

# 火龙果耐盐生理生化指标的主成分分析及综合评价

陈明贤<sup>1</sup>, 陈清西<sup>2</sup>, 庄卫东<sup>1</sup>, 王 威<sup>2</sup>, 姚 文<sup>1</sup>, 谢 倩<sup>2</sup>

(1. 泉州市农业科学研究所, 福建 晋江 362212;

2. 福建农林大学园艺学院, 福建 福州 350002)

**摘要:** 以海白1号、白巨龙、赤龙、巨龙和红仙蜜5个火龙果品种(系)扦插盆栽幼苗为试验材料, 对其在NaCl胁迫下茎秆的相对电导率和丙二醛(MDA)、可溶性糖和脯氨酸(Pro)含量, 以及超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)活性等生理生化指标进行测定, 以各项指标的耐盐系数为衡量指标, 利用主成分分析对其耐盐性进行综合评价。通过主成分分析法, 提取了3个主成分, 能解释原始变量信息的97.34%, 建立了不同火龙果品种耐盐性的评价体系, 对5个火龙果品种(系)的耐盐性强弱进行排序: 赤龙>海白1号>巨龙>白巨龙>红仙蜜。

**关键词:** 火龙果; 耐盐性; 生理生化; 主成分分析; 综合评价

DOI: 10.13651/j.cnki.fjnykj.2019.07.001

## Principal Component Analysis and Comprehensive Evaluation of Physiological and Biochemical Indexes of Salt Tolerance of Pitaya

CHEN Ming-xian<sup>1</sup>, CHEN Qing-xi<sup>2</sup>, ZHUANG Wei-dong<sup>1</sup>, WANG Wei<sup>2</sup>, YAO Wen<sup>1</sup>, XIE Qian<sup>2</sup>

(1. Quanzhou Institute of Agricultural Sciences, Jinjiang, Fujian 362212, China;

2. College of Horticulture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002, China)

**Abstract:** The cutting potted seedlings of 5 varieties (strains) of pitaya, namely Haibai No. 1, Baijulong, Chilong, Julong and Hongxianmi were used as the experimental material, and the physiological and biochemical indexes including the relative conductivity of stalk under the NaCl stress, the content of malondialdehyde (MDA), soluble sugar and proline (Pro), and the activities of superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD) and catalase (CAT) were determined. With the salt tolerance coefficient of the indexes as the measure index, the salt tolerance was evaluated by using the method of principal component analysis. Three principal components were extracted by means of principal component analysis, which could explain 97.34% of the original variable information. Then, the salt tolerance evaluation system of different varieties (strains) of pitaya was established, and the salt tolerance of 5 varieties (strains) of pitaya was ranked: Chilong>Haibai No. 1>Julong>Baijulong>Hongxianmi.

**Key words:** Pitaya; Salt tolerance; Physiological and biochemical; Principal component analysis; Comprehensive evaluation

火龙果是典型的热带水果, 具有抗氧化、清除自由基、抗衰老的作用, 有很高的营养价值和经济价值<sup>[1-2]</sup>。福建沿海地区气候温和, 适宜火龙果生产, 目前已引种多个品种<sup>[3-4]</sup>。但沿海土壤盐碱含

