

藜麦：促进世界粮食安全的一种古老作物

2011 年 7 月

作者：联合国粮农组织（FAO）拉丁美洲和加勒比区域办事处

翻译：钱楚（Chu Qian）

英文版权：联合国粮农组织（FAO）

中文版权：丽江天籽农业综合开发 &

天籽生物多样性发展中心

Tianzi Biodiversity Research & Development Centre

前言

本技术报告由 PROINPA (Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos, 安第斯产品推广与研究基金会) 编纂, 就藜麦的营养价值和农业适应性提供了理论基础和实用方法。该作物向其他大陆的扩展显示出它在促进世界各地粮食安全方面的潜力, 尤其是在蛋白质来源不充足或粮食生产因湿度低、投入不足和干旱而受到影响的国家。

本报告由多民族玻利维亚国(简称:玻利维亚)提交给粮农组织第 37 次会议, 以支持联合国将 2013 年定为“国际藜麦年”。

藜麦是唯一一种含有全部人体必需的氨基酸、微量元素、维生素且无谷麸的植物食品。氨基酸存在于藜麦的细胞核中, 而不像大米或小麦等谷物存在于外种皮或米糠中。

此外, 该作物对不同农业生态区域具有显著的适应性, 可在 40~88% 的相对湿度下生长, 耐温在 -4~38°C 之间, 是一种高效节水植物——在缺乏水分的土壤显示出耐受性, 只要降雨量在 100~200 毫米之间便能保证产量。

藜麦共有三千多个品种或生态型, 包括栽培型和野生型, 按海拔梯度可分为五个基本类别: 海平面生态型、山谷生态型、云加斯高温湿润气候型(Yungas)、盐滩生态型和高地平原型。

虽然主要生产国为玻利维亚、秘鲁和美国, 但藜麦种族正在蔓延到其他大陆。目前, 欧亚的几个国家已经进行了种植, 产量良好。本报告将普及人们对这种古老作物的认识, 以及它对人类粮食和营养安全的重要战略价值。

Alan Bojanic

南美洲区域副代表、跨领域小组协调员

目录

概要

第一章：背景

1.1 起源和多样性中心

1.2 考古和历史背景

1.3 地理分布

1.4 藜麦对粮食安全和自主的潜在贡献

1.5 历史和文化重要性

第二章：营养特性

2.1 成分和功能价值

2.1.1 蛋白质

2.1.2 脂肪

2.1.3 碳水化合物

2.1.4 矿物质

2.1.5 维生素

2.2 营养和药用成分

2.2.1 膳食纤维

2.2.2 无谷麸

2.2.3 药用

2.2.4 学校早餐

第三章：遗传多样性、品种与种质银行

3.1 遗传多样性与品种

3.2 安第斯地区藜麦种质银行

第四章：藜麦农学和适应性

4.1 植物学和分类学描述

4.2 栽培和对气候变化的适应性

4.3 生产方式

4.3.1 传统和机械生产

4.4 藜麦虫害

4.4.1 藜麦蛾

4.4.2 提科纳幼虫 (Ticona Complex)

4.4.3 减少虫害的措施

4.5 收获前后

4.5.1 收获

4.5.2 收获后

第五章：藜麦衍生产品及工业潜力

5.1 藜麦烹饪

5.1.1 传统食品

5.1.2 衍生食品

5.1.3 创新食品

5.2 工业和其他潜力

5.2.1 皂甙

5.2.2 多功能藜麦

第六章：世界藜麦经济

6.1 藜麦种植面积和产量

6.1.1 安第斯地区藜麦的种植面积和产量

6.1.2 世界其他地区藜麦的种植面积和产量

6.2 藜麦农数量

6.3 藜麦种植的费用、收入和利润估算

6.4 主要出口目的地

6.5 消费趋势

第七章：扩大藜麦种植到安第斯地区以外的国家

7.1 北美

7.2 欧洲

7.3 非洲

7.4 亚洲

7.5 世界其他可种植藜麦的地区

参考文献

概要

孕育了印加以及蒂亚瓦纳科等伟大文明的安第斯地区见证了当地众多物种的起源，其中包括藜麦。几千年来藜麦作为安第斯古文明的主要食物，分布于该地区各个农业生态区。目前藜麦业发展空前，具有改善安第斯村庄和城市生活的巨大潜力。

藜麦是一种谷物，其特征突出，例如：

- 很强的遗传适应性。藜麦基因库对于优良品种的培育具有战略意义（早熟、颗粒大小和颜色、抵抗生物和非生物因素的耐性、产量、副产品）；
- 对不利气候和土壤条件的适应性。藜麦可以存活于海平面到海拔 4000 米（高原、盐湖、普那高地草原、山谷和海平面）的其他作物难以生长的地方；
- 营养品质，体现在其含有人体必需的氨基酸的种类和数量，是理想的功能性食物；
- 用途的多样性：传统、非传统和工业创新。以及——
- 低生产成本，因为藜麦种植对经济和人力投入要求不高。

当全球对高价值谷物的需求增加，藜麦以其高营养和农业适应性将促进地球各地的粮食安全，尤其是在那些产量局限或缺乏蛋白质来源的国家。

藜麦对不同的农业生态具有显著的适应性。它可以适应沙漠、炎热干燥的气候条件，可在 40~88% 的相对湿度下生长，耐温在 -4~38℃ 之间，是一种高效节水植物——在缺乏水分的土壤显示出耐受性，只要降雨量在 100~200 毫米之间便能保证产量。

藜麦的种植正在扩大，主要生产国是玻利维亚、秘鲁、美国、厄瓜多尔和加拿大。在英国、瑞典、丹麦、荷兰、意大利和法国也有种植。近期报告显示藜麦在法国种植面积为 200 公顷，产量为 1080 公斤/公顷。在肯尼亚藜麦产量很高，达 4 吨/公顷。在喜马拉雅山和印度北平原上，藜麦可以顺利种植并获得高产。而热带地区如巴西大草原，自 1987 年以来就实验性地种植藜麦，据报道产量高于安第斯地区。藜麦因其对极端环境的非凡适应能力，在世界各地都极具魅力。

近年来（2009），安第斯地区产量约为 7 万吨，其中秘鲁生产近 4 万吨，玻利维亚 2.8 万吨，厄瓜多尔 746 吨。毫无疑问，世界主要的藜麦生产国是安第斯地区的秘鲁和玻利维亚。到 2008 年，这两个国家占世界藜麦总产量的 90%。接着是美国、厄瓜多尔和加拿大，产量约占全球 10%。

玻利维亚是世界上最大的藜麦出口国，其次是秘鲁和厄瓜多尔。2009 年，玻利维亚出口额超过 4300 万美元（玻利维亚对外贸易学院-IBCE, 2010）。玻利维亚藜麦的主要进口国是：美国（45%）、法国（16%）、荷兰（13%）、德国、加拿大、以色列、巴西和英国。2007 年，秘鲁出口了超过 400 公吨藜麦，价值相当于 55.2 万美元。2008 年厄瓜多尔的出口水平接近：304 公吨，55.7 万美元。当北美和欧洲的消费者对医疗保健、环境社会公平等议题表现出更大兴趣，有机产品和公平贸易带来了优良替代品和更低的出厂价，因此有机藜麦在 2010 年的价格是 3.1 美元/公斤，远高于大豆（0.4 美元/公斤）和小麦（IBCE 2010）。

1996 年，粮农组织将藜麦列为人类最有前途的作物之一，不仅因为藜麦的好处和用途广泛，还因为它能解决人类营养的大问题。NASA 还将其纳入了航天火箭的“闭合生态生命保障系统”（CELSS），作为长时间太空旅行的储备食物——其营养成分可防止蛋白质摄入不足。藜麦衍生产品有膨化藜麦、藜麦粉、藜麦面、藜麦片、藜麦卷、能量棒等，其他更先进的产品也在开发过程中，如藜麦油、藜麦淀粉、皂甙、藜麦叶和种子色素、蛋白质浓缩物等。这些提高藜麦经济潜力的产品不仅利用了它的营养价值还有物理化学特性，不再局限于食品工业范畴，使藜麦成为跨越化学、美妆和制药领域的超级产品。

第一章：背景

1.1 起源和多样性中心

Willdenow 第一个在植物学上将藜麦 (*Chenopodium quinoa* Willd.) 定义为南美洲原产物种。据 Buskasov 所述，藜麦起源于玻利维亚和秘鲁 (Cardenas, 1944)。这一点得到 Gandarillas (1979b) 证实。他指出藜麦之所以分布广泛，不仅因为它在该地区占据重要的社会和经济地位，也因为那里有大量栽培和野生的生态品种。

根据 Vavilov 所述，安第斯地区是栽培品种的主要起源中心 (Lescano, 1994)，地区内更有细分。根据 Lescano 的说法，藜麦根据其生长的农业生态条件可分为五类：高原、盐滩、云加斯高温湿润气候型 (Yungas)、山谷和海平面，并呈现出不同的植物学、农学和适应特征。

在玻利维亚，遗传学研究中藜麦种子的收集 (Rojas, 2003) 发现了六个地区多样性，其中四个位于拉巴斯 (La Paz)、欧鲁罗 (Oruro) 和波托西 (Potosi) 的高原，体现了最为丰富的遗传多样性，两个位于科恰班巴 (Cochabamba)、丘基萨卡 (Chuquisaca) 和波托西的山谷。

1.2 考古和历史背景

Heisser & Nelson (1974) 指出，秘鲁和阿根廷考古发现藜麦大概出现在基督教创立初期，而 Cardenas (1944) 引用的 Bollaerd & Latcham 也在塔拉帕卡 (Tarapaca)、卡拉马 (Calama)、蒂尔蒂尔 (Tiltil) 和基亚瓜 (Quillagua) 的土著墓群中发现了藜麦种子，表明这种作物从很早就开始种植。根据 Jacobsen (2003) 所述，藜麦是安第斯地区最古老的作物之一，大约有 7000 年的栽培历史，印加和蒂亚瓦纳科等伟大的文明都对藜麦进行了培育和保护。

安第斯地区的史前文化对藜麦进行了广泛种植，使之融入了干旱地区 (350 毫米降水)、和如高地平原的高海拔 (3500 米以上) 及寒冷地区 (平均 12 °C) 的山区居民的饮

食。尽管是完全人为栽培的品种，藜麦籽仍然含有皂苷——食用前必须去除（Mujica, 1992; Heisser & Nelson, 1974）。这种作物的边缘化始于西班牙征服者的到来和引进的大麦小麦等谷物（Mujica, 1992；Jacobsen & Stolen，1993）。针对这点，Risi（1997）指出，藜麦并未从安第斯消失，但该地区城市人口出于经济和社会原因忽略了这种作物。

Risi（1997）指出，八十年代，安第斯地区国家的经济危机建立了不同于传统的新经济发展模式，考虑到当今出口发展，欧洲和美国的新兴市场，尤其是针对藜麦这样的食品。生活舒适的发达国家的食品消费市场得到扩张，在寻求新食品的过程中往往追溯到古代文明。这意味着藜麦已经从一种自给作物变为具有出口潜力的产品。

1.3 地理分布

藜麦物种围绕多个地区具有广泛起源中心和多样化，而的的喀喀湖周边具有最丰富的基因多样性（Mujica, 1992）。

Lescano（1994）指出藜麦分布在整个安第斯地区，从哥伦比亚帕斯托（Pasto）到阿根廷北部胡胡伊省（Jujuy）和萨尔塔省（Salta）、智利安托法加斯塔（Antofagasta）——那里比奥比奥大区的藜麦种植在海平面。Barriga et al（1994）也指在智利第九和第十大区可以采集到藜麦。

Rojas（1998）指出该地区藜麦的地理分布从哥伦比亚南部北纬 5° 延续至智利第十区北纬 43°，海拔分布从智利海平面到秘鲁和玻利维亚海拔 4000 米的高原。因此，现有的藜麦遍布海岸、山谷、安第斯山脉、普纳和高地平原。

