

中国竹节草野生种质资源的抗旱性研究^{*}

郑玉忠^{1,2}, 席嘉宾¹, 张振霞², 杨中艺¹

(1. 中山大学生命科学学院, 广东 广州 510275; 2. 韩山师范学院, 广东 潮州 521041)

摘 要: 搜集了我国热带亚热带地区 7 省 15 个地区的竹节草野生居群, 研究了它们的水分生理以及干旱胁迫下脯氨酸质量分数的变化, 然后对经过权重分配后的各项指标进行综合评价, 结果表明, 以广西大新野生株系的抗旱性最好, 广东丰顺野生株系的抗旱性最差; 结果也表明竹节草不同居群的抗旱性差异较大, 说明我国亚热带地区竹节草野生种质资源具有较丰富的遗传多样性。

关键词: 竹节草; 种质资源; 抗旱性; 综合评价

中图分类号: S543.01 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2006) 05-0088-05

草坪草的根系通常集中分布在深度约 30 cm 的表层土壤中^[1], 干旱胁迫是限制草坪草生长的最重要的环境因子之一。因此, 选育优良抗旱草坪草新品种是我国草坪业发展的一个主要方向, 具有巨大的经济利益和社会效应。竹节草 *Chrysopogon aciculatus* (Retz.) Trin 是禾本科金须茅属的一种多年生草本, 又名粘人草; 其根系发达, 是中国南部优良的水土保持植物, 最适用于公路及水土保持的草皮建植^[2]。采样中观察发现, 在同样的旱生条件下, 混生群落中的竹节草生存性状明显高于其他草种。竹节草的分布覆盖了大半个华南地区, 从干旱到湿润等各种环境都有存在, 其中可能蕴含着某些抗旱能力强的居群。本文对所搜集来的竹节草各居群进行系统的抗旱性研究, 旨在发掘该草种在中国热带亚热带地区抗旱能力强的居群, 以得到绿化兼顾水土保持的草坪良种。

1 材料与方法

1.1 材料的采集方法

试验材料来源于我国不同的竹节草野生种质资源分布区, 具体采集地点以及相关特性参照文[3]。将同一居群的不同个体混合后按 0.1 m×0.1 m 行距混合栽植, 小区面积为 1 m×1 m; 小区间距 0.3 m, 各重复 3 次, 进行统一管理, 修剪不施肥, 定期浇水。

1.2 研究项目和方法

1.2.1 叶片水分生理测定 剪取各居群的成熟叶片, 立即用电子天平称取自然质量; 然后把叶片放

入清水在室温下饱和吸水 3 h 取出擦干称得饱和质量; 最后在 100~105℃恒温干燥箱将植物叶片烘干至恒量, 称取干质量。自然含水量为自然质量与干质量之差; 饱和含水量为饱和质量与干质量之差。将叶片自然干燥直到叶片在水中不能恢复, 这时测得的含水量为临界含水量。具体公式如下^[4]:

$$\text{相对含水量} = \frac{\text{自然含水量}}{\text{饱和含水量}} \times 100\%$$
$$\text{自然饱和亏} = \frac{\text{饱和质量} - \text{自然质量}}{\text{饱和质量} - \text{干质量}} \times 100\%$$
$$\text{临界饱和亏} = \frac{\text{自然含水量} - \text{临界含水量}}{\text{饱和质量} - \text{干质量}} \times 100\%$$
$$\text{需水程度} = \frac{\text{自然饱和亏}}{\text{临近饱和亏}} \times 100\%$$

1.2.2 叶片持水力测定 剪取试验地中各居群的 10 片成熟叶子, 立即将叶片放入水中使其饱和 3 h 擦干称得叶片的饱和质量。然后将叶片放置在培养皿中使其缓慢脱水 (室温 27℃, 相对湿度 75%), 每 2 h 称量 1 次直至叶片脱水至恒量, 然后烘干称干质量, 计算出每次称量时叶片的含水量^[5-6]。

$$\text{叶片失水率} = \frac{\text{起始质量} - \text{结尾质量}}{\text{起始质量} - \text{干质量}} \times 100\%$$
$$\text{失水速率} = \frac{\text{失水率}}{\text{时间}} \times 100\%$$
$$\text{叶片相对保水率} = \frac{24 \text{ h 叶片相对含水量}}{0 \text{ h 叶片相对含水量}} \times 100\%$$

1.2.3 干旱胁迫下的叶片脯氨酸质量分数 将各

^{*} 收稿日期: 2005-12-12

基金项目: 科技部攻关资助项目 (2004BA522B07-4); 广东省科技攻关资助项目 (2005B20201020); 珠海市科技攻关资助项目 (ZKJ 2005J-42 和 PC200501004) 和广东省自然科学基金博士科研启动基金资助项目 (05300647)