量偏高, 不利于火龙果的生长, 在一定程度上制约了产业的发展。因此, 研究火龙果的耐盐生理, 筛选并培育耐盐性较高的品种, 是解决这一问题的有效途径。

收稿日期: 2019-06-05

作者简介: 陈明贤, 男, 1985年生, 硕士, 助理研究员, 主要从事果树栽培与生理生化研究。

基金项目: 福建省农业引导性重点项目(2018N0045)。

对植物耐盐性的研究由来已久，盐胁迫会导致细胞膜透性及丙二醛 (MDA) 含量增加<sup>[5-6]</sup>；超氧化物歧化酶 (SOD)、过氧化氢酶 (CAT)、过氧化物酶 (POD) 活性会因逆境胁迫而呈现先升高到一定程度后下降的规律性变化趋势<sup>[7]</sup>；脯氨酸 (Pro) 是对盐分敏感的渗透调节物质，高盐胁迫下含量急剧上升；可溶性糖作为一种提供能量的物质，在逆境胁迫下，含量变化明显<sup>[8]</sup>。这些指标常被用来检测某种作物耐盐水平。火龙果能耐较强的碱性 (pH 8.0~9.0)<sup>[9]</sup>和较高的盐分，火龙果幼苗采用电导率 (EC<sub>w</sub>) 4.0 dS·m<sup>-1</sup> 的盐水胁迫处理，成活率还能达到 50%<sup>[10]</sup>，用 NaCl 胁迫不同品种火龙果，其耐盐指标均有显著变化<sup>[11]</sup>，但只通过对各品种耐盐指标的初始分析，各指标都会存在或大或小的相关性，在对耐盐的作用中也不尽相同，因而无法确切地评价各品种的耐盐性强弱。

主成分分析是一种降维分析方法，在减少变量的同时又可尽可能保留原始变量的信息<sup>[12]</sup>。目前有不少学者把主成分分析法应用到作物的性状分析、土壤的肥力分析、作物的抗逆性分析等方面。白志英等<sup>[13]</sup>利用主成分分析法对 21 个小麦代换系及其亲本的抗旱性进行了分类和评价。李燕凌等<sup>[14]</sup>用主成分分析对辣椒大规模制种的影响因素进行综合分析，找到辣椒规模制种的最佳调控阶段。张水清等<sup>[15]</sup>用主成分分析法对潢川县的耕作土壤进行了肥力分析，对不同肥力的土壤进行等级划分，为粮食生产及作物施肥技术和土壤改良提供依据。Sorkheh 等<sup>[16]</sup>研究了不同浓度 NaCl 胁迫下 8 个伊朗野生杏品种的抗氧化酶活性和代谢产物的变化，用主成分分析区分了不同品种的耐盐性。另外也有在耐湿性方面的应用评价<sup>[17]</sup>，说明主成分分析法已经被学者广泛接受，并能在农业生产上提供数据分析上的便利。本研究测定火龙果在 NaCl 胁迫下茎秆的生理生化指标，通过主成分分析法，建立了不同火龙果品种 (系) 的耐盐性评价体系，旨在为耐盐性品种选育提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试火龙果为白巨龙、海白 1 号 2 个白肉品种 (系) 和巨龙、红仙蜜、赤龙 3 个红肉品种 (系)。各个品种 (系) 选取长势较一致的盆栽苗，盆直径 25 cm、高度 25 cm，每盆种植 1 株，每株 2~3 个

芽。试验分为两组，每个品种 20 盆，其中对照组 10 盆，NaCl 胁迫组 10 盆。用浓度为 1.2% 的 NaCl 溶液浇灌胁迫处理，为了防止盐激反应，前 3 d 分别用 0.3%、0.6%、1.2% 浓度的 NaCl 溶液浇灌，之后每隔 3 d 浇灌 1.2% 的 NaCl 溶液 1 次，每次每盆 0.5 L，对照浇灌等量清水。

### 1.2 测定项目及方法

火龙果茎秆相对电导率 (EC<sub>w</sub>)、丙二醛 (MDA) 含量的测定参照王学奎的方法，可溶性糖 (SS) 含量采用蒽酮比色法测定，脯氨酸 (Pro) 含量的测定采用酸性茚三酮法，过氧化物酶 (POD) 活性测定用愈创木酚法、过氧化氢酶 (CAT) 活性测定用紫外吸收法，超氧化物歧化酶 (SOD) 活性测定用氮蓝四唑 (NBT) 法<sup>[18]</sup>。于第 0、7、14、21、28、35 d 时取样，进行各项生理生化指标测定。取样时，用修剪刀从枝条基部剪断，后用超纯水清洗干净，晾干，剔除茎边缘上的刺及中间髓部后，统一取枝条中上部分，其中相对电导率 (EC<sub>w</sub>) 马上测定，其余的样品分装于自封袋内，液氮速冻后置于 -40℃ 冰箱内备用，进行其他各项生理指标测定。

### 1.3 数据统计分析

(1) 用公式①求得各品种的耐盐系数

$$\alpha = \frac{\text{盐胁迫下的测定值}}{\text{对照下的测定值}} \times 100\% \quad (1)$$

其中 EC<sub>w</sub> 与 MDA 含量表征的是质膜透性及膜脂过氧化程度，值越高代表越不耐盐，因而，其耐盐系数取倒数。各指标的耐盐系数为整个胁迫过程的平均值。

