

# 高羊茅新品系抗旱耐热性评价

杨春燕, 张 文, 钟 理, 吴佳海

(贵州省草业研究所, 贵州 独山 558200)

**摘 要:**以 11 个高羊茅新品系为试材, 以“上农”、“Fawn”为对照, 研究比较了在自然高温干旱胁迫过程中不同品系的高羊茅植株的枯黄率和死亡率, 测定分析了各品种的叶绿素总含量、叶绿素 a、b 含量、游离脯氨酸含量及细胞膜透性等生理指标变化, 对各品种进行抗旱性评价研究。结果表明: 在自然干旱胁迫环境下, 各品系、对照在枯黄率和死亡率方面差异显著, 叶绿素总含量、叶绿素 a、b 含量较正常生长条件下, 均呈下降趋势, 游离脯氨酸含量较正常生长条件下有所积累。经多因素综合评价分析, 新品系及对照抗旱性由强到弱依次为: “I112” > “J168” > “F113” > “D78” > “J172” > “D73” > “B166” > “D76” > “上农” > “B29” > “B169” > “J174” > “Fawn”。该试验研究结果将为选育抗旱型高羊茅新品种提供理论依据。

**关键词:**高羊茅; 新品系; 抗旱耐热性

**中图分类号:**S 688.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)18-0063-04

高羊茅(*Festuca arundinacea*)是我国一种重要的冷季型牧草, 在贵州省人工草地建植、天然草地恢复中被

广泛利用, 是草地群落的重要建群种之一。2009 年 9 月至 2010 年 5 月贵州省持续干旱, 造成人工草地牧草大量死亡, 恶性杂草大量繁殖, 草地急剧退化, 对该省生态畜牧业发展造成了巨大损失。因此, 选育抗旱型优良牧草对促进贵州省草地生态及畜牧业持续健康发展有着重要意义。同时, 高羊茅也是我国广泛应用的一种草坪草。近年来, 由于极端气候的频繁出现, 抗逆植物品种选育得到人们的重视, 也取得许多研究成果。人们对逆境胁迫下植物活性氧化物、激素与生长物, 渗透调节物质和信号调控物质的响应规律等方面积累了大量的研

**第一作者简介:**杨春燕(1982-), 女, 四川自贡人, 硕士, 研究实习员, 研究方向为种质资源。E-mail: 494628745@qq.com.

**责任作者:**钟理(1983-), 男, 土家族, 重庆黔江人, 助理研究员, 研究方向为作物遗传育种。E-mail: zhongliycy@126.com.

**基金项目:**贵州省农业攻关计划资助项目(黔科合 NY 字[2010]3044 号; 黔科合 NY 字[2008]3070 号); 贵州省科学技术基金资助项目(黔科合 J 字[2009]2133 号; 黔科合 J 字[2012]2202 号)。

**收稿日期:**2013-04-10

[7] 程大友, 张义, 陈丽. 氯化钠胁迫下甜菜种子的萌发[J]. 中国糖料, 1996(2): 21-23.

[8] 闫兴富, 高娜. 复合钠盐胁迫对沙棘种子萌发的影响[J]. 湖北农业科学, 2009, 48(12): 2993-2995.

[9] 李妍. 多种盐胁迫对中华补血草种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 北

方园艺, 2009(5): 54-57.

[10] 陈火英, 张建华, 陈云鹏, 等. NaCl 胁迫对不同品种萝卜种子发芽特性的影响[J]. 江西科学, 1999, 17(2): 96-99.

[11] 李海云, 赵可夫. 盐对盐生植物种子萌发的抑制[J]. 山东农业大学学报, 2002, 33(2): 170-173.

## Effect of Salt Stress on the Germination Characters of *Helianthus annuus* Seed

NIU Dang-ping<sup>1</sup>, CAO Zhen-zhao<sup>2</sup>, YAN Xue-chun<sup>1</sup>

(1. Suzhou Tourism and Finance Institute, Soochow, Jiangsu 215000; 2. Botanical Garden of Xinxiang City, Xinxiang, Henan 453000)

**Abstract:** Taking *Helianthus annuus* seeds as experimental materials, using the paper culture method, under light incubator (25±1)°C condition, the effects of 0, 2, 4, 8, 12 g/L 5 salt solution concentration gradient stress treatments on the germination rate, germination potential, germination index were studied. The results showed that when salt solution at 2 g/L, seed germination rate was the highest, which showed adaptability of *Helianthus annuus* seeds at this salt solution. As the concentration of salt solution increased, compared with the contrast, germination potential and germination index of all treatments showed clear downward trend. When salt solution at 12 g/L, the germination rate was the lowest, germination quality was the poorest, the growth of seeds showed a bad state.

