in this five areas (122 *Fagopyrum tataricum* subsp. *potanini*, 36 *F. cymosum* (Trevir.) Meisn., 10 *F. esculentum* subsp. *ancestrale*, 8 *F. gracilipes* (Hemsl.) Dammer ex Diels, 5 *F. gilesii* (Hemsl.) Hedberg, 5 *F. jinshaense* Ohsako & Ohnishi, 2 *F. leptopodium* Hedberg and 1 *F. homotropicum*). The abundant phenotypic variation among species collected from this region and significant difference in characteristics if compared to wild buckwheat accessions in other areas were observed. Since wild relatives of buckwheat has some elite characters, they might serve as a gene resources valuable for buckwheat breeding.

Key words: wild buckwheat; Xizang Autonomous Region; germplasm resource

收稿日期: 2021-12-27 修回日期: 2022-01-13 网络出版日期: 2022-02-09

URL: <http://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20211227001>

第一作者研究方向为荞麦种质资源学, E-mail: 2352812365@qq.com

通信作者: 周美亮, 研究方向为作物种质资源学及其次生代谢物生物合成分子调控机理, E-mail: zhumeiliang@caas.cn

基金项目: 国家重点研发计划 (2021YFD1200100, 2021YFD1200105)

Foundation project: National Key R&D Program of China (2021YFD1200100, 2021YFD1200105)

荞麦是一种起源于我国且栽培历史悠久的药食同源谷物^[1]。据《旧唐书·吐番传》记载,在公元 7 世纪以前西藏已开始有荞麦等谷物种植,考古发现,20 世纪 70 年代在昌都南 40 km 处(卡诺村)出土的谷物种籽,已有 4600 余年的历史。说明很早以前在藏东澜沧江局部河谷地区可能已有谷物栽培,可见西藏的种植业已有非常悠久的历史^[2]。近代研究表明,青藏高原喜马拉雅地区是多个物种的起源中心,野生动植物资源丰富,气候类型多样,原始生态保护良好,一直以来是国内外荞麦研究学者的重要考察区域^[3]。20 世纪 80 年代起国内外学者就已经在西藏地区进行野生荞麦的资源考察活动^[4]。其中日本学者 Ohnishi^[5]根据考察结果得出结论,认为中国西藏东部以及云南、四川与西藏东部的交界地区是栽培苦荞的起源中心。

对西藏地区进行系统全面的野生荞麦种质资源调查与收集工作,不仅能有效推动西藏农业体系的创新优化和我国特色的民族作物产业发展,同时也能极大地丰富荞麦属野生资源基因库,为开展荞麦的起源驯化研究和现代荞麦育种研究等工作奠定材料基础^[6]。

表 1 野生荞麦种质资源种类、数量及分布

Table 1 Species, quantity and distribution of wild buckwheat germplasm resources

种 Species	采集数量 Collection quantity	分布地区 Distribution area	生境地类型 Habitat type	海拔范围(m) Altitude range
野生金荞麦 <i>F. cymosum</i>	36	林芝、山南	灌木丛、荒坡、碎石坡、草地	2080~3340
苦荞野生种 <i>F. tataricum</i> subsp. <i>potanini</i>	122	昌都、林芝、山南、拉萨、日喀则	灌木丛、碎石坡、田埂、青裸地、河滩、林下草地	2520~4210
甜荞野生种 <i>F. esculentum</i> subsp. <i>ancestrale</i>	10	昌都	草坡、碎石坡	2520~3190
细柄野荞麦 <i>F. gracilipes</i>	8	昌都	农田、荒坡	2520~3120
心叶野荞麦 <i>F. gilesii</i>	5	昌都	碎石坡、沙土堆	2620~3170
金沙野荞麦 <i>F. jinshaense</i>	5	昌都	碎石坡、沙土堆	2450~2800
小野荞麦 <i>F. leptopodum</i>	2	昌都	沙土堆、荒坡	2470~2610
四倍体齐蕊野荞麦 <i>F. homotropicum</i>	1	昌都	碎石坡	2490