(2) 用公式②求得每个品种的隶属函数值<sup>[13]</sup>

$$u(Z_j) = \frac{Z_j - Z_{\min}}{Z_{\max} - Z_{\min}}, (j=1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

公式中  $Z_j$  表示第  $j$  个主成分； $Z_{\min}$  表示第  $j$  个主成分的最小值， $Z_{\max}$  表示第  $j$  个主成分的最大值。

(3) 用公式③求得各综合指标的权重<sup>[13]</sup>

$$w_j = \frac{p_j}{\sum_{j=1}^n p_j} (j=1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

公式中  $p_j$  表示各品种第  $j$  个主成分的贡献率。

(4) 用公式④计算各品种的综合耐盐能力的大小<sup>[13]</sup>

$$S = \sum_{j=1}^n [u(Z_j) \times w_j], (j=1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

公式中  $S$  表示各品种在盐胁迫下用主成分评价

所得的耐盐性综合评价值，是一个无量纲的纯数，因而各品种的耐盐能力具有可比性。采用 SPSS 18.0 进行主成分分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 各单项指标的耐盐系数及简单相关分析

表 1 数据是整个盐胁迫过程中处理组与对照组

比值的求均值，相对电导率与 MDA 取倒数，值越大，表示耐盐性越强。从表 1 可以看出，在盐胁迫下，不同火龙果品种（系）各项指标的耐盐系数差别较大，红仙蜜的 POD 活性小于 100，说明盐胁迫下 POD 活性整体上比对照低，其对耐盐性贡献不大。

表 1 不同火龙果品种（系）各项指标的耐盐系数

品种(系)	ECw (V <sub>1</sub> )	MDA 含量 (V <sub>2</sub> )	Pro 含量 (V <sub>3</sub> )	可溶性糖含量 (V <sub>4</sub> )	SOD 活性 (V <sub>5</sub> )	CAT 活性 (V <sub>6</sub> )	POD 活性 (V <sub>7</sub> )
赤龙	71.81	57.60	188.77	149.53	169.71	173.70	123.36
巨龙	67.55	43.63	190.77	118.97	115.74	173.32	126.14
白巨龙	69.78	46.97	178.71	112.72	113.80	203.73	122.94
红仙蜜	71.23	50.37	159.53	127.15	143.90	156.57	94.41
海白 1 号	76.63	45.69	186.03	148.36	137.54	263.61	112.69

由表 2 各指标的相关性可以看出，各指标之间存在或大或小的相关性，其中 SOD 活性和 MDA 含量、POD 活性和 Pro 含量之间存在显著正相关，说明各指标所提供的信息存在叠加。通过对 NaCl 胁迫下单项指标变化趋势的分析发现，指标间互相交

错，很难判定哪个品种更耐盐。因而采用单项指标评价火龙果耐盐性得到的结果均不相同，也无法评价指标互动下的耐盐性，无法在整体上准确评价火龙果不同品种的耐盐性，需要进行主成分分析。

表 2 不同火龙果品种（系）各项指标的相关系数矩阵

指标	ECw	MDA 含量	Pro 含量	可溶性糖含量	SOD 活性	CAT 活性	POD 活性
ECw	1.000						
MDA 含量	0.136	1.000					
Pro 含量	-0.005	-0.098	1.000				
可溶性糖含量	0.774	0.538	0.278	1.000			
SOD 活性	0.438	0.896*	-0.040	0.821	1.000		
CAT 活性	0.749	-0.394	0.358	0.366	-0.172	1.000	
POD 活性	-0.348	-0.084	0.884*	-0.098	-0.239	0.129	1.000

注：\* 表示在 0.05 水平上显著相关（双侧）。

### 2.2 火龙果耐盐生理生化指标的主成分分析

表 3 表明因子分析的指标共同度都很高，7 个指标的共同度都在 90% 以上，说明这些变量的信息损失较小，变量都能被因子解释。因此，因子分析结果有效。

由表 4 可以看出，前 3 个成分的特征值大于 1，各指标的贡献率分别为 0.371、0.318 和 0.284，且前 3 个成分的特征值之和占总特征值 97.37%，说明前 3 个主成分就解释了所有 7 个生理生化指标 97.34% 的信息，因而把前 3 个成分确定为主成分，分别编号为 Z1、Z2 和 Z3，其余的可以忽略不计。主成分的系数矩阵及贡献率见表 5。

