

# 39 份新麦草种质耐旱性综合评价

于晓丹, 张蕴薇

(中国农业大学草地研究所, 北京 100193)

**摘 要:** 39 份(1~39 号)新麦草种质材料, 在同等干旱条件下, 22 号、3 号、4 号、6 号、10 号和 11 号能够保持较高的相对含水量, 35 号、38 号丙二醛百分含量相对较低, 可能具有更完善的保护机制, 29 号、31 号和 39 号叶片中积累的脯氨酸含量较高, 36 号、6 号、5 号和 19 号可溶性糖含量相对较高, 27 号、32 号和 33 号叶色值高, 叶片中能够维持较高的叶绿素含量, 37 号、26 号、1 号和 6 号超氧化物歧化酶活性较高, 有较强的耐旱潜力。根据主成分分析, 得到这 39 份种质材料的耐旱性顺序。根据聚类分析, 从这 39 份种质材料筛选出耐旱性较强的种质材料: 1 号、6 号、26 号、27 号、32 号、30 号、31 号、34 号、39 号、22 号、5 号和 37 号。

**关键词:** 新麦草; 耐旱性; 种质; 生理指标

**中图分类号:** S332.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)05-0007-06

新麦草具有分蘖多, 叶量大, 抗寒、耐旱、耐牧、耐盐碱, 粗蛋白质含量较高等优良特性, 对解决我国北方地区人工种草、退耕还草和生态重建具有重要意义。新麦草的育种工作在我国处于起步阶段, 与国外同领域研究相差甚远。一般是从美国、加拿大引进新麦草品种, 在国内进行试验, 筛选出适合本地种植的优良品种。如王勇等<sup>[1]</sup>从原始群体 Bozoiski 中, 利用多次混合选择法, 选育出优良新麦草新品系, 对新品系进行生物学特性及生产利用性能的研究, 希望选育出优良品种, 缓解我国北方干旱半干旱地区的优良牧草资源短缺的现状。我国是一个干旱和半干旱面积很大的国家, 干旱半干旱的面积约占国土面积的 52.5%, 其中干旱地区占 30.8%, 半干旱地区占 21.7%。这些地区由于气候干燥、年降水量少、蒸发剧烈等原因, 严重制约着植物的生长发育。我国牧区多分布在干旱和半干旱地区, 研究牧草耐旱性具有重要的意义。新麦草作为放牧型牧草, 生产中基本无灌溉措施, 因此新麦草的耐旱性研究尤为迫切。本实验对收集的 39 份新麦草种质材料进行耐旱性综合评价, 期望筛选出耐旱方面表现优异的种质材料, 对下一步新麦草抗旱品种选育工作提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 实验材料

实验材料共包括 39 份新麦草种质材料: 其中 20 份材料来自美国, 1 份来自中国农业大学, 11 份

来自中国农学院草原研究所, 其余 7 份材料是来自新疆(表 1)。这 39 份种质材料的种子首先在温室中育苗, 2005 年 5 月移栽至河北坝上的科学园区。

### 1.2 实验地概况

实验地位于河北省张家口市沽源县塞北管理区, 地处内蒙古锡林郭勒草原南缘, 河北省沽源县北部坝上高原, (N41°45' ~ 41°57', E115°39' ~ 115°51'), 海拔 1 350 m, 年均气温 1.4℃, 大于 5℃的年积温 2 200℃, ≥10℃的年积温 1 513.1℃, 无霜期 100 d 左右, 年均降水量 300 mm 左右, 主要集中在 7、8、9 三个月, 年蒸发量 1 870 mm。

### 1.3 测定方法

2009 年 5~6 月, 河北省张家口市沽源县塞北管理区总降雨量为 60.1 mm、空气相对湿度平均为 52.67%, 为该地区相对干旱的时期, 6 月下旬, 在每份新麦草种质中随机选取 3 个单株, 作为三次重复, 剪取叶片用冰盒带回实验室测定生理指标。

