

金藜麦耐盐性分析及营养评价

姜奇彦, 牛凤娟, 胡正, 张辉

(中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081)

摘要:对我国沿海地区新收集种质资源金藜麦(*Chenopodium quinoa* Willd.)进行了耐盐性及营养品质评价。结果表明:金藜麦在对盐胁迫相对敏感的芽期和苗期表现出相对较高的耐盐性;子粒蛋白质含量为14.2%,蛋白营养价值优于牛奶以及小麦、水稻、玉米、大豆等作物;子粒中富含维生素B、E等以及钙、锰、铁、铜、锌等矿质元素,特别是钙含量高达190.16 mg/100g,是小米钙含量的35倍;且金藜麦子粒含有丰富的必需脂肪酸,如亚油酸(3.58 g/100g)和亚麻酸(0.44 g/100g),天然抗氧化剂维生素E含量为7.66 mg/100g。这些研究结果表明,新收集的金藜麦种质资源具有较高的营养价值和耐盐性,将为我国藜麦研究和种植提供重要的种质资源。

关键词:金藜麦;耐盐性;理化成分;营养评价

Salt Tolerance Analysis and Nutritional Evaluation of Golden Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)

JIANG Qi-yan, NIU Feng-juan, HU Zheng, ZHANG Hui

(Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

Abstract: Golden quinoa, collected from China coast area, was evaluated with its nutritional quality and salt tolerance ability in this study. The results showed that the seeds of golden quinoa were considered as a nutritionally complete food with high protein content (14.2%) and an outstanding composition of essential amino acids. The protein quality of golden quinoa seeds was far superior to that of milk and some common crops. The seeds were rich in vitamins (B, E) and several minerals including Ca^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{3+} , Cu^{2+} , and Zn^{2+} . The Ca^{2+} content of golden quinoa was 190.16 mg/100 g, 35 fold higher than that of millet. Moreover, they provided a valuable source of carbohydrates and essential fatty acids. The content of linoleic acid and linolenic acid were 3.58 g/100 g and 0.44 g/100 g. These results showed that the golden quinoa owed the excellent nutritional quality and naturally high tolerance to salt stress, which providing the excellent germplasm resources for quinoa study and planting.

Key words: golden quinoa; salt tolerance; physical and chemical composition; nutritional evaluation

在我国沿海地区抗旱耐盐碱种质资源收集过程中,在土壤含盐量约为1%的盐碱地中收集到一种植物,经植物分类学鉴定该植物为藜麦(*Chenopodium quinoa* Willd.),属于拟禾谷类作物^[1]。因其种子呈金黄色,命名该种质资源为金藜麦(golden quinoa)。藜麦原产于安第斯山地区^[1],我国最早在1981年的《植物杂志》上被详细介绍过^[2],后在我国西藏^[3]、内蒙古^[4]、四川^[5]、山西^[6]、河南^[7]、张家

口^[8]等地开展过引种试验。由于藜麦抗逆性强,营养价值高^[9-10],对藜麦的研究和应用越来越受到科学家的重视。

很多作物在芽期和苗期对盐胁迫相对比较敏感,而藜麦在芽期和苗期表现出很强的耐盐性,但不同藜麦资源间耐盐性也存在较大差异。L. R. Gómez-Pando等^[11]评价了182份藜麦资源的芽期耐盐性,发现其中15份资源在25 dS/m的盐溶液中发

收稿日期:2014-12-08 修回日期:2014-13-23 网络出版日期:2015-06-11

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20150611.0946.011.html>

基金项目:引进国际先进农业科学技术计划(2014-Z5);科技基础性工作专项(2007FY110500);中国农业科学院创新工程/作物种质资源鉴定与发掘团队;国家农作物种质资源平台(2005DKA21001)

第一作者主要从事农作物种质资源抗逆鉴定与评价及作物耐盐机理研究。E-mail: jiangqiyang@caas.cn

通信作者:张辉,主要从事农作物种质资源抗逆鉴定与评价。E-mail: zhanghui06@caas.cn

芽率能达到 60%。秘鲁藜麦品种 Kancolla 在 57 dS/m 的盐溶液中发芽率高达 75%^[12]。Y. Hariadi 等^[13]研究发现高于 400mmol/L NaCl 溶液才会对藜麦资源的发芽率造成显著抑制。但玻利维亚藜麦品种 Robura、Sajama 和 Robura 在芽期表现盐敏感,高于 100 mmol/L 的 NaCl 溶液就会显著抑制其发芽^[14]。在苗期,150 mmol/L NaCl 溶液对不同品种的藜麦幼苗的生长没有显著影响,但 300 mmol/L NaCl 溶液处理幼苗,不同品种表现出不同耐受性^[15]。

除了抗逆性,藜麦的营养价值也越来越受到人们的关注。藜麦种子蛋白质含量高(13.8%~16.5%)^[16]。K. H. Wright 等^[17]研究结果表明甜藜品种蛋白质含量平均为 14.8%,而苦藜品种蛋白质含量平均为 15.7%。藜麦种子的蛋白质质量也非常高,含有接近联合国粮农组织(FAO)提出的理想蛋白的氨基酸组成^[16]。种子蛋白中富含谷类作物所缺乏的赖氨酸和甲硫氨酸^[16]。藜麦粉中木糖和麦芽糖含量高,葡萄糖和果糖含量低,藜麦可以用在麦芽饮品中^[18]。另外藜麦含有 D-核糖、D-半乳糖和麦芽糖,使得藜麦具有较低的果糖升糖指数(fructose glycemic index),人们食用藜麦就不会造成血糖大幅起落。藜麦种子中含有大量的矿质元素,如钙、铁、锌、铜和锰^[16]。钙和铁含量显著高于一些经常食用的谷类作物^[19]。藜麦油含有丰富的必需脂肪酸,如亚油酸和亚麻酸^[10],并含有大量的天然抗氧化剂如 α -生育醇(5.3 mg/100g)和 γ -生育醇(2.6 mg/100g)^[19]。

