

DOI: 10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0458

赵鹏, 徐先英, 刘虎俊, 詹科杰, 袁宏波, 王理德, 郭春秀, 刘光武. 盐生植物盐爪爪种子营养成分评价. 草业科学, 2022, 39(7): 1399-1404.

ZHAO P, XU X Y, LIU H J, ZHAN K J, YUAN H B, WANG L D, GUO C X, LIU G W. Evaluation of the nutrient components in seeds of the halophyte *Kalidium foliatum*. Pratacultural Science, 2022, 39(7): 1399-1404.

## 盐生植物盐爪爪种子营养成分评价

赵 鹏<sup>1,2,3</sup>, 徐先英<sup>1</sup>, 刘虎俊<sup>1</sup>, 詹科杰<sup>2</sup>, 袁宏波<sup>1</sup>,  
王理德<sup>1</sup>, 郭春秀<sup>1</sup>, 刘光武<sup>2</sup>

(1. 甘肃省荒漠化与风沙灾害防治国家重点实验室 / 甘肃省治沙研究所, 甘肃 兰州 730070;  
2. 甘肃民勤荒漠草地生态系统国家野外科学观测研究站 / 甘肃省治沙研究所, 甘肃 民勤 733000;  
3. 兰州大学西部生态安全省部共建协同创新中心, 甘肃 兰州 730010)

**摘要:** 为更好地发掘和利用治理土壤盐渍化的优良盐生植物盐爪爪 (*Kalidium foliatum*), 采用离子交换色谱仪法、火焰原子吸收光谱法等测定方法, 分析评价了盐爪爪种子营养物质组成及食用价值。结果表明, 盐爪爪种子主要营养物质含量分别为蛋白质 204 g·kg<sup>-1</sup>、脂肪 54 g·kg<sup>-1</sup>、粗纤维 45 g·kg<sup>-1</sup>、碳水化合物 379 g·kg<sup>-1</sup>。含 18 种氨基酸, 氨基酸总含量为 205.8 g·kg<sup>-1</sup>, 其中必需氨基酸占氨基酸总量的 26.82%, 赖氨酸含量最高为 11.3 g·kg<sup>-1</sup>, 必需氨基酸指数为 120.40, 蛋白质营养价值较高。微量元素含量分别为铁 332 mg·kg<sup>-1</sup>, 锌 44.1 mg·kg<sup>-1</sup>, 钙 1 590 mg·kg<sup>-1</sup>。脂肪酸主要成分为亚油酸、油酸和亚麻酸, 人体必需脂肪酸为 73.91%。综上所述, 盐爪爪种子有益营养成分种类丰富, 可作为高蛋白、高粗纤维、富铁功能型食品加工的理想原料。

**关键词:** 盐爪爪; 种子; 氨基酸; 微量元素; 营养评价; 盐生植物; 食用价值

文献标志码: A 文章编号: 1001-0629(2022)07-1399-06

### Evaluation of the nutrient components in seeds of the halophyte *Kalidium foliatum*

ZHAO Peng<sup>1,2,3</sup>, XU Xianying<sup>1</sup>, LIU Hujun<sup>1</sup>, ZHAN Kejie<sup>2</sup>, YUAN Hongbo<sup>1</sup>,  
WANG Lide<sup>1</sup>, GUO Chunxiu<sup>1</sup>, LIU Guangwu<sup>2</sup>

(1. State Key Laboratory Breeding Base of Desertification and Aeolian Sand Disaster Combating / Gansu Desert Control Research Institute, Lanzhou 730070, Gansu, China; 2. Gansu Minqin National Field Observation and Research Station on Ecosystem of Desert Grassland / Gansu Desert Control Research Institute, Minqin 733000, Gansu, China;  
3. Collaborative Innovation Center for Western Ecological Safety, Lanzhou University, Lanzhou 730010, Gansu, China)

**Abstract:** In order to better utilize the halophyte for controlling soil salinization, the nutrient composition and edible value of *Kalidium foliatum* seeds were analyzed and evaluated using ion exchange chromatography and flame atomic absorption spectrometry. The results showed that the major nutrients in *K. foliatum* seeds were protein (204 g·kg<sup>-1</sup>), fat (54 g·kg<sup>-1</sup>), crude fiber (45 g·kg<sup>-1</sup>), and carbohydrates (379 g·kg<sup>-1</sup>). There were 18 amino acids in *K. foliatum* seeds. The total amino acid content was 205.8 g·kg<sup>-1</sup>, of which essential amino acids accounted for 26.82%. The lysine content was the highest, at 11.3 g·kg<sup>-1</sup>, and the essential amino acid index was 120.40. Protein has high nutritional value in *K. foliatum* seeds. The trace element contents were 332 mg·kg<sup>-1</sup> for iron, 44.1 mg·kg<sup>-1</sup> for zinc, and 1 590 mg·kg<sup>-1</sup> for calcium. The major fatty acids were linoleic acid, oleic acid, and linolenic acid, and the content of the fatty acids essential for human nutrition was 73.91%.

