

# 海洋盐生植物海马齿(*Sesuvium portulacastrum*) 对环境盐度胁迫的耐受性及营养价值综合评价\*

曾碧健<sup>1</sup> 窦碧霞<sup>2</sup> 黎祖福<sup>2</sup> 黄建荣<sup>2①</sup>

(1. 广东第二师范学院生物与食品工程学院 应用生态学实验室 广州 510303; 2. 中山大学生命科学学院 广州 510275)

**摘要** 通过水培实验,系统研究了广泛分布于全球热带和亚热带海岸的多年生匍匐性肉质草本盐生植物海马齿(*Sesuvium portulacastrum*)在不同盐度培养条件下的生长,探讨其盐环境适应性和适宜栽培盐度,并测定海马齿的营养成分,对其营养价值进行评价。结果表明,海马齿在 35 和 30 盐度下的生长受到明显抑制,茎间变短,叶子肉质化程度加重。在 0—20 盐度条件下能快速生长,是栽培的适宜盐度。海马齿具有高蛋白低脂肪的营养特点,含有丰富的水分,肉质多汁,平均营养价值估算法得出的 ANV 分数为 2.95—2.96,营养综合评分为 2,第四类营养等级,总体营养价值高于红萝卜、马铃薯、莴苣笋、大白菜等多种常见蔬菜,属于营养价值稍高的植物。每 100g 海马齿食用部分,其能量为 74.9—93.3kJ,水分为 93g,灰分为 2.6g,碳水化合物为 1.4g,蛋白质为 3.0g,粗纤维为 0.95g;含有亚麻酸和亚油酸两种必需脂肪酸;含有丰富的矿物质元素,其含量大小为 Na>K>Ca>Mg>P>I>Mn>Fe>Zn>Cu>Se,可为人体提供常量及微量元素的补充;维生素 E 含量最高,β-胡萝卜素次之;含有 16 种必需氨基酸,种类齐全。谷氨酸含量最高,蛋氨酸含量最低,含有丰富的鲜味氨基酸,其含量占总氨基酸的 23.02%。海马齿含有配比合理的丰富必需氨基酸,占总氨基酸的比例为 39.39%。其必需氨基酸 RAA 值为 0.19—0.25,RC 为 0.84—1.09,SRC 为 90.69,是极具潜力的可开发为高营养绿色保健的野生海洋蔬菜品种。

**关键词** 海马齿(*Sesuvium portulacastrum*); 盐度条件; 营养成分; 营养评价

**中图分类号** Q946; Q949.9 **doi:** 10.11693/hyhz20161100263

我国是一个海洋大国,海洋是开发食品、能源、水资源和生活空间的战略性开发基地(王永生, 2004)。近年来,海洋蔬菜的开发前景逐渐被认知,海洋蔬菜营养价值较高,有保健功能,各类海藻菜肴以及加工品普遍为人们所喜爱(王玫, 1999)。海洋蔬菜具有可观的开发前景和潜力,为了更好地发挥广阔海洋区域优势,克服土地与淡水资源的劣势,有必要大力研究和开发新型海洋蔬菜种类,解决海洋蔬菜生产难的问题。

海马齿(*Sesuvium portulacastrum*)属于番杏科

(Aizoaceae)、海马齿属(*Sesuvium*),为多年生匍匐性肉质草本盐生植物,广泛分布于全球的热带与亚热带海岸(中国科学院华南植物研究所, 1964)。海马齿具有较强的生命力,生长在海边沙地或盐碱地,在盐渍和非盐渍条件下均能生长良好,能完成其生活史(梁胜伟等, 2009)。海马齿在全淡水到全海水盐度下均能健康生长,耐盐性较广(张艳琳等, 2009; Shabala, 2013; Ventura *et al.*, 2014)。在我国,海马齿多用于饲料,其嫩叶嫩茎可以用作蔬菜食用。在印度,海马齿作为普通蔬菜供当地人食用(Lokhande *et al.*, 2009)。

\* 广东省科技计划项目, 2013B020310014 号, 2013B020310015 号, 2015B020235006 号; 海洋公益性行业科研专项项目, 201305021 号; 广州市科技计划项目, 201510010041 号; 中山大学本科教学改革研究项目资助。曾碧健, 讲师, E-mail: zengbijian@gdei.edu.cn

通讯作者: 黄建荣, 副教授, E-mail: lsshjr@mail.sysu.edu.cn

收稿日期: 2016-11-29, 收修改稿日期: 2016-12-18

另外, 海马齿具备有一定的药用价值, 富含砧、烯以及一些挥发性油类物质。临床上证明对发烧、坏血病等病症有很好的疗效(Magwa *et al*, 2006)。海马齿作为海洋蔬菜的开发前景极具优势和价值, 为更好地了解和开发海马齿, 本研究选择盐度为单胁迫因子, 确定其不同盐度下的栽培效果, 并对海马齿可食用部位进行营养物质的测定, 对其营养价值进行综合评价, 以期为海马齿的开发提供依据和条件。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料