1.2 野生荞麦的分布

1.2.1 野生金荞麦的分布 西藏野生金荞麦分布在海拔 2080~3340 m 之间,以林芝市的巴宜区、米林县、工布江达县、波密县和山南市的加查县较为集中。林芝市和山南市的气候为亚温带半湿润气候,雨水丰富(年降雨量 450~650 mm),海拔较低(2900~3700 m),主要植被是灌木丛和高大针叶林,

1 野生荞麦的种质资源种类和分布

1.1 调查区域及收集野生荞麦的类型

2020-2021 年间,依托第三次全国农作物种质资源普查与收集行动,中国农业科学院野生荞麦资源考察组在西藏自治区历时 40 d,在藏南谷地和藏东高山峡谷区(88°14'52"~99°0'42" E, 28°13'38"~30°17'17" N)进行了野生荞麦的调查与收集工作。考察组以金沙江、澜沧江、雅鲁藏布江、尼洋河、帕隆藏布等河流为主线,深入西藏昌都、林芝、山南、拉萨、日喀则 5 个地区,采集到荞麦属野生资源 189 份。通过对野生荞麦植株的表型鉴定发现,本次考察收集到的荞麦属野生资源包括荞麦属的 8 个野生种^[1]。其中野生金荞麦(*Fagopyrum cymosum* (Trevir.) Meisn.) 36 份、苦荞野生种(*F. tataricum* subsp. *potanini*) 122 份、甜荞野生种(*F. esculentum* subsp. *ancestrale*) 10 份、细柄野荞麦(*F. gracilipes* (Hemsl.) Dammer ex Diels) 8 份、心叶野荞麦(*F. gilesii* (Hemsl.) Hedberg) 5 份、金沙野荞麦(*F. jinshaense* Ohsako & Ohnishi) 5 份、小野荞麦(*F. leptopodum* Hedberg) 2 份、四倍体齐蕊野荞麦(*F. homotropicum*) 1 份。收集到野生荞麦的种类、数量及其分布地区和生长环境见表 1。

地势多为山地沟谷,河道险窄。其独特的气候和地理环境因素造成了野生金荞麦主要沿雅鲁藏布江和尼洋河分布,且具有群体密度大、形态多样性丰富等特点。群体数量呈现沿江下游到上游递减的趋势,主要生长在灌木丛、荒坡、碎石坡、藏民果园、溪边草地等。野生金荞麦生活力较强,在山南和林芝这种植被丰富、种间竞争较大的地区仍能成为优势野生

种,在一些地方连片生长,面积可达几百平方米以上,群体密度最大约 40 株/m²(图 1)。

1.2.2 苦荞野生种的分布 考察发现,西藏苦荞野生种分布于海拔 2520~4210 m 之间,在荒野处和藏民生活区随处可见,是西藏地区分布范围最广泛的野生种。整体来看,苦荞野生种在群体数量上呈现由西至东的递减趋势。在日喀则市桑珠孜区、仁布县、谢通门县、南木林县和拉萨市墨竹工卡县、达孜区、堆龙德庆区、林周县、城关区、曲水县等降水量少(年降雨量 200~450 mm),海拔高(3700~4000 m)的温带干旱性气候区分布最为丰富。该地区地势相对平坦,河滩广阔,苦荞野生种主要沿河谷两岸的低海拔区域分布,主要生长在低矮灌木丛、落叶林和以青稞地为主的农田结构区。而在山南市贡嘎县、桑日县、加查县,林芝市朗县、巴宜区、米林县、工布江达县、波密县和昌都南部的左贡县和芒康县,苦荞野生种的生长受到高大灌木和针叶林为主的多样植被