随着对藜麦研究的不断深入,不同国家和组织对藜麦的重视程度也不断提高。在欧洲很多国家纷纷加入名为“藜麦:欧盟农业多样性的多用途作物”(Quinoa: A multipurpose crop for EC's agricultural diversification)的研究项目中^[20-21]。美国国家航空航天局在寻找适合人类执行长期性太空任务的闭合生态生命支持系统(NASA's Controlled Ecological Life Support System)粮食作物时,发现藜麦具有较高而且全面的营养价值,将其列为该系统的候选作物^[22]。在印度,有研究学者认为藜麦是消除人们面对的隐形饥饿(silent hunger)的希望^[23]。在第 67 届联合国大会上,联合国秘书长潘基文正式启动“2013 国际藜麦年”。在启动仪式上表示,旨在让世界关注藜麦的生物多样性和营养价值在提供粮食和营养安全、消除贫困以及支持实现千年发展目标等方面所能发挥的作用^[24]。我国对藜麦的

研究起步晚且相对较少,20 世纪对藜麦的研究多集中在藜麦引种及田间表现上^[2-8]。对藜麦耐盐性^[25]及营养价值^[8]只做了一些初步研究。本研究将对新收集资源金藜麦的耐盐性及其营养价值进行综合评价,为我国藜麦的推广应用提供优异资源。

1 材料与方法

1.1 材料

本研究所用藜麦种质资源是在我国沿海地区抗旱耐盐碱种质资源收集过程中,在土壤含盐量约为 1% 的盐碱地中收集到,因种子呈金黄色,命名为金藜麦,资源收集编号为 20121006Q1。小麦材料选用耐盐品种茶滇红。

1.2 方法

1.2.1 耐盐性鉴定评价 芽期耐盐性鉴定评价试验设 1 个对照和 4 个处理,重复 3 次,每次重复用种子 100 粒。将准备好的金藜麦种子均匀放在直径为 9 cm 的塑料培养皿中的滤纸上,耐盐小麦材料茶滇红作为对照。处理组每个培养皿中加入 1.5%、2%、2.5%、3% 化学纯 NaCl 溶液 5 mL,在培养箱内 25℃ 恒温发芽 4d。对照组每个培养皿中加入去离子水 5 mL,培养箱内 25℃ 恒温发芽 4 d。调查处理组和对照组的发芽情况,根据下列公式计算相对盐害率^[26-27]。

$$\text{相对盐害率}(\%) = \frac{(CK1 + CK2 + CK3)/3 \times 100 - (T1 + T2 + T3)/3 \times 100}{(CK1 + CK2 + CK3)/3 \times 100} \times 100$$

公式中 CK1、CK2、CK3 分别代表对照重复 I、重复 II、重复 III 的发芽率。T1、T2、T3 分别代表处理重复 I、重复 II、重复 III 的发芽率。

苗期耐盐性鉴定评价试验设 1 个对照和 4 个处理,重复 3 次,每次重复发苗 50 株。对照组用普通土(营养土:蛭石 = 1:1),处理组用 0.6% (12 dS/m)、0.8% (15 dS/m)、1.0% (18 dS/m)、1.2% (21 dS/m) 的 NaCl 溶液配制盐碱土,生长 10 d 后调查金藜麦的株高,并以耐盐小麦品种茶滇红为对照。

1.2.2 基本营养成分测定 蛋白质按 GB 5009.5—2010 (第一法)规定进行;脂肪按 GB/T 5009.6—2003 (第二法)规定进行;碳水化合物按 GB/Z 21922—2008 规定进行;膳食纤维按 GB/T 5009.88—2008 规定进行;灰分按 GB 5009.4—2010 规定进行;水分按 GB 5009.3—2010 (第一法)规定进行;能量按 GB/Z 21922—2008 规定进行。

1.2.3 氨基酸含量测定 用日立 L-8900 氨基酸分析仪测试,按照 GB/T 5009.124—2003 规定进行。其中色氨酸以 4.2 mol NaOH 水解;胱氨酸以过甲酸氧化法处理测定;其余氨基酸以 6 mol HCl 水解测定。

1.2.4 氨基酸营养价值评价 利用 WHO/FAO/UNU 的必需氨基酸参考模式,计算样品中 EAA 的氨基酸比值(RAA, ratio of amino acid),氨基酸比值系数(RC, ratio coefficient of amino acid)和比值系数分(SRC, score of RC),评价样品中蛋白质营养价值^[28]。

$$RAA = \frac{\text{待评蛋白质某必需氨基酸含量(mg/g 蛋白质)}}{\text{WHO/FAO 模式中相应必需氨基酸含量(mg/g 蛋白质)}} \quad (1)$$

RAA 在有些文献中亦称为氨基酸分(AAS, amino acid score),其含义为某种食物蛋白质中某种必需氨基酸含量相当于模式相应必需氨基酸的倍数。

$$RC = \frac{RAA}{RAA \text{ 之均数}} \quad (2)$$

$$SRC = 100 - CV \times 100 \quad (3)$$

CV 为 RC 的变异系数, CV = 标准差/均数。

用 SRC 值评价蛋白质营养价值。RC 最小者为第一限制性氨基酸(FLAA, first limiting amino acid)。

1.2.5 矿质元素含量测定 矿质元素含量测定包括钠、钾、镁、钙、铁、锌、铜、锰。钠、钾含量测定按照 GB/Z 5009.91—2003 规定进行;镁、铁、锰含量测定按照 GB/Z 5009.90—2003 规定进行;钙含量测定按