表 3 不同火龙果品种（系）耐盐生理生化指标因子分析的共同度

指标	初始	提取
ECw	1.000	0.995
MDA 含量	1.000	0.934
Pro 含量	1.000	0.977
SS 含量	1.000	0.965
SOD 活性	1.000	0.997
CAT 活性	1.000	0.969
POD 活性	1.000	0.976

表4 不同火龙果品种(系)耐盐生理生化指标主成分分析下解释的总方差及提取的主成分矩阵

成分	初始特征值			提取平方和载入			旋转平方和载入		
	合计	方差(%)	累积(%)	合计	方差(%)	累积(%)	合计	方差(%)	累积(%)
1	2.949	42.127	42.127	2.949	42.127	42.127	2.596	37.089	37.089
2	2.188	31.262	73.388	2.188	31.262	73.388	2.229	31.843	68.932
3	1.676	23.948	97.337	1.676	23.948	97.337	1.988	28.405	97.337
4	0.186	2.663	100.000						
5	3.83E-16	5.47E-15	100.000						
6	7.41E-17	1.06E-15	100.000						
7	-1.10E-16	-1.57E-15	100.000						

由表5可得:

$$Z_1 = 0.024 V_1 + 0.401 V_2 + 0.051 V_3 + 0.254 V_4 + 0.382 V_5 - 0.182 V_6 + 0.028 V_7;$$

$$Z_2 = 0.420 V_1 - 0.171 V_2 + 0.05 V_3 + 0.223 V_4 - 0.019 V_5 + 0.449 V_6 - 0.101 V_7;$$

$$Z_3 = -0.121 V_1 + 0.04 V_2 + 0.49 V_3 + 0.074 V_4 + 0 V_5 + 0.055 V_6 + 0.498 V_7;$$

表5 不同火龙果品种(系)耐盐生理生化指标主成分得分系数矩阵及贡献率

项目	成分		
	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$
$V_1$	0.024	0.420	-0.121
$V_2$	0.401	-0.171	0.040
$V_3$	0.051	0.050	0.490
$V_4$	0.254	0.223	0.074
$V_5$	0.382	-0.019	0
$V_6$	-0.182	0.449	0.055
$V_7$	0.028	-0.101	0.498
贡献率 $p$	0.371	0.318	0.284

注: 旋转法, 具有 Kaiser 标准化的正交旋转法。

计算结果列入表6。

由  $Z_1$ 、 $Z_2$ 、 $Z_3$  表达式可知, 第1主成分的第2和第5系数比较大, 分别代表 MDA 含量和 SOD 活性, 因而可概括为与质膜过氧化有关的因子; 第2主成分的第1和第6系数比较大, 分别代表相对电导率和 CAT 活性, 可大致概括为与细胞膜稳定性有关的因子; 第3主成分的第3和第7系数比较大, 分别代表 Pro 含量及 POD 活性, 可大致概括为与渗透调节有关的因子。

### 2.3 火龙果耐盐生理的综合评价

根据公式②求得火龙果各品种(系)的隶属函数  $u(Z_j)$  值(表6)。对同一主成分而言,  $u(Z_j)$  值越大, 表明在这一主成分指标上的耐盐能力越强。从表6可看出, 赤龙  $u(Z_1)$  值最大, 为1.000, 表明其在抗质膜过氧化程度上表现良好, 耐盐能力强; 而海白1号则在细胞膜稳定性具有较强的优势, 巨龙则在渗透调节上表现良好。

根据各指标的贡献率, 用公式③求得各主成分的权重, 分别为0.381、0.327和0.292。用公式④计算各品种的综合耐盐能力的大小, 并根据S值

表6 不同火龙果品种(系)耐盐生理生化的主成分值、权重、 $u(Z_j)$  值、S值和耐盐性排名

品种(系)	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$u(Z_1)$	$u(Z_2)$	$u(Z_3)$	S	排名
赤龙	1.613	-0.253	0.695	1.000	0.191	0.960	0.724	1
巨龙	-0.785	-0.727	0.795	0.021	0.000	1.000	0.300	3
白巨龙	-0.837	-0.333	0.164	0.000	0.158	0.746	0.270	4
红仙蜜	0.207	-0.446	-1.688	0.426	0.113	0.000	0.199	5
海白1号	-0.199	1.759	0.033	0.260	1.000	0.693	0.628	2
权重				0.381	0.327	0.292		