海马齿(*Sesuvium portulacastrum*)采自海南省乐东黎族自治县海岸(109.17°E, 18.75°N)。

### 1.2 实验方法

**1.2.1 海马齿的处理** 海马齿在土壤中栽培 2 个月, 生长旺盛。取海马齿一对叶片, 两个茎节, 约为 5cm 的茎段。先用自来水将海马齿清洗三次, 放入饱和次氯酸钙溶液中消毒 5min, 再用纯水清洗三次, 插于不同盐度下的 1/2 的 Hoagland 营养液中培养(Arnon *et al*, 1940), 盐度用氯化钠调节。水培过程中, 充氧气培养, 每周更换一次营养液。

**1.2.2 海马齿栽培试验设计** 配置盐度为 0、10、20、30、35 的 1/2 Hoagland 营养液, 将海马齿茎段扦插于营养液中进行水培, 依次分为 A、B、C、D、E 五组, 每组三个重复, 每个处理 30 株, 培养 50 天, 记录各组存活率、湿重、茎长, 确定海马齿适合生长的盐度区间。

**1.2.3 海马齿营养物质的测定** 测定项目包括蛋白质、粗纤维、碳水化合物、脂肪、矿物质、氨基酸和维生素等。主要营养物质灰分、水分、脂肪、粗纤维、碳水化合物的检测方法为重量法(GB5009), 蛋白质的检测为容量法(GB 5009.5-2010); 氨基酸的检测方法为 GB/T 5009.124-2003; 钙、铜、锌、铁、镁和锰采用 FAAS (GB/T 5009-2003)法, 磷和碘的检测采用分光光度法, 钾和钠采用火焰光度法, 硒采用原子荧光光度法;  $\beta$ -胡萝卜素、维生素 E、维生素 B<sub>2</sub>、维生素 B<sub>1</sub> 采用的标准为 GB/T 5009-2003, 叶酸为 GB/T 17813-1999, 泛酸、维生素 PP、维生素 C 采用 HPLC 的检测方法, 维生素 B<sub>6</sub> 采用标准为 GB 5413.13-2010; 亚麻酸和亚油酸检测方法为 GB/T 22223-2008。

### 1.2.4 海马齿营养价值的评价方法

平均营养价值估算法(Average nutritive value, ANV): 是由 Grubben 提出的食品营养价值评价的方法, ANV

越大则营养价值越高(庄建平, 1992)。公式如下: ANV=蛋白质(g)/5+维生素(g)+钙(mg)/100+铁(mg)/2+胡萝卜素(mg)+抗坏血酸(mg)/40。

营养评分分类估算法: 根据蔬菜每 100g 可食用部分, 所含的抗坏血酸、胡萝卜素、核黄素、钾、铁、钙和维生素的数量。按照一定的综合评分标准得出分数进行分类。10—22 分为第一类, 营养价值非常高; 5—9 分为第二类, 营养价值相当高; 3—4 分为第三类, 营养价值较高; 1—2 分为第四类, 营养价值稍高(李宝树等, 1999)。

蛋白质的评价方法: 世界卫生组织和联合国粮农组织(WHO/FAO)提出了评价蛋白质营养价值的模式, 称为氨基酸比值系数法(Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization, 1973)。利用必需氨基酸模式, 就算出必需氨基酸的氨基酸比值(RAA, Ratio of amino acid)、氨基酸比值系数(RC, Ratio coefficient of amino acid)、氨基酸比值系数分(SRC, Score of RC)。RAA 表示为某种食物中某个必需氨基酸的含量与模式中相应必需氨基酸的倍数比。若食物的蛋白质氨基酸组成含量与模式氨基酸一致, 那么各个必需氨基酸的 RC 值为 1, 大于或小于 1 均表示偏离了氨基酸模式。若 RC 大于 1, 那么该必需氨基酸相对过剩, 小于 1, 则表示该必需氨基酸相对不足。RC 最小的氨基酸为限制氨基酸。SRC 表示某种食物蛋白质价值的高低。