照 GB/Z 5009.92—2003 规定进行;锌含量测定按照 GB/Z 5009.14—2003 规定进行;铜含量测定按照 GB/Z 5009.13—2003 规定进行。

1.2.6 维生素含量测定 维生素 E 含量测定按照 GB/T 5009.82—2003 规定进行;硫胺素(维生素 B1)含量测定按照 GB 5009.84—2003 规定进行;核黄素(维生素 B2)含量测定按照 GB/T 5009.85—2003 (第一法)规定进行。

1.2.7 脂肪酸含量测定 脂肪酸测定按照 GB/T 22223—2008 规定进行,检测用主要仪器设备是日本岛津 GC-2010 气相色谱仪。

2 结果与分析

2.1 耐盐性分析

金藜麦子粒为圆饼状,金黄色,直径 2 ~ 3 mm (图 1)。室内 25℃ 条件下,金藜麦种子在 4 h 以上即可萌发(图 1)。2013—2014 年在海拔约 1000 m 的栽培试验地种植金藜麦(不同生长期见图 2),7 ~ 10 d 出苗,全生育期约 114 d,株高 116.2 ~ 153.2 cm,接近成熟的主穗长度 30.1 ~ 42.7 cm,主穗直径 10.7 ~ 15.3 cm,茎秆直径 1.3 ~ 2.2 cm,总分支数 8.4 ~ 12.7 个,千粒重 2.0 ~ 2.9 g,产量 2625 ~ 3720 kg/hm²。



图 1 金藜麦的种子及种子萌发

Fig. 1 Golden quinoa seeds and seed germination

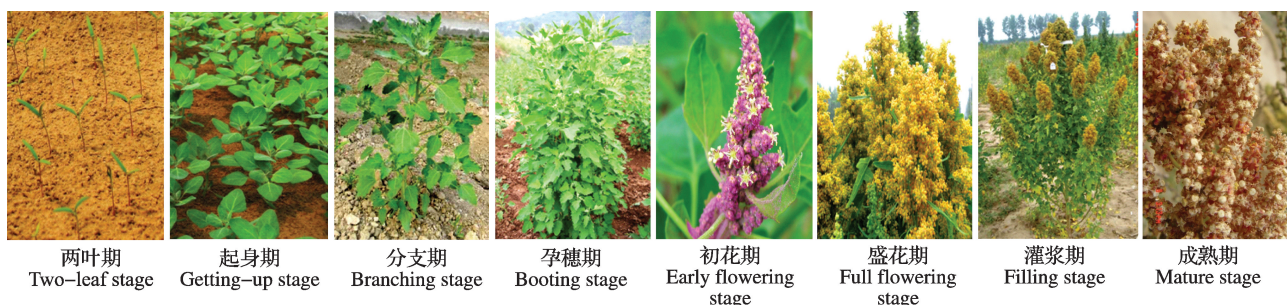


图 2 金藜麦不同生长期

Fig. 2 The different growing stages of golden quinoa

通过不同盐胁迫条件下金藜麦种子发芽情况,评价其芽期耐盐性(图3)。金藜麦种子在蒸馏水中,以及1.5%、2%、2.5%和3%的NaCl盐溶液中发芽率分别是81%、55%、45%、16%、3%,而小麦耐盐品种茶滇红蒸馏水中发芽率97%,1.5%盐溶液中发芽率是53%,盐溶液浓度在2%茶滇红不能发芽,相对盐害率为100%,此浓度下金藜麦相对盐

害率仅为44.4%(表1)。苗期随着盐胁迫浓度的提高(0.6%、0.8%、1.0%、1.2% NaCl),茶滇红的株高迅速降低,蒸馏水处理条件下茶滇红生长10 d株高为21.4 cm,1.2%盐胁迫条件下生长10 d株高为3.9 cm,而金藜麦的株高在盐溶液浓度增加至1.2%时仍不受影响(图4)。

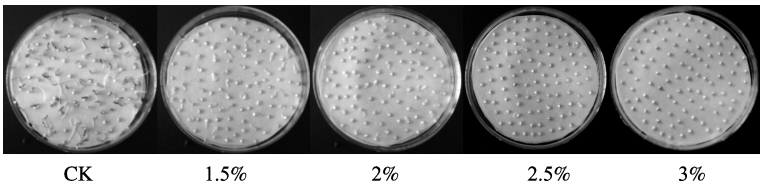


图3 金藜麦芽期耐盐性评价

Fig.3 Evaluation of salt tolerance of golden quinoa at the germination stage

表1 金藜麦不同盐胁迫条件下发芽率和相对盐害率
Table 1 The germination rate and relative salt injury rate of golden quinoa under salt stress

材料 Material	性状 Trait	NaCl 浓度(%) NaCl concentration				
		0	1.5	2	2.5	3
金藜麦	发芽率(%)	81	55	45	16	3
	相对盐害率(%)	—	32.1	44.4	80.2	96.3
茶滇红	发芽率(%)	97	53	0	0	0
	相对盐害率(%)	—	45.4	100	100	100

