

聚乙二醇-6000 胁迫下十二个草地早熟禾品种萌发期抗旱性比较研究

王 彬¹, 李长鼎², 兰 剑¹, 马仲泽³, 许 兴¹

(1. 宁夏大学 农学院, 宁夏 银川 750021; 2. 临沂市科技局, 山东 临沂 276000; 3. 宁夏恒安建设监理咨询有限公司, 宁夏 银川 750001)

摘 要:采用 5 种不同水势(0、-0.3、-0.6、-0.9、-1.2 MPa)的 PEG-6000 溶液对 12 个品种草地早熟禾种子在萌发期进行人工模拟干旱胁迫,测定了相对发芽率、胚根胚芽比、萌发指数和耐旱指数等指标,开展了不同品种草地早熟禾种子萌发期抗旱性比较研究。结果表明:草地早熟禾种子萌发的适宜水势为 ≥ -0.46 MPa,而其萌发期抗旱临界水势可能在 -0.6 MPa 左右。利用聚类分析得出在 12 个供试品种中,“阿波罗”、“自由 2”和“超级伊克利”的抗旱性较强;“大跃进”、“辉煌”和“午夜 2 号”的抗旱性次之;“使命”、“美洲王”和“浪潮”的抗旱性一般;“兰月”、“奖品”和“阔雅”的抗旱性较弱。

关键词:草地早熟禾;萌发期;干旱胁迫;抗旱性;PEG-6000

中图分类号:S 68 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)24-0054-05

近年来,城市环境一直是全球经济社会发展的焦点问题,而园林绿化作为城市环境友好发展的主要措施显得尤为重要和突出,其中草坪建植是城市园林绿化的主要方式之一^[1]。我国北方地区大部分属于干旱半干旱地区,缺水是北方城市存在的普遍问题,而草坪相对用水量较大,如何解决这一矛盾是目前研究的重点,而选育抗旱节水的草坪草种(品种)是解决这一问题的重要方法之一^[2]。

草地早熟禾(*Poa pratensis* L.)属禾本科早熟禾属多年生植物,具匍匐型细根状茎,是温带地区的重要草种之一,在我国东北、西北、华北、四川等地区均有分布^[3]。草地早熟禾耐寒、抗旱、耐阴性强、绿色期长、草层厚、封闭力强、成坪速度快,耐修剪,能形成致密而弹性良好的草坪绿地,是一种具有优良性状的冷季型草坪草,是我国北方地区常选用的建坪草种。而不同的草地早熟禾品种遗传背景不同,抗旱性差异明显,因此对不同种质草地早熟禾的抗旱性进行评价,对其品种的推广及应用范围的扩大有着重要的理论意义和实践价值^[4]。

种子萌发是植物生活史中的关键阶段,不仅影响种子本身的播种品质,也可能影响到作物整个生长季的正常发育,故种子萌发期是进行植物抗旱性鉴定的重要时期^[5]。

PEG-6000(聚乙二醇-6000)属高分子化合物,其在水中与水分子结合成分束缚水(不能被植物吸收利用),使溶液中自由水比例下降,而造成水势下降,因此形成干旱条件。PEG-6000 常被用于人工模拟不同的干旱环境进行干旱胁迫试验。因此,该试验选择 12 个草地早熟禾品种,在萌发期采用不同浓度 PEG-6000 溶液对其进行干旱胁迫,研究其抗旱性强弱,以期为草地早熟禾的选种栽培、优化育种等提供理论依据和参考,对扩大其种植范围,提高建坪效果,具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试 12 个草地早熟禾品种及来源见表 1。

1.2 试验方法

选取中等大小、均匀一致的 12 个草地早熟禾品种种子各 50 粒,经 HgCl_2 消毒,置于铺有双层滤纸的 9 cm 培养皿中,分别加入水势为 0(CK)、-0.3、-0.6、-0.9 和 -1.2 MPa 的 PEG-6000 溶液,之后称量记录各培养皿的初始重量,在 20℃室温下进行萌发。每个处理 3 次重复。每隔 24 h 观察发芽种子(胚芽的长度大于等于种子长度的一半时)的数量,同时称量各培养皿的失水量,并用蒸馏水补足。依据《国际种子检验规程》在发芽进行到第 21 天时结束发芽试验,分别称量每个处理(50 粒

第一作者简介:王彬(1977-),男,陕西汉中,人,硕士,讲师,现主要从事植物生理生态方面的教学和研究工作。E-mail:wb_y2004@nxu.edu.cn.