收稿日期: 2021-07-21 接受日期: 2021-11-13

基金项目: 甘肃省科技重大专项社会发展领域(21ZD4FA010); 中央财政草原生态修复治理基金资金项目“甘林草函[2019]847号”; 甘肃省林业和草原局自列项目(2019kj121); 甘肃省重点研发计划(20YF3FA008); 甘肃省自然科学基金(20JR5RA095、20JR5RA091)

第一作者: 赵鹏(1987-), 男, 甘肃凉州人, 副研究员, 博士, 主要从事荒漠生态研究。E-mail: zhpg1987@sina.com

通信作者: 徐先英(1963-), 男, 甘肃民勤人, 研究员, 博士, 主要从事荒漠化防治研究。E-mail: xyngxu@163.com

<http://cykx.lzu.edu.cn>

In summary, *K. foliatum* seeds are rich in nutrients and can be used as ideal raw materials for the development of high-protein, high-crude fiber, and iron-rich functional foods.

**Keywords:** *Kalidium foliatum*; seeds; amino acids; trace elements; nutrition assessment; halophytes; edible value

**Corresponding author:** XU Xianying E-mail: [xyingxu@163.com](mailto:xyingxu@163.com)

由于独特的抗逆性和潜在的资源性, 盐生植物的研究与应用在全球变化背景下越来越受到国内外学者的重视。在土壤盐碱条件下, 盐生植物的生长速率和生物量均高于传统作物, 可作为发展盐地农业的重要种质资源。合理利用生长在干旱和半干旱地区的盐生植物是应对未来由淡水紧缺和土壤盐渍化引起的全球食品安全问题的最好选择<sup>[1]</sup>。盐爪爪 (*Kalidium foliatum*) 为苋科盐爪爪属小灌木, 细胞液泡含水量高, 具有极强的耐盐碱能力, 主要通过从盐碱土壤中吸收大量的  $\text{Na}^+$  以降低土壤含盐量, 进而改良土壤理化性质<sup>[2]</sup>, 因此, 盐爪爪既是盐生荒漠群落的优势种, 也是生物防治土壤盐渍化的关键植物种, 具有重要的生态价值<sup>[3]</sup>。甘肃境内盐爪爪荒漠草地近 70 万  $\text{hm}^2$ , 占全省荒漠半荒漠草地面积的 15%, 主要分布在黄土高原北部及河西走廊冲积扇缘和丘间低地、盐湖盆地覆沙地; 在重盐渍化的干河谷和河谷阶地, 盐爪爪与柽柳 (*Tamarix chinensis*)、白刺 (*Nitraria tangutorum*) 等形成盐生灌木草地<sup>[4]</sup>。作为肉质多汁含盐饲草, 盐爪爪株丛大, 生长旺盛, 产草量高。盐爪爪地上部分残存量是冬季骆驼、马、羊等牲畜的主要饲草<sup>[5]</sup>; 盐爪爪种子千粒重 0.647 g 左右, 易收集, 耐贮藏, 还可磨成粉, 供人食用<sup>[6]</sup>。目前, 国内外学者围绕盐爪爪种子萌发<sup>[7]</sup>、生物量<sup>[8]</sup>、生理特性<sup>[9]</sup>、遗传多样性<sup>[10]</sup> 等方面开展了大量研究, 但对种子营养成分的研究鲜见报道。为此, 本研究在对种子营养物质测定的基础上, 探讨了盐爪爪种子的营养价值, 以期对盐生植物开发利用提供理论支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 样品采集与测定

盐爪爪种子于 2020 年 11 月采自于甘肃省武威市民勤县青土湖湖盆, 用修枝剪把结满籽粒的枝条剪下, 晾晒干燥之后, 用石碾子、连枷、棒槌碾打之后, 用叉子去除较长枝条杂质。借助风力将外壳和籽粒分离, 实现净种目的。将采收的种子倒入装满