**1.2.5 数据分析处理** 采用 Excel 2007、Origin 8.0 软件进行数据处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 海马齿的盐度适应性

**2.1.1 植株形态** 在不同盐度培养下, 海马齿根茎叶的生长及形态、植株的长势皆有所不同。扦插三天后, 海马齿茎段开始长出新根, A、B、C 组最早萌发, D 组别次之, 而 E 组别直至第六天才陆续长根。如图 1 所示, 随着盐度的升高, 海马齿的茎加粗, 茎间变短, 叶子加厚。在 0、10 和 20 盐度水培下的海马齿生长旺盛, 能迅速适应盐度环境, 萌芽生根。在盐度为 30 水培下, 海马齿的茎间明显变短, 茎变粗, 叶子肉质化程度加重。如图 2 所示, E 组的生长明显受到限制, 培养 50 天后, 存活率只有 30%, 茎生长受到明显限制, 只有 1—2 对新叶。除了 A 与 B 组别之间的茎长不存在显著性差异( $P=0.13$ ), 其余组别间皆存在显著性差异(E 组存活率过低, 不计入统计), 可

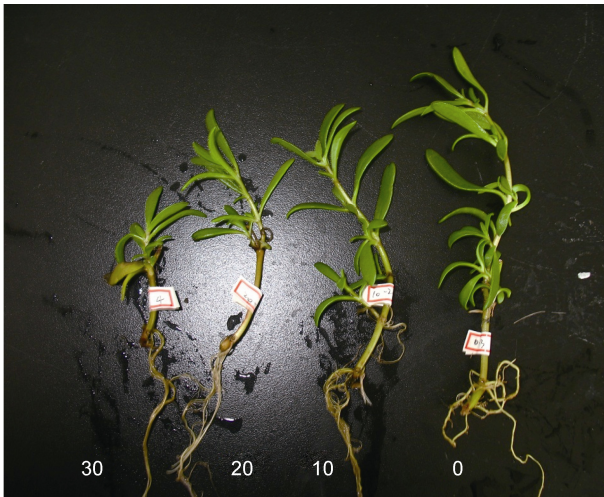


图1 不同盐度对海马齿植株生长的影响

Fig.1 The effect of salinity on the growth of *S. portulacastrum*



图2 E组海马齿植株形态

Fig.2 The plant morphological of *S. portulacastrum* in group E

见海马齿的茎生长明显受到盐度的影响,高盐度条件对海马齿的生长有抑制作用。

**2.1.2 生长情况** 如图3所示,随着盐度的升高,海马齿的存活率逐渐降低。A、B、C三组的存活率在90%以上,D组为73%,E组低至30%。培养50天后,A、B、C三组的海马齿生长良好,湿重明显增加。除了A、B和C三组无显著差异( $P>0.05$ ),其余各组间的湿重增加量差异显著( $P<0.05$ )。可见,0—20盐度为海马齿栽培的适宜盐度,海马齿的存活率高,生物量增长快。30盐度下海马齿的生长受到限制,存活率降低,植株生长变慢。35盐度下海马齿存活率大大降低,植株发育受到显著的抑制。

## 2.2 海马齿的营养价值

首先,从海马齿的基本营养成分看,如表1所示,每100g海马齿食用部分,根据食物能量计算公式(Livesey, 2001),总能量为74.9—93.3kJ,水分含量为93%,灰分为2.6%,粗纤维为0.95%,蛋白质占3.0%,碳水化合物为1.4%,脂肪含量低于0.5%。灰分是含量最高的基本营养物质,而粗纤维的含量最低,海马齿具有肉质多水的特点。每100g海马齿含有两种重要的多不饱和脂肪酸,亚麻酸含量为0.0024g,亚油酸为0.0012g。亚麻酸和亚油酸是重要的营养成分,能够为人体提供必需脂肪酸。

其次,海马齿含有种类丰富的矿质元素(表2)。海马齿的矿质元素以Na和K为主,Ca、Mg和P次之,I、Mn、Fe、Zn、Cu、Se依次降低。K、Na元素能调节人体细胞液的渗透压,维持机体的酸碱平衡。海

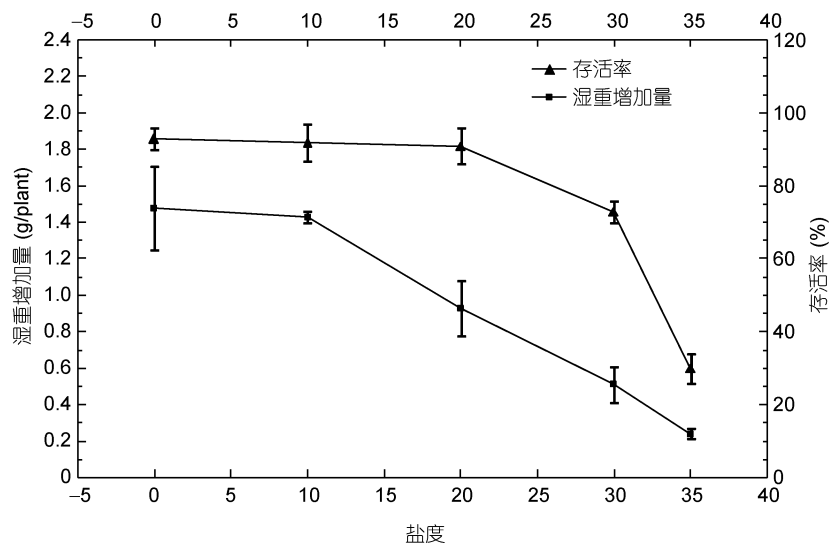


图3 盐度胁迫下海马齿存活率与湿重增加量

Fig.3 The survival rate and wet weight increase of *S. portulacastrum* under different salinity