以下总结了该地区国家传统藜麦生产区的分布（Rojas et al., 2010）：

- 哥伦比亚：纳里尼奥省（Narino），城镇有伊皮亚莱斯（Ipiales）、普斯雷斯（Puesres）、孔塔德罗（Contadero）、科尔多瓦（Cordova）、圣胡安（San Juan）、莫康蒂诺（Mocondino）和帕斯托（Pasto）。
- 厄瓜多尔：卡尔奇省（Carchi）、因巴布拉省（Imbabura）、皮钦查（Pichincha）、科托帕希（Cotopaxi）、钦博拉索山（Chimborazo）、洛哈（Loja）、拉塔昆加城（Latacunga）、安巴托城（Ambato）和昆卡（Cuenca）地区。

1.4 藜麦对粮食安全和自主的潜在贡献

世界粮食生产和分配情况体现了粮食安全四大支柱面临的挑战：供应、获取、消费和生物利用。

在这种情况下，藜麦因其营养性、基因多样性、对不利气候和土壤条件的适应性以及低生产成本，成为一种具有促进粮食安全和自主潜力的战略作物。

因粮食生产有限而被迫进口或接受援助的国家可以转向藜麦种植。

第三、四、五章分别提供了藜麦营养学和农业适应性的信息，表明藜麦具有促进世界各地粮食安全的潜力，尤其是在蛋白质来源不充足或粮食生产因湿度低、投入不足和干旱而受到影响的国家。

1.5 历史和文化重要性

Cardenas (1944) 引用 Latcham 的观点认为，从哥伦比亚到奇洛埃岛 (Chiloe Island) 南部的整个安第斯地区，藜麦取代了玉米适应了沿海许多地区的气候。Cardenas 认为，在哥伦比亚无法种植玉米的一些寒冷地区，藜麦的引入较晚。而在印加帝国时期，厄瓜多尔、秘鲁、玻利维亚、智利和阿根廷西北部普遍种植藜麦作为经济作物。除了富含蛋白质的种子，它的叶子也用于沙拉。

然而自发现美洲以来，基因流失的情况非常严重。植物学家 O.F. Cook 提到，在十六世纪，安第斯地区驯化的物种数量超过了亚洲或非洲 (Tapia, 1992)，这主要是由于其他从欧洲引进的作物取代了当地作物。社会变化和人们崇尚外来作物的态度加重了这种流失，导致安第斯土著作物被低估 (Lescano, 1989)。多亏本地农民，安第斯土著作物得以保存。他们继承了祖先管理使用这些物种的知识和传统，防止了藜麦栽培技术的丢失。

第二章：营养特性

藜麦的独特好处在于它极高的营养价值。藜麦的蛋白质含量因品种而异，在 13.81 - 21.9%之间。它含人体必需氨基酸含量高，被认为是唯一拥有有全部人体必需氨基酸的植物性食品，非常接近联合国粮农组织制定的人类营养标准。对此，Risi（1993）指出藜麦蛋白质中含有的氨基酸优于小麦、大麦和大豆，甚至可与牛奶抗衡。表 1 将藜麦营养成分与肉、蛋、奶酪和牛奶进行了对比。

表 1：藜麦与传统主食营养成分的比较（%）

成分 (%)	藜麦	肉类	蛋	奶酪	牛奶	母乳
蛋白质	13.00	30.00	14.00	18.00	3.50	1.80
脂肪	6.10	50.00	3.20		3.50	3.50
碳水化 合物	71.00					
糖分					4.70	7.50
铁	5.20	2.20	3.20		2.50	
每 100g 卡路里	350	431	200	24	60	80

资料来源:《2009 年农业食品报告》MDRT-玻利维亚

2.1 成分和功能价值

世界上的一些人口无法通过饮食摄入足够的蛋白质，特别是那些很少食用动物蛋白而需要从谷物、豆类等获取的人。即使能从这些食物中摄取足够的能量，氨基酸（EAA）水平不足也会导致营养不良的发生。

藜麦的关键特征在于它的种子、叶子和花都是高品质蛋白质的来源。种子蛋白质含量和品质决定了其营养。藜麦富含赖氨酸和含硫氨基酸，而传统谷物蛋白缺乏这些氨基酸。

研究得出，尽管营养成分很好，未经处理的藜麦粉因为含有干扰营养吸收的物质——皂苷导致它的氨基酸并不能被完全利用。

藜麦含有高比例的膳食纤维（TDF），这使它成为一种理想的排毒食物，排出可能对身体有害的毒素和废物。食用藜麦可以产生一种饱腹感；普通谷物，尤其是藜麦能够吸收水分，在胃里停留更长时间。

2.1.1 蛋白质

比较藜麦、小麦、大米和玉米（传统文献称之为黄金谷物）的营养成分可以看出，藜麦的蛋白质、脂肪和矿物质均值优于其他三种谷物（Rojas et al., 2010a）。

人类营养学文献表明，唯有四种氨基酸可能影响到饮食质量——赖氨酸、蛋氨酸、苏氨酸和色氨酸。因此通过比较藜麦、小麦和大米的人体必需氨基酸含量，体现出藜麦巨大的营养优势：例如藜麦每 16 克氮元素就有 5.6 克赖氨酸；大米和小麦则分别为 3.2 克和 2.8 克（Repo-Carrasco, 1998）。

一些地区的农民通过加热和清洗来去除藜麦的苦味。一些公司采用干热烘焙的过程来去除含有皂苷的籽皮（Tapia, 1997）。烘烤后的藜麦在与还原糖的作用下发生美拉德反应变成棕色。此过程使赖氨酸失去生物用途（失去营养价值）。

藜麦籽 16~20%重量为高营养价值的蛋白质，包含所有氨基酸和人体必需氨基酸，即不能被人体制造、必须通过饮食获取的氨基酸。藜麦蛋白质中的氨基酸含量达到联合国推

荐的学龄前儿童、儿童和成人的摄入水平（粮农组织/世卫组织/联合国，1985）。然而藜麦蛋白质更显著的地方在于它的品质，主要由白蛋白（albumin）和球蛋白（globulin）构成。它们的组成氨基酸更均衡，类似牛奶中的酪蛋白（casein）。藜麦叶也含有高品质蛋白和丰富的维生素和矿物质，像钙、磷、铁。

相比 100 克小麦，100 克藜麦含有近五倍的赖氨酸、超过两倍的异亮氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、苏氨酸和缬氨酸；亮氨酸（所有人体必需氨基酸和色氨酸）的含量也多得多。此外它的组氨酸、精氨酸、丙氨酸和甘氨酸含量可以达到小麦的三倍，还含有小麦中没有的氨基酸，如脯氨酸、天冬氨酸、谷氨酸、半胱氨酸、丝氨酸和酪氨酸（均为非必需氨基酸）。

丰富的氨基酸也赋予了藜麦医疗特性。这是因为藜麦籽中含量最丰富的人体必需氨基酸——赖氨酸的生物利用度非常高，而小麦、大米、燕麦、小米和芝麻中的赖氨酸则低得多。这种氨基酸帮助人制造抗体来增强免疫力，促进胃部消化，帮助细胞修复，参与脂肪酸的新陈代谢、钙的吸收和运输，在维生素 C 的帮助下甚至可能减缓、防止癌症转移。这只是其中一部分医疗特性。

至于异亮氨酸、亮氨酸和缬氨酸，这些氨基酸共同参与肌能量的产生、改善神经肌肉紊乱、防止肝损伤和平衡血糖等功能。蛋氨酸被肝脏用来产生 S-腺苷甲硫氨酸，对治疗肝病、抑郁症、骨关节炎、脑部疾病、纤维肌痛和慢性疲劳等疾病特别有效。它也是一种强大的解毒剂，能够显著降低体内重金属、对抗自由基。

藜麦也包含有趣的大量的苯丙氨酸（大脑兴奋剂和提高警觉性、减轻疼痛和抑郁的主要神经递质等）、苏氨酸（参与肝脏解毒、胶原蛋白和弹性蛋白的形成，促进其他营养素的吸收）和色氨酸（能生成神经递质血清素、成功应用于治疗抑郁、压力、焦虑、失眠和强迫症）。至于非必需氨基酸，藜麦相比小麦含有三倍以上组氨酸，它对婴儿至关重要——只有成年人才能合成此物质，所以强烈建议婴幼儿在生长发育阶段通过饮食获取。组氨酸还具有轻微抗炎作用，参与免疫系统反应。

精氨酸也是婴幼儿和青少年必需的氨基酸，它能刺激生产和释放生长激素，提高胸腺和 T 淋巴细胞的活性，参与肌肉生长和修复，保护肝脏促进解毒。丙氨酸是肌肉、大脑和神经系统的能量来源。甘氨酸是大脑中起镇定作用的神经递质和运动功能调节器。此外，小麦等谷物不含有的脯氨酸有助于联合修复，是愈合伤口和溃疡所必需的；它的治疗

阳痿和性冷淡有效，也能保护心血管；与赖氨酸和维生素 C 一起使用可以预防癌症转移。

藜麦内含有的罕见于其他谷物的氨基酸还有天冬氨酸（改善肝脏功能，对心血管系统的维护至关重要）、谷氨酸（为大脑提供能量，帮助学习、记忆、提高神经可塑性）、半胱氨酸（通过吸收重金属保护肝脏促进排毒，以及消灭自由基、提高免疫力）、丝氨酸（有效的天然保湿剂）和酪氨酸（具有重要的抗压力作用，在减轻抑郁和焦虑中发挥主要作用等）。

藜麦蛋白质中的氨基酸消化率或生物利用率（净消化率）取决于藜麦品种和处理过程。比较性研究（粮农组织 / 世卫组织，1991）在大鼠中使用平衡法对蛋白质净消化率进行了三个程度的排序：动物制品和大豆蛋白的 93 - 100% 高消化率；精米、全麦、燕麦和大豆粉的 86 - 92% 中等消化率；玉米和扁豆等豆类的 70 - 85% 低消化率。根据此分类，藜麦属于第三个范畴，即低消化率（Ayala et al., 2004）。

为了将遗传多样性的概念引入藜麦营养和农工业价值研究，PROINPA 针对“玻利维亚安第斯国家种质银行”持有的谷物进行了各类基因多样性研究，以量化分析种子样本的遗传变异特点，在此基础上根据每个遗传物质的内在性能促进相应的使用。人们在对 555 份藜麦样品的研究中发现，469 份蛋白质含量在 12~16.9% 之间，42 份蛋白质含量在 17~18.9% 之间——后者基因能显著促进高蛋白产品的开发。

2.1.2 脂肪

值得指出的是，藜麦中油脂的含量丰富，但对此研究不足。藜麦或许会成为食用油的很好来源（Repo-Carrasco et al., 2001）。

在秘鲁藜麦脂肪酸含量测定发现，藜麦油中含量最高的脂肪酸是 Omega 6（亚油酸），为 50.24%，近玉米胚芽油的 45 - 65%。

Omega 9（油酸）含量第二，占藜麦油的 26.04%。Omega 3（亚麻酸）的含量为 4.77%，棕榈酸的含量为 9.59%。此外还发现了少量的硬脂酸和二十碳五烯酸等脂肪酸。藜麦脂肪酸的组成与玉米胚芽油非常接近。

Wood et al. (1993) 发现，藜麦 11% 的脂肪酸为饱和脂肪酸，其中主要是棕榈酸。非饱和脂肪酸主要为亚油酸、油酸和 α -亚麻酸，浓度分别为总脂肪酸的 52.3%、23.0% 和 8.1%。藜麦油也含有大约 2% 的芥酸。另一项研究 (Przybylski et al., 1994) 发现，藜麦主要脂肪酸为亚油酸 (56%)，其次是油酸 (21.1%)、棕榈酸 (9.6%)、亚麻酸 (6.7%)。此研究发现藜麦 11.5% 的脂肪酸为饱和脂肪酸。

藜麦因其 Omega 3 和 Omega 6 的含量，有助减少体内的低密度脂蛋白 (LDL，不健康胆固醇)、提高高密度脂蛋白 (HDL，健康胆固醇)。

藜麦油约 82.71% 的脂肪酸为不饱和。近几十年来，不饱和脂肪酸因其维持细胞膜流动性的益处而为人所知。

对采集的 555 份玻利维亚藜麦标本研究发现它们的脂肪含量在 2.05~10.88% 之间，平均值为 6.39%。这些结果的上限高于 Jacobsen & Sherwood (2002) 引用的 Bo (1991) 和 Moron (1999) 研究得到的 1.8~9.3% 范围，称藜麦脂肪含量的高价值是因为其不饱和脂肪酸的比例高。提取用于烹饪和美妆的藜麦油有望达到这些数值 (Rojas et al., 2010)。