自来水的水缸之中, 质量较轻杂质浮在水面, 盐爪爪种子沉入缸底。用罩滤将杂质除去, 3~5 次重复后以彻底清除种子中的尘土。水洗法一方面可将种子中的尘土清洗干净, 另一方面又可将种子碱味清洗掉。将清洗干净的种子晾晒干, 防止在晾晒过程中二次尘土污染。

采用凯氏定氮法 (GB 5009.5-2016) 测定盐爪爪种子蛋白质含量; 采用索氏抽提法 (GB 5009.6-2016) 测定脂肪含量; 粗纤维含量参考 GB/T 5009.10-2003 测定; 粗灰分含量参考 GB 5009.4-2016 测定; 水分含量采用直接干燥法 (GB 5009.3-2016) 检测; 亚油酸、油酸、亚麻酸均采用外标法 (GB 5009.168-2016) 测定; 采用电感耦合等离子体质谱法 (GB 5009.92-2016) 测定钙元素含量; 采用电感耦合等离子体质谱法 (GB 5009.90-2016) 测定铁元素含量; 采用二硫脲比色法 (GB 5009.14-2017) 测定锌元素含量; 采用砷钼催化分光光度法 (GB 5009.267-2016) 测定碘元素含量。

盐爪爪种子酪氨酸、赖氨酸、谷氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、苏氨酸、脯氨酸、缬氨酸、组氨酸、精氨酸、甘氨酸、异亮氨酸、天门冬氨酸、亮氨酸、丝氨酸、丙氨酸含量采用氨基酸分析仪 (茚三酮柱后衍生离子交换色谱仪) 测定; 胱氨酸含量采用氨基酸分析仪测定; 色氨酸含量采用高效液相色谱法测定; 铬含量采用石墨炉原子吸收光谱法 (GB 5009.123-2014) 测定; 采用石墨炉原子吸收光谱法 (GB 5009.15-2014) 测定镉含量; 采用原子荧光光谱分析法 (GB 5009.17-2014) 测定汞含量; 采用石墨炉原子吸收光谱法 (GB 5009.12-2017) 测定铅含量; 砷含量采用氢化物发生原子荧光光谱法 (GB 5009.12-2017) 测定; 铜含量采用石墨炉原子吸收光谱法 (GB 5009.13-2017) 测定。

### 1.2 评价方法

依据 1973 年联合国粮食与农业组织 (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)/ 世界卫生组织 (World Health Organization, WHO) 推

荐的每克氨基酸评分标准模式和我国提出的鸡蛋标准模式评价盐爪爪种子氨基酸的营养价值<sup>[11]</sup>(表 1)。氨基酸评分值 (amino acid scores, AAS)、化学评分值 (chemical score, CS) 及必需氨基酸指数 (essential amino acid index, EAAI) 计算如下:

$$AAS = \frac{\text{盐爪爪蛋白质氨基酸含量}}{\text{FAO/WHO标准模式氨基酸含量}};$$

$$CS = \frac{\text{盐爪爪蛋白质氨基酸含量}}{\text{鸡蛋标准模式氨基酸含量}};$$

$$EAAI = \left( \prod_{i=1}^8 \frac{a_n}{A_i} \right)^{\frac{1}{8}} \times 100\%。$$

式中:  $EAAI$  为必需氨基酸指数;  $a_n$  为盐爪爪种子各种必需氨基酸的含量;  $A_i$  为鸡蛋模式相应氨基酸含量。

## 2 结果与分析

### 2.1 主要营养成分

盐爪爪种子的营养成分含量分别为: 蛋白质 204 g·kg<sup>-1</sup>, 脂肪 54 g·kg<sup>-1</sup>, 碳水化合物 379 g·kg<sup>-1</sup>, 粗纤维 45 g·kg<sup>-1</sup>, 灰分 145 g·kg<sup>-1</sup>。

