

牛心朴子生物碱对小鼠细胞免疫功能的影响

张珠明, 汪仁莉, 何生虎 (宁夏大学农学院, 宁夏银川 750021)

摘要 [目的]研究牛心朴子生物碱对小鼠细胞免疫功能的影响。[方法]取32只小鼠,按灌药剂量分为12、24、48 mg/kg·bw 3个试验组和1个蒸馏水对照组(0.5 ml/d),连续给药30 d,分别观察牛心朴子生物碱对小鼠体重、脏器指数、腹腔巨噬细胞吞噬作用及外周血T淋巴细胞数量的影响。[结果]与对照组相比,饲喂3个浓度牛心朴子生物碱后小鼠体重及脏器指数、腹腔巨噬细胞的吞噬机能及外周血液中T淋巴细胞数量均有所降低。[结论]在该试验条件下,一定浓度的牛心朴子生物碱对小鼠的免疫功能有抑制作用。

关键词 牛心朴子生物碱;细胞免疫功能;小鼠

中图分类号 S865.1⁺9 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2009)32-15717-03

Effects of *Cynanchum komarovii* alkaloid on Cellular Immune Function of Mice

ZHANG Zhu-ming et al (College of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021)

Abstract [Objective] The research aimed to study the effect of *Cynanchum komarovii* alkaloid on cellular immune function of mice [Method] 32 mice were divided into three experimental groups given medication with daily dose of 12, 24, 48 mg/kg·bw and a control group infused with 0.5 ml/d distilled water in 30 days. Effects of *C. komarovii* alkaloid on mice body weight and viscera index, the phagocytosis of peritoneal macrophage, the T lymphocyte count of peripheral blood were observed. [Result] Compared with control group, those items of the medicated groups decreased. [Conclusion] Under the above conditions, a certain concentration *C. komarovii* alkaloid has inhibitory effect on the immune function of mice.

Key words *Cynanchum komarovii* alkaloid; Cellular immune function; Mice

牛心朴子(*Cynanchum komarovii*)又称老瓜头,属萝藦科鹅绒藤属植物^[1]。其除含有27种无机元素外,还含有生物碱、挥发油、黄酮类、糖类、甾体及甙、脂肪酸及脂肪酸酯、芳香族化合物等^[2-3]。牛心朴子提取物有抗菌、抗病毒、杀虫^[4-8]等生物活性。资料显示,提取物中的生物碱还具有一定的增强机体体液免疫力的作用^[9]。但还未见关于生物碱对机体的细胞免疫功能是否具有促进作用的研究报道。为此,笔者进行了牛心朴子生物碱对小鼠细胞免疫功能影响的研究,以充实牛心朴子生物学活性研究领域的材料,为进一步开发利用牛心朴子资源提供理论依据。

1 材料与与方法

1.1 材料 主要仪器:数码显微镜(厦门麦克奥迪公司生产);电子天平(0.000 1,梅特勒-托利多仪器上海有限公司生产);电热恒温培养箱(上海实验仪器厂生产);冰箱、移液器、小动物解剖器械等其他设备与器材,均由宁夏大学农学院兽医微生物实验室提供;小鼠灌胃器,自制。

主要药品与试剂:醋酸- α 萘酯(国药集团化学试剂有限公司生产);乙二醇单甲醚(上海凌峰化学试剂有限公司生产);甲醛, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, NaOH , 均由西安化学试剂厂生产;盐酸,亚硝酸钠,均由广东汕头西陇化工厂生产;甲基绿(上海化学试剂厂生产);副品红(天津市天新精细化工开发中心生产);牛心朴子生物碱及其他试剂,由宁夏大学农学院兽医微生物实验室提供。

1.2 方法

1.2.1 试验动物分组及给药 30日龄ICR小鼠,体重18~22 g,雌雄各半,共32只;体重1 kg左右的母鸡1只。以上均购于宁夏医科大学实验动物中心。

将小鼠随机分成4组,每组8只。试验前已测得所用牛

心朴子生物碱的 $LD_{50} = 239.21 \text{ mg/kg}$,按照 LD_{50} 的1/5、1/10、1/20设3个牛心朴子生物碱组^[10]:低剂量组、中剂量组和高剂量组,给药量分别为12、24、48 mg/kg(bw),设饲喂蒸馏水为对照组(0.5 ml/d)。每日按照上述剂量灌胃给药,连续30 d。饲喂期间各组给予充足的饲料和饮水。