表1 海马齿基本营养成分含量

Tab.1 The contents of main components of *S. portulacastrum*

| 营养种类  | 检测结果(g/100g) |
|-------|--------------|
| 水分    | 93.0         |
| 灰分    | 2.6          |
| 粗纤维   | 0.95         |
| 蛋白质   | 3.0          |
| 碳水化合物 | 1.4          |
| 脂肪    | <0.5         |
| 亚麻酸   | 0.0024       |
| 亚油酸   | 0.0012       |

表2 海马齿的主要矿质元素含量

Tab.2 The contents of main minerals in the *S. portulacastrum*

| 营养种类  | 检测结果(mg/100g) |
|-------|---------------|
| 碘(I)  | 4.67          |
| 磷(P)  | 18            |
| 钙(Ca) | 36            |
| 铜(Cu) | <0.1          |
| 锌(Zn) | 0.16          |
| 铁(Fe) | 0.31          |
| 镁(Mg) | 25            |
| 锰(Mn) | 0.5           |
| 钾(K)  | 190           |
| 钠(Na) | 810           |
| 硒(Se) | <0.005        |

表3 海马齿污染元素与国家限量标准比较

Tab.3 Maximum residue limits of heavy metal in food and compared to *S. portulacastrum*

| 重金属污染元素     | 锌 Zn | 铜 Cu | 硒 Se  | 铁 Fe |
|-------------|------|------|-------|------|
| 限量标准(mg/kg) | 20   | 10   | 0.10  | 20   |
| 海马齿(mg/kg)  | 0.16 | 0.1  | 0.005 | 3.1  |

注: 参照食品中重金属限量卫生标准, 锌(GB 13106-9)、铜(GB 15199-9)、硒(GB 13105-91)、铁(GB 15200-1995)

海马齿是一种高钠低钾植物, 其钠/钾比为 4.26。K/(Ca+Mg)的比值较为合适, 为 3.11。海马齿为滨海盐生植物, I 含量为 4.67mg/100g, 远远高于一般的绿色蔬菜, 对碘元素具有较强的富集能力。钙和磷是骨架的重要成分, 影响着人体的生长发育, 同时磷又是蛋白质的组成成分。儿童及老人 Ca 元素的摄入量普遍不足, 海马齿可提供丰富的 Ca 元素。Zn、Se、Mn、Fe、Cu 等重金属元素, 一方面为重要的微量元素, 另一方面, 若超出一定的量, 则会影响人体健康。另外, 海马齿的重金属含量较为合理, 控制在可允许的范围内, 符合绿色食品的标准(如表 3)。

再次, 如表 4 所示, 海马齿含有多种维生素, 其

中维生素 E 含量最高, 胡萝卜素和维生素 PP 次之, 维生素 B<sub>6</sub>、维生素 B<sub>1</sub>、维生素 B<sub>2</sub>、维生素 B<sub>2</sub>、泛酸、维生素 C 和叶酸再次之。海马齿的维生素种类丰富, 能为人体提供多种维生素补充。

表4 海马齿的主要维生素含量

Tab.4 The contents of main vitamins in the *S. portulacastrum*

| 营养种类               | 检测结果(mg/100g) |
|--------------------|---------------|
| 胡萝卜素               | 0.889         |
| 维生素 E              | 1.08          |
| 维生素 B <sub>2</sub> | 0.0088        |
| 维生素 B <sub>1</sub> | 0.0503        |
| 叶酸                 | <0.01         |
| 泛酸                 | <0.5          |
| 维生素 PP             | 0.527         |
| 维生素 B <sub>6</sub> | 0.0898        |
| 维生素 C              | <0.2          |

海马齿含有 16 氨基酸(如表 5), 种类齐全, 含量高。谷氨酸含量最多, 其次是天冬氨酸、亮氨酸和精氨酸, 蛋氨酸含量较低, 未能测出。每 100g 食用部分, 总氨基酸含量达 556mg, 必需氨基酸含量为 219mg, 所占比例为 39.39%。鲜味氨基酸含量(天门冬氨酸和谷氨酸)为 128mg, 比例为 23.02%。谷氨酸、天冬氨酸与氯化钠反应生成谷氨酸钠(味精)和天冬氨酸钠, 是食物中的重要鲜味物质。