2.1.3 碳水化合物

藜麦籽 58~68% 的碳水化合物为淀粉，5% 为糖。因其含有高纤维帮助人体缓慢释放能量，藜麦是理想的能量来源 (Llorente JR, 2008)。

淀粉是所有谷物中最重要的碳水化合物，约占干物质的 60~70%。藜麦淀粉含量为 58.1~64.2% (Bruin, 1964)。植物中的淀粉呈颗粒状。每个品种的颗粒都有其特定的大小和形状。藜麦的淀粉粒直径为 2 微米——比普通谷物的淀粉粒小。关于藜麦淀粉的研究很少，而研究其功能性是很重要的。Ahamed et al. (1998) 提到藜麦淀粉具有很强的冻融稳定性和抗退化性。有趣的是，这些淀粉可以作为化学变性淀粉的替代 (Repo-Carrasco et al., 2001)。

玻利维亚藜麦品种淀粉颗粒大小的范围在 1~28 微米之间，可与谷类和豆类混合，定义了藜麦的功能性 (Rojas et al., 2010a)。

2.1.4 矿物质

比较小麦、玉米、大米、大麦、燕麦、黑麦和黑小麦，藜麦的钙、镁、锌的含量突出。

藜麦富含以下物质：

- 钙：易被人体吸收（含钙量是玉米的四倍，大米的三倍，比小麦多得多），藜麦可防止脱钙和骨质疏松症。钙负责身体诸多软硬组织的结构功能，调节神经肌肉传递的化学和电信号、细胞分泌和凝血，因此是饮食的重要组成部分。6 至 12 个月的儿童每日建议钙摄入量为 400 毫克，成人每日为 1300 毫克（粮农组织/世卫组织，2000），平均每日食物摄入钙为 800~1000 毫克。藜麦每日可提供 114~228 毫克的钙，每 100 克可食用部分平均可提供 104 毫克。Ruales & Nair（1992）指出每 100 g 干藜麦的钙含量在 46~340 毫克之间。

- 铁：含量是小麦的三倍，大米的五倍，而玉米则完全不含铁。

- 钾：含量是小麦的两倍，玉米的四倍，大米的八倍。

- 镁：含量比其他三种谷物高得多。一个体重 70 公斤的成年男子体内大约有 20 到 28 克镁，成人每天建议摄入 300~350 毫克（美国国家科学研究委员会，1989）。每 100 克干藜麦含有 270 毫克镁。Ruales & Nair（1992）得出的值为 170~230 毫克。镁是许多酶的组成部分和活化剂，特别是那些转化高能磷酸化合物的酶。镁也是核酸和细胞膜的稳定剂。

- 磷：含量与小麦相似，但远高于大米、玉米。

- 锌：含量几乎是小麦的两倍，玉米的四倍，而大米不含锌。一个体重 70 公斤的成年男子体内大约有 2~4 克锌。锌作用于碳水化合物、脂类、蛋白质和核酸的合成和降解。假设人体能利用食物中 20% 的锌，则每日建议摄入量为 8.3 毫克（1 岁以下儿童）、8.4 毫克和 11.3 毫克（学龄前儿童和学生）、15.5 毫克和 19.5 毫克（青少年）和 14 毫克（成人）（粮农组织/世卫组织，2000）。因此每日摄入 6 - 20 毫克锌就足够，而每 100 克干藜麦就能提供 4.8 毫克锌，不过该数字在 2.1~6.1 毫克之间浮动（Ruales & Nair，1992）。

- 锰：只有小麦的锰含量超过藜麦，大米是藜麦的一半，玉米只有四分之一。

- 铜和锂：少量（JR Llorente，2008）。

2.1.5 维生素

表 2 显示了藜麦的维生素含量。维生素 A 对视觉、细胞分化、胚胎发育、免疫反应、味觉、听觉、食欲和发育都很重要，每 100 克干藜麦中含量为 0.12~0.53 毫克（Oslo，1997，引用于 Ayala et al.，2004）。

维生素 E 具有抗氧化性，可防止脂质过氧化，有助于维持细胞膜结构的稳定，保护神经系统、肌肉和视网膜不受氧化。成人每天需要摄入 2.7 毫克维生素 E，而 7~12 个月的婴儿每天需要摄入 10 毫克的 α -生育酚或类似物质（粮农组织/世卫组织，2000，引用于 Ayala et al.，2004）。表 2 显示每 100 克干藜麦的维生素 E 含量为 4.60~5.90 毫克。

表 2：藜麦维生素含量（毫克/100 克干藜麦）

维生素	范围
维生素 A（胡萝卜素）	0.12 ~ 0.53
维生素 E	4.60 ~ 5.90
维生素 B1	0.05 ~ 0.60
维生素 B2	0.20 ~ 0.46
维生素 B3	0.16 ~ 1.60
维生素 C	0.00 ~ 8.50

来源：Ruales et al.，1992，引用于 Ayala et al.，2004

在发展中国家，富含硫胺素或维生素 B1 的食物（谷物、蔬菜、豆类、块茎、酵母、内脏、牛奶、鱼和鸡蛋）的缺乏会导致所谓的“脚气病”。7~12 个月的儿童每日维 B 的建议摄入量为 0.3 毫克/1000 千卡，成人每日 1.2 毫克。维 B 遍布在藜麦籽皮中，表 2 显示其含量为 0.05 ~ 0.60 毫克/100 克干藜麦（粮农组织/世卫组织，2000，引用于 Ayala et al., 2004）。

2.2 营养和药用成分

值得关注的是藜麦含有膳食纤维、无谷蛋白，并包含两种植物雌激素——大豆苷元（daidzein）和金雀异黄素（genistein），有助于防止骨质疏松和绝经期由于缺乏雌激素导致的功能性障碍，并支持代谢和血液循环。

2.2.1 膳食纤维

纤维占藜麦籽总质量的 6%，因此摄入藜麦能促进肠道运输、调节胆固醇、促进益生菌、预防结肠癌。它含有高比例的膳食纤维（TDF），是一种清除有害健康的毒素、废物的理想食物。因此藜麦可以充当人体清道夫。

藜麦可以产生饱腹感。普通谷物，尤其是藜麦能够吸收水分、在胃里停留更长时间，因此摄入少量就能产生饱腹感。

2.2.2 无谷麸

伦敦国王学院的一组研究人员发现，藜麦可以帮助乳糜泻患者恢复麸质耐受性。他们发现，如果乳糜泻患者食用不含谷麸（<http://www.celiacos.com/category/productos-sin-gluten/>）、富含藜麦的食谱，可以更快恢复肠道功能。西班牙生化学家 Victor Zeballos 在玻利维亚欧鲁罗举行的第三届世界藜麦大会上介绍了该研究小组迄今取得的结果。该研究主要探索藜麦对乳糜泻患者的益处，定期摄入对肠道的好处以及它对抗乳糜泻疾病的方法。到目前为止，研究发现定期食用藜麦能改善患者的小肠，使肠绒毛恢复正常，比普通

无谷饮食效率高。这极有可能是因为藜麦的醇溶蛋白含量很低，但针对安第斯地区其他谷物的分析仍在进行，专家声明这些结果有不确定性，须谨慎对待。

2.2.3 药用

藜麦在传统医学中的使用自古以来就为人所知。在高低平原和山谷的村落中，迦亚瓦亚“Kallawayá”（在艾马拉语中意为草药人）医师将藜麦籽、茎和叶子用于医疗和通灵。内服和外用的制备和使用方式各不相同，最常见的用途包括治疗脓肿、出血和脱臼。

根据传统医学，将藜麦茎叶与油、醋、胡椒一起煮可以促进血液循环。藜麦叶和醋一起煮，可作漱口水或治疗喉咙痛和心绞痛的药膏。叶和糖、肉桂煮制成的汤剂可以清胃、排出痰和胆汁、消除恶心和心脏灼烧感。浸泡过叶子水可以用于尿路感染的治疗或泻药。

藜麦的新鲜叶子“chiwa”作为汤或甜点食用，可以治疗坏血病等由维生素缺乏引起的疾病。它能有效治疗炭疽、疱疹、荨麻疹、‘llejti’和其他皮肤疾病的方法（Zalles 和 De Lucca，2006）。不同使用藜麦籽的方式可对抗肝病、心绞痛和膀胱炎。它也是一种牙科麻醉剂，帮助消炎、愈合。黑色藜麦药膏结合其他一些植物，可用于骨折的愈合。果实含有大量碱性物质，与酒精或白兰地混合成糊状能用来治疗扭伤、骨折和脱臼。它也是不错的制冷剂、利尿剂，防止婴儿啼哭。藜麦的特长是治疗粘液分泌过度和结核病。

用果实制成的汤剂或药膏可敷于伤口和瘀青。用藜麦籽煮熟的水可以治疗肝脓肿、体内分泌物和鼻腔粘膜炎。迦亚瓦亚医师称它是一种温和的泻药，有助失眠，可对抗头皮屑、是一种很好的护发素。同样，藜麦籽与牛奶和杏仁油一起用水煮熟可以用来清洗耳朵，治疗耳痛、耳鸣和耳聋（Pinto et al., 2010）。

根据 Zalles & De Lucca（2006）所述，用两瓶水煮熟五汤匙藜麦种子可制成很好的发汗剂。同样的汤剂加蜂蜜或蔗糖蜜，是治疗支气管疾病、感冒、咳嗽和扁桃体发炎的良药。

藜麦汤和常温下的藜麦籽是一种营养滋补品，可以提高母乳、有助于恢复体力、防止结核病。藜麦汤中加切碎的乌卢库薯（Ullucu，秘鲁称 Papalisa）或藜麦 chichi 针对哺乳

期妇女催乳有立竿见影的效果。治疗肺炎和腰背部疼痛，可将洋葵和藜麦粉制成的药膏涂在患处（Zalles & De Lucca，2006）。

2.2.4 学校早餐

在厄瓜多尔，联合国世界粮食计划署开始将藜麦作为其学校膳食计划的一部分，这表明国家性的需求在增加（Jacobsen & Sherwood，2002）。

在秘鲁，“将学校早餐安第斯化”的经验将安第斯食物（包括藜麦）纳入学校早餐配给。通过各级政府的参与实施，这一经验取得了巨大的成果。人们意识到宣传教育的重要性，特别当某些供货商的食谱忽略了藜麦或其他安第斯作物（Tapia，2000）。

考虑其高营养和医疗价值，藜麦是一种值得推荐的完美食品，尤其适合儿童、孕妇、乳糜泻患者、更年期妇女、老年人、创伤恢复者、运动员、素食者、糖尿病患者、压力人群等。

第三章：遗传多样性、品种与种质银行

3.1 遗传多样性与品种

安第斯地区被认为是农作物起源多样性的八大中心之一，也是藜麦基因品种最多的地方，包括野生和栽培的品种。

在安第斯山脉的农作物中，厄瓜多尔、秘鲁和玻利维亚给予了藜麦最大的支持和贡献。对现有遗传变异的评估使藜麦可以根据其适应性和一些高度遗传的形态特征分为五大类，各产区能方便地观测和保持这些特征。

据 Lescano (1989) 和 Tapia (1990) 所述，这五类为：

1. 海平面：位于南纬 36° 的利纳雷斯 (Linares, 西班牙) 和康塞普西翁 (Concepcion, 智利)。大多粗壮，高 1.0 ~ 1.4 米，分枝生长，米色籽粒呈透明状 (Chullpi 型)，与生长于北纬 20° 的墨西哥藜麦 *Chenopodium nuttalliae* (Huahzontle) 有很多相似之处。
2. 山谷：能适应 2500 米到 3500 米海拔。特点是高度可达 2.5 米或更高，分枝多，花序松散，通常耐霉变 (*Peronospora farinosa*, 霜霉菌)。
3. 高地平原：秘鲁-玻利维亚高原地区的藜麦种植面积较大，单一种植面积在 3600 ~ 3800 平均海拔之间。这是基因型最多的地区，能生产特别用途的籽粒。植株高度可达 0.5 ~ 1.5 米，茎端为紧凑的圆锥状花序。这一带改良品种数量最多，栽培在潮湿地区的某些品种易患霉变。
4. 盐滩：它们生长在玻利维亚高地平原南部的盐滩地区。最干燥的地方降雨量为 300 毫米。它们以间距 1 米 x 1 米的形式单株种植，以更好地利用珍贵的湿度。这类籽粒尺寸最大 (直径高于 2.2 毫米)，被称为“藜麦王”。其籽粒的特点是皮厚、皂苷含量高。