对各火龙果品种(系)进行排名。从表6可得到不同火龙果品种(系)的耐盐能力大小依次为赤龙、海白1号、巨龙、白巨龙和红仙蜜。主成分分析弥补了采用单项生理指标分析而无法明确各火龙果品种(系)之间耐盐能力大小的不足。

### 3 结论与讨论

土壤盐渍化是全球性的土地资源和环境问题,已成为农业生产的障碍之一,通过筛选抗盐耐盐性强的植物种类和品种是解决盐渍化问题的有效途径之一。植物耐盐性是多基因控制的复合遗传性状,植物的耐盐机理涉及植物生理生化等多个方面的反应<sup>[19]</sup>。目前对植物耐盐的机制研究已经相当深入,并提出了可用于抗盐耐盐评价的指标。郭艳茹等<sup>[20]</sup>、徐鲜钧等<sup>[19]</sup>通过对国内外研究结果的收集与整理,提出了 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 含量及 $\text{Na}^+/\text{K}^+$ 、渗透调节物质、激素水平、细胞膜透性、抗氧化酶活性、植物形态与生长指标等多个指标。研究者通过测定盐胁迫下的指标变化,可以对植物是否抗(耐)盐进行评价,同时筛选耐盐性强的品种。王秀玲等<sup>[21]</sup>研究了 $\text{NaCl}$ 胁迫下甜高粱的生理生化特性,对8个甜高粱品种做出了耐盐性评价。但并非耐盐性最强的品种其各项指标均表现良好,通过单项指标来筛选耐盐性品种存在局限性。对火龙果在 $\text{NaCl}$ 胁迫下各项生理指标的测定后也发现存在类似的局限性<sup>[12]</sup>,因而需另求更加稳妥的评价方法。

主成分分析结合隶属函数法为这种局限性提供了解决的可能途径。主成分分析可达到降维的目的,将原来较多彼此相关的耐盐指标减少到只有几个彼此独立的综合指标。在此基础上,求出所有品种的每一个主成分值及其相应的隶属函数值,然后进行加权,便可得到各品种抗逆性的综合评价值,据此可较科学地对各作物品种的抗逆性进行评价<sup>[13, 22]</sup>。本试验通过主成分分析对原始多个变量进行降维,得到3个新的主成分,能解释原始变量97.34%的信息,分析结果更加清晰。通过隶属函数来看,赤龙品种在渗透调节及质膜过氧化程度上表现较好,耐盐能力强;而海白1号则在抗氧化酶系统上表现良好。这与采用单项生理指标评价火龙果耐盐能力分析结果相符。通过耐盐性综合评价值(S值)的排名来看,赤龙和海白1号排在第1和第2位,这也与单纯的生理指标分析趋势相符,但是单纯的生理指标分析无法具体确切地说明哪个品种

更耐盐。主成分分析法统计出的耐盐性综合评价值(S值)是一个无量纲的值,将原本无法在同一角度上进行比较的各项生理指标量化,进而可以进行大小的比较,从已有的研究及本试验结果来看,是一种有效评价不同品种火龙果耐盐性的方法。