区影响;主要沿雅鲁藏布江、尼洋河流域狭窄的河谷农业带分布,集中生长于沿岸的低矮灌木丛、农田、果园、牧场等植物群体竞争较弱的环境。苦荞野生种适应性较强,能很好适应荒石坡、河滩沙地等恶劣环境,在青稞地、落叶林、灌木丛中群体密度更是高达 60 株/m²(图 1),对苦荞的抗逆育种具有重要的利用价值。

1.2.3 其他野生荞麦种类的分布 甜荞野生种零散分布在昌都市东南部芒康县三江流域地区,生境海拔为 2520~3190 m。芒康县三江流域地区气候温和湿润、海拔较低、地势平坦、光照充足、水资源和植被资源丰富,主要植被为灌木丛、针叶林和阔叶林,因而多种荞麦属植物在此均有分布,包括苦荞野生种、甜荞野生种、细柄野荞麦、心叶野荞麦、金沙野荞麦、小野荞麦和四倍体齐蕊野荞麦等。甜荞野生种生长在草坡、碎石坡等植被较为稀疏,竞争较弱的环境(图 1)。

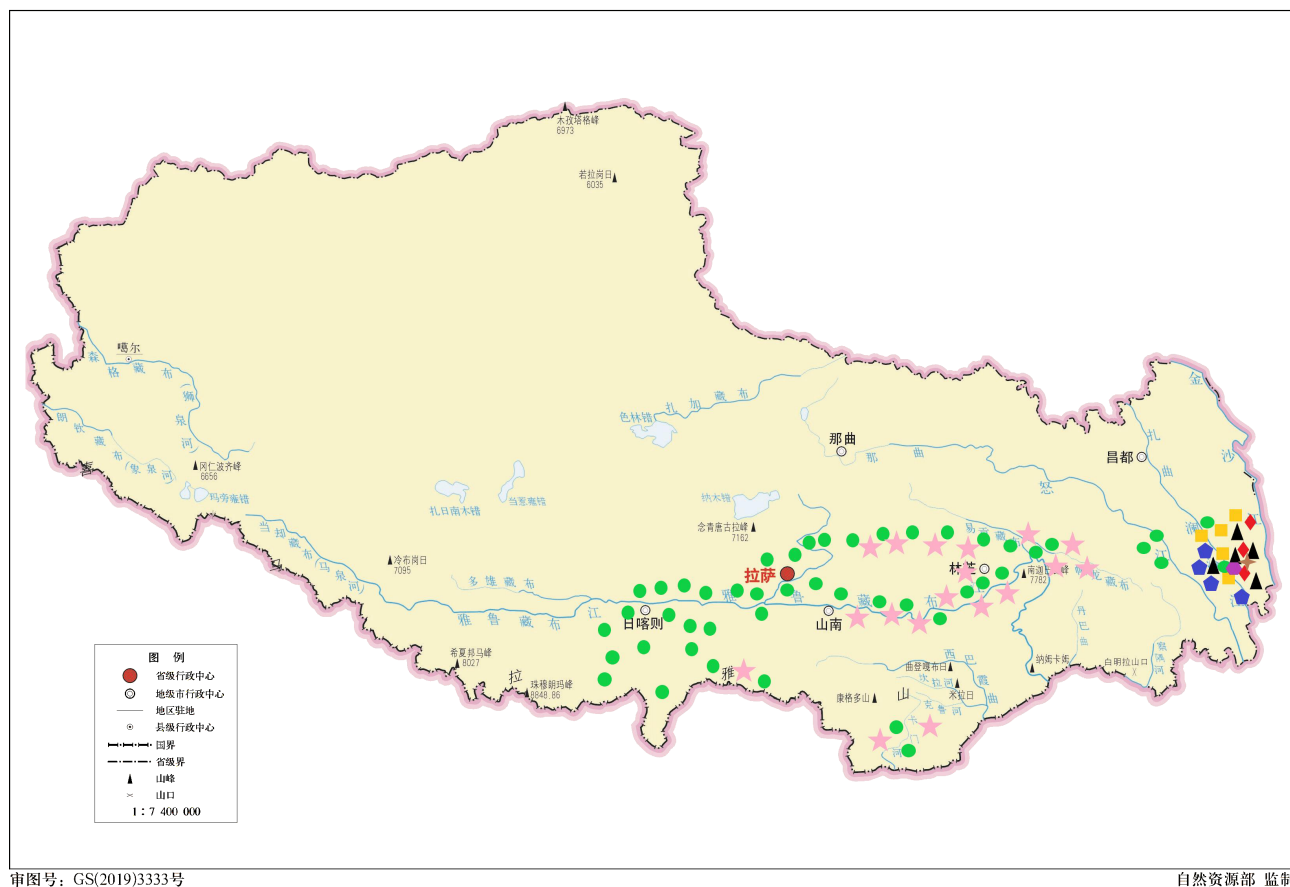


图 1 西藏野生荞麦资源分布图

Fig.1 Distribution of wild buckwheat resources in Xizang Autonomous Region

细柄野荞麦集中分布在昌都地区芒康县 214 国道和 318 国道沿线,生境海拔为 2520~3120 m,细柄野荞麦对生长环境要求较高,分布较少,主要生境地为农田及农户周边的碎石坡和沙土堆(图 1)。

心叶野荞麦又称岩野野荞麦,分布在芒康县 214 国道沿线,主要生长于澜沧江两岸海拔 2620~3170 m 的河谷平地,总体较为罕见,植株矮小秀丽,抗贫瘠能力强,主要生境地为碎石坡和沙土堆(图 1)。

金沙野荞麦具有抗旱耐瘠的特点,分布范围小,仅分布在西藏、云南、四川金沙江流域。在西藏仅分布于昌都地区芒康县,沿金沙江两岸河谷生长在碎石坡和沙土堆,生境海拔为 2450~2800 m(图 1)。