测定叶片相对含水量、丙二醛含量、脯氨酸含量、叶片可溶性糖含量、超氧化物歧化酶活性、叶色值共六个指标。其中丙二醛含量, 采用硫代巴比妥酸比色法<sup>[2]</sup>, 游离脯氨酸的测定, 采用酸性茚三酮法<sup>[2]</sup>。叶片可溶性糖含量, 采用蒽酮比色法<sup>[2]</sup>。叶片相对含水量, 超氧化物歧化酶活性的测定参照邹琦主编的植物生理学实验指导<sup>[3]</sup>。采用叶绿素仪 (SPAD-502) 测定叶色值。

收稿日期: 2011-04-20

基金项目: 科技支撑(2008BAD95B12, 2009BADA7B04) 牧草产业技术体系项目

作者简介: 于晓丹(1984—), 女, 河南郑州人, 硕士研究生, 研究方向为牧草与草坪草种子育种。E-mail: 414042892@163.com。

通讯作者: 张蕴薇, E-mail: zywei@126.com。

表 1 39 份新麦草居群的编号及来源  
Table 1 39 populations of Russian wildrye used in the study

编号 NO.	居群 Population	特性 Identity	产地或来源 Origin or source	备注 Notes
1	A1		USDA - ARS	四倍体 Tetraploid
2	A2		USDA - ARS	四倍体 Tetraploid
3	A3		USDA - ARS	四倍体 Tetraploid
4	A4		USDA - ARS	四倍体 Tetraploid
5	A5		USDA - ARS	四倍体 Tetraploid
6	A6		USDA - ARS	四倍体 Tetraploid
7	A7		USDA - ARS	四倍体 Tetraploid
8	A8		USDA - ARS	四倍体 Tetraploid
9	A9		USDA - ARS	四倍体 Tetraploid
10	A10		USDA - ARS	四倍体 Tetraploid
11	A11		USDA - ARS	四倍体 Tetraploid
12	Bozoisky	栽培种 Cultivar	USDA - ARS	二倍体 Diploid
13	Synthetic1802		USDA - ARS	二倍体 Diploid
14	Synthetic1805		USDA - ARS	二倍体 Diploid
15	Synthetic1982		USDA - ARS	二倍体 Diploid
16	Mankota	栽培种 Cultivar	USDA - ARS	二倍体 Diploid
17	Synthetic1881		USDA - ARS	二倍体 Diploid
18	Synthetic1808		USDA - ARS	二倍体 Diploid
19	Synthetic1981		USDA - ARS	二倍体 Diploid
20	Synthetic1831		USDA - ARS	二倍体 Diploid
21	00819	野生种 Wild	中国农科院草原所 CAAS	二倍体 Diploid
22	00818	野生种 Wild	中国农科院草原所 CAAS	二倍体 Diploid
23	00697	野生种 Wild	中国农科院草原所 CAAS	二倍体 Diploid
24	02474	野生种 Wild	Canada 中国农科院草原所 CAAS	二倍体 Diploid
25	00289	野生种 Wild	Canada 中国农科院草原所 CAAS	二倍体 Diploid
26	00293	野生种 Wild	Canada 中国农科院草原所 CAAS	二倍体 Diploid
27	02471	野生种 Wild	中国新疆 Xinjiang, China, 中国农科院草原所 CAAS	二倍体 Diploid
28	00291	野生种 Wild	中国新疆 Xinjiang, China, 中国农科院草原所 CAAS	二倍体 Diploid
29	01043	野生种 Wild	中国新疆 Xinjiang, China, 中国农科院草原所 CAAS	二倍体 Diploid
30	X94 - 004	野生种 Wild	中国新疆 Xinjiang, China, 中国农科院草原所 CAAS	二倍体 Diploid
31	X97 - 149	野生种 Wild	中国新疆 Xinjiang, China, 中国农科院草原所 CAAS	二倍体 Diploid
32	山丹 Shandan	栽培种 Cultivar	中国 China	二倍体 Diploid
33	X1	野生种 Wild	中国新疆 Xinjiang, China	二倍体 Diploid
34	X2	野生种 Wild	中国新疆 Xinjiang, China	二倍体 Diploid
35	X3	野生种 Wild	中国新疆 Xinjiang, China	二倍体 Diploid
36	X4	野生种 Wild	中国新疆 Xinjiang, China	二倍体 Diploid
37	X5	野生种 Wild	中国新疆 Xinjiang, China	二倍体 Diploid
38	紫泥泉新麦草 Psathyrostachys Ziniquan	栽培种 Cultivar	中国新疆 Xinjiang, China	二倍体 Diploid
39	X7	野生种 Wild	中国新疆 Xinjiang, China	二倍体 Diploid