5. 云加斯高温湿润气候型：适应了玻利维亚 1500 ~ 2000 平均海拔的云加斯高原森林的一小群藜麦，以分枝发育为特征。植株呈绿色，高度可达 2.20 米。开花时整个植株变为橙色。

根据 Mujica (1992) 的研究，藜麦栽培品种具有很高的遗传多样性，体现在植株的颜色、花序和种子，使它们对不同的生态条件（土壤、降雨、温度、海拔、抗冻、干旱、盐份或酸性）具有广泛的适应性。

在安第斯地区已知的主要品种中，玻利维亚有 22 个品种是通过杂交和人工选择进行遗传改良的（表 3）。还有味道苦涩的“藜麦王”系列，冗杂了几个地区的品种：Royal white, Maniquena, Huallata, Toledo, Pink Mok’o, Tres Hermanos, K’ellu, Orange Canchis, Pisankalla, Pink Pandela, Perlasa, Achachino, Hilo, White rose, Mok’o, Timsa, Lipena, Chillpi Amapola, Pink Chillpi, Utusaya 和 Pink Canchis（Aroni et al. , 2003）。

秘鲁有下列品种：Yellow Marangani, Kancolla, Juli White, Cheweca, Witulla, Salcedo-INIA, Iplla-INIA, Quillahuaman-INIA, Camacani I, Camacani II, Huariponcho, Chullpi, Coporaque Red, Ayacuchana-INIA, Huancayo, Hualhuas, Mantaro, Huacataz, Huacariz, Yanamango Pink, Namora, Tahuaco, Yocara, Wilacayuni, Pacus, Junin Pink, Junin White, Acostambo 和 Ayacuchana White（Mujica et al. , 2004; Mujica , 1992）。

厄瓜多尔有下列品种：Tunkahuan, Ingapirca, Cochasqui, Imbaya, Chaucha, Tanlahua, Piartal, Porotoc, Chimborazo bitter, Imbabura bitter 和 Purple（Mujica et al. , 2004 ; Tapia , 1990 ; Mujica , 1992）。

根据 Peralta (2006) ，Tunkahuan 品种效果最佳、在厄瓜多尔高地种植面最广。Peralta 还指出，2004 年又出了一个新品种 Pata de Venado。

表 3：玻利维亚通过基因改良获得的藜麦品种

N°	品种	品种源		年份	机构
1	Sajama	0547	0559	1967	IBTA

2	Samaranti	个体选择		1982	IBTA
3	Huaranga	S-67 人工选择		1982	IBTA
4	Kamiri	S-67	0005	1986	IBTA
5	Chucapaca	0086	0005	1986	IBTA
6	Sayaña	Sajama	1513	1992	IBTA
7	Ratuqui	1489	Kamiri	1993	IBTA
8	Robura	个体选择		1994	IBTA
9	Jiskitu	个体选择		1994	IBTA
10	Amilda	个体选择		1994	IBTA
11	Santa Maria	1489	Huaranga	1996	IBTA
12	Intinayra	Kamiri	F4(28)xH	1996	IBTA
13	Surumi	Sajama	Ch'iara	1996	IBTA
14	Jilata	L-350	1493	1996	IBTA
15	Jumataqui	Kallcha	26(85)	1996	IBTA
16	Patacamaya	Samaranti	Kaslala	1996	IBTA
17	Jacha Grano	1489	Huaranga	2003	PROINPA
18	Kosuña	1489	L-349	2005	PROINPA
19	Kurmi	1489	Marangani	2005	PROINPA

20	Horizontes	1489	L-349	2007	PROINPA
21	Aynoq'a	L-118 人工选择		2007	PROINPA
22	Blanquita	L-320 人工选择		2007	PROINPA

来源：Espindola and Bonifacio （1996）；Bonifacio et al. （2006）；Rojas-Beltran et al. （2010）

哥伦比亚有品种 Narino 和 Quitopampa sweet （Mujica et al. ，2004；Tapia，1990）。智利有品种 Baer、Lito、Faro 和 Picchaman （Tapia，1990）。阿根廷为 Jujuy White （Mujica，1992）。

3.2 安第斯地区藜麦种质银行

为了保护安第斯地区藜麦丰富的基因品种和表现型，整个地区自六十年代以来开设了种质银行，由大学和农业机构进行管理和管护。该地区的登记品种随时在变化，其中玻利维亚和秘鲁的机构拥有遗传变异最丰富的种质银行。资料显示，安第斯地区有五个国家成立了储存藜麦等安第斯作物的种质银行。

玻利维亚，有 6 个机构的种质银行保存了超过 5000 份藜麦品种：

- 国家农业与林业创新研究所（INIAF）Toralapa 中心；
- 圣安德烈斯大学（UMSA）Choquenaira 实验站；
- 欧鲁罗理工大学（UTO）生物科技和植物遗传资源研究中心（CIBREF）；
- 玻利维亚天主教大学（UCB）蒂亚瓦纳科学学术分部；
- 埃尔阿尔托公立大学（UPEA）的 Kallutaca 实验中心；
- 公共贸易研究推广中心（CIPROCOM）。

玻利维亚藜麦种质资源主要保存在 INIAF 的 Toralapa 中心，是安第斯作物国家种质银行的一部分（Rojas et al., 2010b）。该中心遗传品种丰富，目前保存着从拉巴斯（La Paz）、欧鲁罗（Oruro）、波托西（Potosi）、科恰班巴（Cochabamba）、丘基萨卡（Chuquisaca）、塔里哈（Tarija）的高地平原和山谷采集的 3121 份栽培和野生藜麦的样本。中心也收集了来自秘鲁、厄瓜多尔、哥伦比亚、阿根廷、智利、墨西哥和美国的样本（表 4）。

表 4：保存在玻利维亚 INIAF 种质银行的藜麦样本数量和来源

国家	省/区	样本数目	总计
玻利维亚	La Paz	963	2300
	Oruro	617	
	Potosi	469	
	Cochabamba	124	
	Chuquisaca	108	
	Tarija	19	
秘鲁	Ancash	5	675
	Junin	18	
	Ayacucho	40	
	Cusco	36	
	Puno	567	

	Ica	9	
厄瓜多尔	North	11	28
	Centre	17	
智利	North	1	18
	South	17	
阿根廷	Jujuy	16	16
墨西哥	North	3	6
	Centre	3	
美国	New Mexico	1	1
丹麦		2	2
荷兰		2	2
英格兰		2	2
美洲国家组织 (OAS)		60	60
未知*		11	11
总数			3121

未知*：来源不明。Rojas et al. (2010b)

秘鲁国家农业研究所的实验站 (INIA) 的种质银行位于 Illpa (普诺)、K'ayra、Andenes (库斯科)、Canaan (阿亚库乔)、曼塔罗、Santa Ana (Huancayo) 和 Banos

del Inca (Cajamarca)。以下几所大学也保有藜麦品种：利马的拉莫利纳国立农业大学，秘鲁胡宁大区国家中心大学、阿亚库乔的瓦曼加国立圣克里斯托瓦尔大学、库斯科的国立圣安东尼大学，以及普诺的国立高原大学 (Mujica, 1992; Bonifacio et al., 2004) 据 Bravo & Catacora (2010) 所述，普诺大区 Illpa 试验站的种质银行持有的藜麦样本达 536，属全国最高。

在厄瓜多尔，只有国家农业研究所圣卡塔利娜岛试验站 (INIAP) 持有的藜麦样本数量达 642 (Peralta, 2004)。而在哥伦比亚，只有帕斯托的 Obonuco-Narino 试验站和位于波哥大的哥伦比亚国立大学保有样本。在智利，奥斯特拉尔大学的植物生长健康研究所的基因银行持有 25 个样本；据 Fuentes et al. (2006) 报导，智利北部也有一个机构保有了 59 个种质样本。

为体现藜麦丰富的遗传变异，下面列出了玻利维亚藜麦的一些特征变量 (Rojas et al., 2001; Rojas, 2003; Rojas, 2008, Rojas et al., 2009)：

- 开花前植株的颜色 (绿色、紫色、混合、红色)
- 植株生理成熟时的颜色 (介于白色、奶油色、黄色、橙色、粉色、红色、紫色、棕色和黑色之间)
- 圆锥花序 (苋属植物状、球状或介于中间)
- 花序密度 (紧密、疏松或适中)
- 籽粒颜色 (已被鉴定的有 66 种颜色，包括白色、奶油色、黄色、橙色、粉色、红色、紫色、棕色和黑色) (Cayoja, 1996)
- 植株生长周期 (110 ~ 210 天)
- 每株籽粒产量 (48 ~ 250 克)
- 籽粒直径 (1.36 ~ 2.66 毫米)
- 100 颗籽粒重量 (0.12 ~ 0.60 克)
- 籽粒蛋白质含量 (10.21 ~ 18.39%)
- 淀粉粒直径 (1.5 ~ 22 微米)



照片 1：藜麦多样的圆锥花序和籽粒颜色

第四章：藜麦农学和适应性

4.1 植物学和分类学描述

藜麦是一年生草本植物，通常高度可达 0.2 ~ 3.0 米的双子叶植物。植株颜色多样，从绿色到红、紫，或介于其间的颜色。主茎呈分枝或不分枝状，取决于生态型、品种、种植密度和环境条件。根部附近横截面呈圆形，在树枝和叶子的高度呈角状。分枝的品种在秘鲁南部和玻利维亚的安第斯山谷更为常见，而高地草原的少数品种、秘鲁中部北部以及厄瓜多尔的许多品种则呈现不分枝状（Gandarillas, 1968a; Tapia, 1990; Mujica, 1992）。

藜麦叶形态多样，基生叶大，呈菱形或三角形，而植株上部圆锥花序周围的叶片普遍呈披针形。叶子颜色从绿到红、黄、紫，取决于色素性质和程度。叶子边缘呈锯齿状，可达 43 个锯齿；叶子表面覆盖颗粒，使之看上去好像蒙了层沙。这些颗粒是含有丰富草酸钙的细胞，能够形成保水膜、增加叶片周围大气的相对湿度从而减少蒸腾（Tapia, 1990; Dizes and Boniface, 1992; Rojas, 2003）。

藜麦呈圆锥状的总状花序有一个发达的主轴，可由主轴长出次轴或三级次轴。Cardenas（1944）首个将藜麦按照圆锥花序的形状归类为“苋属植物状”、“球状”或“介于两者中间”，因与苋属花序的相似性而创造了“苋属植物状”这个概念。Gandarillas（1968a）认为，因为只有一对基因决定了圆锥花序的“球状”为显性、优于“苋属植物状”，因此似乎不应划分“介于两者中间”的第三组分类。

顶生圆锥花序可以是单一的（与植株的其他部分完全不同）或呈分枝状（由于主茎有相对较长的分枝使花序呈独特的圆锥形，因此没有明显的分化）。圆锥花序也可能松散或紧密，由次轴和花梗的长度决定；若两者都很短那么花序则是紧密的（Gandarillas, 1968a）。

花朵又小又密集，这使去雄蕊（防止自授花粉）的步骤变得非常困难。花朵抱团形成球形，无梗，颜色同花萼，可以是雌雄同株、只有雌蕊或只有雄蕊。五根雄蕊连接着花药的短花丝围绕着子房；连接子房的 2 ~ 3 根花柱有着绒毛状柱头。每朵花绽放 5 ~ 7 天，但

由于花骨朵并不同时开放，因此藜麦花期被认定为 12~15 天（Heisser and Nelson, 1974; Mujica, 1992; Lescano, 1994）。