2.2 氨基酸含量及蛋白质营养价值评价

参与蛋白质组成的常见氨基酸或称基本氨基酸有20种,对金藜麦子粒中除了天冬酰胺和谷氨酰胺的18种氨基酸进行了测定。18种氨基酸含量的总和为12.31 g/100g 子粒,所测18种氨基酸在金藜麦子粒中都能被检测到。

经测定,金藜麦子粒中蛋白质含量为14.2 g/100 g 子粒,为了和FAO/WHO/UNU提出的氨基酸评分模式^[29-32]比较,将金藜麦子粒中必需氨基酸含量一一换算为mg/g 蛋白,并依据相关文献,列出牛奶以及人们经常食用的粮食中的必需氨基酸含量(表2)。

按照方法中的公式(1)、(2)、(3)并参考FAO/WHO/UNU 2007年报告中经过几次修订最新提出的成人需求氨基酸评分模式^[29-32],分别计算8种待评对象的RAA、RC、SRC(表3、表4)。相比较而言,SRC越接近100,蛋白质营养价值相对较高。根据SRC值的大小,其排列顺序为金藜麦>牛奶>小麦地方品种>黔江肾豆>普通小麦粉>黑甜玉米>黄米>大米。金藜麦蛋白质的SRC值与牛奶接近,分别为77.32和73.16,其他作物蛋白质的SRC值都

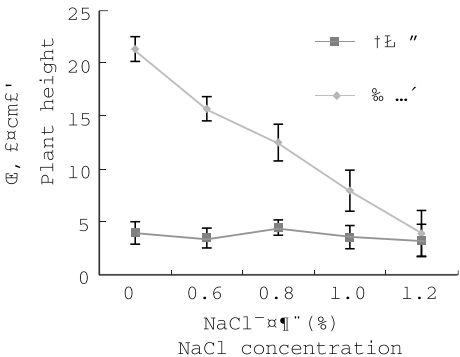


图4 金藜麦和茶滇红苗期不同盐胁迫条件下的株高变化
Fig.4 Plant height of golden quinoa and wheat (Cha dianhong) under different salt stress

表2 不同材料必需氨基酸的含量(mg/g 蛋白)
Table 2 Contents of the essential amino acid in the different materials (mg/g protein)

材料 Material	His	Ile	Leu	Lys	Met + Cys	Phe + Tyr	Thr	Trp	Val
金藜麦 Golden quinoa	26.41	34.51	63.73	54.93	40.85	60.92	34.15	6.34	43.66
牛奶 Milk ^[33]	33.00	45.00	94.00	90.00	33.00	104.00	41.00	16.00	52.00
黔江肾豆 Kidney bean ^[34]	32.98	32.42	60.43	55.42	29.04	80.77	34.48	7.45	42.66
小麦(地方品种) Wheat (Landrace) ^[35]	21.00	34.00	69.00	26.00	24.00	69.00	34.00	11.00	43.00
普通小麦粉 Wheat flour ^[36]	20.57	30.14	63.47	20.54	29.97	73.51	23.96	10.63	32.91
大米 Rice ^[37]	12.02	20.77	43.72	18.58	36.07	44.81	19.67	10.93	31.89
黑甜玉米 Black sweet corn ^[38]	29.41	35.29	124.71	52.94	27.06	102.35	37.65	20.00	56.47
黄米 Proso millet ^[39]	19.62	32.71	110.38	13.08	21.26	73.59	30.25	10.63	41.70

在 70 以下。金藜麦蛋白第一限制性氨基酸为色氨酸,而人们经常食用的小麦、大米、玉米等作物所含蛋白的第一限制性氨基酸为赖氨酸(表 3),根据蛋白质互补理论,和其他食物蛋白按一定比例混合食用,金藜麦可以有效补充小麦、大米、玉米蛋白所缺乏的赖氨酸。

另外,参考 FAO/WHO/UNU 2007 年报告中提

出的婴儿、学前儿童(2~5 岁)、学龄儿童/少年(3~10 岁)以及成人需求氨基酸评分模式^[29-32],分别计算出上述 8 种待评对象的 SRC 值,金藜麦蛋白质的 SRC 值在各个年龄段的氨基酸需求评分模式中都与牛奶接近,比其他 7 种作物蛋白质 SRC 值都高(表 4)。

表 3 不同材料蛋白质的 RAA 和 RC 的比较

Table 3 Comparison of RAA and RC among different materials

材料 Materials	项目 Item	His	ILE	Leu	Lys	Met + Cys	Phe + Tyr	Thr	Trp	Val
金藜麦	RAA	1.76	1.15	1.08	1.22	1.86	1.60	1.48	1.06	1.12
Golden quinoa	RC	1.28	0.84	0.79	0.89	1.35	1.17	1.08	0.77 *	0.82
牛奶	RAA	2.20	1.50	1.59	2.00	1.50	2.74	1.78	2.67	1.33
Milk	RC	1.14	0.78 *	0.83	1.04	0.78	1.42	0.93	1.39	0.69
黔江肾豆	RAA	2.20	1.08	1.02	1.23	1.32	2.13	1.50	1.24	1.09
Kidney bean	RC	1.54	0.76	0.72 *	0.86	0.93	1.49	1.05	0.87	0.77
小麦(地方品种)	RAA	1.40	1.13	1.17	0.58	1.09	1.82	1.48	1.83	1.10
Wheat(Landrace)	RC	1.09	0.88	0.91	0.45 *	0.85	1.41	1.15	1.42	0.86
普通小麦粉	RAA	1.37	1.00	1.08	0.46	1.36	1.93	1.04	1.77	0.84
Wheat flour	RC	1.14	0.83	0.89	0.38 *	1.13	1.60	0.86	1.47	0.70
大米	RAA	0.80	0.69	0.74	0.41	1.64	1.18	0.86	1.82	0.82
Rice	RC	0.80	0.70	0.74	0.41 *	1.65	1.18	0.86	1.83	0.82
黑甜玉米	RAA	1.96	1.18	2.11	1.18	1.23	2.69	1.64	3.33	1.45
Black sweet corn	RC	1.05	0.63	1.13	0.63 *	0.66	1.45	0.88	1.79	0.78
黄米	RAA	1.31	1.09	1.87	0.29	0.97	1.94	1.32	1.77	1070.83
Proso millet	RC	1.01	0.84	1.45	0.23 *	0.75	1.50	1.02	1.37	