1.2.2 牛心朴子生物碱对小鼠体重和主要脏器指数的影响 小鼠末次灌胃4 h后,称量体重,摘除眼球放血,颈椎脱臼处死,剪取实质性脏器,吸干污血,分别称重,按下面的公式计算各脏器指数:

$$\text{脏器指数}(\%) = (\text{器官重量}/\text{体重}) \times 100$$

1.2.3 牛心朴子生物碱对小鼠腹腔巨噬细胞吞噬机能的影响 每只小鼠腹腔注射6%淀粉肉汤0.5 ml,轻揉腹部。3 d后每只小鼠再腹腔注射1%鸡红细胞0.5 ml,轻揉腹部。30 min后,对每只小鼠抽取腹腔液适量,制成薄推片,37℃恒温箱干燥,瑞氏染色液染色后^[11],油镜下计数每100个吞噬细胞中吞噬了鸡红细胞的巨噬细胞数以及每个巨噬细胞吞噬的鸡红细胞数,按下面公式计算吞噬百分比和吞噬指数^[12-13]。

$$\text{吞噬百分比}(\%) = (100 \text{ 个巨噬细胞中吞噬了鸡红细胞的巨噬细胞数} / 100 \text{ 个巨噬细胞}) \times 100$$

$$\text{吞噬指数} = 100 \text{ 个巨噬细胞中被吞噬的鸡红细胞总数} / 100 \text{ 个巨噬细胞}$$

1.2.4 牛心朴子生物碱对小鼠外周血液中T淋巴细胞数量的影响 采用酸性 α -醋酸萘酯酶(ANAE)染色法^[14]标记小鼠外周血液中T淋巴细胞并计数。

摘除小鼠眼球后,取眶静脉血液制成血涂片。将血涂片在4℃甲醛-丙酮缓冲固定液中固定10 min,蒸馏水冲洗3次;放入孵育液,37℃恒温箱中孵育3 h;蒸馏水洗3次;放入2%甲基绿水溶液复染核5 min;各级丙酮迅速脱水,二甲苯透明,树脂封片^[15]。酯酶染色阳性细胞即T淋巴细胞形态为圆形、胞质少,胞核为绿色、圆形,胞质边缘及其他部位有1到多个粗大的红色或棕红色颗粒。酯酶染色阴性细胞

(其他的淋巴细胞)形态也如上述,但胞质里无着色的颗粒^[16]。显微镜观察并记数 100 个淋巴细胞中 ANAE 阳性细胞,按下式计算 T 淋巴细胞百分比:

$$T \text{ 淋巴细胞百分比} = (\text{ANAE 阳性细胞} / 100 \text{ 个淋巴细胞}) \times 100\%$$

1.3 数据分析 测得的数据用 DPS3.01 统计软件进行方差分析和 Duncan 新复极差法多重比较,数据用 $\bar{x} \pm s$ 表示。

2 结果与分析

2.1 牛心朴子生物碱对小鼠体重和主要脏器指数的影响 由表 1 可知,灌服不同剂量的牛心朴子生物碱 30 d 后,各试验组小鼠的平均体重均有所下降,并且呈现出随着灌服剂量的增加而下降的趋势。与对照组相比较,低剂量组小鼠体重下降不明显 ($P > 0.05$),而中剂量组和高剂量组的小鼠体重明显下降 ($P < 0.05$)。

由表 2、3 可知,灌服不同剂量的牛心朴子生物碱 30 d 后,均可使小鼠的心、肝、脾、肺、肾、胸腺各主要脏器重量和

脏器指数降低。其中,中剂量组和高剂量组小鼠的器官重量比对照组明显降低 ($P < 0.05$),中剂量组和高剂量组的脏器指数也比对照组明显降低 ($P < 0.05$,肺脏、肾脏除外);随着灌服剂量的增加,小鼠的心、肝、脾、肺、肾、胸腺各主要脏器重量及脏器指数均呈现降低趋势。

表 1 不同浓度牛心朴子生物碱对小鼠体重的影响

Table 1 Effects of different concentrations *C. komanovii* alkaloid on the weight of mice

组别 Groups	体重 Weight//g	组别 Groups	体重 Weight//g
对照组 Control group	39.18 ± 1.901 7a	中剂量组 Middle-dose group	31.41 ± 2.984 1 b
低剂量组 Low-dose group	37.47 ± 1.142 4 a	高剂量组 High-dose group	29.48 ± 2.453 9 b

注:表中同列字母不相同表示差异显著 ($P < 0.05$)。下表同。

Note: Different letters in the same column mean significant differences. ($P < 0.05$). The same as follows.