作者简介: 郑玉忠 (1977 年生) 男, 助教; 通讯联系人: 杨中艺, E-mail: adsyxz@zsu.edu.cn

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

居群的竹节草种在 25 cm (高) × 20 cm (底径) 的花盆内, 统一管理 1 个月。处理前先 1 次性交足水后, 连续 8 d 不再浇水。每隔 2 d 取一次叶片, 测定脯氨酸质量分数, 直至叶片枯萎无法取样为止。脯氨酸质量分数的测定采用磺基水杨酸法^[7]。在取样时, 测定这些花盆中当天土壤的含水量。经过 8 d 干旱处理, 取样 4 次; 第 9 天开始重新浇水使草恢复 4 d 最后测其复水后的脯氨酸质量分数。

1.2.4 各项指标的综合评价方法^[8-9] 抗旱性是一个复杂的性状, 应采取若干性状的综合评价, 而且应进行权重分配; 为尽量消除或减小各指标的不同而产生的差异, 对各指标采用五级评分法进行评估, 其换算公式如下:

$$D = (H_{\max} - H_{\min}) / 4 \tag{1}$$

$$E = (H - H_{\min}) / D + 1 \tag{2}$$

式中, $H_{\max}$ 表示各指标测定的最大值; $H_{\min}$ 为各指标测定的最小值; H 表示各指标测定的值; D 为得分极差 (每得 1 分之值); E 是各指标应得分。

但是, 如某个指标与抗旱性为负相关, 则可用反函数公式进行计算:

$$H_x = 5 - (H - H_{\min}) / D \tag{3}$$

为防止权重可能产生偏差, 需要用变异系数法计算各指标的权重, 并用后者来印证前者。公式为:

$$\text{任一权重系数} = \frac{\text{任一指标变异系数}}{\text{各指标变异系数之和}} \tag{4}$$

2 结果与分析

2.1 叶片含水量、饱和亏和需水程度

各居群的竹节草组织含水量和相对含水量的差异不明显。经过方差分析, 不同居群间的临界饱和亏差异显著 ($P < 0.05$), 自然饱和亏和需水程度差异极显著 ($P < 0.01$)。相对含水量愈低, 自然饱和亏愈大, 说明水份亏缺愈严重。需水程度则反映了植物组织维持正常生命活动所缺少的水分程度。从表 1 可以看出, 海口居群的自然饱和亏值最大, 达到了 13.99%, 而它的需水程度最大为 21.94%, 说明在自然状态下, 海口的叶片最为缺水。临界饱和亏愈大说明植物抗脱水能力愈强, 即愈耐干旱。海口、广州和大新 3 个居群是临界饱和亏最大的, 其值分别为 63.77%、62.96%和 62.59%。

表 1 竹节草叶片的含水量和饱和亏将方差统计结果标在表中¹⁾
Tab 1 Water content and saturation deficiency in leaves of *C. aciculatus*

居群	组织含水量 /%	相对含水量 /%	自然饱和亏 /%	临界饱和亏 /%	需水程度 /%
广东清远	76.32 ^a	94.29 ^{ab}	5.71 ^g	58.03 ^{abc}	9.83 ^d
广东潮阳	75.41 ^a	91.49 ^{abcd}	8.51 ^{ef}	51.8 ^{cde}	16.43 ^b
广东丰顺	75.29 ^a	89.77 ^{bcd}	10.23 ^{cd}	50.5 ^{de}	20.25 ^a
广东中山	73.81 ^a	94.89 ^{ab}	5.11 ^g	48.9 ^e	10.45 ^d
广东乐昌	74.06 ^a	90.73 ^{bcd}	9.27 ^{de}	47.24 ^e	19.63 ^a
广东河源	75.98 ^a	89.41 ^{bcd}	10.59 ^c	52.93 ^{bcd}	20.02 ^a
广东广州	76.53 ^a	94.26 ^{ab}	5.74 ^g	62.96 ^a	9.12 ^{de}
贵州册亨	74.39 ^a	97.02 ^a	2.98 ^h	46.46 ^e	6.41 ^e
云南景洪	74.72 ^a	92.38 ^{abc}	7.62 ^f	50.36 ^{de}	15.14 ^{bc}
海南海口	75.14 ^a	86.01 ^d	13.99 ^a	63.77 ^a	21.94 ^a
云南思茅	75.04 ^a	92.11 ^{abc}	7.89 ^f	56.9 ^{abcd}	13.87 ^{bc}
广西宾阳	73.02 ^a	90.79 ^{bcd}	9.21 ^{de}	60.99 ^a	15.1 ^{bc}
广西大新	75.29 ^a	92.31 ^{abc}	7.69 ^f	62.59 ^a	12.29 ^{cd}
福建诏安	73.79 ^a	87.62 ^{cd}	12.38 ^b	58.01 ^{abc}	21.33 ^a
江西寻乌	75.8 ^a	87.51 ^{cd}	12.49 ^b	59.59 ^{ab}	20.97 ^a
变异系数 /%	1.34	3.32	35.12	10.80	32.70