**Key words:** *Helianthus annuus*; seed germination; salt tolerance

究资料,建立了一系列的评价指标<sup>[1-4]</sup>。以往试验多采用室内控制试验条件的方式,而高羊茅在自然条件下受到的环境影响多是复杂多变的,往往受到的是多种环境胁迫,如在经受高温胁迫的同时,常因高温引起干旱,无法反映多种胁迫的协同作用。因此,现以课题组选育的11份高羊茅新品系为试材,以“上农”和“Fawn”为对照,在田间自然生长状态下,观测其在夏季高温干旱逆境协同作用下的形态变化,同时结合室内生理指标的测定,旨在为选育抗旱耐热新品种提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料为课题组选育的11份高羊茅新品系,详见表1,以“上农”、“Fawn”为对照。

### 1.2 试验方法

自然环境胁迫处理在贵州省草业研究所独山试验基地(东经107°33',北纬25°30')进行。试验材料种植于2 m×3 m的试验小区,分2行种植,每行7株。统一田间施肥、除杂管理,测定长时间自然干旱后植株的枯黄、死亡情况。

室内试验在贵州省草业研究所独山试验基地大棚内进行。试验材料种植于高12.5 cm、底径为12 cm、口径15.5 cm的塑料盆中,每盆装土壤1 600 g,栽培基质为壤土:沙=1.5:1。待材料的盖度达到98%以后移入大棚。

自9月10日浇1次透水后,开始进行干热胁迫处理,期间,白天温度和夜间温度分别为29~40℃和21~29℃。干热处理前取一次样,代表其正常生长时的情况,处理14 d后再次取样,代表其干热胁迫后的情况。取样时,选择生长势一致的植株向阳面的成熟叶片,于早上8:00~10:00进行,取完后迅速放入材料袋备用。

### 1.3 项目测定

枯黄率、死亡率的测定采用目测法,主要观察记载植株枯黄、死亡情况;叶绿素总含量、叶绿素a、b含量测定采用分光光度法<sup>[5]</sup>;游离脯氨酸含量的测定采用茚三酮法<sup>[6]</sup>。

### 1.4 数据分析

试验数据均采用SPSS 17.0和Excel软件处理。差异性分析采用LSD法进行多重比较。

抗旱性综合评价采用隶属函数法<sup>[7]</sup>,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: $D = (H_{\max} - H_{\min}) / 4$  (1),  $E = (H - H_{\min}) / D + 1$  (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,如某个指标与抗性为负相关,则可用反函数

公式进行计算: $H = 5 - (H - H_{\min}) / D$  (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,公式为:任一指标权重系数=任一指标变异系数/各指标变异系数之和(4)。

## 2 结果与分析

### 2.1 各品系在干热胁迫下枯黄率、死亡率的变化

植物形态变化是植物在遭受逆境胁迫时最直观的反映。从试验结果来看,植物形态对干热胁迫的响应首先表现在成熟叶片上,因干热胁迫引起水分在高羊茅各器官按水势高低重新分配,水势低的部位从水势高的部位夺取水分,干热胁迫时,幼叶向老叶夺水,促使老叶因缺水而枯黄,进而到幼叶枯黄,直至植株死亡。从表1可以看出,初步可以将所有材料按抗旱耐热等级分为3类,第1类为强抗类型,包含“D73”、“F113”、“I112”和“J168”4份材料;第2类为敏感类型,包含“B169”、“J174”、“Fawn”3份材料,其余材料为中间类型。

表1 各品系在干热胁迫下枯黄率及死亡率的变化

Table 1 Changes of the rate of turned brown and death of *Festuca arundinacea* under drought and heat stress

编号 No.	材料 Materials	枯黄株数 No. of turned brown/株	枯黄率 Rate of turned brown/%	死亡株数 No. of death /株	死亡率 Rate of death /%
1	“B29”	1	42.86	5	35.71
2	“B166”	0	14.29	2	14.29
3	“B169”	2	85.71	10	71.43
4	“D73”	0	7.14	1	7.14
5	“D76”	2	28.57	2	14.29
6	“D78”	3	28.57	1	7.14
7	“F113”	0	0.00	0	0.00
8	“I112”	1	7.14	0	0.00
9	“J168”	0	0.00	0	0.00
10	“J172”	2	21.43	1	7.14
11	“J174”	3	64.29	6	42.86
对照1	“上农”	0	21.43	3	21.43
对照2	“Fawn”s	2	71.43	8	57.14