表 2 不同浓度牛心朴子生物碱对小白鼠主要脏器重量的影响

Table 2 Effects of different concentrations *C. komanovii* alkaloid on the weight of organs g

组别 Groups	心 Heart	肝 Liver	脾 Spleen	肺 Lung	肾 Kidney	胸腺 Thymus
对照组 Control group	0.25 ± 0.025 1 a	2.66 ± 0.335 4 a	0.13 ± 0.022 2 a	0.25 ± 0.025 8 a	0.39 ± 0.040 1 a	0.23 ± 0.001 6 a
低剂量组 Low-dose group	0.22 ± 0.010 5 a	2.61 ± 0.320 2 a	0.12 ± 0.007 9 a	0.24 ± 0.013 7 ab	0.37 ± 0.041 7 ab	0.21 ± 0.003 5 b
中剂量组 Middle-dose group	0.18 ± 0.037 8 b	2.08 ± 0.135 8 b	0.11 ± 0.010 2 b	0.22 ± 0.012 4 b	0.34 ± 0.021 1 b	0.21 ± 0.002 3 b
高剂量组 High-dose group	0.16 ± 0.003 8 b	1.74 ± 0.202 9 c	0.091 ± 0.002 6 c	0.22 ± 0.036 5 b	0.30 ± 0.001 8 c	0.20 ± 0.002 2 b

表 3 不同浓度牛心朴子生物碱对小白鼠主要脏器指数的影响

Table 3 Effects of different concentrations *C. komanovii* alkaloid on viscera index %

组别 Groups	心 Heart	肝 Liver	脾 Spleen	肺 Lung	肾 Kidney	胸腺 Thymus
对照组 Control group	0.72 ± 0.056 1 a	7.54 ± 1.046 1 a	0.37 ± 0.066 8 a	0.71 ± 0.063 3 a	1.10 ± 0.120 1 a	0.65 ± 0.019 2 a
低剂量组 Low-dose group	0.66 ± 0.032 7 a	7.69 ± 0.876 8 a	0.35 ± 0.025 3 ab	0.70 ± 0.050 3 a	1.08 ± 0.126 3 a	0.64 ± 0.018 1 a
中剂量组 Middle-dose group	0.53 ± 0.129 0 b	6.46 ± 0.490 1 b	0.33 ± 0.034 5 b	0.69 ± 0.040 5 a	1.05 ± 0.077 8 a	0.67 ± 0.015 2 b
高剂量组 High-dose group	0.54 ± 0.018 4 b	6.12 ± 0.728 4 b	0.32 ± 0.014 2 b	0.76 ± 0.120 8 a	1.06 ± 0.036 0 a	0.77 ± 0.025 0 c

2.2 牛心朴子生物碱对小鼠腹腔巨噬细胞吞噬机能的影响 显微镜下观察发现,小鼠腹腔巨噬细胞正在吞噬鸡红细胞,如图 1 中箭头所示。

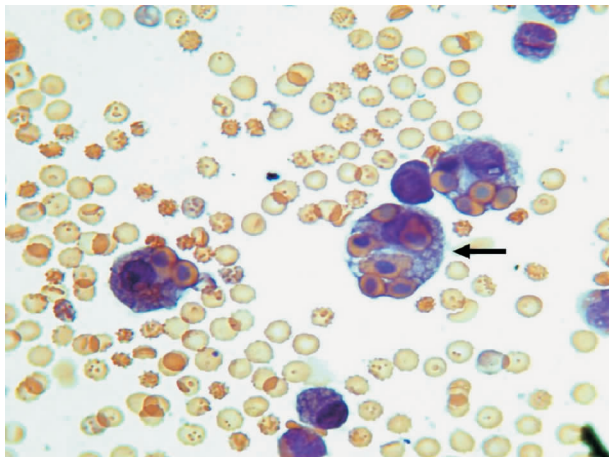


图 1 小鼠腹腔巨噬细胞胞质中吞噬了数量不等的鸡红细胞 (Wright's 染色, 10 × 100)