责任作者:许兴(1959-),男,宁夏银川人,博士,教授,博士生导师,现主要从事植物生理生态和牧草栽培及育种方面的教学与研究。E-mail:xuxingscience@126.com.

基金项目:国家科技支撑计划资助项目(2011BAC07B03)。

收稿日期:2012-09-12

种子)的胚芽和胚根的鲜重,然后将其放入烘箱,在 65℃ 下烘 24 h 至恒重,再称其干重。

表 1 供试草地早熟禾品种及其来源

Table 1 Varieties and sources of *Poa pratensis* tested

品种	英文名	来源	产地
“兰月”	Blumoon	北京克劳沃草业公司	美国
“奖品”	Award	北京克劳沃草业公司	美国
“大跃进”	Big bound	北京克劳沃草业公司	美国
“使命”	Mission	北京克劳沃草业公司	美国
“阿波罗”	Apollo	北京克劳沃草业公司	美国
“阔雅”	Broad elegant	北京克劳沃草业公司	美国
“自由 2”	FreedomII	北京克劳沃草业公司	美国
“美洲王”	America king	北京克劳沃草业公司	美国
“浪潮”	Impact	北京克劳沃草业公司	美国
“辉煌”	Resplendence	北京克劳沃草业公司	美国
“超级伊克利”	Super icelly	北京克劳沃草业公司	美国
“午夜 2 号”	MidnightII	北京克劳沃草业公司	美国

不同水势的 PEG-6000 溶液根据 Michel 等^[6] 公式配制,公式如下: $\Psi_s = -(1.18 \times 10^{-2}) \times C - (1.18 \times 10^{-4}) \times C^2 + (2.67 \times 10^{-4}) \times C \times T + (8.39 \times 10^{-7}) \times C^2 \times T$,式中: Ψ_s -溶液的水势,bar; C -PEG-6000 的浓度,g/kg(1 kg 溶液中所需的 PEG-6000 的克数); T -温度,℃。

1.3 项目测定

相对发芽率:相对发芽率=PEG-6000 处理种子的发芽数/对照种子的发芽数 $\times 100$ (萌发第 21 天的发芽数);胚根胚芽比:胚根/胚芽=胚根干重(50 粒种子)/胚芽干重(50 粒种子);萌发指数(GI): $GI = \sum G_T / D_T$ (G_T 为第 T 天的发芽数; D_T 为相应的天数,即 $D=T$);耐旱指数:耐旱指数= $VI_{PEG} / VI_{蒸馏水} \times 100$ (VI_{PEG} 为干旱胁迫下的 VI 值; $VI_{蒸馏水}$ 为对照下的 VI 值)。其中, VI 为萌发活力指数, $VI=GI \times S$ (S 为 50 粒种子的胚根干重)。耐旱适宜范围:相对发芽率大于 75%时的水势;半致死水势:相对发芽率为 50%时的水势;致死水势:相对发芽率为 10%时的水势。

1.4 数据分析

数据处理采用 Excel 2003 和 DPS 2000 软件。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫对草地早熟禾种子相对发芽率的影响

由表 2 可知,随着干旱胁迫的加剧,不同品种草地早熟禾种子的相对发芽率均呈下降趋势,且在各水势梯度下,12 个品种间种子相对发芽率均呈显著差异($P < 0.05$)。在 0~-1.2 MPa 不同水势梯度下,各品种种子相对发芽率均值分别为:100.00(CK)、92.66、65.87、46.11 和 25.94%,当溶液水势为 -0.9 MPa 时,种子相对发芽率已低于 50%,这表明,草地早熟禾种子萌发期的半致死水势可能在 -0.9 MPa 左右。由表 2 数据还可看出,当水势低于 -0.9 MPa 时,“大跃进”、“阿波罗”、“阔雅”、“自由 2”和“午夜 2 号”具有较高的相对发芽率,由此推断其具有较强的抗旱性。

表 2 干旱胁迫下草地早熟禾种子相对发芽率的变化

Table 2 The variation of relative germination rate of *Poa pratensis* seed under drought stress