#### 1.4 数据分析

采用 SPASS16.0 版软件对测定的各个指标的数据进行单因素有重复的方差分析,分析新麦草材料的耐旱性差异,根据所测定的相关指标,进行主成分

分析,综合主成分值分析结果,确定种质材料的耐旱顺序。最后进行聚类分析,与综合主成分分析结果相互印证,筛选出抗旱的种质材料。

## 2 结果与分析

### 2.1 新麦草种质材料的耐旱生理指标分析

2.1.1 叶片相对含水量 22、3、4、6、10和11号新麦草材料的叶片相对含水量较高,均达到90%以上,分别为93.64%、92.88%、90.90%、92.10%、90.30%和90.17%,其中22号的叶片相对含水量最高为93.64%。叶片相对含水量在80%以下的有1、

12、15、38和39号新麦草材料,分别为79.97%、76.58%、78.49%、78.24%和77.30%,均显著低于22号( $P < 0.05$ ),叶片含水量最高的22号是最低的12号的1.2倍(表2)。同等干旱条件下22、3、4、6、10和11号能够保持较高的叶片相对含水量,若单纯从叶片相对含水量来看,22、3、4、6、10和11号抗旱性较强。

表2 39份不同地理来源的新麦草种质材料的生理生化指标分析

Table 2 Physiological and biochemical indexes analysis of 39 *Psathyrostachys juncea* from different geographic sources