1) 表中数据后的小写字母表示不同水平上的差异显著性

2.2 叶片持水力和失水率

由表 2 可以看出, 在脱水处理 4 h 内, 各居群叶片失水率测定结果的变异系数较大, 随着离体时间的延长, 变异系数变小, 叶片失水率在居群间趋于一致。因此, 本实验采用第 4 h 的测定值计算失

水速率。广西大新居群的失水速率最小, 为 27.37%, 广东潮阳和广东中山的次之; 以 24 h 时的保水力测定值衡量, 广西大新居群的保水力也是最强的, 其次是广东广州和广东中山居群, 这些居群的叶片抗脱水能力也是较强的。

表 2 竹节草叶片的持水力和失水率
Tab 2 Water-holding capacity and water-losing rate in leaves of *C. aciculatus*

居群	不同脱水时间下叶片的失水率 /%				每小时失水速率 /%	24 h保水率 /%
	0 h	2 h	4 h	6 h		
广东清远	0	49.60	70.91	84.13	34.11	2.33
广东潮阳	0	34.37	71.55	82.41	31.39	3.28
广东丰顺	0	43.76	64.64	83.98	32.06	3.19
广东中山	0	39.64	67.51	81.34	31.42	3.66
广东乐昌	0	39.39	65.97	87.88	32.21	2.50
广东河源	0	51.34	60.72	82.94	32.50	3.26
广东广州	0	57.48	77.13	81.38	36.00	4.81
贵州册亨	0	44.91	64.92	82.21	32.01	3.44
云南景洪	0	45.75	68.73	84.04	33.09	2.71
海南海口	0	67.00	77.00	72.60	36.10	2.08
云南思茅	0	50.77	73.61	82.51	34.48	2.27
广西宾阳	0	57.28	72.74	75.99	34.34	2.80
广西大新	0	40.14	44.02	80.05	27.37	6.68
福建诏安	0	67.62	69.97	73.86	35.24	2.54
江西寻乌	0	54.85	74.67	85.19	35.79	1.69
平均值	0	49.59	68.27	81.37	33.21	3.15
变异系数 /%	0	19.99	12.00	5.17	6.99	39.28

2.3 干旱胁迫下的竹节草叶片游离脯氨酸质量分数

从表 3 可以看出，在干旱胁迫的前 4 d 内，叶片中游离脯氨酸质量分数缓慢增加；随着干旱胁迫

时间的延长，游离脯氨酸的质量分数急剧增加。其中以广东乐昌脯氨酸的平均增长值为最小。

表 3 干旱胁迫下的竹节草叶片游离脯氨酸质量分数
Tab 3 Free proline contents in leaves of *C. aciculatus* under drought stress

居群	不同干旱时间下脯氨酸质量分数 ¹⁾ / (mg·g ⁻¹)					复水后 Pro 质量分数 / (mg·g ⁻¹)	平均增长量 / (mg·g ⁻¹ ·d ⁻¹)
	CK	2 d	4 d	6 d	8 d		
广东清远	0.235	0.307	0.918	2.757	4.359	1.445	0.516
广东潮阳	0.227	0.266	0.608	0.919	1.950	0.692	0.215
广东丰顺	0.198	0.282	0.588	1.288	4.778	0.983	0.573
广东中山	0.189	0.304	0.607	2.123	2.218	0.648	0.254
广东乐昌	0.219	0.289	0.633	1.382	1.909	0.688	0.211
广东河源	0.177	0.298	0.587	2.141	3.057	0.701	0.360
广东广州	0.170	0.290	0.619	1.577	2.994	0.674	0.353
贵州册亨	0.207	0.260	0.628	2.678	3.028	0.710	0.353
云南景洪	0.214	0.303	0.671	1.038	4.590	0.834	0.547
海南海口	0.227	0.300	0.717	2.831	3.038	0.815	0.351
云南思茅	0.194	0.297	0.624	2.881	2.011	0.681	0.227
广西宾阳	0.192	0.265	0.664	3.358	4.617	0.756	0.553
广西大新	0.222	0.306	0.621	2.384	2.849	0.704	0.328
福建诏安	0.252	0.307	0.734	1.306	2.929	0.719	0.335
江西寻乌	0.311	0.323	0.793	1.403	3.416	0.760	0.388
平均 Pro 质量分数	0.216	0.293	0.667	2.004	3.183	0.787	0.371
变异系数 /%	16.07	6.13	13.55	38.93	31.12	25.47	32.27
土壤含水量 /%	31.65±3.99	24.94±2.63	18.15±2.21	9.88±2.30	5.82±1.23	30.24±3.69	—