### 2.2 各品系在干热胁迫下叶绿素含量的变化

叶绿素是植物把无机碳、氮转变成有机碳、氮的重要介质,是反映植物光合作用能力及营养作用的重要指标之一。从表2可以看出,在经受干热胁迫后,所有材料叶绿素总含量、叶绿素a和b含量均显示呈下降趋势,表明叶绿素合成受阻。在正常生长情况下,品系间叶绿素总量、叶绿素a和b含量有所差异,但均未达到显著水平;在干热胁迫下,品系间的差异开始体现出来,叶绿素a含量较正常生长时,下降量达到70%以上的有:“B29”、“B169”、“J174”和“Fawn”4份材料;55%~70%的材料有“D73”、“D76”、“J168”3份材料;其余材料处于45%~70%之间。其中,尤以“Fawn”叶绿素a含量下降量最

表 2 各品系在干热胁迫下叶绿素 a、b 含量及总含量的变化

Table 2 Changes of the content of chlorophyll a, b and the total chlorophyll of *Festuca arundinacea* under drought and heat stress

材料 Materials	叶绿素 a 含量		叶绿素 b 含量		叶绿素总含量	
	Chlorophyll a content/mg · g <sup>-1</sup>		Chlorophyll b content/mg · g <sup>-1</sup>		Total chlorophyll content/mg · g <sup>-1</sup>	
	干旱期 Drought	正常 Normal	干旱期 Drought	正常 Normal	干旱期 Drought	正常 Normal
“B29”	0.567±0.131BC	1.934±0.068	1.137±0.213BC	3.578±0.431	1.704±0.344AB	5.512±0.574
“B166”	0.717±0.022C	1.571±0.131	1.417±0.336C	3.128±0.634	2.134±0.358B	4.699±0.843
“B169”	0.368±0.126 A	1.911±0.223	0.680±0.228B	2.585±0.213	1.048±0.354A	4.496±0.632
“D73”	0.690±0.031C	2.008±0.086	1.197±0.231C	2.713±0.653	1.887±0.262B	4.721±0.331
“D76”	0.674±0.025C	1.942±0.133	1.292±0.069C	2.761±0.784	1.966±0.094B	4.703±1.033
“D78”	0.977±0.118D	1.973±0.231	1.799±0.151D	2.750±0.245	2.776±0.269C	4.723±0.826
“F113”	0.713±0.012C	1.546±0.236	1.418±0.221C	3.217±0.853	2.131±0.766B	4.763±0.724
“I112”	0.943±0.024D	1.798±0.498	2.032±0.568D	3.680±0.314	2.975±0.592CD	5.478±0.812
“J168”	0.801±0.059C	1.842±0.233	1.563±0.331C	2.846±0.452	2.364±0.39BC	4.688±0.322
“J172”	0.704±0.031C	1.540±0.089	1.523±0.254C	3.583±0.352	2.227±0.285B	5.123±0.998
“J174”	0.395±0.058AB	1.513±0.132	0.640±0.133AB	3.584±0.531	1.035±0.191A	5.097±0.903
“上农”	0.680±0.135C	1.456±0.112	1.206±0.452C	3.503±0.643	1.886±0.587B	4.959±0.76
“Fawn”	0.258±0.098 A	2.007±0.225	0.508±0.233A	3.690±0.341	0.766±0.331A	5.697±1.011

注:表格中同列不同字母表示数值间差异显著(P<0.01)。下同。

Note: Means with different letters in the same column were significantly different at the 0.01 level. The same below.

大,达到 87.15%,表明其叶绿素合成受干热胁迫影响最大;而材料“I112”下降量最低,为 47.55%,表现出相对较强的叶绿素持有能力。叶绿素 b 和叶绿素总含量变化趋势与叶绿素 a 趋于一致。

2.3 各品系在干热胁迫下游离脯氨酸含量和细胞膜相对透性的变化

植物渗透势反映了细胞的吸水能力和植物组织水状况,在干热胁迫下,植物可通过渗透调节功能,增加细胞溶质浓度,降低渗透势,保持膨压,缓和脱水胁迫,有利于水分和细胞各种生理过程的正常进行。脯氨酸是其中一种重要渗透调节物质,在植物受胁迫时,起到稳定生物大分子的结构和功能的作用<sup>[8-10]</sup>。从表 3 可以看出,在正常生长情况下,各新品系与对照游离脯氨酸含量有差异但不显著,在干热胁迫下都呈上升趋势,且品系间差异显著,部分达到显著水平。