为了满足机体合成组织细胞蛋白质的需求, 食物中的必需氨基酸含量不仅数量要充分, 而且互相间要合乎一定的比例, 才能更好地被人体吸收。联合国粮农组织和世界卫生组织(FAO/WHO)公布了“理想蛋白质”的必需氨基酸模式谱(Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization, 1973)。如表 4、表 5、表 6 所示, 海马齿有 6 种必需氨基酸组合所占比例皆高于模式谱, 本试验未测定胱氨酸, 故无法判断蛋氨酸+胱氨酸的比例情况, 海马齿的其他各类必需氨基酸所占比例皆高于模式谱, 可见海马齿所含必需氨基酸种类齐全, 配比合理, 易于人体吸收。

如表 6 所示, 海马齿的必需氨基酸 RAA 为 0.19—0.25, RC 为 0.84—1.09, SRC 为 90.69。海马齿 RC 较为靠近 1, 与氨基酸模式偏离不大。个别必需氨基酸的不足会影响蛋白质的整体营养价值, 苏氨酸在海马齿中的 RC 最小, 为 0.84, 是限制氨基酸。苏氨酸限制了海马齿氨基酸的利用水平。海马齿的 SRC 为 90.69, 其蛋白质的营养价值较高, 品质良好。

表 5 海马齿的氨基酸含量(mg/100g)  
Tab.5 The contents of amino acids in the *S. portulacastrum*

| 营养种类     | 检测结果 | 必需氨基酸占总氨基酸比例(%) | 模式谱  | 营养种类     | 检测结果 |
|----------|------|-----------------|------|----------|------|
| 苏氨酸 THR  | 23   | 4.14            | 4.00 | 天冬氨酸 ASP | 56   |
| 缬氨酸 VAL  | 35   | 6.29            | 5.00 | 丝氨酸 SER  | 27   |
| 赖氨酸 LYS  | 40   | 7.19            | 5.50 | 谷氨酸 GLU  | 72   |
| 异亮氨酸 ILE | 26   | 4.68            | 4.00 | 甘氨酸 GLY  | 37   |
| 亮氨酸 LEU  | 50   | 8.99            | 7.00 | 丙氨酸 ALA  | 34   |
| 酪氨酸 TYR  | 16   | 8.10            | 6.00 | 组氨酸 HIS  | 28   |
| 苯丙氨酸 PHE | 29   |                 |      | 精氨酸 ARG  | 47   |
| 蛋氨酸 MET  | <1   |                 |      | 脯氨酸 PRO  | 36   |

表 6 海马齿的氨基酸比值、氨基酸比值系数及氨基酸比值系数分  
Tab.6 RAA, RC and SRC of *S. portulacastrum*

| 营养种类               | 苏氨酸   | 缬氨酸  | 赖氨酸  | 异亮氨酸 | 亮氨酸  | 酪氨酸+苯丙氨酸 |
|--------------------|-------|------|------|------|------|----------|
| 海马齿氨基酸含量(mg/g 蛋白质) | 8     | 12   | 13   | 9    | 17   | 15       |
| 氨基酸参考模式(mg/g 蛋白质)  | 40    | 50   | 55   | 40   | 70   | 60       |
| RAA                | 0.19  | 0.23 | 0.24 | 0.22 | 0.24 | 0.25     |
| RC                 | 0.84  | 1.02 | 1.06 | 0.95 | 1.04 | 1.09     |
| SRC                | 90.69 |      |      |      |      |          |

### 3 讨论

#### 3.1 海马齿的适宜栽培盐度

海马齿是一种肉质草本盐生植物,能在淡水及海水中生长。海马齿在盐度 0—23 之间能快速生长,当盐度为 35 以上时,生长受到明显的抑制(Messeddi *et al.*, 2001)。在高盐的诱导下,细胞内的可溶性糖和脯氨酸含量都显著升高,利用渗透调节机制适应外界的盐胁迫(张艳琳等, 2009)。与上述结果相似,本次实验中,海马齿的栽培盐度条件可控制在 0—20 之间。在 30 和 35 的盐度下,海马齿生长缓慢,出现明显的高盐胁迫反应。可见海马齿已形成一套有效的抵抗高盐胁迫的机制。我国近海或滩涂有广阔海域能满足海马齿的栽培条件,为海马齿的海水栽培提供可能。对于海马齿的栽培而言,需要具备易栽培、存活率高和生长快等特点。