* 为第一限制氨基酸 * means the first limit amino acid

表 4 不同材料 SRC 值

Table 4 SRC of the different materials

材料 Materials	婴儿 Infants	学前儿童(2~5 岁) Preschool child (2-5y)	学龄儿童/少年(3~10 岁) Schoolchild /adolescent (3-10y)	成年人 Adult
金藜麦 Golden quinoa	80.68	80.36	77.11	77.32
牛奶 Milk	80.38	77.56	76.57	73.16
黔江肾豆 Kidney bean	75.98	73.94	69.86	68.93
小麦(地方品种) Wheat(Landrace)	74.32	72.37	72.31	69.45
普通小麦粉 Wheat flour	67.19	65.36	64.48	62.03
黑甜玉米 Black sweet corn	64.60	62.42	63.96	59.79
黄米 Proso millef	60.48	60.41	60.80	59.56
大米 Rice	56.84	55.37	56.59	53.48

2.3 营养成分分析

2.3.1 基本营养成分 对金藜麦和超市购买的山西小米的基本营养成分进行了测定和分析。金藜麦蛋白质含量为 14.2%,高于山西小米(10.2%)。膳食纤维是人类消化过程所需要的一类重要的食物营养素。金藜麦总膳食纤维为 11.63 g/100g 子粒,是

山西小米的 4.4 倍。灰分含量体现样品中所含无机营养元素含量,金藜麦的灰分为 2.8 g/100g,是山西小米的 3.1 倍。

2.3.2 矿质元素含量分析 对金藜麦和超市购买山西小米的矿质元素含量进行了测定和分析,并列出了其他文献中用同样方法测定的稻米、小麦和鲜

食玉米的矿质元素含量(表 5)。结果发现金藜麦子粒中铁、锰、铜、锌、钙、镁等矿质元素含量高于人们日常生活中经常食用的小米、大米、小麦以及鲜食玉米的同类矿质元素含量。特别是金藜麦子粒中钙含量高达 190.16 mg/100g,是山西小米的 35 倍,是稻米钙含量的 15 倍,是小麦钙含量的 5 倍,是鲜食玉米钙含量的 3 倍。

表 5 不同作物矿质元素含量

Table 5 Contents of mineral and microelement in golden quinoa and other 4 crops

矿质元素 Mineral	金藜麦 Golden quinoa	山西小米 Millet	稻米 Rice ^[40-41]	小麦 wheat ^[42]	鲜食玉米 ^[43-44] Fresh unripe maize
铁 (mg/100g) Fe	11	1.89	2.7	4.48	7.87
锰 (mg/100g) Mn	5.96	0.63	2.16	3.74	0.30
铜 (mg/kg) Cu	5.5	0.43	2.23	5.22	1.44
锌 (mg/kg) Zn	34	1.9	30	21.94	7
钙 (mg/100g) Ca	190.16	5.39	12.4	40.15	69.48
镁 (mg/100g) Mg	219.72	99.25	126.5	135.32	32.40
钠 (mg/100g) Na	1.2	0.24	—	2.78	1.06
钾 (mg/100g) K	423	207.86	261.3	393.39	251.21

2.3.3 维生素含量分析 金藜麦子粒中维生素 B1 的含量为 0.37 mg/100 g, 维生素 B2 的含量为 0.10 mg/100 g。维生素 E 含量相对较高, 达到 7.66 mg/100 g,是甜荞麦^[45]的 5.4 倍,鲜食玉米^[46]的 3.2 倍,小麦^[47]的 4.9 倍。

2.3.4 脂肪酸含量分析 经检测金藜麦子粒脂肪酸包括棕榈酸(C16:0,16 指碳链长度,0 指双键个数,下同)、硬脂酸(C18:0)、油酸(C18:1)、亚油酸(C18:2)等(表 6)。其中 α-亚麻酸属于 ω-3 不饱和

脂肪酸,亚油酸和花生四烯酸属于 ω-6 不饱和脂肪酸,油酸、顺-11-二十碳一烯酸、芥子酸、神经酸属于 ω-9 不饱和脂肪酸。对作物脂肪酸品质评价主要是通过棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸、α-亚麻酸这 5 种主要脂肪酸的含量来进行。与小麦和水稻相比,金藜麦的不饱和脂肪酸(油酸、亚油酸和 α-亚麻酸)含量高出 2~3 倍,主要是亚油酸和 α-亚麻酸含量高于小麦和水稻(表 6)。

表 6 不同作物脂肪酸含量(g/100g 子粒干重)

Table 6 The content of fatty acid in golden quinoa and other 3 crops (g/100g dry matter)