小野荞麦主要分布于云南西部、西北部和四川西南部,在西藏分布较少,此次西藏地区的野外考察仅在西藏东南部与四川、云南两省交界的芒康县金沙江流域收集到 2 份资源,生境海拔为 2470~2610 m,生长在金沙江河岸边的沙土堆、荒坡(图 1)。

齐蕊野荞麦一般为二倍体,主要分布于云南丽

江市一带。四倍体齐蕊野荞麦非常罕见。此次的考察行动仅在昌都地区芒康县采集到 1 份种质资源,其生境海拔为 2490 m,生长在 214 国道旁的碎石坡(图 1)。

2 主要种质资源的特点

2.1 苦荞野生种

西藏苦荞野生种株高范围为 5~155 cm,株型多为匍匐型,直立型和半直立型也有分布(图 2),叶形有宽三角形、心形和戟形 3 种,叶长范围为 1.5~2.7 cm,叶宽范围为 1.2~2.8 cm,花色浅绿色,花序腋生或顶生呈伞房状,开花结实期 8-9 月,有较高的结实率,最高可达 50% 以上。瘦果形态有具翅和不具翅两种类型,具刺的可分为大翅、小翅两种。果实通常为长卵形,具三棱及三条纵沟,长度为 4.0~6.0 mm。果皮颜色可分为黑色、褐色、灰色和白色 4 种(表 2)。综合各种性状特点,本次西藏野外考察所收集的野生苦荞果实有 10 种不同类型(图 3A),与栽培苦荞果实(图 3B)呈现明显差异。



A: 匍匐型; B: 半直立型; C: 直立型; D: 极矮型
A: Creeping species, B: Semi erect species, C: Erect species, D: Extremely dwarf species
图 2 苦荞野生种的主要植株形态和生长类型

Fig.2 Main plant morphology and growth types of *F. tataricum* subsp. *potanini*

表 2 西藏苦荞野生种的性状表现
Table 2 Trait of *F. tataricum* subsp. *potanini* in Xizang Autonomous Region