1) 以干质量计

2.4 抗旱性品系的综合评定

本文对各居群的 5 个指标（组织含水量、临界饱和亏、保水率、失水速率、脯氨酸的平均增长量）进行了抗旱性综合评定。其中，组织含水量、临界饱和亏和保水率越大，表示抗性越强，因此用公式（2）计算；失水速率和脯氨酸的平均增长量越小，表示抗性越强，用公式（3）计算。同时根据结果计算出各个变量所有分值的变异系数，5 个指标的变异系数分别为：0.373、0.451、0.458、

0.457、0.428。

由上述的变异系数根据公式（4）计算得到的权重系数矩阵为（0.172 0.208 0.211 0.211 0.198）。用 A 表示权重系数矩阵，R 表示各指标所达到的水平的单项鉴定矩阵，然后进行复合运算，即：

B= A * R=(0.172 0.208 0.211 0.211 0.198)

4.01	2.99	2.37	4.23	2.71	2.24	4.00	5.00	3.31	1.00	3.22	2.74	3.29	1.58	1.54
3.67	2.23	1.93	1.56	1.18	2.50	4.81	1.00	1.90	5.00	3.41	4.36	4.73	3.67	4.03
1.91	3.16	2.85	3.14	2.78	2.65	1.05	2.87	2.38	1.00	1.74	1.81	5.00	1.39	1.14
1.51	2.27	2.20	2.58	1.65	2.26	3.50	2.40	1.82	1.31	1.46	1.89	5.00	1.68	1.00
1.58	4.94	1.00	4.57	5.00	3.40	3.49	3.44	1.26	3.43	4.86	1.22	3.69	3.58	2.90
=[2.491 3.104 2.074 3.165 2.637 2.612 3.338 2.863 2.102 2.378 2.901 2.400 4.390 2.339 2.130]														

归一化处理结果得：[0.061 0.076 0.051 0.077 0.064 0.064 0.081 0.070 0.051 0.058 0.071 0.059 0.107 0.058 0.052]

由上述归一化处理所得的综合分越高，说明该居群的耐旱性越强。因此，可对各居群的抗旱性进行排序，结果为：广西大新>广东广州>广东中山>广东潮阳>云南思茅>贵州册亨>广东乐昌>广东河源>广东清远>福建诏安>广西宾阳>海南海口>江西寻乌>云南景洪>广东丰顺。

3 讨论

植物的抗旱性可以通过各种生理生化指标表现出来，文中主要通过胁迫下的水分生理变化来反应植物的抗旱性。其中组织含水量和保水率具有快速简便的测定特点，而且离体叶片的保水率具有较强的遗传性^[10]；失水速率能较好的反应水分胁迫的程度^[11]。另外，本实验中（表 1）自然饱和亏和需水程度差异极显著（P<0.01），这可能是由浇水不均或者处理样品的时间差，引起较大误差所致；不同居群间的临界饱和亏差异显著（P<0.05），这与植物的内在性质相联系，能比较客观的反映植物的实际能力；因此应用临界饱和亏来进行的最后的评价是比较适合的。

脯氨酸的积累是植物对干旱逆境的一种反应，体内较高的脯氨酸质量分数对提高植物的耐旱性和加速恢复是有利的^[12]。鲍巨松等^[13]发现，植株体内脯氨酸质量分数的多少只反映水分胁迫的程度，与植株的抗旱性无关，这与 Singl 等（1972）提出的观点相反。目前还无法以体内脯氨酸质量分数的高低来衡量耐旱性的强弱。但植物体内能够积累脯氨酸的质量分数是有限的，因此，可以用脯氨酸的

平均增长速度来衡量植物的耐旱性。从理论上来说，增长速度越小，其可延续的时间越长，即耐旱的时间越长。另外，复水后，体内脯氨酸质量分数恢复到原有水平的速度，也能反应植物的耐旱性。但胁迫下脯氨酸的平均增长速度、复水后脯氨酸质量分数恢复速度与植物耐旱性具体对应关系的问题，还有待于进一步的研究。