编号 NO.	相对含水量 RWC (%)	丙二醛含量 MDA (%)	脯氨酸含量 Pro (mg/g)	可溶性糖含量 SSC (%)	叶色值 SPAD	超氧化物歧化酶活性 SOD activity (U/mg)
1	79.97cde	3.38b	0.20defg	3.59bcdefghi	56abcd	217.54abc
2	82.34abcde	2.83bcd	0.25cdefg	3.45bcdefghij	57abcd	130.59cde
3	92.88ab	4.41a	0.08g	3.39bcdefghij	57abcd	150.45bcde
4	90.90abc	1.96efghij	0.06g	3.58bcdefghi	44ef	174.84bcde
5	86.48abcde	3.05bc	0.19defg	4.35abcd	423ef	190.23bcde
6	92.10abc	2.08defghi	0.07g	4.62ab	57abcd	215.00abc
7	87.51abcde	2.01defghij	0.19defg	3.06bcdefghij	49def	176.75bcde
8	83.75abcde	2.26cdefg	0.10g	3.53bcdefghi	53bcdef	131.06cde
9	82.95abcde	1.42ghijk	0.15efg	3.17bcdefghij	57abcd	109.99bcde
10	90.30abcd	2.09defghi	0.12fg	1.83i	31f	146.42bcde
11	90.17abcd	1.78efghij	0.10g	1.98ij	58abcd	150.24bcde
12	76.58e	2.42cde	0.14fg	3.65bcdefghi	49cdef	142.31cde
13	89.95abcd	1.84efghij	0.08g	4.23abcde	51bcdef	131.25cde
14	88.14abcde	1.88efghij	0.22cdefg	3.63bcdefghi	51bcdef	180.00bcde
15	78.49de	2.05defghij	0.14fg	4.15abcdef	51bcdef	165.91bcde
16	83.65abcde	2.31cdef	0.25cdefg	2.74defghij	54bcdef	122.15de
17	86.54abcde	2.00defghij	0.25cdefg	2.74defghij	57abcd	177.79bcde
18	85.98abcde	2.18defgh	0.12fg	3.26bcdefghij	53bcdef	154.75bcde
19	82.90abcde	2.20cdefgh	0.23cdefg	4.45abc	57abcd	161.46bcde
20	81.74abcde	1.64efghijk	0.19defg	2.52fghij	56abcd	177.11bcde
21	83.15abcde	1.66efghijk	0.36 - abcde	3.01bcdefghij	61abc	160.55bcde
22	93.64a	1.62efghijk	0.32 - bcdef	4.23abcde	49cdef	195.26bcde
23	88.50abcde	1.62efghijk	0.09g	2.56efghij	57abcd	140.07cde
24	81.69abcde	1.64efghijk	0.11g	2.69defghij	53bcdef	166.61bcde
25	84.84abcde	1.43ghijk	0.07g	2.36ghij	50bcdef	108.94e
26	83.47abcde	1.89efghij	0.24cdefg	2.05ij	54abcdef	230.78ab
27	87.48abcde	1.38hijk	0.24cdefg	3.58bcdefghi	66a	198.52abcd
28	83.32abcde	1.90efghij	0.37abcd	2.50fghij	57abcd	157.48bcde
29	81.46abcde	1.73efghijk	0.54a	3.53bcdefghi	60abcd	166.82bcde
30	88.14abcde	1.53fghijk	0.23cdefg	3.02bcdefghij	53bcdef	205.07abcd
31	89.84abcd	1.82efghij	0.51ab	3.99bcdefg	55abcdef	201.71abcd
32	85.41abcde	1.44ghijk	0.11g	2.91cdefghij	62ab	187.72bcde
33	80.06cde	1.31ijk	0.19defg	2.93cdefghij	62ab	134.67cde
34	83.08abcde	1.77efghij	0.20defg	2.79cdefghij	55abcde	197.82abcd
35	82.71abcde	0.90k	0.07g	2.10hij	49def	166.74bcde
36	81.13bcde	1.25ijk	0.25cdefg	5.74a	57abcd	171.71bcde
37	82.51abcde	1.71efghijk	0.09g	4.00bcdefg	53bcdef	276.19a
38	78.24de	1.20jk	0.21cdefg	3.74bcdefgh	58abcd	142.78cde
39	77.30e	1.48fghijk	0.41abc	3.00bcdefghij	53bcdef	196.02bcde

注:同列中标有不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

Note: Different small letters in the same row indicate significance at  $P < 0.05$ .

2.1.2 39 丙二醛含量 从表2中可以看出,3号新麦草材料的丙二醛百分含量最高,为4.41%,显著

高于其他( $P < 0.05$ )。1、5号的丙二醛百分含量相对较高,分别为3.38%和3.05%。35、38号丙二醛

百分含量较低仅为 0.90% 和 1.20%。丙二醛百分含量最高的 3 号是丙二醛百分含量最低的 35 号的 4.9 倍。本研究中 35、38 号可能具有更完善的保护机制,丙二醛百分含量相对较低,同等干旱条件下胁迫程度相对较低。

**2.1.3 脯氨酸含量** 29 号新麦草材料的脯氨酸含量最高,为 0.54 mg/g。31、39 号的脯氨酸含量相对较高,分别为 0.50 mg/g 和 0.41 mg/g。3、4、6、8、11、13、23、24、25、32、35 和 37 号的脯氨酸含量较低,显著低于 29、31 和 39 号 ( $P < 0.05$ ),分别为 0.08、0.06、0.07、0.10、0.10、0.08、0.09、0.11、0.07、0.11、0.07 和 0.09 mg/g。脯氨酸含量最高的 29 号是含量最低的 4 号的 9 倍(表 2)。同等干旱条件下,29、31 和 39 号叶片中积累的脯氨酸含量较高,它们与其他品种的新麦草种质材料相比,具有更高的耐旱性。