性状 Trait	表现 Performance
株高 (cm) Plant height	5~155
株型 Plant type	直立型、半直立型(斜生)、匍匐型
分枝 Branch	4~16
叶形 Leaf shape	宽三角形、心形、戟形
花序 Inflorescence	伞房状
瘦果形态 Achene form	具翅(大翅、小翅)、不具翅
果皮颜色 The color of pericarp	黑色、褐色、灰色、白色
果实大小 (mm) The fruit size	4.0~6.0



A: 苦荞野生种; B: 栽培苦荞; C: 野生金荞麦
A: *F. tataricum* subsp. *potanini*, B: cultivated tartary buckwheat, C: *F. cymosum* (Trevir.) Meisn.
图3 西藏苦荞野生种、野生金荞麦和栽培苦荞果实形态
Fig. 3 Fruit morphology of *F. tataricum* subsp. *potanini*, *F. cymosum* (Trevir.) Meisn. and cultivated tartary buckwheat in Xizang Autonomous Region

2.2 野生金荞麦

本次调查发现,西藏野生金荞麦除了数量多、分布广外,性状的变异类型也相当多,有些性状变异较为罕见。如在云贵川及中部地区,野生金荞麦花被颜色通常为白色,但西藏地区的野生金荞麦除了有常见的白色花被以外,还有粉红色花被的类型,其中一些是花蕾期花被呈粉红色,一些是子房膨大形成幼果时花被变为粉红色。除此之外西藏野生金荞麦的地下茎与其他地区的也有差异,西藏地区野生金荞麦的地下茎多数为块状,其体积普遍大于其他地区的野生金荞麦(图4)。花序有顶生和腋生两种,

呈伞房状,花序密集程度差异明显,导致其结实率也有很大差异(3%~15%之间)。此外,西藏地区野生金荞麦的落粒性很强,大部分果实成熟不久便脱落。植株形态包括直立型与匍匐型,其株高差异很大,最高可达300 cm,而最矮的仅有10 cm。叶形为卵状三角形和戟状三角形,叶长范围为4.6~11.7 cm,叶宽范围为4.1~15.1 cm。果实形态类型丰富,果皮颜色包括黑色、黄褐色和灰白色,同样有光滑和褶皱的差别,瘦果形态有具翅和不具翅两种类型,具翅的可分为大翅、小翅两种(表3)。经过对比发现,此次收集的野生金荞麦果实有9种不同类型(图3C)。



A: 极矮野生金荞麦; B: 花簇密集型野生金荞麦; C: 高密度野生金荞麦群体; D: 野生金荞麦根茎; E: 粉花红角果野生金荞麦;
F: 白花绿角果野生金荞麦; G: 粉花野生金荞麦; H: 白花野生金荞麦
A: Very short *F. cymosum* (Trevir.) Meisn., B: Flower cluster intensive *F. cymosum* (Trevir.) Meisn., C: High-density *F. cymosum* (Trevir.) Meisn. population, D: *F. cymosum* (Trevir.) Meisn. rhizome, E: Pink flower red horned *F. cymosum* (Trevir.) Meisn., F: White flower green horned *F. cymosum* (Trevir.) Meisn., G: Pink flower *F. cymosum* (Trevir.) Meisn., H: White flower *F. cymosum* (Trevir.) Meisn.

图4 西藏野生金荞麦类型
Fig. 4 Type of *F. cymosum* (Trevir.) Meisn. in Xizang Autonomous Region

表3 西藏野生金荞麦的性状表现

Table 3 Trait of *F. cymosum* (Trevir.) Meisn. in Xizang Autonomous Region

性状 Trait	表现 Performance	性状 Trait	表现 Performance
株高 (cm) Plant height	10~300	花序 Inflorescence	伞房状
株型 Plant type	直立型、匍匐型	瘦果形态 Achene form	具翅(大翅、小翅)、不具翅
分枝 Branch	6~24	果皮颜色 The color of pericarp	黑色、黄褐色、灰白色
叶形 Leaf shape	卵状三角形、戟状三角形	果实大小 (mm) The fruit size	4.0~8.0