成熟的藜麦籽并不开裂。根据品种不同，籽粒直径可达 2.66 毫米（Rojas, 2003）。据 Tapia（1990）所述，藜麦种子上覆盖的花被很容易被抹掉。籽粒外种皮有四层。决定种子颜色、含有皂苷的最外层种皮粗糙易裂，用水冲洗很容易从籽粒剥离。

在分类学上，藜麦属于被子植物-木兰纲-石竹亚纲-石竹目-藜亚科-藜属（Cronquist 1995, Wilson 1980）。藜属是藜亚科中最大的属，约有 250 个物种分布于世界各地（Giusti, 1970）。

藜属中有几种是作为食用植物栽培的：在南美洲作为谷物种植的 *Chenopodium quinoa* Willd 和 *Chenopodium pallidicaule* Aellen；在墨西哥作为蔬菜种植的 *Chenopodium nuttalliae* Safford 和 *Chenopodium ambrosioides* L.；以及在南美洲作为蔬菜和草药种植的 *Chenopodium carnosolum* Moq. 和 *Chenopodium ambrosioides* L.。

藜属植物在世界各地都有生长：欧洲的 *Chenopodium album* L.；中亚的 *Chenopodium giganteum* D.Don（又称杖藜，中国民间“红苋菜”）；中美洲的 *Chenopodium berlandieri* Moq. var. *Nuttalliae*；南美洲的 *Chenopodium quinoa*（藜麦）和 *Chenopodium pallidicaule*。另外，*Chenopodium berlandieri* 遍布北美，而 *Chenopodium hircinum* 遍布南美的安第斯山脉和阿根廷彭巴平原（Fuentes et al., 2009）。

遍布世界各地的野生藜麦是在没有人类干预的情况下生长起来的。它们宝贵的基因在未来可帮助地球各地区开发不同品种。一些品种具有抗虫、病、霜冻和干旱的特征，在营养价值和生产周期方面也具有优良特性（Rojas et al. 2008; Del Castillo et al., 2007）。

4.2 栽培和对气候变化的适应性

安第斯地区，特别是秘鲁和玻利维亚间的高原是现代农业来讲生态最为恶劣的地区之一。然而在这种环境中生存的藜麦可以不受来自其他物种的影响。高原海拔极限在 3000~4000 米，那里的土壤通常为冲积层，排水性差（Espindola, 1986）。

南美洲不同的种植地区降雨量差别很大。厄瓜多尔境内的安第斯山脉的降雨量为 600~880 毫米，曼塔罗山谷降雨量为 400~500 毫米，的的喀喀湖地区降雨量为 500~800

毫米。然而，越往玻利维亚高原南部、智利北部，降雨量则减少到 50~100 毫米，适宜生产藜麦。玻利维亚的南部高原被视为种植藜麦的主要地区，其产量占国际需求的很大比例。另外，藜麦在降雨量超过 2000 毫米的智利第八和第九大区的海平面也有生产。

藜麦的栽培条件和遗传变异品种显示了藜麦对不同农业生态区域具有显著的适应性。它能够适应不同气候条件、可在 40~88% 的相对湿度下生长、耐温在 -4~38℃ 之间（其中 15~20℃ 生长最理想），是一种高效节水植物、在缺乏水分的土壤显示出耐受性，只要降雨量在 100~200 毫米之间便能保证产量。

在耐寒性方面，一些藜麦品种在成粒阶段可耐 -5℃ 的严寒（Espindola, 1986）。据 Espindola（1986）引用的 Rea（1979）所述，耐寒性取决于霜冻发生时植株所处的生长阶段和山脉的自然保护。有报道称，处于早期生长阶段的藜麦能在海拔 2245 米的墨西哥蒙特西洛（Montecillo）经受 -7.8℃ 的低温。藜麦还耐受不同土质和 pH 值，能在高酸碱性土壤中生长（Mujica, 1988）。

因此，藜麦是少数几种可以在极端气候和土壤条件下生长的作物之一。它对不同气候的超强适应性和对水的有效利用，使其成为气候变化背景下一一种极好的替代作物。气候变化正在改变农业，导致前所未有的极端温度。玻利维亚国家农业与林业创新研究所（INIAF）已经将藜麦与豆类、玉米、苋菜、洋葱等列为最耐气候变化的 21 种种子。

这些因素使藜麦收到国内外机构的广泛研究。除了公认的营养价值，它吸引了北美（美国和加拿大）、欧洲（英国、法国、德国、荷兰和丹麦）以及世界其他山区（喜马拉雅山脉和东非）的研究人员对其进行栽培并进行适应性研究（Risi, 1991）。

4.3 生产方式

藜麦在玻利维亚的种植可以追溯到前殖民时代。传统耕作方式一直持续到 20 世纪 70 年代初：在南部高地平原，它仅限于乌尤尼（Uyuni）和科伊帕萨（Coipasa）盐滩接壤的山坡；在中部和北部的高地平原，它是马铃薯和饲料轮作系统的一部分，以小范围种植；在山谷地带，它是一种边界植物，或是与玉米和豆类一起栽种。

从古至今，这个国家大部分地区的藜麦种植到收获都依靠人力。家家户户可以获得不同生态型或产地的藜麦品种，谷物根据需求生产，以不同的衍生食品为基准；最重要的是，大部分产出能使普通家庭受益。

国际有机食品市场的开放使藜麦价格在过去二十年中持续增长，在玻利维亚这意味着生产区从山麓往平原推移，在安第斯地区其他国家这意味着农业边界的拓展，在世界其他区域则意味着这一新作物的引入。藜麦种植面临的挑战与国际市场供应链密切相关，不断扩大的国际市场需求为生产区的藜麦农带来了致富的另一途径。

4.3.1 传统和机械生产

下面介绍玻利维亚有机藜麦的生产管理的传统经验，以及在机械自动化相关领域取得的进展。

土壤制备：

在南部高地平原，机械（95%）实际上正在取代传统耕作（5%）。在中部和北部的高地平原，藜麦与马铃薯轮作种植利用了机械或传统的土壤制备方式，尽管由于目前藜麦价格，土壤制备已基本机械自动化。在安第斯山谷中，传统耕作比机械占优势。

传统耕作中制备土壤使用的人力工具被称为 Taquiza，Liukána 或 Tank'ana，可以根据生产区将表层土部分或完全挖开。南部的高地平原尽管属于山坡种植，该工具也能形成直径 25~30 厘米，高 15~20 厘米的圆锥形土堆（Cossio 2005）。

机械系统包括使用机动犁来制备土地。根据 Cossio（2005）所述，在南部的高地平原，机械在山坡的使用受限。拖拉机的使用将未开垦的土地或气候所致的脆弱土壤（无结构性）以及蓄水能力低（沙质壤土）的不规则地势（purumas）得以往平原（pampa）扩展。

播种：

播种是重点之一。出苗阶段影响植株密度和最终产量。播种地、品种特性和土壤湿度导致藜麦播种时间不一，也是决定采用人工还是机械播种的重要因素。在南部高地平

原，藜麦的播种从8月下旬到12月中旬，而中部和北部高地平原的播种时间则根据降雨量在10~11月之间徘徊。

传统播种仍然出现在高地平原和山谷。在中部和北部高地平原，种子以任意或连续的



方式播撒在犁辙中。通常行间距是50厘米。在南部高地平原，人们先用“taquiza”挖一个洞通到湿润的土壤，然后放入种子，用土壤覆盖，深度大概4~10厘米。洞间距约1~1.2米，行间距也为1~1.2米不等。无论使用人工还是机械，播种量大概为6~8公斤/公顷。

照片2：南部高地平原藜麦的传统和机械播种方式

在南部高地平原，至少70%的家庭使用机械播种，使用的是Satiri条播机。该播种机有两个带种槽的犁，开口高度可在0.8~1米之间调节，种子通过冲击力释放到犁辙中，间距也为0.8~1米。此机械播种方式在均匀平坦的休耕土地上最高效，适合湿度在10~15厘米左右的深度的土壤（Aroni 2005a）。

4.4 藜麦虫害

在植株生长期间，藜麦受到各类昆虫的影响，目前已鉴别出约17种。其中最主要的经济害虫是藜麦蛾（*Eurysacca melanocampta* Meyrick）和提科纳幼虫（*Ticona* Complex）——*Copitarsia turbata*, *Feltia* sp, *Heliothis titicaquensis*, *Spodoptera* sp（夜盗蛾属）

（Saravia & Quispe, 2005）。这些害虫在南部高地平原造成的损失在5~67%之间（平均33.37%），中部高地平原为6~45%（平均21.31%）。



照片 3：藜麦蛾和提科纳幼虫

4.4.1 藜麦蛾

成虫为小型飞蛾，体长约 8~9 毫米，翼展 14~16 毫米。以花蜜为食，本身对藜麦无害。雌虫产的卵长 0.4~0.5 毫米，呈光滑的球形；卵刚产出时呈乳白色，幼虫孵化前两天呈灰色。幼虫会袭击作物分两代：第一代（11~12 月）啃食叶片、花序，会把新叶粘住卷成一团。第二代幼虫（3~5 月）攻击成熟植株，以圆锥花序和内部的成熟籽粒为食，严重时能在植株周围看到完全白色粉末化的籽粒。第二代藜麦蛾对作物的经济打击最大。

4.4.2 提科纳幼虫 (Ticona Complex)

成年蝶为夜行动物，会被光线吸引。短小的身体覆盖有坚固的鳞片或深棕色的毛，翼展有 40 毫米。前翅为灰棕色，有波浪横条纹和小的黑色或浅色斑点。幼虫非常活跃，可以刮掉叶肉、吃掉薄壁组织，使叶片呈透明状。在第三阶段当它们拥有更发达的下颚时，会在齐地面高度啃断藜麦幼苗，致其倒塌死亡。众多的幼虫会破坏花蕾、花瓣和花球，钻食藜麦芽和茎。第四和第五阶段的幼虫是最危险的，它们胃口贪婪且选择性地攻击植株。

4.4.3 减少虫害的措施

为减少藜麦害虫的几个项目正在实施，且已针对这一生物问题取得了重要技术进展。据 Saravia & Quispe (1995) 所述，目前存在的技术有：1) 采用抗虫基因型；2) 关于害虫生命周期知识的普及；3) 害虫的天敌和寄生比的明确；4) 监控藜麦害虫种群动态；5) 植物提取物和生物杀虫剂的害虫防治；6) 经济损失程度；以及 7) 害虫防治策略。近年来，信息素和生物制品被广泛使用。

4.5 收获前后

藜麦收获前后的工作对整个藜麦生产过程意义重大。谷物质量、有机质回归土壤、加工成本的降低都取决于这些活动。包括收割、风干、脱粒、扬谷和籽粒储存。正确步骤生产出的籽粒能满足质量要求。

4.5.1 收获

最佳收获时间取决于多个因素：品种、土壤类型、湿度和气温。根据品种不一样叶子会变成黄色或红色，通过体现生理成熟的花被可以看到圆锥花序内的籽粒 (Aroni, 2005 b)。另一种方法是用手弹弹花序，如果有籽粒掉落就可以开始收割。

通常有三种收获方式：传统连根拔起、用镰刀收割和半机械收割。

传统连根拔起：从行间挑选成熟的花序用手将植株拔出，甩动或往膝盖敲打根部以去除砂石土块。这种方法的缺点是不能将根系作为有机质留在土壤中，还会造成土壤侵蚀、降低土壤肥力；也容易使土壤混入籽粒，在脱粒过程中增加杂质。



照片 4：用镰刀和机械收割机——南部高地平原

用镰刀人工收割：在距土壤 10 ~ 15 厘米处割下植株，留残茬在土里保持有机质。收割时间必须恰当，这样操作不至于使花序流失籽粒，但植株过于成熟的话会有籽粒流失。这种方法的缺点是不能在砂土地中使用，并且难以切割粗茎的大型植株。

半机械收割：使用机械收割机。排列整齐的植株更容易使用收割机。据 Aroni (2005) 所述，这种方法的优点是收获快，保留在土壤里的根茎可增加有机质。经验表明，用这种方法，4 个人每天可收割 2.5 公顷。