**2.1.4 可溶性糖含量** 36 号新麦草材料可溶性糖含量最高,为 5.74%。6、5 和 19 号的可溶性糖含量相对较高,分别为 4.62%、4.35% 和 4.45% (表 2)。10 和 11 号的可溶性糖含量分别为 1.83% 和 1.98%,显著低于 36、6、5 和 19 号 ( $P < 0.05$ ),其中,36 号的可溶性糖含量是 10 号的 3.14 倍,是 11 号的 2.90 倍。本研究中,36、6、5 和 19 号可溶性糖含量相对较高,高于其他材料,具有耐旱潜力。

**2.1.5 叶色值** 实验测定了同等干旱条件下 39 份新麦草材料的叶片中的叶色值。27、32 和 33 号叶片叶色值相对较高,分别为 66、62 和 62。4、5 和 10 号叶片叶色值相对较低,分别为 44、43 和 31,显著低于 27、32 和 33 号 ( $P < 0.05$ ),其中,27 号叶片叶色值为 10 号的 2.13 倍(表 2)。相同干旱条件下,27、32 和 33 号叶色值高,说明叶片中能够维持较高的叶绿素含量,有较强的耐旱能力。

**2.1.6 超氧化物歧化酶活性** 37 号新麦草材料中超氧化物歧化酶活性最高,为 276.19 U/mg。26、1 和 6 号超氧化物歧化酶活性相对较高,分别为 230.78 U/mg、217.54 U/mg 和 215.00 U/mg。9、25 号叶片中超氧化物歧化酶活性较低,为 109.99 U/mg 和 108.94 U/mg,显著低于 37、26、1 和 6 号 ( $P < 0.05$ ),其中超氧化物歧化酶活性最高的 37 号是活性最低的 25 号的 2.12 倍(表 2)。

## 2.2 新麦草种质材料耐旱性生理生化指标的综合评价

**2.2.1 主成分分析** 本实验测定了鉴定牧草耐旱性的 6 个生理指标,经过方差分析发现 39 份新麦草种质材料之间有差异。用 SPSS16.0 对这 39 份新麦草种质材料的耐旱性指标进行主成分分析,以每个

主成分所对应的特征值占所提取成分总的特征值之和的比例作为权重计算可得到主成分综合模型:

$$F = 0.303X_1 + 0.320X_2 + 0.280X_3 - 0.166X_4 - 0.062X_5 + 0.245X_6$$

根据主成分综合模型即可计算综合主成分值,并对其综合主成分进行排序,即可对各个新麦草材料的耐旱性进行综合评价比较。根据综合主成分  $F$  值的排序,可以得到 39 份新麦草种质材料的耐旱性顺序,由强到弱为:37、26、6、1、22、30、31、5、34、27、4、39、14、7、32、17、20、10、36、35、24、3、15、29、19、18、21、28、11、23、13、12、38、8、2、33、16、25、9(表 3)。