#### 3.2 海马齿营养价值综合评价

平均营养价值估算法(Average nutritive value, ANV)是蔬菜营养价值评价的方法,ANV 越大则营养价值越高(Livesey, 2001)。本次实验中,海马齿的 ANV 分数为 2.95—2.96。另外,根据营养评分分类估算法,得出海马齿每 100g 可食用部分的综合评分为 2,属于第四类,营养价值稍高。李宝树等(1999)对《食物成分表》中所列的 106 种蔬菜进行营养价值评估,其中

ANV 分数小于海马齿的蔬菜有 35 种,海马齿的营养价值高于其中的 33%。根据营养评分分类得出,有 10 种蔬菜的综合分数低于 1 分,1—2 分的蔬菜有 28 种,海马齿高于或等于其中的 36%。可见两种评分标准得出的结果大致相同,海马齿的营养价值稍高。根据评估的标准,海马齿的总体营养价值高于红萝卜、马铃薯、莴苣笋、大白菜等多种常见蔬菜,具有开发成营养型蔬菜的潜力。

#### 3.3 海马齿营养成分评价

海马齿作为滨海盐生植物,具备了海洋蔬菜的一些特点,有着内陆植物没有的独特营养价值。海马齿的基本营养物质与菜心、白菜和甘蓝等绿色叶菜较为相近(杨暹等, 2002)。海马齿富含砧、烯以及一些挥发性油类物质,对发烧、坏血病等病症有很好的疗效,表明海马齿具备一定的药用价值(Magwa *et al.*, 2006)。多不饱和脂肪酸对人体的具有重要的作用,天然存在的多不饱和脂肪酸以花生四烯酸、亚油酸和亚麻酸最为重要,被称为必需脂肪酸(杨暹等, 2002)。海马齿含有亚油酸和亚麻酸两种必需脂肪酸,对人体大为有用。另外,较之菜心,海马齿具有高蛋白低脂肪的特点。

矿物质元素在人体中具有重要的生理功能,均衡的矿物质元素摄食对人体健康非常重要。海马齿拥有丰富的矿物质元素,含有较高的 Na 和 K。K 作为重要的

碱性物质,对酸碱平衡起着十分重要的作用。Na是细胞维持渗透压的必需元素,合理调节钠的含量和浓度对机体有着重要的作用(汪禄祥,2005)。碘缺乏病是全球性公共卫生问题,中国是受碘缺乏严重威胁的国家之一。世界范围内的牧草、蔬菜、粮食作物和野生植物叶片碘含量约为0.1—1.0mg/kg(顾爱军等,2004)。海马齿的碘含量为46.7mg/kg,是典型的高碘植物,可以为人类提供丰富的碘补充。根据FAO/WHO的报告,成年人每日需钠量为1100—3300mg,需钾量为1875—5625mg,需钙400—500mg,需铁10—15mg,需锰2.5—5.0mg,需镁300—350mg,需锌15mg(中国营养学会,1990)。每100g海马齿食用部分,含钠量为810mg,钾为190mg,钙为36mg,铁为3.1mg,锰为0.5mg,镁为25mg,锌为0.16mg。可见,海马齿的矿质元素组成适合人体摄食所需,多食海马齿可以保证各类矿质元素的补充。

在开发野菜时不仅要考虑植物的营养成分含量的高低,同时要考虑有害成分的多少,才能保证开发出营养、保健和安全的食品(常丽新等,2006)。对海马齿的重金属含量进行评价时发现,Zn、Cu、Se和Fe等重金属的含量远远低于国家重金属的限定标准,安全指标良好。梁胜伟等(2009)的研究表明,当溶液中的汞浓度达到25 $\mu$ mol/L时,海马齿地上部分积累的汞含量为0.7 $\mu$ g/L,高于国家限定标准的0.01mg/kg。考虑到部分植物具有耐重金属的特性,栽培野菜的土壤环境也较为重要。

维生素是人体维持正常生命活动不可缺少的物质,与其他营养物相比,其需要量甚微。维生素E是一种脂溶性维生素,又称生育酚,能提高免疫力,有抗不育和抗氧化防早衰的生理功能(常丽新等,2006),植物油中具有丰富的维生素E,故极少发生维生素E不足。 $\beta$ -胡萝卜素是形成维生素A的重要前体,对增强人体免疫力方面相当重要,维生素A缺乏是发展中国家普遍存在的严重问题(汪禄祥,2005),成年人需要量为每日0.133mg的 $\beta$ -胡萝卜素。维生素PP又称为烟酸或维生素B<sub>3</sub>,成年人每日需要量为5mg。成年人每日需补充维生素B<sub>1</sub>和B<sub>2</sub>的量为0.5mg,维生素C为30mg(中国营养学会,1990)。每100g海马齿食用部分,含有 $\beta$ -胡萝卜素0.889mg,维生素PP为0.527mg,维生素B<sub>1</sub>为0.053mg,维生素B<sub>2</sub>为0.0088mg,维生素C含量少于0.1mg。海马齿的大部分维生素能够满足人体摄食所需,但维生素C含量过低,需依靠其他方式补充。