在植株受到干热胁迫时,细胞会失水,细胞原生质体和细胞壁都会发生收缩,但二者收缩的程度和速度都会不同,当细胞过度失水时,原生质体收缩超过细胞壁的收缩能力,原生质收缩,由于原生质与胞壁具有部分粘连,原生质体可能被撕破,使细胞内含物外渗,从而增加相对电导率<sup>[11-12]</sup>。在干热胁迫下,所有材料细胞膜透性均增大,相对电导率较正常生长上升在 50%以上的有“D76”、“D78”、“J174”和“Fawn”4 份材料,其中以“Fawn”最大,为 68.8%,表明其细胞膜受损最大;在 30%~40%的有“D73”、“F113”、“I112”、“J168”和“J172”5 份材料,其中以“J168”最低,为 30.2%;其余 4 份材料处于 40%~50%。

表 3 各品系在干热胁迫下游离脯氨酸含量和相对电导率的变化

Table 3 Changes of free proline content and electrolyte leakage of *Festuca arundinacea* under drought and heat stress

材料 Materials	游离脯氨酸含量		相对电导率	
	Free proline content/mg · g <sup>-1</sup>		Relative conductivity/%	
	干旱期 Drought	正常 Normal	干旱期 Drought	正常 Normal
“B29”	2.378±0.122D	0.141±0.068	67.4±4.040C	19±2.256BC
“B166”	2.276±0.016CD	0.144±0.033	56.8±5.478B	16.6±2.260B
“B169”	3.155±0.235E	0.137±0.023	54.5±26.290AB	12.2±2.920A
“D73”	2.053±0.029C	0.146±0.036	46.3±4.666A	12.7±2.024A
“D76”	1.469±0.025B	0.149±0.045	71.2±2.888C	15.3±1.444A
“D78”	1.386±0.108B	0.132±0.035	71.3±3.210C	18.4±1.278B
“F113”	0.640±0.112A	0.191±0.023	52.9±2.566A	16.8±0.528B
“I112”	0.783±0.018AB	0.162±0.068	54.8±5.130B	17.2±1.760B
“J168”	0.550±0.012A	0.148±0.053	52.1±6.121A	21.9±1.530C
“J172”	1.282±0.095B	0.171±0.089	64.8±4.125BC	25.8±1.187D
“J174”	2.570±0.285D	0.135±0.062	82.3±5.097DE	15.8±2.285AB
“上农”	2.251±0.155D	0.158±0.042	72.7±6.060CD	23.1±2.096CD
“Fawn”	3.021±0.198 DE	0.159±0.031	87.7±4.194E	18.9±2.823B

2.4 各指标的综合评价

试验对各材料的 5 个指标(叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量、叶绿素总量、游离脯氨酸含量、细胞膜相对透性)进行了抗性综合评定。其中,叶绿素总量、叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量降解越少,表示抗性越强,因此用公式(2)计算;游离脯氨酸含量、细胞膜相对透性变化越小,表示抗性越强,用公式(3)计算。同时根据公式(4)结果计算出各个变量所有分值的权重系数,5 个指标的权重系数分别为:0.1951、0.2508、0.2057、0.2419、0.1065。

以 A 表示权重系数矩阵,以 B 表示各指标达到的水平的单项鉴定矩阵,C 表示各材料抗性评价综合得分,

$$A=[0.1951,0.2508,0.2057,0.2419,0.1065]$$

$$B=\begin{bmatrix} 0.3299,0.4515,0.1686,0.4296,0.4166,0.6622,0.4482,0.6347,0.5196,0.4409,0.1905,0.4215,0.0794 \\ 0.5451,0.7222,0.2561,0.5831,0.6432,0.9638,0.7228,1.1111,0.8145,0.7892,0.2308,0.5888,0.1474 \\ 0.4210,0.6003,0.1476,0.4973,0.5302,0.8679,0.5990,0.9508,0.6961,0.6390,0.1421,0.4969,0.0300 \\ 3.9216,3.9811,3.4687,4.1110,4.4515,4.4999,4.9347,4.8514,4.9872,4.5605,3.8097,3.9956,3.5468 \\ 3.1006,3.8820,4.0515,4.6560,2.8204,2.8130,4.1695,4.0294,4.2285,3.2922,2.0021,2.7098,1.6041 \end{bmatrix}$$

$$C=A \times B=[1.5665,1.7691,1.3980,1.8226,1.7289,1.9376,2.0297,2.2008,2.1056,1.8692,1.2591,1.5873,1.0875]$$