表 3 综合主成分值

Table 3 Integrated principal component values

编号 NO.	第一主成分 $F_1$ The first principal component $F_1$	第二主成分 $F_2$ The first principal component $F_2$	综合主成分 $F$ The first principal component $F$	排名 Ranking
1	20.19	131.26	70.25	4
2	18.01	87.47	49.33	35
3	23.99	99.27	57.92	22
4	28.42	109.08	64.78	11
5	27.72	116.86	67.89	8
6	24.83	131.93	73.10	3
7	24.93	109.98	63.26	14
8	20.05	87.28	50.36	34
9	17.12	76.62	43.95	39
10	32.39	92.02	59.26	18
11	21.26	97.52	55.64	29
12	18.86	91.60	51.65	32
13	23.39	88.27	52.64	31
14	24.09	112.38	63.89	13
15	19.59	104.23	57.74	23
16	19.50	82.40	47.86	37
17	21.10	111.29	61.76	16
18	21.81	99.38	56.78	26
19	19.10	103.55	57.17	25
20	18.96	110.04	60.02	17
21	17.13	102.76	55.73	27
22	27.80	120.83	69.73	5
23	20.66	92.27	52.94	30
24	20.22	104.30	58.12	21
25	20.61	75.02	45.14	38
26	22.34	136.94	73.99	2
27	18.10	123.47	65.60	10
28	18.93	100.44	55.68	28
29	17.26	105.81	57.18	24
30	23.96	124.88	69.44	6
31	24.20	124.20	69.27	7
32	18.60	116.80	62.87	15
33	14.65	89.18	48.25	36
34	20.70	120.74	65.79	9
35	21.92	103.49	58.69	20
36	18.30	108.99	59.18	19
37	23.83	160.67	85.50	1
38	15.80	92.91	50.56	33
39	19.05	118.75	63.99	12

2.2.2 聚类分析 本研究利用实验测定的抗旱性的六种生理生化指标,进行聚类分析,图 1 为聚类分析树状图,从图 1 可以看清楚这 39 份新麦草材料在不同欧氏距离上的分组。根据 39 份新麦草材料在各个耐旱生理指标上的表现以及主成分分析出的种

质材料的耐旱性顺序,将 39 份新麦草种质材料划分 3 类,即 3 个抗旱级别,强抗旱:1、6、26、27、32、30、31、34、39、22、5 和 37 号;中度抗旱:17、20、7、14、4、15、24、35、29、36、19、28、21、3、11 和 18 号。较弱抗旱:9、25、23、38、12、8、13、2、33、16 和 10 号。

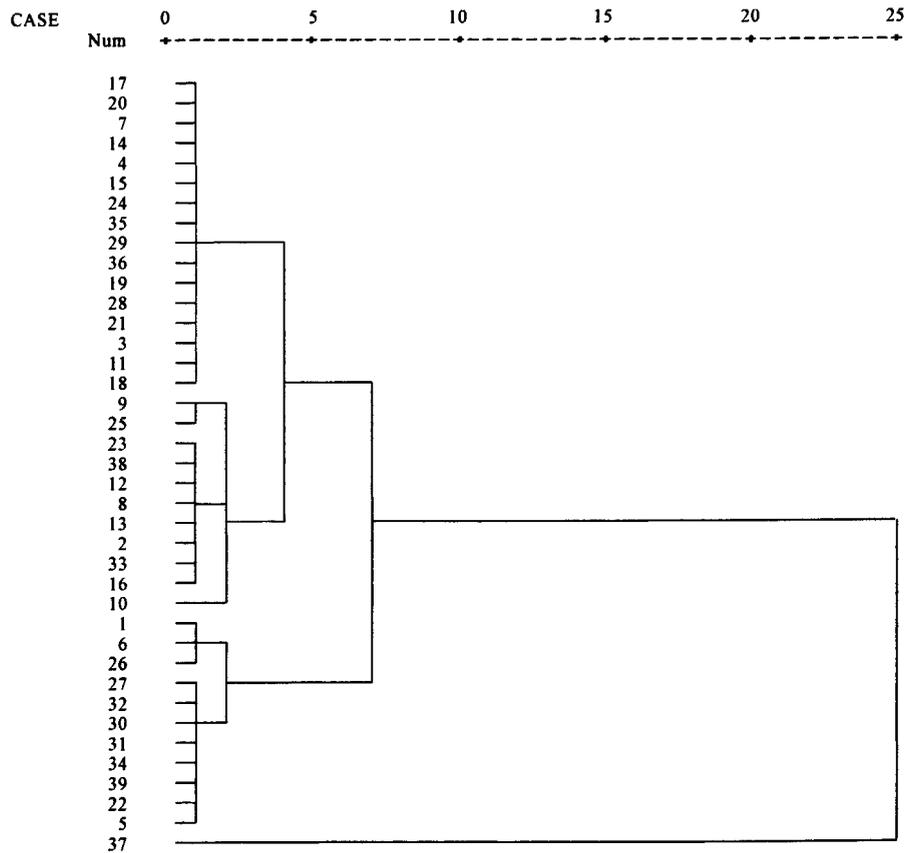


图 1 39 份新麦草种质材料的抗旱生理指标的聚类树状图

Fig.1 Graph of cluster analysis for the drought resistance physiological indexes of the 39 psathyroschys juncea