#### 参考文献:

- [1] 张福平. 火龙果的营养保健功效及开发利用[J]. 食品研究与开发, 2002, 23(3): 49-50.
- [2] 罗小艳, 郭璇华. 火龙果花的营养成分分析[J]. 食品研究与开发, 2008, 29(1): 147-149.
- [3] WU L, HSU H W, CHEN Y C, et al. Antioxidant and anti-proliferative activities of red pitaya [J]. *Food Chemistry*, 2006, 95(2): 319-327.
- [4] 黄爱萍, 姜帆, 高惠颖. 我国大陆火龙果引种栽培与利用现状[J]. 台湾农业探索, 2005(4): 44-45.
- [5] 夏阳, 梁慧敏, 束怀瑞, 等.  $\text{NaCl}$ 胁迫下苹果幼树叶膜透性、脯氨酸及矿质营养水平的变化[J]. 果树学报, 2005, 22(1): 1-5.
- [6] 阎艳霞, 王玉魁, 张东. 不同枣品种对 $\text{NaCl}$ 胁迫的适应性研究[J]. 河南农业大学学报, 2008, 42(4): 398-401.
- [7] 刘香娥, 郭世荣, 田婧, 等. 嫁接对 $\text{NaCl}$ 胁迫下西瓜叶片抗氧化酶活性及其同工酶的影响[J]. 长江蔬菜, 2009(4): 22-26.
- [8] 赵勇, 马雅琴, 翁跃进. 盐胁迫下小麦甜菜碱和脯氨酸含量变化[J]. 植物生理与分子生物学学报, 2005, 31(1): 103-106.
- [9] PIMENTA-BARRIOS E, NOBEL P S. Pitaya (*Stenocereus* spp., Cactaceae): an ancient and modern fruit crop of Mexico [J]. *Economic botany*, 1994, 48(1): 76-83.
- [10] CAVALCANTE Í H L, BECKMANN M Z, MARTINS A B G, et al. Water Salinity and Initial Development of Pitaya (*Hylocereus undatus*) [J]. *International Journal of Fruit Science*, 2008, 7(3): 81-92.
- [11] 袁雅芳, 陈明贤, 陈清西, 等. 不同品种火龙果耐盐差异性研究[J]. 热带作物学报, 2013, 34(1): 92-97.
- [12] 王芳. 主成分分析与因子分析的异同比较及应用[J]. 统计教育, 2003(5): 14-17.
- [13] 白志英, 李存东, 孙红春, 等. 小麦代换系抗旱生理指标的主成分分析及综合评价[J]. 中国农业科学, 2008, 41(12): 4264-4272.
- [14] 李燕凌, 李仲强, 李立志. 主成分分析在园艺植物研究中的应用[J]. 湖南农业科学, 2002(3): 8-10.
- [15] 张水清, 黄绍敏, 郭斗斗, 等. 基于主成分分析法的土壤肥力评价[J]. 安徽农业科学, 2011(2): 1096-1097.
- [16] SORKHEH K, SHIRAN B, ROUHI V, et al. Salt stress induction of some key antioxidant enzymes and metabolites in eight Iranian wild almond species [J]. *Acta Physiologiae Plantarum*, 2012, 34(1): 203-213.
- [17] 张雪花, 李浩杰, 张锦芳, 等. 甘蓝型油菜耐湿性初步评价和主成分分析[J]. 中国油料作物学报, 2011, 33(2): 98-

- 103.
- [18] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术 [M]. 北京: 教育出版社, 2006: 167-173, 302-203, 278-283.
- [19] 徐鲜钧, 沈宝川, 祁建民. 植物耐盐性及其生理生化指标的研究进展 [J]. 亚热带农业研究, 2007, 3 (4): 275-280.
- [20] 郭艳茹, 詹亚光. 植物耐盐性生理生化指标的综合评价 [J]. 黑龙江农业科学, 2006 (1): 66-70.
- [21] 王秀玲, 程序, 谢光辉, 等. NaCl 胁迫对甜高粱发芽期生理生化特性的影响 [J]. 生态环境学报, 2010, 19 (10): 2285-2290.
- [22] 周广生, 梅方竹, 周竹青, 等. 小麦不同品种耐湿性生理指标综合评价及其预测 [J]. 中国农业科学, 2003, 36 (11): 1378-1382.

(责任编辑: 柯文辉)

### 《福建农业科技》郑重声明

偶有发现一些论文征稿和代发网站以本刊的名义征稿并收取版面预订费及发表费。在此本刊特别声明,《福建农业科技》从未委托任何机构和个人代收稿件,本刊目前接收网站 ([www.fjnykj.cn](http://www.fjnykj.cn)) 在线投稿及邮箱 ([fjnykj@163.com](mailto:fjnykj@163.com)) 投稿,有其他投稿地址及信箱均非本刊授权。望广大作者注意识别,谨防受骗。如有疑问,可直接与本刊编辑部联系,电话:0591-87884435。