### 2.2 氨基酸评价

盐爪爪种子氨基酸种类丰富, 共检测出 18 种氨基酸, 氨基酸总含量 205.8 g·kg<sup>-1</sup>, 必需氨基酸 55.2 g·kg<sup>-1</sup>, 占氨基酸总量的 26.82% (E/T), 占非必需氨基酸总量的 36.65% (E/N), 均低于 FAO/WHO 规定的标准 (EAA/TAA = 40%, EAA/NEAA = 60%)。必需氨基酸中赖氨酸含量最高, 为 11.3 g·kg<sup>-1</sup>; 亮氨酸次之, 为 10.6 g·kg<sup>-1</sup>; 色氨酸含量最低, 为 1.8 g·kg<sup>-1</sup>。非必需氨基酸中谷氨酸含量最高, 为 35.7 g·kg<sup>-1</sup>; 甘氨酸和天门冬氨酸次之, 分别为 28.8 和 22.8 g·kg<sup>-1</sup>; 胱氨酸含量最低, 为 1.8 g·kg<sup>-1</sup> (表 1)。

盐爪爪种子 8 种必需氨基酸含量均高于 FAO/WHO 推荐标准 (表 2)。异亮氨酸氨基酸评分值 (ASS) 最低, 为 1.16。化学评分中, 异亮氨酸略低于蛋氨酸 (0.88)。EAAI 指数用来评价食物蛋白质的质量, EAAI 越接近 100, 食物蛋白与标准蛋白的必需氨基酸组成越接近。盐爪爪种子 EAAI 为 120.40, 与 100 较为接近, 营养价值较高。

### 2.3 矿质元素与脂肪酸组成

盐爪爪种子矿质元素与脂肪酸含量如表 3 所列。

表 1 盐爪爪种子氨基酸的种类、含量  
Table 1 Amino acid content of the seeds of *Kalidium foliatum*

非必需氨基酸 Nonessential amino acid (NAA)	含量 Content/ (g·kg <sup>-1</sup> )	必需氨基酸 Essential amino acid (EAA)	含量 Content/ (g·kg <sup>-1</sup> )
酪氨酸 Tyrosine	7.3	蛋氨酸 Methionine	4.4
甘氨酸 Glycine	28.8	赖氨酸 Lysine	11.3
谷氨酸 Glutamic acid	35.7	异亮氨酸 Isoleucine	5.8
精氨酸 Arginine	22.6	色氨酸 Tryptophan	1.8
胱氨酸 Cysteine	1.8	亮氨酸 Leucine	10.6
丝氨酸 Serine	10.2	苯丙氨酸 Phenylalanine	7.4
脯氨酸 Proline	5.8	苏氨酸 Threonine	5.9
丙氨酸 Alanine	7.1	缬氨酸 Valine	8.0
天门冬氨酸 Aspartic acid	22.8	EAA/TAA/%	26.82
组氨酸 Histidine	8.5	EAA/NAA/%	36.65

TAA: 氨基酸总量。

TAA: total amino acid.

常量元素钙含量为 1 590 mg·kg<sup>-1</sup>, 微量元素铁含量为 332 mg·kg<sup>-1</sup>, 锌含量为 44.1 mg·kg<sup>-1</sup>, 碘含量为 0.03 mg·kg<sup>-1</sup>。有害矿质元素铬、铅未检出。汞含量 0.007 mg·kg<sup>-1</sup>, 小于食品安全国家标准 (GB 16740-2014) 保健品污染物限量 0.3 mg·kg<sup>-1</sup>; 砷含量 0.09 mg·kg<sup>-1</sup>, 小于食品安全国家标准 (GB 16740-2014) 保健品污染物限量 (1.0 mg·kg<sup>-1</sup>), 镉含量 0.007 mg·kg<sup>-1</sup>, 小于食品安全国家标准 (GB 2762-2012) 谷物及其制品镉限量 0.1 mg·kg<sup>-1</sup>。盐爪爪种子有害矿质元素均在食品安全国家标准范围之内。盐爪爪种子脂肪酸主要成分为亚油酸、油酸和亚麻酸, 不饱和脂肪酸亚油酸、亚麻酸含量分别为 28.1、10.7 g·kg<sup>-1</sup>, 油酸含量为 2.2 g·kg<sup>-1</sup>。

## 3 讨论与结论

### 3.1 盐爪爪种子营养物质组成

作为评价食物营养价值高低的衡量标准之一, 蛋白质含量是植物营养成分检测中的首要指标<sup>[11]</sup>。本研究发现盐生植物盐爪爪种子蛋白质含量 204 g·kg<sup>-1</sup>, 略低于荒漠植物沙米 (*Agriophyllum squarrosum*) (232 g·kg<sup>-1</sup>), 但高于藜麦 (*Chenopodium quinoa*) (138 g·kg<sup>-1</sup>)、小麦 (*Triticum aestivum*) (119