### 3 讨论与结论

缺水干旱时,植物叶片相对含水量是植物生理状态的一个重要指标<sup>[4]</sup>,是植物能否正常生长的最直接的指标。干旱能使细胞膜脂受到伤害,改变丙二醛的含量。脯氨酸是一种渗透调节物质,植物干旱胁迫下,脯氨酸积累,含量上升<sup>[5-10]</sup>,起渗透调节作用,同时它还可以结合游离的氨离子,既消除毒害作用又贮藏氮素,与细胞膜上蛋白分子的疏水基作用,扩大亲水基的表面积,增加蛋白质的稳定性,从而在干旱胁迫下保护细胞膜结构不受破坏。干旱情况下,植物要维持细胞膨压,需要增加细胞内的溶质,可溶性糖类物质作为渗透调节物质,会有所增加。在严重干旱状态下,可溶性糖的积累对细胞具有保护作用<sup>[11,12]</sup>。因此,可溶性糖含量也是一个重要的耐旱性的生理指标。叶色值反应叶绿素含量的

高低,叶绿素含量是植物叶片色泽的重要影响因子,逆境条件下,植物叶片叶绿素含量减少,叶片出现枯黄。超氧化物歧化酶 SOD 是植物细胞的保护酶,在维持膜系统稳定性方面有持久的作用。超氧化物歧化酶 SOD 在细胞保护酶系统中的作用是清楚超氧阴离子自由基,同时产生歧化性产物双氧水<sup>[13]</sup>。魏秀俭<sup>[14]</sup>测定分析了几个耐旱的生理生化指标与作物耐旱系数的相关关系,均认为超氧化物歧化酶(SOD)活性指标较好,与耐旱系数具有极显著的正相关关系。本试验中,39 份不同地理来源的新麦草种质材料,在同等干旱条件下,22、3、4、6、10 和 11 号能够保持较高的相对含水量,35、38 号丙二醛百分含量相对较低,可能具有更完善的保护机制,29、31 和 39 号叶片中积累的脯氨酸含量较高,36、6、5 和 19 号可溶性糖含量相对较高,27、32 和 33 号叶色值高,叶片中能够维持较高的叶绿素含量,37、26、1 和

6 号超氧化物歧化酶活性较高,有较强的耐旱潜力,与前人结果一致。

没有一个科学家已经在表型或遗传方面明确地给耐旱性下定义,也没有人能清楚地指出某个品种携带何种耐旱基因<sup>[15]</sup>。由于品种的耐旱性非常复杂,所以将各种指标综合起来作为衡量抗旱性高低的标准更为合理。韩瑞宏<sup>[16]</sup>研究苗期紫花苜蓿对干旱胁迫的适应机制时采用隶属函数法评价出 10 个苜蓿种质资源的耐旱性顺序。赵秀芳<sup>[17]</sup>研究华北农牧交错带燕麦种质资源评价及其近红外测定方法时采用主成分分析法对燕麦种质进行了综合评价。本实验利用多个指标,采用主成分分析、聚类分析对新麦草种质材料的耐旱性进行综合评价排序、分类。根据综合主成分  $F$  值得到的 39 份新麦草种质材料耐旱性的顺序以及种质材料在耐旱生理指标上的表现,可将 39 份新麦草种质材料分为强抗旱、中度抗旱、弱抗旱三类,筛选出耐旱的新麦草种质: 37、26、6、1、22、30、31、5、34、27、39、32 号。筛选出来的耐旱性较强的种质材料中,1、5、6 号来自于美国,26、22 号来自于中国农科院草原所,27、32、30、31、34、39 来自于新疆。