蛋白质最基本的营养作用是为人体提高充分数量的必需氨基酸,蛋白质的质量决定于必需氨基酸的数量和比例,必需氨基酸的比例越大,则其生物价值或品质越高(Friedman,1996)。海马齿的必需氨基酸含量较为丰富,其必需氨基酸占总氨基酸的比例为39.9%,华南8种野菜的必需氨基酸占总氨基酸的百分比为39.10%—42.58%,而高蛋白植物大豆为33.59%(郭巨先等,2001)。另外,与FAO/WHO所公布的“理想蛋白质”的必需氨基酸模式谱相比较,除了本实验未测定胱氨酸,无法判定蛋氨酸+胱氨酸的比例外,海马齿其他6种必需氨基酸组合所占比例皆高于模式谱。可见,海马齿的必需氨基酸配比合理,不会限制总蛋白质的消化率。

本研究表明,海马齿的鲜味氨基酸(天冬氨酸和谷氨酸)的相对含量较高,占总氨基酸比例的23.02%;郭巨先等(2001)所报道的菜心、一点红等华南8种主要野生蔬菜的鲜味氨基酸的比例为22.85%—25.88%,由此可见海马齿具有一定鲜味特性。谷氨酸能与体内的血氨结合生成谷氨酰胺,参与肌肉、大脑以及大脑的解毒作用。天冬氨酸还能延缓牙齿和骨骼的破坏。谷氨酸和天冬氨酸还具有增强记忆的功能(刘青广等,2007)。海马齿微酸,含盐,用煮沸的清水漂洗几遍,可去除多余的盐分,以便有较好的口感(National Research Council U. S. (NRC),1990)。

#### 4 结论

海马齿生命力旺盛,栽培简易,可以在土壤及水环境下生长。在盐度20条件下能够快速生长,耐盐性强,适盐度广,方便我国热带及亚热带海域种植。海马齿的营养丰富,含有较高的蛋白质,氨基酸种类齐全,必需氨基酸比例合理;矿质元素种类丰富,含量较高,具有滨海植物特有的营养优势;含有丰富的 $\beta$ -胡萝卜素,为人体提供维生素A前体。海马齿的鲜味氨基酸含量较高,肉质化植物,经过合适的烹调可成为可口的食品。综上所述,海马齿栽培简单,营养价值高,是值得开发利用的天然海洋植物。

#### 参 考 文 献

- 王 玫,1999. 海洋蔬菜——21世纪的健康食品. 绿色大世界, (2): 31
- 王永生,2004. WTO与我国海洋资源开发与管理. 海洋开发与管理, 21(1): 11—15
- 中国科学院华南植物研究所,1964. 海南植物志. 北京: 科学出版社, 382—383