表2 人体必需氨基酸的氨基酸评分和化学评分

Table 2 Comparison of the essential amino acid composition of *Kalidium foliatum* with the proposed standard

必需氨基酸 Essential amino acid	氨基酸含量 Content of amino acid/(mg·g <sup>-1</sup> )			氨基酸评分 Amino acid scores	化学评分 Chemical scores
	盐爪爪 <i>Kalidium foliatum</i>	FAO/WHO 推荐标准 FAO/WHO proposed standard	鸡蛋模式 Egg pattern		
异亮氨酸 Isoleucine	5.8	5	6.6	1.16	0.88
亮氨酸 Leucine	10.6	7	8.8	1.51	1.20
赖氨酸 Lysine	11.3	5.5	6.4	2.05	1.77
蛋氨酸 Methionine	4.4	3.5	5.5	1.26	0.80
苯丙氨酸 Phenylalanine	7.4	6	10.0	1.23	0.74
苏氨酸 Threonine	5.9	4	5.1	1.48	1.16
色氨酸 Tryptophan	1.8	1	1.6	1.80	1.13
缬氨酸 Valine	8.0	5	7.3	1.60	1.10

表3 盐爪爪种子矿质元素和脂肪酸含量

Table 3 Contents of trace elements and lipids in the seeds of *Kalidium foliatum*

矿质元素 Mineral element	含量 Content/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	脂肪酸 Lipa	含量 Content/(g·kg <sup>-1</sup> )
钙 Calcium	1590	亚油酸 Linoleic acid	28.1
铁 Iron	332	亚麻酸 Linolenic acid	10.7
锌 Zinc	44.1	油酸 Oleic acid	2.2
碘 Iodine	0.03		

g·kg<sup>-1</sup>) 和水稻 (*Oryza sativa*) (74 g·kg<sup>-1</sup>)。脂肪含量为 54 g·kg<sup>-1</sup>, 低于沙米 (97 g·kg<sup>-1</sup>) 和藜麦 (62 g·kg<sup>-1</sup>), 但比小麦 (13 g·kg<sup>-1</sup>) 和水稻 (8 g·kg<sup>-1</sup>) 高。碳水化合物含量 379 g·kg<sup>-1</sup>, 低于沙米 (450 g·kg<sup>-1</sup>)、藜麦 (642 g·kg<sup>-1</sup>)、小麦 (752 g·kg<sup>-1</sup>) 和水稻 (779 g·kg<sup>-1</sup>)。盐爪爪具有较低的粗纤维含量 (45 g·kg<sup>-1</sup>), 约占沙米 (86 g·kg<sup>-1</sup>) 的一半, 但大于 20 g·kg<sup>-1</sup>, 属于粗纤维食物。灰分含量 145 g·kg<sup>-1</sup>, 约是沙米 (50 g·kg<sup>-1</sup>) 的 3 倍<sup>[12-16]</sup>。据报道, 蒙古国居民把盐爪爪种子当粮食食用<sup>[17]</sup>。此外, 盐爪爪种子微量元素铁含量为 332 mg·kg<sup>-1</sup>, 高于沙米 (57.1 mg·kg<sup>-1</sup>)、水稻 (11.5 mg·kg<sup>-1</sup>)、红秃头小麦 (49.76 mg·kg<sup>-1</sup>)<sup>[18]</sup>。锌含量 44.1 mg·kg<sup>-1</sup>, 高于小麦 (24.51 mg·kg<sup>-1</sup>)<sup>[19]</sup>。常量元素钙含量为 1590 mg·kg<sup>-1</sup>, 高于小麦 (129.8 mg·kg<sup>-1</sup>)、玉米 (220 mg·kg<sup>-1</sup>), 但低于野芝麻 (*Lamium barbatum*) (4048.8 mg·kg<sup>-1</sup>)<sup>[20]</sup>。综上所述, 盐爪爪种子具有高蛋白、高粗纤维、低碳水、富铁的营养特征。