脂肪酸 Fatty acid	简写 Abbreviation	金藜麦 Golden quinoa	小麦 ^[48] Wheat	特种水稻 ^[40] Rice
棕榈酸	C16:0	0.59	0.37	0.55
硬脂酸	C18:0	0.03	0.02	0.07
油酸	C18:1n9c	0.96	0.27	1.24
亚油酸	C18:2n6c	3.58	1.17	1.07
α-亚麻酸	C18:3n3	0.44	0.08	0.07
肉豆蔻酸	C14:0	0.02		
花生酸	C20:0	0.02		
顺-11-二十碳一烯酸	C20:1	0.07		
顺,顺-11,14-二十碳二烯酸	C20:2	0.01		
花生四烯酸	C20:4n6	0.08		
山嵛酸	C22:0	0.04		
芥子酸	C22:1n9	0.08		
木焦油酸	C24:0	0.02		
神经酸	C24:1n9	0.01		

3 讨论

3.1 金藜麦耐盐性鉴定

藜麦是一种非常耐盐的植物^[11-13],有些藜麦品种可以耐受海水的盐度或 400 mmol/L NaCl 溶液的

盐分胁迫^[49-51]。芽期和苗期是植物对盐胁迫相对敏感的时期。金藜麦在 2% NaCl 盐溶液(约 35 dS/m 或 342 mmol/L)中相对发芽率 56% (胁迫条件发芽率/对照条件发芽率),而耐盐小麦品种茶滇红的相对发芽率为 0,金藜麦在 3% NaCl 盐溶液(约 50 dS/m

或 513 mmol/L) 中相对发芽率仍能达到 3.7%。苗期随着盐胁迫浓度的提高,小麦耐盐品种茶滇红的株高迅速降低,而金藜麦的株高却不受影响。这些结果说明金藜麦在芽期和苗期具有很强的耐盐性。

3.2 金藜麦蛋白质营养价值评价

有人测定不同藜麦种子的蛋白质含量,达 7.47% ~ 22.08%, 平均为 13.81%^[52]。金藜麦蛋白质含量为 14.2%。食物蛋白质营养价值的优劣,主要取决于所含必需氨基酸的种类、数量和组成比例。植物蛋白质必需氨基酸组成比例越接近人体需要氨基酸的比例,则其质量就越优,据此,世界卫生组织(WHO)、联合国粮农组织(FAO)、联合国大学(UNU)联合专家委员会,根据不同年龄阶段人群对蛋白质营养需求,参考世界范围内关于蛋白质营养研究的众多文献,在 1973 年首次提出评价蛋白质营养价值的必需氨基酸评分参考模式,并在 1985 年和 2007 年报告中进行了修订^[32]。本研究对金藜麦子粒蛋白质营养价值的评价是依据 2007 年报告中的必需氨基酸评分参考模式。

现代营养学研究认为不仅氨基酸不足影响蛋白质营养价值,氨基酸过剩同样也限制蛋白质营养价值,因而提出氨基酸平衡的理论^[26]。即利用 WHO/FAO/UNU 的人体必需氨基酸参考模式,计算植物样品中必需氨基酸的氨基酸比值(RAA),氨基酸比值系数(RC)和比值系数分(SRC),最终以给蛋白质打分(SRC 值)的形式评价样品中蛋白质营养价值。如果食物蛋白质氨基酸组成与人体必需氨基酸模式一致,则各种必需氨基酸的 RC 应等于 1, SRC 值为 100 分; RC > 1 表明该种必需氨基酸相对过剩, RC < 1 则表明该种必需氨基酸相对不足,蛋白质评分(SRC 值)都会降低。所以 SRC 越接近 100,蛋白质营养价值相对越高。本研究中,金藜麦与牛奶、大豆、小麦、玉米、大米、黄米相比, SRC 值最高,说明金藜麦的蛋白质营养价值高于牛奶和其他主粮。且对于婴儿、学前儿童(2~5 岁)、学龄儿童/少年(3~10 岁)以及成人不同年龄阶段人群,金藜麦的 SRC 值都是最高,这也是金藜麦具有较高营养价值的重要体现,同时也是藜麦被称为“均衡营养食品”或“全营养食品”^[22]的原因。

3.3 金藜麦基本营养成分分析

金藜麦子粒中的膳食纤维和灰分都高于小米。其他研究中报道的藜麦种子的纤维^[53]和灰分^[44]含量也远远高于水稻、小麦其他传统谷类作物。金藜麦子粒中含有大量的矿质元素,如钙、铁、锌、铜和锰,显

著高于一些经常食用的谷类作物,特别是金藜麦的钙含量非常高,达到 190.16 mg/100 g,是山西小米钙含量的 35 倍。在其他藜麦品种中也有同样的特性^[54]。其他研究表明藜麦种子油的含量在 1.8% ~ 9.5%, 平均在 5.0% ~ 7.2% 之间,比玉米子粒油含量高(3% ~ 4%)^[55]。金藜麦子粒油含量是 8.3 g/100 g,且含有丰富的必需脂肪酸,如亚油酸(3.58 g/100 g)和亚麻酸(0.44 g/100 g);并含有大量的天然抗氧化剂,如维生素 E(7.66 mg/100 g)。维生素 E 是非常好的天然抗氧化剂,在提高人类免疫力、抗衰老、美容等方面的功能也是被人们所熟知,另外对金藜麦子粒中的不饱和脂肪酸也具有保护作用,防止多不饱和脂肪酸被氧化而使其正常发挥功能。亚油酸和亚麻酸都是人体不可缺少的必需脂肪酸,具有降低血浆胆固醇、调节血糖浓度、调节血压、预防心脑血管病、调控癌细胞等功能;亚麻酸对胎儿的发育及孕妇的恢复也有非常好的作用^[56-58]。