3 讨论

3.1 西藏野生荞麦种质资源考察工作

对西藏野生荞麦种质资源的专项考察工作不多。20 世纪 80 年代初受国家科学技术委员会和农牧渔业部的委托, 西藏作物品种资源考察队对西藏藏南谷地的农区进行了作物品种资源的调查, 附带调查了荞麦种质资源, 收集到的野生荞麦种类主要是苦荞野生种和野生金荞麦^[7]。日本学者 Ohsako 等^[8-9]在 20 世纪 90 年代间曾对我国的西藏东部地区进行过野生荞麦的考察, 在收集到苦荞野生种和野生金荞麦的同时, 还收集到了细柄野荞麦和心叶野荞麦, 并发现金沙野荞麦 (*F. jinshaense* Ohsako & Ohnishi) 新种。除此以外, 西藏荞麦属野生资源的相关考察工作鲜有报道。相对于之前的考察行动, 此次考察组对西藏野生荞麦种质资源的调查规模大、历时长、范围广, 不仅收集到在西藏地区已有报道的 5 种野生荞麦资源, 还收集到甜荞野生种、小野荞麦和四倍体齐蕊野荞麦, 这些在西藏地区从未报道过的荞麦属野生资源, 不仅摸清了西藏野生荞麦的种类, 而且探明了分布范围和群体数量, 获得了大量的种质材料和丰富的基础数据。

3.2 西藏野生荞麦的分布特点

前人的研究中, 如王天云^[7]研究员指出了在西藏地区的考察范围, 并对西藏地区的栽培荞麦和野生荞麦的性状进行了描述。日本学者 Ohsako 等^[8-9]的研究记录了其考察路线及野生荞麦资源分布情况, 但其在西藏地区的考察范围仅限于西藏地区东部的三江流域。这些研究均没有详细阐述西藏地区野生荞麦资源的分布情况。因此, 本研究详细地把西藏野生荞麦资源的分布情况进行了介绍, 对西藏野生荞麦资源的收集利用以及保护有较好的参考价值。

中国荞麦属植物共有 22 个种, 西藏地区具有 8 个种, 除云南、四川之外分布数目居全国第 3 位。这 8 个种在西藏的分布面积差异显著, 其分布除受气候类型、地形地貌的限制外, 还与海拔高度及物种适应性密切相关。根据本研究的考察结果可以看出, 西藏野生荞麦属种质资源分布具有从西藏东南部起由东向西, 随着经度的降低, 物种类型逐渐减少的规律。在 95°49'83"~99°0'42" E 范围内, 野生金荞麦、苦荞野生种、甜荞野生种、细柄野荞麦、心叶野荞麦、金沙野荞麦、小野荞麦和四倍体齐蕊野荞麦 8 个种均有分布; 往西至 98°80'42" E 以内小野荞麦以及

金沙野荞麦已经不能适应环境及气候, 只有野生金荞麦、苦荞野生种、甜荞野生种、细柄野荞麦、心叶野荞麦和四倍体齐蕊野荞麦 6 个种分布; 92°30'83"~95°49'83" E 范围内只有野生金荞麦、苦荞野生种 2 个种分布; 88°14'52"~92°30'83" E 范围内仅有苦荞野生种能很好的适应气候及环境; 这种分布特点显然与西藏本身位于青藏高原主体区域、地势由西北向东南倾斜有关。8 个野生种中, 苦荞野生种分布范围最广, 在西藏的大部分区域均有分布, 且在海拔 2520~4210 m 范围内均能生存, 表现出很强的环境适应能力及耐受性; 野生金荞麦分布范围次之, 在海拔 2080~3340 m 范围内能正常生长, 也有较好的环境适应能力; 其余的野生种环境适应性较差, 均分布在藏东南, 特别是小野荞麦和金沙野荞麦, 前者主要分布在三江并流的澜沧江流域, 后者则主要分布于金沙江流域, 分布范围较为狭窄。