4.5.2 收获后

收货后处理包括风干、堆垛、脱粒、通风和籽粒储存。

a) 风干或堆垛：在收割后立即将植株堆垛。三种方法：Arcos, Tauca 和 Chucus (Aroni, 2005b)：

Arcos：此堆垛方法将藜麦以 X（交叉）的形式堆叠在绒柏菀植物（*parastrephia lepidophylla*, thola/tola）或其他本地植物做成的基架上，圆锥花序朝上倾斜。这通过提高空气循环、将藜麦穗充分暴露在阳光下而加速风干。虽然这种方法需要花很长时间准备，但可在不到三个星期的时间内风干好收获的籽粒。



照片 5：风干方法 Arcos 和 Taucas ——南部高地平原

Taucas：地上铺帆布或尼龙，将藜麦花序朝向一边有序地堆成长 10~15 米，高 1 米的垛。虽然这种方法干燥时间长，但因其集中在一个地方，便于脱粒。缺点是风干不均匀、收获的籽粒将暴露在风雨中。

Chucus：形似锥的藜麦堆散布于整个田野。将藜麦植株竖立成一个圈，花序朝天使结构更稳定。通常用一根绳子绑在中间。这种方法可以更快地风干。

b) 脱粒：脱粒是指将籽粒从花穗分离。

几种不同的脱粒方法：手动、半机械、机械和直接脱粒（Aroni, 2005b）：

手工脱粒：是藜麦生产中面临的最大挑战之一，适用于车辆和机械无法进入的地带。手工脱粒前，必须提前准备“Takta”——一个用粘土、水和“jipi”（一些农民使用帆布代替）做成的平台，以供放置干燥的植物在上面脱粒。用一根叫做“Huajtana”的棍子敲打植株，再经过粗筛、扬谷获得籽粒。每日可脱粒 1.5 公担（150 公斤）。



照片 6：脱粒方法-手工和拖拉机——南方高地平原

半机械脱粒：在南部高地平原，采用机械（拖拉机、卡车等）进行脱粒。防水布在地面上伸展开来，其上纵向放置两行平行的干燥植株植物，以便其上车轮压过。两排朝向内侧的花序在车轮的多次碾压下分离出籽粒。利用这种方法，55 分钟大约能处理 10 公担。困难在于接下来的手动淘筛。

机械脱粒：南部高地平原的人们使用如“Vencedora”和“Alvan Blash”的脱粒机。在调整了脱壳和筛分系统后，产量分别能达到每小时 10 公担和 7 公担。两种干净率都是 95%。“Herrandina”牌的脱粒机也已进入尝试，产量为每小时 123 公斤。



照片 7：脱粒方法-机械脱粒——中部高地平原

c) 扬谷：包括从籽粒中分离出“Jipi”/花被和植株糟粕。三种方法：传统方法、手动改良法和机械方法（Aroni, 2005b）：

传统扬谷：借助一个小盘子在毛毯或传统纺织品上手工进行，这种方法取决于平稳的风源。每日均产量是 4 公担。



照片 8：扬谷方法：传统方法和手工改良法——南方高地平原

手工改良法：使用如图 8 所示的器具。它有一个空气流量调节器，能将藜麦的“Jipi”、“Chini”和糟粕分离。这台机器每小时产量为 6 公担。

机械扬谷：机械扬谷已有 6 年的历史，产量为每小时 5~8 公担，主要取决于要筛选的籽粒所含的“Jipi”量。

d) 籽粒储存：为保持产品质量，应将籽粒储存在清洁、干燥、通风的环境中。建议将藜麦籽储存在大号的羊驼编织袋中、新或状态良好的聚丙烯袋中。袋子装满后应正确堆放在木栈板上。

第五章：藜麦衍生产品及工业潜力

1996 年，粮农组织将藜麦列为人类最有前途的作物之一，因为它不仅营养丰富、用途广泛，而且是解决人类营养问题的替代。

藜麦的几种衍生产品有膨化藜麦、藜麦粉、藜麦面、藜麦片、藜麦卷、能量棒等。而近年来复合产品的开发研究越来越多，使藜麦更具吸引力。

值得关注的是，更精密的或需要先进技术的产品还有待开发，例如从藜麦提取油脂、淀粉、皂苷、蛋白质浓缩物、籽粒奶和从藜麦叶、种中提取色素。这些提高藜麦经济潜力的产品不仅利用了它的营养价值还有物理化学特性，不再局限于食品工业范畴，使藜麦成为跨越化学、美妆和制药领域的超级产品。

5.1 藜麦烹饪

藜麦和其他安第斯作物一样用途广泛，涉及传统和非传统，包括通过研究产生的工业创新附加值，也已商业化投入生产。

5.1.1 传统食品

在采访了高地平原上保护和耕作藜麦的家庭后，研究人员确定了 35 种藜麦食品，包括汤、甜点、糕点、饮品和副食。农村家庭的饮食包括各种 Kispinas、P'esques、汤、Mucuna、Pito（烤面粉）和饮品，以及在特殊场合准备的非传统食物，如饼干、蛋糕、炸面圈和藜麦汁。这些食品的制备随着季节和农业活动而变化，通常被作为早餐、午餐、晚餐或零食食用。

以下是高地平原居民传统食物的简要描述（Pacosillo & Chura, 2002；Vidaurre et al.，2005；Flores et al.，2008；Apaza et al.，2008）：

- 藜麦汤：与肉或肉干、块茎和蔬菜一起煮的质地不厚的藜麦汤。
- Lawa：半厚的“Mazamorra”（类似粥），由藜麦粉、水、青柠和动物油制成。
- P'esque：藜麦籽粒与水一起煮，不加盐。可与牛奶或磨碎的奶酪一起食用。
- Kispina：不同形状大小的面饼。
- Tacti o tactacho：一种用藜麦粉和羊驼油做成的油炸面圈。
- Mucana：藜麦粉做成的蒸球，中间放香料，类似墨西哥粽（tamales）或南美粽子（humitas）。
- Phiri：烘烤微软的粗藜麦面。
- Phisara：微微烤熟的藜麦籽。
- Q'usa：藜麦 chicha，一种浸泡冷饮品。
- El Ullphu, Ullphi：用水稀释烤藜麦粉制成的冷饮品，用糖调味。
- 藜麦 Kaswira：油煎扁面包，用青柠和白藜麦制成。
- Kaswira de ajara：油煎扁面包，用青柠和黑藜麦制成。
- Kapi kispina：蒸面团。碾磨藜麦用陶器蒸，常见于圣徒的晚餐。
- Turucha quispiño Polonca：大个的蒸面团。稍微碾磨藜麦（chama），和青柠一起用陶锅蒸。
- Mululsito quispiña：蒸面团。青柠和藜麦粉，用比制备 Kispina 小的陶锅蒸。
- Quichi quispiñ：蒸炸面团。青柠和藜麦粉在锅上炸。
- Juchacha：以藜麦和青柠为底料的安第斯汤，配以烤大麦粉。
- Chiwa：藜麦的嫩叶可以作为蔬菜被用于汤和沙拉的烹饪。叶子富含维生素和矿物质，尤其是钙、磷和铁。

5.1.2 衍生食品

以藜麦为原料的衍生食品有：tawas、煎饼、炸面圈、汁、api、面包、饼干、辣豆酱和花蜜（表 5）。这些用藜麦粉而非小麦粉制成的新产品能够增加城乡家庭藜麦的使用。

藜麦在烹饪方面的可塑性和丰富的传统制作工艺使其能够融入国际，创造营养丰富、遵循传统的菜品，在全球市场极具竞争力。

烹饪	名称
汤和甜点	• Quinoa soup • Lawa (allpi) • Huaricha • Juchacha • Chiwa de quinua • P'esque with ahugado • Mazamorra • Phiri • Phisara • P'esque Huracha • P'esque with milk • P'esque with cheese
面食	• Kispíña • Mucuna • Doughnuts • Bread • Biscuits • Kispíña de ajara • Quinoa cakes • Quinoa Tortillas • Tacti or tactacho • Mululsito quispiña • Kispíña de ajara • K'api kispíña • Acu kispíña • Jupha t'anta • Quinoa Kaswira • Quinoa cake • Turucha Kispíña • Quichi quispiña
饮品	• 果汁 (ullpu)

	• 藜麦加牛奶 • Q'usa (chicha) • 藜麦汁 • Apí
附餐	烘焙藜麦粉

表 5：以藜麦为原料的传统和衍生食品

5.1.3 创新食品

藜麦可以与干蚕豆、羽扇豆属塔维豆（tarwi）等豆类结合，通过学校早餐来改善学龄前儿童和在校儿童的饮食质量。目前有多种加工或半加工衍生产品可供选择，但价格普遍较高，多数情况下人们负担不起。

在加工或半加工产品中，有常作为早餐食用的即食谷物，包括膨化、挤压、片状、磨碎和通过加入热水制成的像粥一样的热藜麦片。



图 9：玻利维亚有机藜麦产品

其他资料表明，藜麦籽粒和藜麦粉可以包办几乎所有的碾磨产品。在安第斯和其他地区进行的多个试验证明，面包中可添加 10%、15%、20% 甚至 40% 的藜麦粉，意大利面可高达 40%，蛋糕可高达 60%，饼干则可高达 70%（ Nieto & Wood, 1982； Ballon et al., 1982； Ruales & Nair, 1992； Nieto Soria， 1991； Jacobsen， 1993）。未去除皂苷的全藜麦籽粒出粉率为 62%，去除皂苷后可高达 83%（Briceño & Scarpati， 1982）。而精细藜麦粉

的出粉率仅为 33~46% (Nieto & Wood, 1982) 。藜麦作为面粉业的一种补充产品的主要优点是能够满足国际日益增长的对无谷蛋白的需求 (Jacobsen, 1993) 。

目前，高质量高蛋白食品亟待生产。藜麦蛋白质主要集中在籽粒胚胎中，含高达 45% 的蛋白质。

5.2 工业和其他潜力

藜麦的一系列子产品可用于食品、美妆、药品等 (图 2) 。

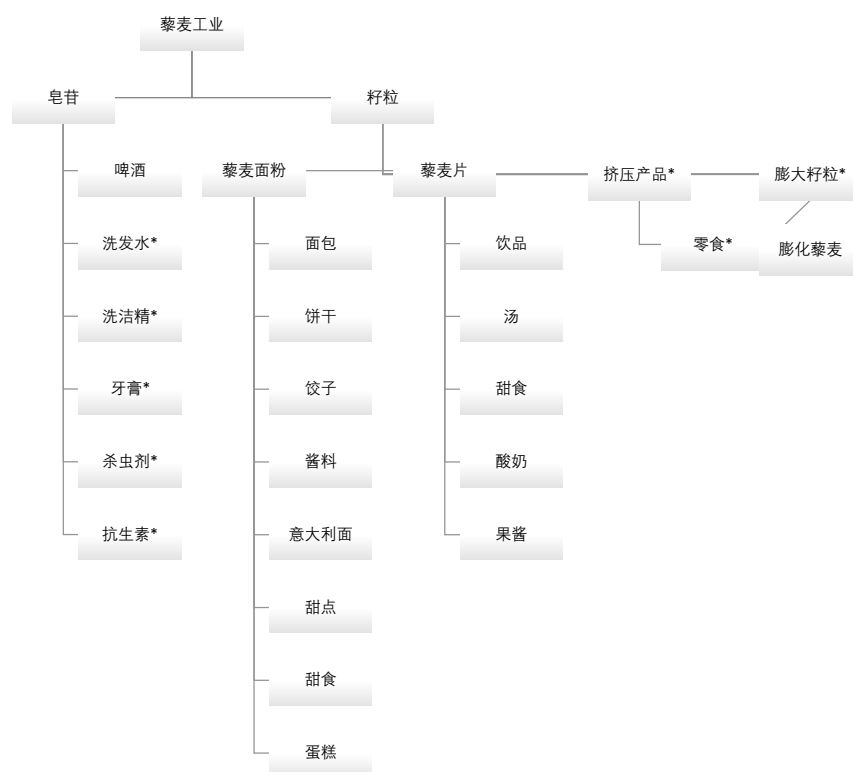


图 2：藜麦籽用途。*为潜在用途 (Montoya Restrepo et al, 2005) 。

Robalino & Peñaloza (1988) 陈述了以藜麦为原料的天贝 (tempeh) 素鸡的制作方法，过程类似大豆素鸡，使用少孢根霉 (*Rhizopus oligosporus*) 对原料进行发酵。少孢根霉对脂肪、蛋白质和胰蛋白酶抑制剂均有不错的反应，同时给天贝增添了特别的风味，深受品鉴大师们喜爱。92° C 的高温下天贝烹饪时间只需 5 分钟，接种则需 28 小时。Soria et al. (1990) 对藜麦天贝也有描述，称其最终呈白色酱状固体，是藜麦籽和菌丝体的混合。