所以金藜麦耐盐性强,营养价值高。也正是这些原因使得藜麦在近年来备受西方市场的青睐,欧洲市场的进口量不断增加^[59]。FAO 认为藜麦将是对下个世纪全球粮食安全做出贡献的重要粮食作物之一^[60]。而我国对藜麦的相关研究才刚刚起步。本研究对新收集的金藜麦资源进行了耐盐性初步分析及营养价值综合评价,为我国藜麦资源研究和种植提供重要信息。

参考文献

- [1] Cusack D. Quinoa: grain of the Incas [J]. Ecologist, 1984, 14: 21-31
- [2] 许先河, 付萼辉. 古印卡人的传统作物-昆诺阿藜[J]. 植物杂志, 1981(1): 47
- [3] 贡布扎西, 旺姆, 张崇玺. 南美藜在西藏的生物学特性研究[J]. 西北植物学报, 1994, 3(4): 81-86
- [4] 支中生, 高卫华, 张恩厚, 等. 昆诺阿藜引种试验[J]. 内蒙古草业, 1992(3): 58-60
- [5] 余世学, 魏太忠, 陈学才, 等. 凉山州“南美藜”引种试验简报[J]. 西昌农业科技, 1996(1): 26-27
- [6] 刘锁荣, 范文虎. 促进山西藜麦种植规模化及产业链形成的建议[J]. 山西农业科学, 2011(7): 767-769
- [7] 成明锁, 刘增玉. 林州市引种藜麦试验研究初报[J]. 河南农业, 2014(3): 49
- [8] 周海涛, 刘浩, 么杨, 等. 藜麦在张家口地区试种的表现与评价[J]. 植物遗传资源学报, 2014, 15(1): 222-227
- [9] Adolfa V I, Jacobsen S E, Shabala S. Salt tolerance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) [J]. Environ Exp Bot, 2013, 92: 43-54
- [10] Vega-Gálvez V, Miranda M, Vergara J, et al. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: a review[J]. J Sci Food Agric, 2010, 90: 2541-2547
- [11] Gómez-Pando L R, Alvarez-Castro R, de la Barra E. Effect of salt stress on Peruvian germplasm of *Chenopodium quinoa* Willd.: a