### 3.2 盐爪爪种子氨基酸种类及含量

氨基酸含量是原材料营养性状评价的重要指标, 也是营养学家进行配方设计时参考的关键指标。人体对每种必需氨基酸的需求有一定数量和比例要求, 食品中任何一种必需氨基酸过多或过少均会造成人体所需氨基酸之间的不平衡, 影响到机体的生理机能, 导致代谢紊乱、机体抵抗力下降等健康问题。如苯丙氨酸对机体正常代谢和健康有密切的关系, 缺乏苯丙氨酸会使新生儿出现嗜睡、腹泻、贫血、皮疹等症状<sup>[21]</sup>。盐爪爪种子氨基酸种类丰富, 含有 18 种氨基酸, 其中必需氨基酸占氨基酸总量的 26.82%, 占非必需氨基酸总量的 36.65%, 低于 FAO/WHO 规定的必需氨基酸含量 40% 和非必需氨基酸总量 60% 的标准<sup>[22]</sup>。盐爪爪种子蛋氨酸、赖氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、苏氨酸、缬氨酸含量分别是沙米的 0.571、0.958、0.659、0.609、0.409、0.747、0.606 倍; 小麦的 2.914、4.313、1.51、1.389、1.520、1.799、1.762 倍; 苦荞麦的 2.40、3.323、2.172、2.319、2.868、2.633、1.365 倍; 稻米的 3.12、4.079、2.367、1.601、2.157、2.048、1.985 倍<sup>[23]</sup>, 必需氨基酸指数 120.40 与 100 较为接近, 营养价值较高。根据 FAO/WHO 推荐的人体必需氨基酸需求标准, 异亮氨酸是盐爪爪的第一限制性氨基酸<sup>[24]</sup>。60 kg 体重的健康成年人, 每天吃 220.8 g 盐爪爪、150 g 沙米或 330 g 藜麦、480 g 小麦、600 g 稻米可满足必需氨基酸的基本需求<sup>[25]</sup>。

### 3.3 盐爪爪种子脂肪酸含量

食物脂肪酸主要成分为亚油酸、油酸和亚麻



酸。亚麻酸是构成人体组织细胞的主要成分,在体内能合成、代谢、转化为机体必需的生命活性因子DHA和EPA。亚油酸是人体不可缺少的必需脂肪酸之一,对调节人体内电解质平衡、调节血压、降低胆固醇、预防心脑血管病具有重要作用。亚油酸、亚麻酸是人体的必需脂肪酸,在人体内不能合成,必须从体外摄取。盐爪爪种子含有73.91%人体必需脂肪酸,高于盐角草(*Salicornia europaea*) (70.8%)、

盐地碱蓬(*Suaeda salsa*) (70.5%)和花生(*Arachis hypogaea*) (28.2%)<sup>[26]</sup>;含有非必需脂肪酸油酸含量26.10%,低于薏米(*Coix lacryma-jobi* var. *ma-yuen*)仁(48.44%)<sup>[27]</sup>,表明盐爪爪油脂开发应用前景较好。

盐爪爪种子是高蛋白、低碳水、富铁功能型食品加工的理想原材料。未来应开展盐爪爪人工繁育与驯化栽培研究,加强优良品种的筛选与培育,为我国西北地区盐渍化土地的综合利用提供技术支撑。