研究结果显示竹节草不同居群的抗旱性差异较大，说明我国竹节草野生种质资源具有较丰富的遗传多样性。由于样地的分布范围有限，还不足以按纬度、海拔或降雨量等进行分类比较，无法将竹节草的抗旱性状与地理环境相对应，这些将有待于进一步的完善。

参考文献：

[1] THOMASH J. Effect of rate of dehydration on leaf water status and osmotic adjustment in *Dactylis glomerata*, *Lolium perenne* and *L. multiflorum* Lam. *Annals of Botany* 1986 57 225—235

[2] 陈守良. 中国植物志 (第十卷、第二分册) [M]. 北京: 科学出版社, 1997 132—137.

[3] 郑玉忠, 席嘉宾, 杨中艺. 中国竹节草野生种质资源调查及生物学特性研究 [J]. 草业学报, 2005 14(3): 117—122

[4] 刘祖祺, 张石诚, 主编. 植物抗性生理学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1994

[5] 张明生, 彭忠华, 谢波, 等. 甘薯离体叶片失水速率及渗透调节物质与品种抗旱性的关系 [J]. 中国农业科学, 2004 37(1): 152—156

[6] 王韶唐, 荆家海, 丁钟荣, 等. 植物生理学实验指导 [M]. 西安: 陕西科技出版社, 1986

[7] 张殿忠, 汪沛洪, 赵会贤. 测定小麦叶片游离脯氨酸

- 含量的方法[J]. 植物生理学通讯, 1990 26(4): 62—65
- [8] 候建华, 吕凤山. 玉米苗期抗旱性鉴定研究[J]. 华北农学报, 1995 10(3): 89—93
- [9] 马炜, 王彩云. 几种引进冷季型草坪草的生长及抗旱生理指标[J]. 草业科学, 2001 18(2): 57—61
- [10] 吕凤山, 候建华. 陆稻抗旱性主要指标的研究[J]. 华北农学报, 1994 9(4): 7—12
- [11] 张燕之, 周毓珩, 曾祥宽, 等. 不同类型稻抗旱性鉴定指标研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2002 33(2): 90—93
- [12] 张烈, 沈秀瑛. 脯氨酸对玉米抗旱性影响的研究[J]. 华北农学报, 1999 14(1): 38—41
- [13] 鲍巨松. 玉米在水分胁迫条件下脯氨酸变化与抗旱性的关系[J]. 陕西农业科学, 1990(增): 37—39

Drought Resistance Wild Germplasm Resources of *Chrysopogon aciculatus* in China

ZHENG Yu-zhong², XI Jia-bi², ZHANG Zhen-xia¹, YANG Zhong-yi¹

(1. Hanshan Normal College, Chaozhou 521041, China;

2. School of Life Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: Populations of *Chrysopogon aciculatus* (Retz.) Trin. a wild grass with potential use for ecological conservation, were collected from 15 areas of 7 tropical and subtropical provinces in China. Water physiological features and free proline content in leaves under drought stress of the 15 populations were investigated. The data obtained were comprehensive appraised after weight distribution. The results showed that drought resistance of the population from Guangxi Daxin was best and that from Guangdong Fengshun was worst. It is suggested that genetic diversity of *C. aciculatus* in subtropics of China is abundant because of the great variation observed in the wild populations.

Key words: *Chrysopogon aciculatus*; wild germplasm; drought resistance; comprehensive estimate

(上接第 87 页)

Effects of Salt Stress on Wild Seashore Centipedegrass

CHEN Ping¹, XI Jia-bi², ZHANG Jian-guo³, XIE Zhi-liang¹, SHI Xiu-lan¹

(1. School of Agriculture and Gardens, Zhongkai University of Agriculture and Technology, Guangzhou 510225, China;

2. School of Life Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China;

3. Jida Gardens Bureau, Xiangzhou District, Zhuhai 519015, China)

Abstract: Centipedegrass from seashore and green grass in campus were cultured in pot under salt stress (salt conc. 0%, 0.25%, 0.5%, 0.75%, 1.0%, 1.25%) and the effects of salt stress were studied. The results showed that the leaves and roots in seashore wild centipedegrass under salt stress maintained stable $[Na^+]/[K^+]$ value, had higher Na^+ , K^+ content and biomass than that of control. And it has higher chlorophyll content and low relative membrane permeability in leaves. This may be related with seashore wild centipedegrass having stronger salt tolerance. And has better foreground of exploiting and using.

Key words: seashore wild centipedegrass; salt tolerance; salt stress