Fig.1 The erythrocytes of chicken devoured by mouse peritoneal macrophages (Wright's staining 10 × 100)

由表 4 可知,低剂量组的小鼠腹腔巨噬细胞吞噬百分比明显高于对照组 ($P < 0.05$),但吞噬指数却低于对照组 ($P < 0.05$);中剂量组和高剂量组的小鼠腹腔巨噬细胞吞噬百分比和吞噬指数明显低于对照组 ($P < 0.05$);随着给药剂量的增加,吞噬百分比及吞噬指数呈降低趋势。

表 4 牛心朴子生物碱对小鼠腹腔巨噬细胞吞噬鸡红细胞功能的影响
Table 4 Effects of *C. komanovii* alkaloid on mouse peritoneal macrophages' phagocytosis function to chicken erythrocyte

组别 Group	吞噬百分比/% Phagocytic percentage	吞噬指数 Phagocytic index
对照组 Control group	19.02 ± 0.40 a	0.47 ± 0.032 3 a
低剂量组 Low-dose group	21.55 ± 0.17 b	0.31 ± 0.016 6 b
中剂量组 Middle-dose group	18.37 ± 0.32 c	0.20 ± 0.017 5 c
高剂量组 High-dose group	15.61 ± 0.32 d	0.15 ± 0.015 8 d

2.3 牛心朴子生物碱对小鼠外周血液中 T 淋巴细胞数量的影响 ANAE 染色的阳性淋巴细胞和阴性淋巴细胞见图 2、

3. 由表 5 可知,高剂量组小鼠外周血中 T 淋巴细胞的数量与对照组、低剂量组和中剂量组相比,数量明显减少($P < 0.05$),但对照组、低剂量组和中剂量组之间差异不显著($P > 0.05$)。

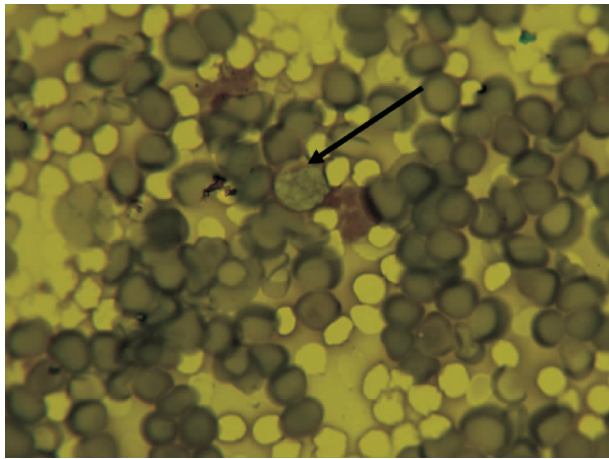


图 2 ANAE 染色阳性细胞 (10 × 100)

Fig.2 ANAE staining-positive cells (10 × 100)

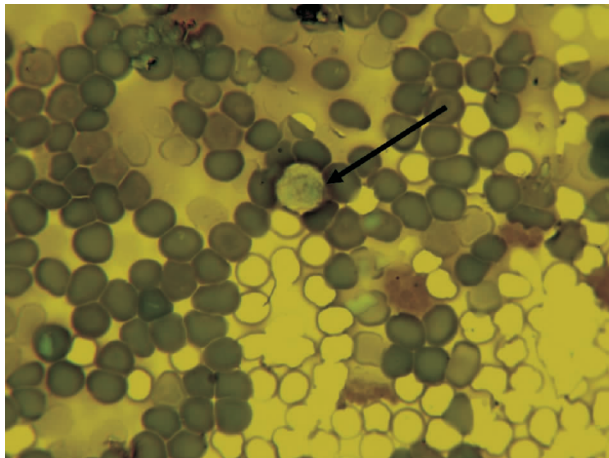


图 3 ANAE 染色阴性细胞 (10 × 100)