## 参考文献 References:

- [1] ROZEMA J, FLOWERS T. Crops for a Salinized World. *Science*, 2008, 322: 1478-1480.
- [2] 尹传华, 田长彦, 张福锁, 郝金标. 新疆三种类型盐生植物矿质元素含量的特点比较. *干旱区研究*, 2002, 19(4): 42-44.  
YIN C H, TIAN C Y, ZHANG F S, XI J B. Comparison between the characteristics of the content of mineral elements in three species of Halophytes in Xinjiang. *Arid Zone Research*, 2002, 19(4): 42-44.
- [3] QU X X, BASKIN J M, WANG L, HUANG Z Y. Effects of cold stratification, temperature, light and salinity on seed germination and radical growth of the desert halophyte shrub, *Kalidium caspicum* (Chenopodiaceae). *Plant Growth Regulation*, 2007, 54(3): 241-248.
- [4] 甘肃省草原总站. 甘肃省草地资源. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1997.  
Grassland Station of Gansu Province. *Grassland Resources in Gansu Province*. Lanzhou: Gansu Science and Technology Press, 1997.
- [5] 王晓娟, 杨鼎, 伊风艳, 张园园, 赛希雅拉, 百岁, 孙海莲. 盐生植物盐爪爪的资源特点及研究进展. *畜牧与饲料科学*, 2015, 36(5): 64-67.  
WANG X J, YANG D, YI F Y, ZHANG Y Y, Saixiyala, Baisui, SUN H L. Research progress on the Halophyte *Kalidium foliatum* and its resources characteristics. *Animal Husbandry and Feed Science*, 2015, 36(5): 64-67.
- [6] 赵串串, 谢昕志, 侯文涛, 郑亮, 冯倩. 温怀峰. 柴达木盆地盐爪爪生理特性对盐胁迫的响应研究. *干旱区资源与环境*, 2018, 32(3): 187-191.  
ZHAO C C, XIE X Z, HOU W T, ZHENG L, FENG Q, WEN H F. The physiological characteristics of *Kalidium foliatum* in response to the salt stress at Chaidamu Basi. *Journal of Arid Land Resources and Environmen*, 2018, 32(3): 187-191.
- [7] 雷春英, 吉小敏, 彭钊植, 姜黎. 不同类型盐分对盐爪爪种子萌发和幼苗生长的影响. *干旱区研究*, 2021, 38(5): 1436-1441.  
LEI C Y, JI X M, PENG M Z, JIANG L. Effects of sodium salinity stress types on the germination of *Kalidium foliatum* seeds and its young seedling growth. *Arid Zone Research*, 2021, 38(5): 1436-1441.
- [8] 杨昊天, 李新荣, 刘立超, 贾荣亮, 王增如, 李小军, 李刚. 荒漠草地4种灌木生物量分配特征. *中国沙漠*, 2013, 33(5): 1340-1348.  
YANG H T, LI X R, LIU L C, JIA R L, WANG Z R, LI X J, LI G. Biomass allocation patterns of four shrubs in desert grassland. *Journal of Dersert Research*, 2013, 33(5): 1340-1348.
- [9] 杨瑞瑞, 曾幼玲. 盐生植物盐爪爪的耐盐生理特性探讨. *广西植物*, 2015, 35(3): 366-372.  
YANG R R, ZENG Y L. Physiological characteristics of the halophytic plant *Kalidium foliatum* to salt stress. *Guihaia*, 2015, 35(3): 366-372.
- [10] 韩森, 蔡禄, 贾晋. 盐爪爪染色体核型分析. *内蒙古农业大学学报*, 2012, 33(Z1): 318-320.  
HAN S, CAI L, JIA J. Chromosome numbers and karyotypes of *Kalidium foliatum*. *Journal of Inner Mongolia Agricultural University*, 2012, 33(Z1): 318-320.
- [11] 杨仁明, 王洪伦, 景年华, 索有瑞, 尤进茂. 青海胡芦巴种子氨基酸含量分析及评价. *食品工业科技*, 2012, 33(14): 76-79.  
YANG R M, WANG H L, JING N H, SUO Y R, YOU J M. Determination and nutritional evaluation of amino acids in *Trigonella foenum-graecum* L. from Qinghai Province. *Science and Technology of Food Industry*, 2012, 33(14): 76-79.
- [12] CHEN G X, ZHAO J C, ZHAO X, ZHAO P S, DUAN R J, NEVO E, MA X F. A psammophyte *Agriophyllum squarrosum* (L.) Moq.: A potential food crop. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 2014, 61(3): 669-676.
- [13] 李春江, 徐赵红, 施清平, 秦甜甜, 董朝霞, 张建国. 冬闲田种植3种小麦的产量营养价值及青贮效果. *中国农业科学*, 2016, 49