Nieto Soria (1991) 提到其他藜麦制品有：“藜麦火腿”、预煮面粉、藜麦奶冻等。

Ahamed et al. (1998) 提到藜麦淀粉具有优异的冻融稳定性和抗退化性，可以作为化学变性淀粉的替代品。藜麦淀粉颗粒的体积小也给予其特殊的工业潜力，例如用于生产气雾剂、意大利面、无碳复印纸、营养甜点、塑料工业辅料、滑石粉和胶印喷粉。

5.2.1 皂苷

许多植物中都含有皂苷，如菠菜、芦笋、苜蓿和大豆。藜麦中皂苷的含量在 0.1 ~ 5% 之间，位于藜麦籽皮中，味道苦涩，食前必须去除。皂苷除了苦味外，遇水会起泡。泡沫在极低浓度 (0.1%) 下是稳定的，因此皂苷在饮料、洗发水、肥皂等中都有应用。

皂苷是一种多源头的有机物质，既来自三萜苷类 (triterpenoid glycosides，微酸性反应)，也有来自 1,2-环戊烷多氢菲 (perhydro 1,2-cyclopentano phenanthrene) 的类固醇衍生物。这些分子集中在籽粒外壳中，是主要的抗营养因子。上述的双源皂苷没有明确的化学公式，但一般架构如下： $C_nH_{2n-8}O_{10}$ ($n \geq 5$)。

从苦藜麦中提取的皂苷可用于制药业，具有降低胆固醇和改变肠道渗透性的能力，以帮助吸收特定药物。皂苷还具有抗微生物和抗真菌等其他药理特性。

由于皂苷对不同生物毒性不一，研究发现皂苷杀虫剂不会对人类或大型动物产生不良影响，具有被应用到综合虫害防控项目的潜力。藜麦皂苷作为生物杀虫剂在玻利维亚的试点已经获得成功 (Vera et al., 1997)。

5.2.2 多功能藜麦

将藜麦纳入农业旅游发展计划（农业旅游、生态旅游）吸引了小型种植区，帮助推广和保护非商业化的生态型。安第斯旅游走廊、印加路线或该地区其他有吸引力的线路的推广将展示藜麦在安第斯地区各生产系统中的多样性。行程中安排的藜麦菜品可以让游客发觉传统口味和菜式，对地区身份、文化、知识和传统有更深的体验。安第斯的几个国家正在促进藜麦生物多样性保护的地方发展战略。



照片 10：玻利维亚南部高地平原旅游点销售的藜麦汁

第六章：安第斯和世界藜麦经济

6.1 藜麦种植面积和产量

因安第斯地区在藜麦生产方面占重要席位，下面将首先分析安第斯地区的藜麦生产特征，接着再延展到世界其他区域。

6.1.1 安第斯地区藜麦的种植面积和产量

安第斯地区藜麦产量最大的国家是玻利维亚、秘鲁和厄瓜多尔。其他国家如智利栽种面积为 1474 公顷，其中 90%在塔拉帕卡大区的科尔查内（Becares & Bazile，2009）。以下两幅图（图 3 和图 4）援引了粮农组织 2011 年分析该区域作物生产面积和产量的数据。

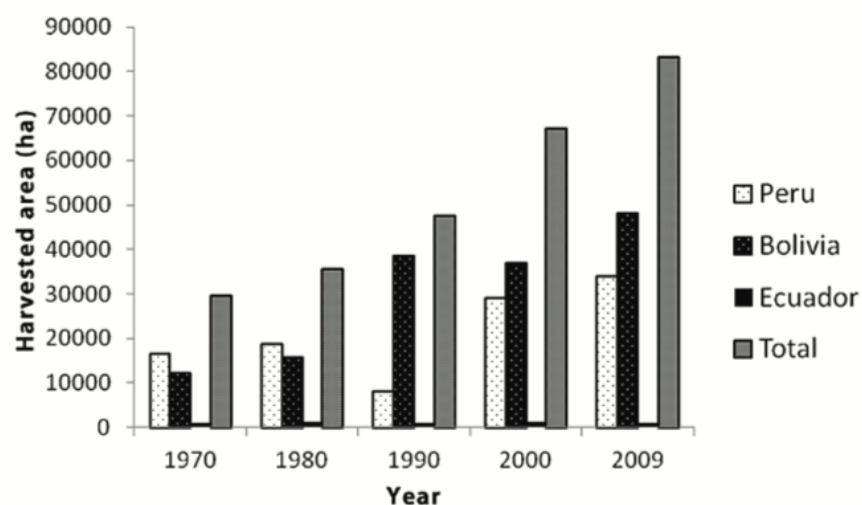


图 3：安第斯三个国家五年间藜麦收获面积（公顷）。数据来源：FAOSTAT（2011）。

直到八十年代初，安第斯地区藜麦收获面积不超过 3.6 万公顷，主要分布在玻利维亚和秘鲁。厄瓜多尔也有一小部分（4%）（图 3）。

到九十年代初，玻利维亚藜麦生产面积显著增加：从 1980 年的 1.5 万公顷增长到 1990 年近 4 万公顷。这是由于对乌尤尼盐滩土壤实施了机械耕作（Laguna，2003）。同一时期 1982 至 1983 年，秘鲁由于厄尔尼诺效应藜麦损失高达 80%（Zavala & Caputo，1985；Agrodata & CEPES，1997）。厄瓜多尔也受到较小程度的影响。

2000 年，安第斯地区藜麦生产面积增加到 6.7 万多公顷，其中秘鲁面积显著增加了 2 万公顷，玻利维亚和厄瓜多尔的种植面积也趋于稳定。秘鲁藜麦扩大种植是由于国家政策促进生产和出口（Laguna，2003；Sukkah & Sukkah Apaza Apaza，2008）。

可以看出，近年来藜麦生产面积不断扩大。粮农组织报告说，2009 年安第斯地区种植了 8.3 万公顷的藜麦（粮农组织，2011）。这一趋势出现在主要生产国，玻利维亚较秘鲁更为明显（面积分别比 2000 年增加 31% 和 18%）。

到 1980 年，安第斯地区藜麦产量超过 2.5 万吨，来自两个主要生产国（玻利维亚和秘鲁）（图 4）。

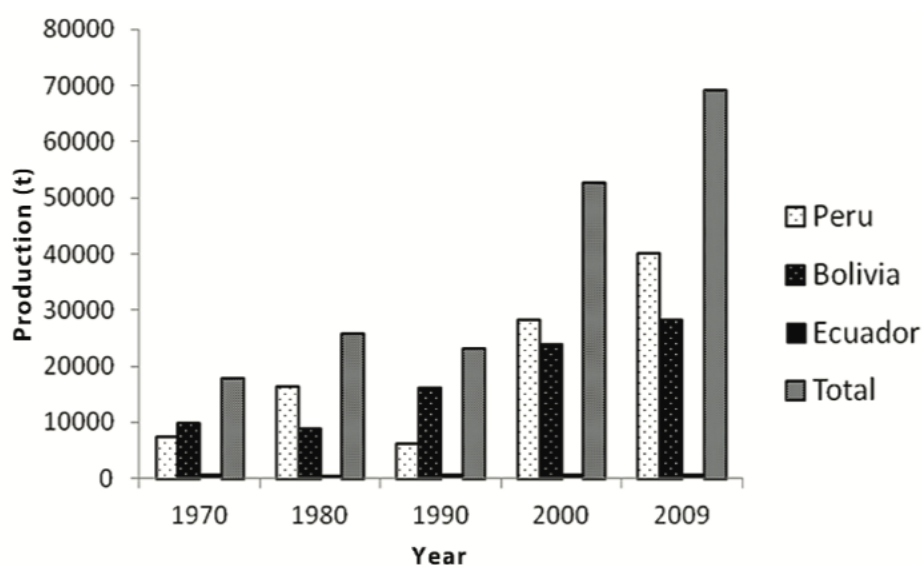


图 4：安第斯三个国家五年间藜麦产量（吨）。数据来源：FAOSTAT（2011）。

前文提到 1990 年厄尔尼诺影响了藜麦的产量。秘鲁产量与 1980 年相比下降了 60%。在玻利维亚，新兴市场的出现使藜麦生产面积比 1980 年增加了 147%（见上）；尽管如

此，这段期间产量仅增加了 80%，因此每公顷产量并不高（507 公斤/公顷）（玻利维亚国家统计局 2011）。

2000 年，由于秘鲁和玻利维亚新兴市场的出现，安第斯地区产量较 1980、1990 年翻倍，超过了 5 万吨（秘鲁和玻利维亚分别比 1990 年增产 350% 和 48%）。尽管生产面积较低，今年秘鲁的产量（28191 吨）还是超过了玻利维亚（23785 吨）。但有一批数量重大的从玻利维亚经秘鲁的藜麦却未经登记。

近年来（2009）安第斯地区产量约为 7 万吨，其中秘鲁近 4 万吨，玻利维亚 2.8 万吨，厄瓜多尔 746 吨。

以上数据表明，无论是安第斯或是世界，藜麦主要生产国是秘鲁和玻利维亚。到 2008 年，这两个国家的产量占世界总产量的 92%（Suca Apaza & Suca Apaza，2008）。目前（2009）根据粮农组织的统计，这两个国家产量为 6.8 万吨。过去该数值每年都会变化。在秘鲁，政治对藜麦栽培有很大影响。秘鲁的藜麦品种更脆弱，政府生产政策对这种作物的推广产生特殊影响。玻利维亚栽种的品种更粗犷，有喜人的大颗粒，但产量较低，平均不超过 600 公斤/公顷¹。该国的高产主要源自过去 30 年农业前沿的密集扩张。与此同时，厄瓜多尔藜麦产量每年变化。根据粮农组织分析的年份统计，面积不超过 1300 公顷，产量在 1000 吨左右徘徊。

6.1.2 世界其他地区藜麦的种植面积和产量

仅次于秘鲁和玻利维亚，全球最大藜麦生产国是美国、厄瓜多尔和加拿大，约占全球产量的 10%。美国每年生产 3000 吨，占世界的 6%；加拿大产量变化大，在 30~1000 吨之间。2001 年，Laguna（2003）指出两国种植面积为 2300 公顷（Laguna，2003；Sukkah & Sukkah Apaza Apaza），2008）。

CAF et al.（2001）报告称欧洲产量为 210 吨。最近，法国卢瓦尔河谷农业合作社（CAPL）称其经过 20 年的努力栽种了 200 公顷藜麦；产量为 1080 公斤/公顷。该项目旨

¹ 20 年（1990-2009）平均产量为 580 公斤/公顷（根据玻利维亚国家统计局 INE 估算）。

在促进法国人消费藜麦，将继续在生产方面进行微调以达到目标（GoodPlanet.info，2011）。

第七章描述了将藜麦扩展到安第斯地区以外的更多细节。

6.2 藜麦农数量

截至 2001 年，玻利维亚有 3.5 万多公顷藜麦，分布在约 7 万个生产单位（藜麦农）中。其中，有 5.5 万自给自足（不太会有剩余进行贸易），1.3 万不但能自给自足还可以进行销售，另外 2000 个主要种植做商业用途。本研究发现，藜麦对源自家庭农业农业 GDP 贡献为 2.35%，占玻利维亚家庭农业产品出口的 4.5%（CAF et al.，2001）。

其中 80%的藜麦农位于北部和中部高地平原的小型生产区。他们瞄准了藜麦丰富的营养和食品安全性能，70~85%的产量会被家庭内部消化，其余则在市场上销售（Brenes et al.，2001；Pérez，2001；Cáceres et al.，2007）。