品种名	水势/MPa			
	-0.3	-0.6	-0.9	-1.2
“兰月”	64.95±1.36 d	47.03±1.69 d	45.07±2.31 b	24.03±1.34 b
“奖品”	108.66±4.12 a	61.10±1.57 cd	45.37±1.58 b	20.55±1.65 b
“大跃进”	99.50±3.22 b	70.09±2.41 bc	47.09±2.06 b	29.66±1.06 a
“使命”	87.60±3.05 bc	61.60±3.02 cd	44.83±1.58 b	26.91±0.08 ab
“阿波罗”	94.97±2.67 b	78.97±2.56 b	56.00±1.97 a	24.94±1.67 b
“阔雅”	115.92±5.15 a	91.00±2.01 a	47.69±2.26 b	13.36±1.24 c
“自由 2”	87.64±3.67 bc	67.17±2.78 c	43.89±2.97 b	31.37±0.97 a
“美洲王”	79.96±2.79 c	53.48±1.55 d	47.53±2.04 b	27.02±1.67 ab
“浪潮”	97.25±2.98 b	61.65±2.67 cd	46.34±1.26 b	28.96±2.01 ab
“辉煌”	89.01±1.78 bc	64.29±3.21 cd	41.89±1.37 bc	29.45±1.32 a
“超级伊克利”	91.93±3.57 bc	70.11±2.69 bc	42.08±1.08 bc	24.24±0.68 b
“午夜 2 号”	94.49±2.64 b	63.93±1.11 cd	45.49±0.09 b	30.81±0.99 a
均值	92.66	65.87	46.11	25.94

注:表中数据为 3 次重复的平均值±标准误差, $n=3$;同列中不同字母表示在 0.05 水平上差异显著($P < 0.05$)。

Note: Values are Means±SE, $n=3$; different letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level.

由表 3 可知,不同品种草地早熟禾种子的相对发芽率与 PEG-6000 溶液的水势均呈正线性相关,其中,9 个品种的线性回归方程相关系数达到了 0.97 以上。从各品种平均耐旱性分析中可知,草地早熟禾的耐旱适宜水势为 ≥ -0.46 MPa,半致死水势为 -0.85 MPa,而致死水势为 ≤ -1.46 MPa。由表 3 还可看出,“大跃进”、“阿波罗”和“阔雅”的耐旱适宜水势范围较大,而半致死水势也较低,这表明这 3 个品种具有较强的耐旱萌发性。同时,“大跃进”、“阿波罗”、“自由 2”和“午夜 2 号”的致死水势均低于 -1.50 MPa,这表明这 4 个品种具有较强的抗旱性。

表 3 干旱胁迫与相对发芽率的线性回归及种子耐旱性分析

Table 3 Linear regression of drought stress and relative germination rate and analysis of drought-tolerance degree of seed

品种名	一元回归方程	相关系数 r	耐旱性/MPa		
			耐旱适宜水势	半致死水势	致死水势
“兰月”	$Y=57.27X+90.58$	0.95	≥ -0.27	-0.71	-1.41
“奖品”	$Y=74.06X+111.57$	0.95	≥ -0.49	-0.83	-1.37
“大跃进”	$Y=64.36X+107.89$	0.98	≥ -0.51	-0.90	-1.52
“使命”	$Y=62.98X+101.98$	0.99	≥ -0.43	-0.83	-1.46
“阿波罗”	$Y=63.03X+108.79$	0.97	≥ -0.54	-0.93	-1.57
“阔雅”	$Y=80.50X+121.90$	0.91	≥ -0.58	-0.89	-1.39
“自由 2”	$Y=60.34X+102.22$	0.99	≥ -0.45	-0.87	-1.53
“美洲王”	$Y=59.46X+97.28$	0.98	≥ -0.37	-0.80	-1.47
“浪潮”	$Y=64.33X+105.44$	0.97	≥ -0.47	-0.86	-1.48
“辉煌”	$Y=62.74X+102.57$	0.99	≥ -0.44	-0.84	-1.48
“超级伊克利”	$Y=67.12X+105.95$	0.99	≥ -0.46	-0.83	-1.43
“午夜 2 号”	$Y=62.46X+104.42$	0.98	≥ -0.47	-0.87	-1.51
各品种平均	$Y=64.89X+105.05$	0.99	≥ -0.46	-0.85	-1.46

注: X :PEG-6000 溶液的水势, Y :种子相对发芽率。

Note: X :Water potential of PEG-6000 solution, Y :Relative germination rate of seed.