- (2): 399-406.
- LI C J, XU Z H, SHI Q P, QIN T T, DONG Z X, ZHANG J G. The yield, nutritional value and silage quality of three wheat varieties planted on the winter fallow field. , *Scientia Agricultura Sinica*, 2016, 49 (2): 399-406.
- [14] 王黎明, 马宁, 李颂, 王春玲, 刘晶鑫. 藜麦的营养价值及其应用前景. *食品工业科技*, 2014, 35(1): 381-384, 389.
- WANG L M, MA N, LI S, WANG C L, LIU J X. Nutritional properties of quinoa and its application prospects. *Science and Technology of Food Industry*, 2014, 35(1): 381-384, 389.
- [15] 王雅, 赵萍, 李庆娟, 林樱姬, 齐秀. 腾格里沙漠沙米营养成分评价. *食品工业科技*, 2009, 30(9): 286-288.
- WANG Y, ZHAO P, LI Q J, LIN Y J, QI X. Evalition on nutritional composition of *Agriophyllum squarrosum* of Tengger desert. *Science and Technology of Food Industry*, 2009, 30(9): 286-288.
- [16] 张国民, 张玉华, 宋立泉, 郭旭欣. 浅谈大米中的蛋白质对营养价值及食味品质的影响. *黑龙江农业科学*, 2001(3): 38-39, 55.
- ZHANG G M, ZHANG Y H, SONG L Q, GUO X X. Elementary Introduction about the Influences of Protein in Rice on Nutritive Value and Taste Quality. *Heilongjiang Agricultural Science*, 2001(3): 38-39, 55.
- [17] 哈斯巴根, 音扎布. 内蒙古藜科野生可食植物资源的研究. *内蒙古师大学报(自然科学汉文版)*, 1995, 3(3): 59-63.
- Khasbagan, Imzab. A study of the wild edible plant resources of Chenopodiaceae from Inner Mongolia. *Journal of Inner Mongolia Normal University (Natural Science Edition)*, 1995, 3(3): 59-63.
- [18] 田艳花, 刘林凤, 杨兆艳, 刘娜丽, 郭芸. 红秃头小麦营养成分测定和评价. *食品工业科技*, 2017, 38(7): 346-351.
- TIAN Y H, LIU L F, YANG Z Y, LIU N L, GUO Y. Composition analysis and nutritional evaluation of red bald wheat. *Science and Technology of Food Industry*, 2017, 38(7): 346-351.
- [19] 周让让, 刘韬, 陈红, 陈文杰, 刘宝龙, 张波. 青海富硒地区 31 份小麦新品系硒、铁、锌含量分析. *分子植物育种*, 2020-11-30. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20201127.1827.020.html>.
- ZHOU R R, LIU T, CHEN H, CHEN W J, LIU B L, ZHANG B. Analysis of selenium, iron and zinc contents in 31 new wheat lines in selunium-rich areas in Qinghai. *Molecular plant Breeding*, 2020-11-30. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20201127.1827.020.html>.
- [20] 吴峰华, 花雪梅, 成纪予, 刘兴泉. 野芝麻的营养成分分析及评价. *营养学报*, 2015, 37(3): 306-307.
- WU F H, HUA X M, CHENG J Y, LIU X Q. Analysis and evaluation of nutritive composition in *Lamium barbatum* Sieb. *Acta Nutrimenta Sinica*, 2015, 37(3): 306-307.
- [21] 王小生. 必需氨基酸对人体健康的影响. *中国食物与营养*, 2005(7): 48-49.
- WANG X S. Effects of essential amino acids on human health. *Food and Nutrition in China*, 2005(7): 48-49.
- [22] FAO, WHO. Protein Quality Evaluation. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation. Rome: Food and Agriculture Organization/World Health Organization of United Nations, 1990.
- [23] 张建农, 赵继荣, 李计红. 沙米种子营养成分的测定与分析. *草业科学*, 2006, 23(3): 77-79.
- ZHANG J N, ZHAO J R, LI J H. Determination and analysis of seed nutrients of *Agriophyllum squarrosum*. *Pratacultural Science*, 2006, 23(3): 77-79.
- [24] WHO, FAO, UNU. Expert Consultation Protein and amino acid requirements in human nutrition. World Health Organization Technical Report Series, 2007, 935: 149-150.
- [25] 赵杰才, 赵鹏善, 赵昕, 马小飞, 王艳莉, 周琴, 陈国雄. 沙米 (*Agriophyllum squarrosum*) 生物学特性、营养价值及驯化可行性. *中国沙漠*, 2016, 36(3): 636-43.
- ZHAO J C, ZHAO P S, ZHAO X, MA X F, WANG Y L, ZHOU Q, CHEN G X. Biological characters, nutrient value and demestication feasibility of *Agriophyllum squarrosum*. *Journal of Desert Research*, 2016, 36(3): 636-43.
- [26] 李银芳, 夏训诚, 刘兆松, 郭燕. 盐角草种子的油脂成分与营养评价. *干旱区研究*, 2007, 24(1): 34-36.
- LI Y F, XIA X C, LIU Z S, GUO Y. Study on the lipid components and nutrition of *Salicornia europaea* L. seeds. *Arid Zone Research*, 2007, 24(1): 34-36.
- [27] 常冬妹, 卢红梅, 陈莉, 代来鑫, 李嘉宇. 兴仁薏仁米营养成分分析与评价. *食品工业*, 2017, 38(6): 303-307.
- CHANG D M, LU H M, CHEN L, DAI L X, LI J Y. Analysis and evaluation of nutrient composition of Coix seed from Xingren. *The Food Industry*, 2017, 38(6): 303-307.

(责任编辑 王芳)