Fig.3 ANAE staining-negative cells (10 × 100)

表 5 牛心朴子生物碱对小鼠血液中 T 淋巴细胞数量的影响

Table 5 Effects of *Cynanchum komanovii* alkaloid on number of mouse

T lymphocyte	%
组别	T 淋巴细胞百分率
Group	Rate of T lymphocyte
对照组 Control group	35.36 ± 0.444 8 a
低剂量组 Low-dose group	35.47 ± 0.664 2 a
中剂量组 Middle-dose group	35.34 ± 0.446 2 a
高剂量组 High-dose group	33.55 ± 0.164 1 b

3 结论与讨论

3.1 牛心朴子生物碱对小鼠体重和主要脏器指数的影响

灌服不同剂量的牛心朴子生物碱 30 d 后,各试验组小鼠的平均体重均有所下降,而且随着生物碱浓度的增加,抑制作用增强。相同试验条件下,小鼠的心、肝、脾、肺、肾、胸腺各脏器重量下降,脏器指数也降低,并且呈现出随着灌服剂量的增加,小鼠各脏器重量及脏器指数均下降的趋势。胸腺和脾脏是机体的主要免疫器官,对机体的免疫力有重要的影响。在该试验条件下,牛心朴子生物碱对小鼠胸腺和脾脏的

发育有抑制作用,即说明对机体的免疫力也有抑制作用。

3.2 牛心朴子生物碱对小鼠腹腔巨噬细胞吞噬机能的影响

分布于全身大多数器官组织的巨噬细胞是单核吞噬细胞系统中的重要成员,其吞噬能力在一定程度上可以反映机体的免疫状态^[17]。试验中给小鼠灌喂不同浓度的牛心朴子生物碱后发现,除了低剂量组的小鼠外,中剂量组和高剂量组小鼠腹腔巨噬细胞吞噬机能随着灌喂生物碱浓度的增加而降低($P < 0.05$)。低剂量的生物碱能显著提高小鼠腹腔巨噬细胞吞噬百分比($P < 0.05$),但吞噬指数却显著地低于对照组($P < 0.05$),说明该浓度的生物碱能够激发更多的巨噬细胞参与到吞噬过程中,但却抑制了每个巨噬细胞的吞噬能力。从整体来看,牛心朴子生物碱对小鼠腹腔巨噬细胞的吞噬能力还是起到了抑制作用。低浓度的生物碱产生的作用提示研究者们更低浓度的生物碱是否既能增加参与吞噬作用的巨噬细胞的数量,又能提高每个巨噬细胞吞噬的能力呢? 这个问题有待于进一步研究。

3.3 牛心朴子生物碱对小鼠外周血液中 T 淋巴细胞数量的影响

众所周知,T 淋巴细胞主要介导机体的细胞免疫。T 淋巴细胞内含有 ANAE,而区别血液中 T 细胞和其他淋巴细胞的方法之一就是 ANAE 试验,它是一种区分人类和其他哺乳动物成熟 T 细胞的测定方法^[18]。该试验中,高剂量组牛心朴子生物碱对外周血 T 淋巴细胞的数量有显著的降低作用($P < 0.05$),从而对小鼠的细胞免疫功能起到抑制作用。低剂量组和中剂量组却影响不大($P > 0.05$)。正常情况下,胸腺和脾脏的增重往往意味着机体淋巴细胞的增殖,淋巴细胞的增殖直接体现免疫应答的强弱。一定浓度的牛心朴子生物碱对小鼠胸腺和脾脏的增重有抑制作用,同时也能抑制外周血中 T 淋巴细胞的数量,因此推测牛心朴子生物碱能够抑制 T 淋巴细胞的增殖分化和成熟,进而抑制脾脏和胸腺的生长,最终抑制细胞免疫的功能。T 淋巴细胞的成熟分化离不开胸腺素的诱导,牛心朴子生物碱的这种抑制作用与胸腺素的活性之间关系如何,有待于进一步研究。