南部高地平原有 1.5 万藜麦农，他们大多被列为贫困人口，60%的产品用于贸易和出口，占人口收入的 55~85%。对除农业外还有其他收入来源的家庭来说，藜麦占总收入的 35~50%。而针对不养牲畜的女性藜麦农主，该收入占比更显著（CAF et al.，2001；Pérez，2001；Rojas et al.，2004）。

秘鲁藜麦农土地保有权减少（小于 3000 平方米面积），并大多位于山区，约有 6 万生产者参与。根据 Suca Apaza 的一项分析报告，这些藜麦农的利润很低，这表明其生产初衷是自给自足以确保粮食安全（CAF et al.，2001；Suca Apaza & Suca Apaza, 2008）。

在厄瓜多尔，90%的藜麦是由 Sierra 山区的小型农场生产的，是安第斯最贫穷的地方之一，妇女人数众多。因此藜麦是可以帮助弱势人群和地区的战略性作物（Jacobsen & Sherwood，2002）。据报道 2001 年有 2500 名农民参与了藜麦生产（CAF et al.，2001）。藜麦种植对厄瓜多尔农业 GDP 的贡献估计为 0.05%；由于产量较低，与该国其他农产品相比，其贡献几乎微不足道（Vasconez, 2009）。

在智利的主要生产区，藜麦农不到 200 人，种植面积在 2007 年估算为 8 公顷（九十年代人均面积为 1.6 公顷）。藜麦农大多超过 60 岁；该地区 75%的年轻居民则一直在迁徙（Becares & Bazile，2009）。

在智利的第九大地区，妇女们在自家附近的菜园里种植藜麦，保留了马普切人（Mapuche）的文化传统。许多妇女在结婚后将自己的庄稼作为彩礼或遗产用于自给自足。因此近年来，具有民族特色的食品受到推广（Becares & Bazile，2009）。

6.3 藜麦种植的费用、收入和利润估算

藜麦作为一种原始作物，所需的生产投入很少。主要的利润来自有机生产，而今人们正在考虑在生产过程中使用有机产品。一公顷有机藜麦的总生产成本不超过一千美元（910 美元），因为种植过程不需重大投资，并且有机杀虫剂和化肥都很便宜。若平均产量 760 公斤/公顷，售价 120 美元/公担，则总收入为 2,040 美元，每年总利润为 1,130 美元/公顷。值得一提的是，当生产者发声与市场营销者一致的情况下，藜麦市场价可能更高，每公担在 120~180 美元。

活动	单位	数目	价格/ 单位	支出	收入
土地制备				135	0
粪肥采集	公担/100kg	5	7	35	
粪肥应用	每日人工费	2	10	20	
手动耕地	每日人工费	8	10	80	
播种				270	0
种子	公斤/kg	8	5	40	
手播	每日人工费	6	10	60	
种植过程				195	0

杀虫剂采集	应用次数	3	25	75	
杀虫剂应用	每日人工费	12	10	120	
收获					
收割和堆垛	每日人工费	6	10	60	
运输	公担/100kg	18	1	18	
半自动脱粒	机器运行小时	1.5	30	45	
收获后				187	2040
碾磨	公担/100kg	17	11	187	
出售	公担/100kg	17	120		2040
总计				910	2040
总利润					1130

表 6：藜麦生产成本、收入和利润（成本单位：美元/公顷。2010 年 12 月 30 日）

与其他高价值作物相比，生产藜麦产生的收入可能较低，但值得注意的是，藜麦能够生长在别的作物适应不了的严苛环境中。因此由于其耐受性，不利条件造成损失的风险比其他作物要低得多。

此外，考虑到大多数农民每年耕种 10~20 公顷土地，他们每年的收入将超过 1 万美元（表 6）。

6.4 主要出口目的地

2009 年，粮农组织报告玻利维亚藜麦收获达 48136 公顷，产量约 2.8~2.9 万公吨，其中一半（51%）用于出口，带来超过 4300 万美元的收益²（IBCE，2010）。其余的在国际非正式市场（通过德萨瓜德罗³销售的原始藜麦）、小部分在本土市集出售。玻利维亚藜麦的平均消费量约估为每人每年 4.7 公斤⁴，其中欧鲁罗（Oruro）和苏克雷（Sucre）地区消费量最大（CEPROBOL，2007）。生产藜麦的区如波托西（Potosi）每人每年消费量则低于 2.5 公斤（Borja & Soraide，2007）。

“藜麦王”的意义在于出口：玻利维亚是世界上藜麦最大的出口国，其次是秘鲁和厄瓜多尔（Pérez，2001；Laguna，2003；粮农组织，2011）。

2009 年玻利维亚藜麦籽⁵主要进口国是：美国（占玻利维亚出口的 45%）、法国（16%）、荷兰（13%）、德国、加拿大、以色列、巴西和英国。玻利维亚还主要向巴西、智利和荷兰出口藜麦粉，向巴西、加拿大和美国出口藜麦片，向智利出口去皮藜麦和粗藜麦粉（IBCE，2009；IBCE，2010）。

有机市场吸收了玻利维亚藜麦出口的很大一部分，由公司和相关生产商做市场推广（ANAPQUI、CECAOT、IRUPANA、SAITE、Quinoa Food、Andean Valley 等）。

根据玻利维亚外贸研究所的数据（IBCE，2010），2010 年有机藜麦的价格为 3.1 美元/公斤。几年前有机藜麦的价格达到每公斤 3.6 美元。IBCE 还指出，截至 2009 年，传统藜麦籽的价格（2.3 美元/公斤）是大豆（0.4 美元/公斤）和小麦的五倍。

秘鲁和厄瓜多尔占世界出口很小的比例。2007 年，秘鲁向美国（87%）、芬兰（8%）和德国（4%）出口了 400 多公吨藜麦籽，价值相当于 55.2 万美元（秘鲁出口和旅游促进委员会 PROMPERU，2008）；厄瓜多尔 2008 年出口水平相近：304 公吨，价值 55.7 万美元（粮农组织，2011）。

² 出口项名称为“其他藜麦”（Chenopodium quinoa），乃藜麦原籽粒。该分析不包含藜麦衍生产品。

³ 的的喀喀湖岸与秘鲁接壤的一个地区人民。

⁴ 相比较其他作物每人每年的消费量，马铃薯为 100 公斤，意大利面 38 公斤，大米 22 公斤。

⁵ 出口项名称为“其他藜麦”（Chenopodium quinoa）或处理藜麦籽。

毫无疑问，玻利维亚领先的出口地位来源于其“藜麦王”类型品种的质量。安第斯其他地区并未发现类似特征的藜麦（Laguna，2003）。

6.5 消费趋势

对医疗保健、环境和社会公平感兴趣的消费者集中在北美和欧洲，因此有机产品和公平贸易带来了优良替代品和更低的出厂价。

安第斯山脉的国家源于各个文化和传统的藜麦烹饪方式令人眼花缭乱（Jacobson et al.，2003；Astudillo，2007）。秘鲁因其国内高消费量而从邻国玻利维亚进口大量藜麦，如“藜麦王”品种在当地市场销售、加工和食用；由于没有记录，并不知道确切总量（Laguna，2003）。另外，秘鲁 60%的生产用于藜麦农自给自足，40%主要在当地市场出售，小部分在国际市场出售（Suca Apaza & Suca Apaza，2008）。

在安第斯谷物藜麦因其起源、传统和出口获得身份认同的玻利维亚，食用藜麦的是社会底层人群。由于优先出口，以及家庭研磨的困难，藜麦生产区食用藜麦的量正明显减少（Astudillo，2007）。据报道，全国平均消费量不超过每人每年 5 公斤。尽管人均消费量依然是世界最高，但考虑到其人口和其他食物的消费量，该水平属于较低的范围。

必须在营养不良程度高的国家（如秘鲁和玻利维亚）促进藜麦的消费，以从其特殊的营养性中获益。

第七章：扩大藜麦种植到安第斯地区以外的国家

1970 年藜麦基因被带到英国和瑞典，其种植打破了地域限制。八十年代美国已进行试点，开始在北美大陆推广这种作物。九十年代丹麦、荷兰和意大利也进行了试点。诸如“美国和欧洲藜麦试点”等项目评估了藜麦在传统生产区外的北美、欧洲、非洲、亚洲和澳大利亚的栽培潜力。这一章节简要介绍了藜麦在安第斯以外地区的种植和扩张。

7.1 北美

1979 年向美国进口藜麦失败后，八十年代在科罗拉多州南部开始了两个试点研究，斩获的“Costeño”生态型促进了与美国、加拿大藜麦生产商的合作关系。与此同时，科罗拉多大学开发了藜麦研究和技术发展的全链计划（Johnson，1990；Laguna，2003）。1994 年，“Apelawa”基因型获得专利，但四年后即被驳回，被认定为不具创新性、违反了《生物多样性公约》（Convention on Biodiversity）。直到 2000 年，人们一直在研究改良具有高产和竞争力的杂交品种（Laguna，2003）。

藜麦种植于美国的科罗拉多州和内华达州，加拿大的安大略省大草原，总面积为 2300 公顷（Suca Apaza & Suca Apaza，2008）。科罗拉多州藜麦平均产量为每公顷 1000 公斤（Jacobson，2003）。加拿大产量变化较大，但可达每公顷 830 公斤（Laguna，2003）。

7.2 欧洲

欧洲的几个国家参与了 1993 年通过的“藜麦-欧盟委员会的多用途作物”项目。八、九十年代，欧洲开始引入藜麦遗传物质进行研究，因而开始在地区内栽种智利的“Costeño”基因型（Jacobson，1998）。此外，欧洲还开展了重要的藜麦改良项目，最终斩获欧洲第一个藜麦品种“Carmen”。这是一个穗型紧凑、早熟的低矮品种。欧洲的研究工作仍在进行，以持续提高产量、调整生长周期和减少皂苷含量，并接连诞生了“Atlas”等新品种（Jacobson，2003）。

7.3 非洲

在肯尼亚，哥伦比亚的藜麦品种的产量很高（4 吨/公顷），因此藜麦具减缓非洲大陆贫穷和饥饿的潜力（Jacobsen，2003）。

7.4 亚洲

研究表明，藜麦可在喜马拉雅和印度北部平原获得高产（Bhargava et al.，2006）。在这个以大米和小麦为主食的区域，藜麦将能帮助对抗“无声饥饿”和蛋白质摄入不足。

7.5 世界其他可种植藜麦的地区

藜麦种植并非安第斯地区独有。世界上其他山区的发展中国家，例如喜马拉雅和非洲山区，也可发展出不错的藜麦生产体系（Jacobsen，2003；Bhargava et al.，2006）。

南美的巴西热带草原地区自 1987 年就开始试验种植藜麦，产量可超安第斯地区（Spehar & Souza，1993；Spehar & Santos，2005；Spehar & Santos, 2006）。

北美和欧洲国家的经验显示了扩展藜麦种植的潜力，它既可以被人食用也能用作动物饲料。开展适应性品种的育种方案可帮助扩大种植面积。

藜麦在世界各地都极具吸引力，因它对极端生态条件具有非凡适应力。

藜麦种植不需要很多水，或成为全球干旱地区的替代作物。近期落下帷幕的灌溉技术项目⁶，比如玻利维亚高地平原的节水灌溉，将能保证藜麦在干旱地区的栽培和生长（Garcia et al.，2011）。

此外，正如前几章提到，藜麦适应不同土壤类型与酸碱范围（4.5~9.5）。在令其他作物望尘莫及的低肥盐碱地也能开花结果（玻利维亚某藜麦主要种植区就与盐碱地接壤，即乌尤尼（Uyuni）和科伊帕萨（Coipasa）盐滩）。藜麦能够容忍的另一个环境因素是花季前的霜冻，在寒冷地区更能体现其价值（Mujica & Jacobsen，1999）。

⁶这些技术根据像粮农组织 AQUACROP 模型的工具开发，以准确适用于藜麦。

玻利维亚和秘鲁（与其他农业活动相比）采用小规模技术生产藜麦。这更显示了在机械化较落后的国家种植这一作物的潜力。

参考文献（略）

Translator Correspondence: gusustudio@gmail.com