2.2 干旱胁迫对草地早熟禾种子胚根胚芽比的影响

由图 1 可知,随着水势的降低,不同品种早熟禾种子的胚根胚芽比呈上升趋势,从高到低各水势梯度下,12 个品种的胚根胚芽比均值分别为:0.45、0.48、0.61、0.86 和 0.90。由此可知,胚根胚芽比在 -0.6 MPa (0.61)和 -0.9 MPa (0.86)时,较对照(0.45)有明显的增加,其增幅分别为 34.52% 和 91.30% 。这表明,水势在 $-0.6 \sim -0.9$ MPa 时,早熟禾种子遭受到了明显的干旱胁迫,促进了胚根的生长,由此推断,草地早熟禾种子萌

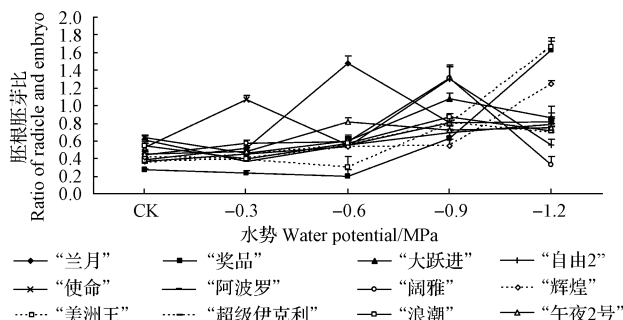


图 1 干旱胁迫下草地早熟禾种子胚根胚芽比的变化

注:图中数据为 3 次重复的平均值±标准误差, $n=3$ 。

Fig. 1 The variation of ratio of radicle and embryo of

Poa pratensis seed under drought stress

Note: Values are Means±SE, $n=3$.

表 4

干旱胁迫下草地早熟禾种子萌发指数的变化

Table 4

The variation of germination index of *Poa pratensis* seed under drought stress

品种名	水势/MPa				
	CK	-0.3	-0.6	-0.9	-1.2
“兰月”	39.57±2.01 b	16.05±1.16 c	9.83±0.97 bc	9.16±0.64 ab	3.80±0.31 d
“奖品”	24.80±1.94 d	22.21±1.94 b	10.30±0.77 bc	7.22±0.56 b	2.44±0.24 e
“大跃进”	45.89±2.64 ab	36.44±2.57 a	18.55±1.34 ab	10.09±0.78 ab	6.98±0.87 b
“使命”	48.33±2.78 ab	34.38±1.97 ab	23.11±0.59 a	10.17±0.96 ab	4.09±0.23 d
“阿波罗”	54.37±1.67 a	37.61±1.26 a	25.65±1.23 a	13.62±1.28 a	5.22±0.17 c
“阔雅”	24.52±2.05 d	22.84±1.67 b	15.64±0.68 b	5.59±0.47 c	1.04±0.02 f
“自由 2”	55.96±1.69 a	39.40±2.16 a	23.36±1.41 a	13.10±1.09 a	8.03±0.74 a
“美洲王”	43.25±2.36 b	26.35±1.34 b	13.13±1.11 b	10.20±0.87 ab	5.53±0.44 c
“浪潮”	35.61±1.97 c	25.82±2.64 b	13.66±1.26 b	8.73±0.77 b	3.79±0.26 d
“辉煌”	47.64±1.57 ab	34.55±1.64 ab	22.79±1.36 a	12.19±0.99 a	5.59±0.21 c
“超级伊克利”	48.91±2.06 ab	38.45±1.88 a	23.12±0.87 a	10.68±1.45 ab	4.77±0.37 cd
“午夜 2 号”	42.23±2.37 b	33.56±2.68 ab	17.57±1.01 ab	9.58±1.14 ab	5.63±0.25 c
均值	42.594	30.64	18.06	10.03	4.74

注:表中数据为 3 次重复的平均值±标准误差, $n=3$; 同列中不同字母表示在 0.05 水平上差异显著 ($p<0.05$)。

Note: Values are Means±SE, $n=3$; different letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level.