综上,在该试验条件下,较高浓度的牛心朴子生物碱对小鼠的细胞免疫功能没有促进作用,反而有一定的抑制作用。

参考文献

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社,1997:240.
- [2] 姚宇澄,安天英,高俊,等. 菲吡啶咪里西啶生物碱的分离与化学结构鉴定[J]. 内蒙古工业大学学报,2001,20(4):241-244.
- [3] 赵宝玉,邓珊丹,哈斯巴图,等. 牛心朴子挥发油的 GC-MS 分析[J]. 西北农林科技大学学报,2003,31(2):22-23.
- [4] 姬进波,杨志祥,曲玲. 牛心朴子提取物对菜青虫的活性研究[J]. 宁夏农林科技,1998(2):26-28.
- [5] 姚宇澄,杨诏,高俊,等. 牛心朴子草抗植物病毒组分的生物活性研究[J]. 内蒙古工业大学学报,2002,21(1):1-4.
- [6] 祁利民,杨洁. 宁夏老瓜头生物总碱的药理活性初步研究[J]. 宁夏医学院学报,2002,24(12):398-402.
- [7] 刘涛,苏秀兰,李敬福,等. 牛心朴子多糖的提取、分离及其抗 S180 肉瘤效应初步观察[J]. 内蒙古医学院学报,2003(3):13-15.
- [8] 杨卫东,郝银菊,李红兵,等. 老瓜头生物总碱镇痛、抗炎作用的实验研究[J]. 宁夏医学院学报,2005,27(6):191-193.
- [9] 文海玲,戴寿芝,裴秀英,等. 老瓜头总碱对小鼠免疫功能的影响[J]. 宁夏医学杂志,1990,12(2):75-77.
- [10] 国家食品药品监督管理局. 药物研究技术指导原则(2005)[M]. 北京: 中国医药科技出版社,2006:94-103.

表1 一点红不同生长期的氨基酸含量

Table 1 The amino acid contents of different growth periods in *Emilia sonchifolia* (Linn.) DC %

氨基酸种类 Type of amino acid	营养生长期 Vegetative period	花期 Flowering period
天冬氨酸(Asp) #	1.371	1.405
* 苏氨酸(Thr)	0.590	0.585
丝氨酸(Ser)	0.558	0.471
谷氨酸(Glu) #	1.949	1.972
脯氨酸(Pro)	0.745	0.690
甘氨酸(Gly) #	0.818	0.778
丙氨酸(Ala)	0.900	0.862
半胱氨酸(Cys)	未检出	未检出
* 缬氨酸(Val)	1.425	1.412
* 蛋氨酸(Met) #	0.110	0.140
* 异亮氨酸(Ile)	0.696	0.701
* 亮氨酸(Leu) #	1.219	1.234
酪氨酸(Tyr) #	0.223	0.226
* 苯丙氨酸(Phe) #	1.195	1.189
* 赖氨酸(Lys) #	0.873	0.857
组氨酸(His)	0.527	0.523
精氨酸(Arg) #	0.693	0.701
T	13.892	13.746
E	6.108	6.118
N	7.784	7.628
E/T	43.968	44.507
E/N	0.785	0.802

注: * 为人体必需氨基酸; # 为药效氨基酸; T 为氨基酸总质量分数; E 为必需氨基酸总质量分数; N 为非必需氨基酸总质量分数。

Note: *. Essential amino acids; #. Pharmacodynamic amino acids; T. Total mass fraction of amino acids; E. Total mass fraction of essential amino acids; N. Total mass fraction of non-essential amino acids.

表2 人体必需氨基酸的比例与模式谱的比较

Table 2 Comparison between proportion of essential amino acids and pattern spectrum %

氨基酸种类 Amino acid pattern spectrum	氨基酸模式谱 Amino acid pattern spectrum	营养生长期 Vegetative period	花期 Flowering period
苏氨酸 Thr	4.0	4.25	4.26
缬氨酸 Val	5.0	10.26	10.27
蛋氨酸 + 胱氨酸 Met + Cys	3.5	0.79	1.02
异亮氨酸 Ile	4.0	5.01	5.10
亮氨酸 Leu	7.0	8.77	8.98
苯丙氨酸 + 酪氨酸 Phe + Tyr	6.0	10.21	10.29
赖氨酸 Lys	5.5	6.28	6.23

(上接第 15719 页)