耐旱性评价结果显示,来自美国的种质材料适应性较差,仅有 1、5、6 号三份种质材料表现出较强耐旱性。新疆野生种质材料中,除 33、38 号耐旱性较弱外,其他种质材料在耐旱性方面表现良好。中国农科院草原所提供的新麦草种质材料在耐旱性方面表现中等耐旱。

#### 参 考 文 献:

[1] 王 勇,徐春波,松 梅,等.我国新麦草属牧草研究进展[J].

中国草地,2005,27(2):66—71.

- [2] 王学奎.植物生理生化试验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2006.
- [3] 邹 琦.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业出版社,2006.
- [4] 祁 娟,徐 柱,王海清,等.旱作条件下披碱草属植物叶的生理生化特征分析[J].草业学报,2009,18(1):39—45.
- [5] Gzik A. Accumulation of proline and pattern of amino acids in sugar beet plants in response to osmotic[J]. Water and Salt Stress, 1996, 36: 29—38.
- [6] 孙 彦,杨青川,张英华.不同草坪草草种及品种苗期抗旱性比较[J].草地学报,2001,9(1):16—20.
- [7] 谢田富,焦凤红.对不同品种草地早熟禾受干旱胁迫影响研究[J].辽宁林业科技,2008,(4):25—29.
- [8] 高景慧,张 颖,高春起,等.PVA 与 GA 混合浸种对高羊茅幼苗抗旱性的影响[J].中国草地学报,2007,29(3):52—55.
- [9] 王茂良.植物抗渗透胁迫及其与脯氨酸的关系[J].北京园林,2006,22(2):21—24.
- [10] 马青枝,李造哲.披碱草和野大麦及其杂种苗期抗旱性研究[J].中国草地,2005,27(6):23—27.
- [11] 李 源,师尚礼,王 赞,等.干旱胁迫下鸭茅苗期抗旱性生理研究[J].中国草地学报,2007,(3):35—40.
- [12] 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.
- [13] Miller A F. Superoxide dismutases: active sites that save, but a protein that kills[J]. Science, 2004,(8):162—168.
- [14] 魏秀俭.玉米种质苗期耐旱性鉴定及其生理生化机制的探讨[D].雅安:四川农业大学,2003.
- [15] Duviek DN. Plant breeding, an evolutionary concept[J]. Crop Science, 1996,(36):539—5487.
- [16] 韩瑞宏.苗期紫花苜蓿对于干旱胁迫的适应机制研究[D].北京:北京林业大学,2006.
- [17] 赵秀芳.华北农牧交错带燕麦种质资源评价及其近红外测定方法的研究[D].北京:中国农业大学,2007.

## Comprehensive evaluation of drought tolerance of 39 strains of Russian wildrye

YU Xiao-dan, ZHANG Yun-wei

(Institute of Grassland, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

**Abstract:** In 39 Russian wildrye materials, under the same drought level, Samples 22, 3, 4, 6, 10 and 11 maintained higher relative water content under drought resistance. Sample 36, 6, 5 and 19 protected plants from harmful factors by increasing the soluble sugar content. Samples 35 and 38 could control the MDA content in the lower level. Samples 29, 31 and 39 accumulated more proline, therefore, had higher drought resistance. Samples 27, 32 and 33 maintained more chlorophyll because of higher leaf color (SPAD). Samples 37, 26, 1 and 6 had a certain extent of drought resistance ability because of higher SOD activity. With principle component analysis, the germplasms' s drought tolerance sequence would be got. With cluster analysis, the stronger drought tolerance germplasms would be selected from 39 germplasms. They are Samples 1, 6, 26, 27, 32, 30, 31, 34, 39, 22, 5 and 37.

**Keywords:** Russian wildrye; drought tolerance; germplasm; physiological index