3.3 西藏野生荞麦种质资源是未来研究和利用的宝贵材料

通过此次考察收集的西藏野生荞麦种质资源的初步研究, 发现西藏野生荞麦变异类型丰富, 具有栽培荞麦不具有的一些特殊优异性状, 特别是在抗逆性方面表现突出, 因此具有非常重要的育种利用价值。苦荞野生种和甜荞野生种作为青藏高原的原始物种, 在河谷两岸的发达农区随处可见, 资源类型独特, 遗传多样性丰富, 在经历了悠久的自然选择后保留了大量优质的原始基因, 为荞麦分子育种研究奠定丰厚的材料基础。苦荞野生种和甜荞野生种在低温干旱的高海拔环境中表现出优异的抗寒耐旱和抗病等特性, 是很多栽培荞麦不具备的, 苦荞野生种和甜荞野生种与栽培种亲缘关系较近, 育种利用较为容易, 应当得到高度重视。通过对这些野生种质资源的充分研究和利用, 可以将其优异性状导入栽培荞麦中, 对解决现有荞麦遗传基础狭窄、品种同质化严重等问题具有重要意义^[10]。

西藏是公认的荞麦起源中心。Ohnishi 等^[11-13]和 Konishi 等^[14]通过对我国西南地区的苦荞野生种和甜荞野生种进行大量野外考察和分子生物学研究得出结论, 认为甜荞野生种 (*F. esculentum* subsp. *Ancestrale*) 是栽培荞麦甜荞的祖先, 并据此确定中国西南部的三江并流地区是栽培甜荞的起源地, 中国西藏东部和云南、四川、西藏东部交界处是栽培苦荞的起源中心。Zhang 等^[15]通过对包括西藏苦荞野生种的 510 份苦荞资源进行全基因重测序证明了苦荞起源于喜马拉雅山脉。因此, 西藏地区的荞麦

属种质资源的系统收集和研究对摸清荞麦属植物的演化规律,理清荞麦属植物之间的亲缘关系,揭示栽培荞麦的起源与驯化具有非常重要的意义。值得一提的是,此次考察中发现了翅果蓼 (*Parapteropyrum tibeticum* A. J. Li),翅果蓼是特产于我国西藏林芝和山南市的木本小灌木,近年来的分子生物学研究表明,该种与荞麦属的亲缘关系非常近,提出该种应当划归于荞麦属中^[16]。但是,现有的证据尚不足以支持将翅果蓼划归于荞麦属中,还需要从形态学、细胞学和分子生物学方面研究它与荞麦属的关系。因此,将对考察收集的西藏野生荞麦进行深入研究,为荞麦属的系统进化和利用提供科学依据。