[11] 郑丽艳. 猪附红细胞体病诊断方法的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2006.
 [12] 王月英. 新生大鼠免疫系统功能的建立与其影响因素的相关性研究[D]. 石家庄: 河北医科大学, 2004.
 [13] 杨汉民. 细胞生物学实验[M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 1993: 166-167.
 [14] 宋宁. 五种云南石拼多糖的提取、筛选及免疫调节作用的研究[D]. 昆明: 昆明医学院, 2006.
 [15] 袁伯伦, 于载乐. 淋巴细胞酸性非特异性酯酶染色方法及其意义的初

步探讨[J]. 北京医学院学报, 1982, 14(4): 345.
 [16] 朱辛为. 血液酸性 a-醋酸萘酚酶染色方法改进[J]. 第四军医大学吉林军医学院学报, 1995, 17(3): 203.
 [17] 王世若, 王兴龙. 现代动物免疫学[M]. 2 版. 吉林: 吉林科学技术出版社, 2001: 530-531.
 [18] 杨汉春. 动物免疫学[M]. 2 版. 北京: 中国农业大学出版社, 2003: 370.

明一点红中氨基酸含量丰富。对一点红营养生长期和花期的氨基酸含量、必需氨基酸含量、药效氨基酸含量、E/N 值和 E/T 值进行综合评价, 一点红具有较高的营养价值和药用价值。
 研究表明氨基酸除了组成蛋白质外, 还有一些特殊药理功能^[8]。因此, 中草药中的氨基酸往往是治病的主要有效成份或辅助成份。一点红营养生长期和花期中药效氨基酸含量较高的有谷氨酸、天冬氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸、甘氨酸等, 这些氨基酸有重要的药理作用^[9-11]。如谷氨酸具有促进红细胞生成、改善脑细胞营养及活跃思维作用, 是治疗肝昏迷、神经衰弱和记忆力减退的有效成份; 天冬氨酸有镇咳、祛痰, 治疗肝脏和胆汁分泌障碍的功能; 亮氨酸可以防治肝、肾功能衰竭, 刺激胰岛素的分泌功能; 赖氨酸为人类第一必需氨基酸, 它对蛋白质代谢和抑制病毒性感染起重要作用; 甘氨酸是体内合成磷酸肌酸、嘌呤、血红素等的主要成份, 并能对芳香族物质起解毒作用。因此, 一点红在提取药效氨基酸上具有较大潜力。

一点红营养生长期和花期具有较高的营养价值和药用价值, 是一种值得大力开发和利用的野生植物。

参考文献

[1] 中国科学院植物研究所. 中国高等植物图鉴(第四册)[M]. 北京: 科学出版社, 1975: 551.
 [2] 戴义龙. 常用草药图集[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 2007: 5-6.
 [3] 杨运英. 名优蔬菜“一点红”的栽培与应用[J]. 西南园艺, 2005, 33(6): 26-27.
 [4] 李秀信, 王荣花, 杨秀萍. 一点红黄酮成分的分析及含量测定[J]. 西北植物学报, 2003, 23(4): 671-673.
 [5] 吴庆华, 吕慧珍, 胡东南, 等. 一点红的人工栽培试验[J]. 广西医学, 2006, 28(6): 808-809.
 [6] 文国荣, 覃海中, 谈贵宝, 等. 一点红无公害标准化栽培模式[J]. 广西农学报, 2006, 21(4): 56-58.
 [7] Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization. Energy and protein requirement. Report of joint FAO/WHO [R]. Gneve: WHO: 1973: 62-64.
 [8] 徐琪寿. 氨基酸药理学研究进展[J]. 氨基酸和生物资源, 1996, 18(1): 30-32.
 [9] 刘希光, 于华华, 刘松, 等. 海蜇不同部位的氨基酸组成和含量分析[J]. 海洋科学, 2007, 31(2): 9-12.
 [10] 蒋滢. 氨基酸应用[M]. 北京: 世界图书出版公司, 1996.
 [11] 宋彦梅, 尹秋响, 王静康. 甘氨酸的应用及生产技术[J]. 氨基酸和生物资源, 2003, 25(2): 55-60.
 [19] JIN X W, HUANG S, WU X B. Immunohistochemical location of six kinds of endocrine cell from digestive tract of *misgurnus anguillicaudatus* [J]. Agricultural Science & Technology, 2009, 10(1): 135-139.