- promising crop[J]. J Agro Crop Sci, 2010, 196:391-396
- [12] Jacobsen S E. The worldwide potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) [J]. Food Rev Int, 2003, 19 (1-2): 167-177
- [13] Hariadi Y, Marandon K, Tian Y, et al. Ionic and osmotic relations in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) plant grown at various salinity levels [J]. J Exp Bot, 2011, 62 (1): 185-193
- [14] Schabes F I, Sigstad E E. Calorimetric studies of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seed germination under saline stress conditions [J]. Thermochimica Acta, 2005, 428: 71-75
- [15] Ruiz-Carrasco K, Antognoni F, Coulibaly A K, et al. Variation in salinity tolerance of four lowland genotypes of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as assessed by growth, physiological traits, and sodium transporter gene expression [J]. Plant Physiol Bioch, 2011 (49): 1333-1341
- [16] Kozioł M J. Chemical composition and nutritional value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) [J]. J Food Comp Anal, 1992 (5): 35-68
- [17] Wright K H, Pike O A, Fairbanks D J, et al. Composition of *Atriplex hortensis*, sweet and bitter *Chenopodium quinoa* seeds [J]. Food Chem Toxicol, 2002, 67: 1383-1385
- [18] Ogunbangle H N. Nutritional evaluation and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour [J]. Int J Food Sci Nutr, 2003, 54: 153-158
- [19] Ruales J, Nair B M. Nutritional quality of the protein in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds [J]. Plant Foods Hum Nutr, 1992, 42 (1): 1-11
- [20] Jacobsen S E. Adaptation of quinoa (*Chenopodium quinoa*) to northern European agriculture; studies on developmental pattern [J]. Euphytica, 1997, 96: 41-48
- [21] Jacobsen S E. Developmental stability of quinoa under European conditions [J]. Ind Crops Prod, 1998, 7: 169-174
- [22] Schlick G, Bubenheim D L. Quinoa-candidate crop for NASA's controlled ecological life support systems [M]// J Janick. Progress in New Crops. Arlington, VA: ASHS Press, 1996
- [23] Bhargava A, Shukla S, Ohri D, et al. *Chenopodium quinoa*- an Indian respective [J]. Ind Crops Prod, 2006, 23 (1): 73-87
- [24] FAO. The international year of Quinoa [EB/OL]. [2014-12-21]. <http://www.fao.org/quinoa-2013/press-room/news/detail/en/>
- [25] 支中生, 金洪, 魏妙丽. 昆诺阿藜 (*Chenopodium quinoa* Willd.) 萌发期耐盐性鉴定 [J]. 内蒙古农牧学院学报, 1993, 14 (3): 30-33
- [26] 姜奇彦, 胡正, 张辉, 等. 大豆种质资源耐盐性鉴定与研究 [J]. 植物遗传资源学报, 2012, 13 (5): 726-732
- [27] 王萌萌, 姜奇彦, 胡正, 等. 小麦品种资源耐盐性鉴定 [J]. 植物遗传资源学报, 2012, 13 (2): 189-194
- [28] 朱圣陶, 吴坤. 蛋白质营养价值评价-氨基酸比值系数法 [J]. 营养学报, 1988, 10 (2): 187-190
- [29] World Health Organization/Food and Agriculture Organization. Energy and protein requirements Report of a Joint FAO/WHO Expert Committee [R]. WHO Technical Report Series, No. 522. Geneva: WHO, 1973
- [30] World Health Organization/Food and Agriculture Organization/United Nations University. Energy and protein requirements Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation [R]. WHO Technical Report Series, No. 724. Geneva: WHO, 1985
- [31] World Health Organization/Food and Agriculture Organization/United Nations University. Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition Report of a Joint WHO/FAO/UNU Expert Consultation [R]. WHO Technical Report Series no. 935. Geneva: WHO, 2007
- [32] D Joe Millward. Amino acid scoring patterns for protein quality assessment [J]. Brit J Nutr, 2012, 108 (S2): 41-43
- [33] 王逸斌, 徐莎, 侯艳梅, 等. 山羊奶的营养成分研究进展 [J]. 中国食物与营养, 2012 (10): 67-71
- [34] 南志奇, 牛小东, 艾义, 等. 黔江肾豆营养成分分析 [J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2012 (2): 88-92
- [35] 陈华萍, 魏育明, 郑有良. 四川小麦地方品种营养品质分析 [J]. 中国粮油学报, 2006 (5): 36-40
- [36] 王敏, 魏益民, 高锦明, 等. 两种荞麦子粒营养保健功能物质基础的分析 [J]. 农业工程学报, 2004, 20 (S1): 158-162
- [37] 李敏, 朴建华, 杨晓光. 抗性淀粉转基因大米和亲本大米营养成分的比较研究 [J]. 科学技术与工程, 2009 (7): 1847-1849
- [38] 高云, 黑甜玉米的营养成分分析及开发利用 [J]. 食品科学, 2000 (12): 59-61
- [39] 刘勇, 姚惠源, 王强. 黄米营养成分分析 [J]. 食品工业科技, 2006 (2): 172-174
- [40] 韩龙植, 南钟浩, 全东兴, 等. 特种稻种质创新与营养特性评价 [J]. 植物遗传资源学报, 2003, 4 (3): 207-213
- [41] 胡树林, 徐庆国, 黄启为. 香米品质与微量元素含量特征关系的研究 [J]. 作物研究, 2001 (4): 12-15
- [42] 唐晓珍, 王征, 张宪省, 等. 泰安红、黑粒小麦品系营养品质比较 [J]. 中国粮油学报, 2009 (4): 28-31
- [43] 陈晓熠, 李建生. 甜玉米乳熟期营养成分变化规律的研究 [J]. 食品研究与开发, 2000 (4): 28-33
- [44] 郝小琴, 高雷, 姚鹏鹤, 等. 微胚乳玉米乳熟期子粒中的营养成分分析 [J]. 食品研究与开发, 2011 (8): 129-132
- [45] 赵建栋, 李秀莲, 崔林. 山西省甜荞种质资源营养特性的研究 [J]. 辽宁农业科学, 2013 (3): 64-65
- [46] 郝小琴, 吴子恺, 王兵伟. 鲜食甜糯玉米子粒 4 种维生素含量的研究 [J]. 作物杂志, 2006 (5): 33-36
- [47] 高向阳, 冯晓枝, 孙灵霞, 等. 南阳彩色小麦中维生素含量的研究初报 [J]. 安徽农业科学, 2006 (11): 2355-2357
- [48] 刘小梦, 张小华, 张义荣, 等. 不同小麦品种子粒中脂肪酸组分含量及其相关性研究 [J]. 麦类作物学报, 2013, 33 (3): 578-583
- [49] Jacobsen S E, Quispe H, Mujica A. Quinoa: an alternative crop for saline soils in the Andes. Scientists and Farmer-Partners in Research for the 21st Century [EB/OL]. [2014-12-21]. http://www.cipotato.org/publications/program_reports/99_00/50quinoa.pdf
- [50] Koyro H W, Eisa S S. Effect of salinity on composition, viability and germination of seeds of *Chenopodium quinoa* Willd [J]. Plant Soil, 2008, 302: 79-90
- [51] Hariadi Y, Marandon K, Tian Y, et al. Ionic and osmotic relations in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) plant grown at various salinity levels [J]. J Exp Bot, 2011, 62 (1): 185-193
- [52] Cardozo A, Tapia M E. Valor nutritivo [M]// Tapia M E. Quinua Kaniwa. Cultivos Andinos. Serie librosy Materiales educativos. Bogota, Columbia: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1979: 149-192
- [53] De Bruin A. Investigation of the food value of quinoa and canihua seed [J]. J Food Sci, 1964, 29: 872-876
- [54] Ruales J, Nair B M. Nutritional quality of the protein in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds [J]. Plant Foods Hum Nutr, 1992, 42: 1-12
- [55] Mounts T L, Anderson R A. Corn oil production, processing and use [M]// Barnes P J. Lipids in Cereal Technology. New York: Academic Press, 1983: 373-387
- [56] 陶贵鹏, 李明月. 小麦胚与 VE 营养保健价值 [J]. 粮油食品科技, 2002, 10 (1): 45-46
- [57] 郭传斌, 马大权. 不饱和脂肪酸的抗肿瘤作用 [J]. 中国临床营养杂志, 2000 (8): 133-135
- [58] 常希斌, 陈绪新, 罗红. 食物中亚油酸与亚麻酸的结构与功能 [J]. 职业与健康, 2009 (19): 2105-2106
- [59] CBI. CBI Market Information Database, 2010 [EB/OL]. [2014-12-21]. <http://www.cbi.eu>
- [60] Izquierdo J, Roca W. Under utilized Andean Food Crops [J/OL]. ISHS Acta Horticult, 1998: <http://www.actahort.org/books/457/457-20.htm>