参考文献

- [1] 唐宇,邵继荣,周美亮. 中国荞麦属植物分类学的修订. 植物遗传资源学报, 2019, 20(3): 646-653
Tang Y, Shao J R, Zhou M L. A taxonomic revision of *Fagopyrum* Mill from China. Journal of Plant Genetic Resources, 2019, 20(3): 646-653
- [2] 王天云. 西藏荞麦资源. 作物品种资源, 1986(2): 23-25
Wang T Y. Buckwheat resources in Tibet. Crop Variety Resources, 1986(2): 23-25
- [3] 任奎,唐宇,范昱,李伟,赖弟利,严明理,张凯旋,周美亮. 中国西部六省(区)荞麦属稀有种质资源收集与分类鉴定. 植物遗传资源学报, 2021, 22(4): 963-970
Ren K, Tang Y, Fan Y, Li W, Lai D L, Yan M L, Zhang K X, Zhou M L. Collection, classification and identification of buckwheat rare germplasm resources in six provinces (regions) in western China. Journal of Plant Genetic Resources, 2021, 22(4): 963-970
- [4] 范昱,丁梦琦,张凯旋,杨克理,唐宇,张宗文,方洸,严俊,周美亮. 荞麦种质资源概况. 植物遗传资源学报, 2019, 20(4): 813-828
Fan Y, Ding M Q, Zhang K X, Yang K L, Tang Y, Zhang Z W, Fang W, Yan J, Zhou M L. Overview of buckwheat germplasm resources. Journal of Plant Genetic Resources, 2019, 20(4): 813-828
- [5] Ohnishi O. Search for the wild ancestor of buckwheat III. The wild ancestor of cultivated common buckwheat, and of tartary buckwheat. Economic Botany, 1998, 52(2): 123-133
- [6] 程成,张凯旋,唐宇,邵继荣,严明理,周美亮. 云南金荞麦野生资源考察及遗传多样性分析. 植物遗传资源学报, 2019, 20(6): 1438-1446
Cheng C, Zhang K X, Tang Y, Shao J R, Yan M L, Zhou M L. Investigation and genetic diversity analysis of wild buckwheat resources in Yunnan. Journal of Plant Genetic Resources, 2019, 20(6): 1438-1446
- [7] 王天云. 西藏荞麦资源 // 全国荞麦育种、栽培及开发利用科研协作组. 中国荞麦科学研究论文集. 北京: 学术期刊出版社, 1989: 49-51
Wang T Y. Tibet buckwheat resources // National Buckwheat Breeding, Cultivation, Development and Utilization Scientific Research Cooperation Group. Proceedings of Chinese buckwheat scientific research. Beijing: Academic Journal Press, 1989: 49-51
- [8] Ohsako T, Yamane K, Ohnishi O. Two new *Fagopyrum* (polygonaceae) species *F. gracilipedoides* and *F. jinshaense* from Yunnan. Genes & Genetic Systems, 2002, 77: 399-408
- [9] Ohsako T, Ohnishi O. New *Fagopyrum* species revealed by morphological and molecular analyses. Genes & Genetic Systems, 1998, 73: 85-94
- [10] 郑殿升,高爱农,李立会,刘旭. 贵州少数民族地区作物稀有种质资源和野生近缘植物. 植物遗传资源学报, 2016, 17(3): 570-576
Zheng D S, Gao A N, Li L H, Liu X. Rare crop germplasm resources and wild relatives in Guizhou minority areas. Journal of Plant Genetic Resources, 2016, 17(3): 570-576
- [11] Ohnishi O. Discovery of new *Fagopyrum* species and its implication for the studies of evolution of *Fagopyrum* and of the origin of cultivated buckwheat. Japan: Shinshu University Press, 1995: 175-190
- [12] Ohnishi O. Search for the wild ancestor of buckwheat. I. Description of new *Fagopyrum* (Polygonaceae) species and their distribution in China and Himalayan hills. Fagopyrum, 1998, 15(76): 18-28
- [13] Ohnishi O, Konishi T. Cultivated and wild buckwheat species in eastern Tibet. Fagopyrum, 2001, 18: 3-8
- [14] Konishi T, Yasui Y, Ohnishi O. Original birthplace of cultivated common buckwheat inferred from genetic relationships among cultivated populations and natural populations of wild common buckwheat revealed by AFLP analysis. Genes & Genetic Systems, 2005, 80(2): 113
- [15] Zhang K X, He M, Fan Y, Zhao H, Gao B, Yang K L, Li F L, Tang Y, Gao Q, Lin T, Quinet M, Janovská D, Meglič V, Kwiatkowski J, Romanova O, Chrungoo N, Suzuki T, Luthar Z, Germ M, Woo S H, Georgiev M I, Zhou M L. Resequencing of global tartary buckwheat accessions reveals multiple domestication events and key loci associated with agronomic traits. Genome Biology, 2021, 22(1): 2-17
- [16] Yang B B, Li L D, Liu J Q, Zhang L S. Plastome and phylogenetic relationship of the woody buckwheat *Fagopyrum tibeticum* in the Qinghai-Tibet Plateau. Plant Diversity, 2021, 43(3): 198-205