综合得分越高,表示抗逆性越强。对各材料的抗逆性进行综合排序,结果为:“I112”>“J168”>“F113”>“D78”>“J172”>“D73”>“B166”>“D76”>“上农”>“B29”>“B169”>“J174”>“Fawn”。

### 3 结论与讨论

该试验结果表明,随着干热胁迫的加剧,高羊茅新品系及对照成熟叶片逐渐变黄,接着幼叶开始萎蔫直至死亡;叶绿素总量、叶绿素 a 和叶绿素 b 含量都呈下降趋势,这与其它学者的研究结果一致<sup>[1-4]</sup>;游离脯氨酸含量不断积累,细胞膜透性不断增大,不同材料间变化程度存在显著差异,表明高羊茅新品系间抗旱耐热性差异明显,遗传变异丰富,可从中选育抗旱耐热新品种。根据试验结果,对照“Fawn”抗旱耐热性最差,这与生产实际相符。大多数新品系抗旱耐热性强于对照,表明利用当地优良材料进行杂交育种是种可行的育种手段,其杂交后代在抗旱抗热方面较引进品种有一定优势。

但从该试验结果来看,田间观察情况与室内试验并不完全一致,一方面可能因为田间土壤环境差异引起,另一方面则可能由较有限的室内试验指标造成。同时,在自然环境中,夏季除干热胁迫之外,常因高温高湿而引起病原真菌传播,同时造成高羊茅草地群落内小气候的相对湿度过高,形成茎、叶部病害流行,对其造成很大

进行复合运算,则:

的危害。因此,高温高湿也是影响高羊茅夏季正常生长的一个重要因素,但尚需要进一步试验研究。

### 参考文献

- [1] 黎裕. 作物抗旱鉴定方法与指标[J]. 干旱地区农业研究, 1993, 11(1): 91-99.
- [2] 余玲, 王彦荣, Garnett T. 紫花苜蓿不同品种对于旱胁迫的生理响应[J]. 草业学报, 2006(6): 75-85.
- [3] 谢贤健, 兰代萍, 白景文. 三种野生岩生草本植物的抗旱性综合评价[J]. 草业学报, 2009(8): 75-80.
- [4] 何玮, 范彦, 王琳, 等. 三峡库区野生红三叶苗期抗旱性灰色关联分析[J]. 草业学报, 2009(6): 255-259.
- [5] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [6] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 西安: 世界地图出版社, 2000.
- [7] 张治安, 张美善, 蔚荣海. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2004.
- [8] 昌西. 植物对于旱逆境的生理适应机制研究进展[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(18): 7549-7551.
- [9] 宋松泉, 王彦荣. 植物对于旱胁迫的分子反应[J]. 应用生态学报, 2002, 13(8): 1037-1044.
- [10] 彭立新, 李德伞, 束怀瑞. 植物在渗透胁迫下的渗透调节作用[J]. 天津农业科学, 2002, 8(1): 41-43.
- [11] 孟繁静, 刘适宏, 苏业瑜. 植物生理生化[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- [12] 陈颖, 谢寅峰, 沈惠娟. 银杏幼苗对水分胁迫的生理响应[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2002, 26(2): 55-58.

## Evaluation of Drought and Heat Resistances for *Festuca arundinacea* New Strains

YANG Chun-yan, ZHANG Wen, ZHONG Li, WU Jia-hai

(Guizhou Institute of Prataculture, Dushan, Guizhou 558200)

**Abstract:** Taking 11 *Festuca arundinacea* varieties as test materials, in contrast of ‘Fawn’ (introduced variety) and ‘Shangnong’, the brown rate, death rate, content of total chlorophyll, chlorophyll a, chlorophyll b content, free proline content and cell membrane permeability changes of physiological index of *Festuca arundinacea* under drought and heat stress were determined and observed, evaluation of drought resistance of each variety were studied. The results showed a significant difference between new stains to drought and heat tolerances were: ‘I112’>‘J168’>‘F113’>‘D78’>‘J172’>‘D73’>‘B166’>‘D76’>‘Shangnong’>‘B29’>‘B169’>‘J174’>‘Fawn’. These results would give a valid references for new variety breeding.

**Key words:** *Festuca arundinacea*; new strains; drought and heat resistances