- 中国营养学会, 1990. 推荐的每日膳食中营养素供给量的说明. 营养学报, 12(1): 1—9
- 庄建平, 1992. 综合评估蔬菜营养价值的两种方法. 上海蔬菜, (4): 33
- 刘青广, 曾凡枝, 田丽萍, 2007. 苜蓿叶蛋白的营养及其功能特性研究. 石河子大学学报(自然科学版), 25(6): 743—746
- 李宝树, 于斌, 1999. 采用两种方法评估中国蔬菜营养价值的结果及意见. 吉林蔬菜, (5): 4—6
- 杨暹, 郭巨先, 刘玉涛等, 2002. 华南特产蔬菜菜心的营养成分及营养评价. 食品科技, (9): 74—76
- 汪禄祥, 2005. 合理摄入矿质元素 保持身体健康. 云南科技管理, 18(6): 53—54
- 张艳琳, 范伟, 蔡元保等, 2009. 海马齿对不同比例淡水海水组培的生长和生理响应. 西北植物学报, 29(6): 1240—1245
- 顾爱军, 翁焕新, 陈静峰等, 2004. 利用海藻中的碘培育富碘蔬菜防治 IDD 病的初步研究. 广东微量元素科学, 11(7): 12—18
- 郭巨先, 杨暹, 2001. 华南主要野生蔬菜氨基酸含量及营养价值评价. 中国野生植物资源, 20(6): 63—65
- 常丽新, 赵永光, 2006. 河北省七种野菜的营养成分分析. 营养学报, 28(3): 277—278
- 梁胜伟, 胡新文, 段瑞军等, 2009. 海马齿对无机汞的耐性和吸附积累. 植物生态学报, 33(4): 638—645
- Arnon D I, Hoagland D R, 1940. Crop production in artificial culture solutions and in soils with special reference to factors influencing yields and absorption of inorganic nutrients. Soil Science, 50: 463—468
- Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization, 1973. Energy and protein requirement. Report of joint FAO/WHO. Geneva: WHO, 62—64
- Friedman M, 1996. Nutritional value of proteins from different food sources. A review. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 44(1): 6—29
- Livesey G, 2001. A perspective on food energy standards for nutrition labelling. The British Journal of Nutrition, 85(3): 271—287
- Lokhande V H, Nikam T D, Suprasanna P, 2009. *Sesuvium portulacastrum* (L.). a promising halophyte: cultivation, utilization and distribution in India. Genetic Resources and Crop Evolution, 56(5): 741—747
- Magwa M L, Gundidza M, Gweru N *et al*, 2006. Chemical composition and biological activities of essential oil from the leaves of *Sesuvium portulacastrum*. Journal of Ethnopharmacology, 103(1): 85—89
- Messeddi D, Sleimi N, Abdelly C, 2001. Salt tolerance in *Sesuvium portulacastrum*. In: Horst W J, Schenk M K, Bürkert A *et al* eds. Plant Nutrition-Food Security and Sustainability of Agro-Ecosystems. Netherlands: Springer, 406—407
- National Research Council U. S. (NRC), 1990. A panel of the board on science and technology. In: Saline agriculture: salt-tolerant plants for developing countries. Washington DC: National Academy Press, 1—135
- Shabala S, 2013. Learning from halophytes: physiological basis and strategies to improve abiotic stress tolerance in crops. Annals of Botany, 112(7): 1209—1221
- Ventura Y, Myrzabayeva M, Alikulov Z *et al*, 2014. Effects of salinity on flowering, morphology, biomass accumulation and leaf metabolites in an edible halophyte. AoB Plants, 6: plu053

## SALT TOLERANCE OF ENVIRONMENTAL SALINITY STRESS AND COMPREHENSIVE EVALUATION OF NUTRITIONAL VALUE OF *SESUVIUM PORTULACASTRUM*, AN IMPORTANT HALOPHYTE

ZENG Bi-Jian<sup>1</sup>, DOU Bi-Xia<sup>2</sup>, LI Zu-Fu<sup>2</sup>, HUANG Jian-Rong<sup>2</sup>

(1. College of Biology and Food Engineering, Applied Ecology Laboratory, Guangdong University of Education, Guangzhou 510303, China; 2. School of Life Sciences, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275, China)

**Abstract** *Sesuvium portulacastrum*, a creeping halophyte, is a perennial herb, distributed in tropical and subtropical shores, edible plant. *S. portulacastrum* was cultivated on the conditions of hydroponics of different salinity, its growth phenotype was examined, and its salt adaptability and suitable cultivation salinity were investigated. In addition, the nutritive composition of *S. portulacastrum* was measured, is aimed at evaluating the nutritive value. Results showed that the growth of *S. portulacastrum* were remarkably restricted in the 35 and 30 salinity, the internodes became shorter and the leaves more fleshy. Between the salinity of 0 and 20, a significant growth were observed, is suitable for cultivation. *S. portulacastrum* contained high protein and low fat, rich in moisture. The Average nutritive value (ANV) is 2.95—2.96, comprehensive score of nutritive is 2, belongs to the fourth level which is rich in nutrition, higher than various common vegetables such as carrot, potato (*Solanum tuberosum*), *Lactuca sativa*, *Chinese cabbage*. Per 100g edible part in *S. portulacastrum*, the energy was 74.9—93.3kJ, the content water, ash, carbohydrate, protein, crude fiber were 93g, 2.6g, 1.4g, 3.0g and 0.95g, respectively. The plant contained two kinds of essential fatty acid, linolenic acid and linoleic acid, and rich in mineral elements, the amount of content was Na>K>Ca>Mg>P>I>Mn>Fe>Zn>Cu>Se, which could provide major and trace elements for human. The content of vitamin E was highest, the Beta-Carotene was higher. It contained 16 kinds of amino acids which are in sufficiency quantity and reasonable proportion, the content of glutamic acid was highest, where as methionine was lowest. The plant rich in flavor amino acids, the proportion is 23.02% in total amino acids. The proportion of essential amino acids was reasonable (39.9%). RAA is 0.19—0.25, RC is 0.84—1.09 and SRC is 90.69. *S. portulacastrum* is a potentially green wild vegetable resource.

**Key words** *Sesuvium portulacastrum*; salinity conditions; nutritive composition; nutritive assessment