2.4 干旱胁迫对草地早熟禾种子耐旱指数的影响

耐旱指数的计算结合了种子发芽总数、发芽天数及生物量等多个指标,是综合评价某植物种(品种)在萌发期抗旱性的一个指标,耐旱指数越高表明抗旱性越强。从图 2 可看出,随着水势的降低,不同品种草地早熟禾种子的耐旱指数呈下降趋势,且在各水势梯度下,12 个品种间均呈显著差异 ($P<0.05$)。在各水势梯度下,各品种耐旱指数的均值分别为:100.00、70.57、29.56、

发的临界水势可能在 -0.6 MPa 左右。而在 -0.3 MPa 时,早熟禾种子并未遭受明显的干旱胁迫,因此胚根胚芽比增幅不大;在 -1.2 MPa 时,干旱胁迫严重抑制了胚根胚芽尤其是胚芽的生长,因此胚根胚芽比值很高但增幅下降。这之前对耐旱适宜水势、半致死水势等分析结果一致。同时,从图 1 可看出,当水势低于 -0.6 MPa 时,“阿波罗”、“自由 2”、“超级伊克利”的胚根胚芽比值较高,由此推断,这 3 个品种具有较强的抗旱性。

2.3 干旱胁迫对草地早熟禾种子萌发指数的影响

由表 4 可知,随着干旱胁迫的加剧,不同品种草地早熟禾种子的萌发指数呈下降趋势,且在各水势梯度下,12 个品种间均呈显著差异 ($p<0.05$)。0 ~ -1.2 MPa,各品种萌发指数的均值分别为:42.59、30.64、18.06、10.03 和 4.74;同时,各水势梯度下萌发指数均值较对照(42.59)的降幅分别为:28.07%、57.61%、76.45%和 88.87%。由此可看出,当水势低于 -0.6 MPa 时,萌发指数下降幅度超过 50%,由此推断, -0.6 MPa 的水势可能是草地早熟禾种子萌发的抗旱临界水势,这之前耐旱适宜水势范围分析结果较为一致。由表 4 还可看出,在水势低于 -0.6 MPa 时,“阿波罗”、“自由 2”、“辉煌”和“超级伊克利”的萌发指数较高,这 4 个品种具有较强的抗旱性。

16.64 和 4.53。由此可知,当水势为 -0.6 MPa 时(耐旱指数为 29.56),耐旱指数的下降趋势呈现出一个拐点(即较大降幅),与对照相比,降幅为 70.44%。由此推断, -0.6 MPa 的水势可能是草地早熟禾种子萌发的临界水势,这与前面分析结果一致。从图 2 还可看出,当水势低于 -0.6 MPa 时,“自由 2”、“辉煌”和“超级伊克利”具有较高的耐旱指数,这 3 个品种具有较强的抗旱性。

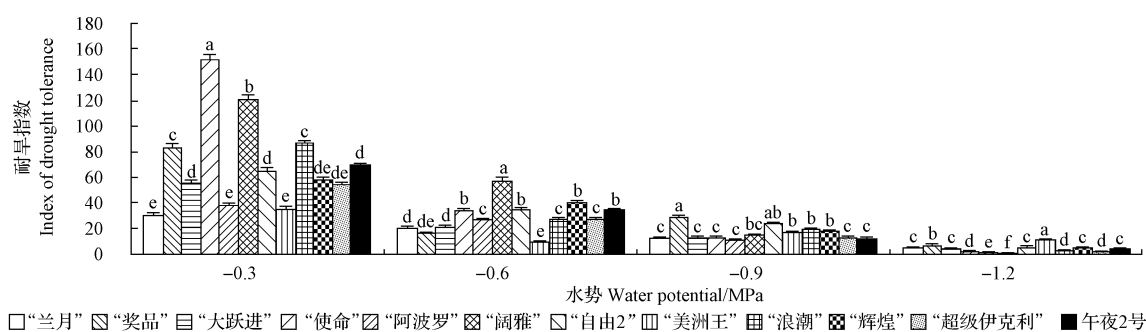


图2 干旱胁迫下草地早熟禾种子耐旱指数的变化

注:图中数据为3次重复的平均值±标准误差, $n=3$; 同一水势下不同字母表示在0.05水平上差异显著($p < 0.05$)。

Fig. 2 The variation of index of drought tolerance of *Poa pratensis* seed under drought stress

Note: Values are Means±SE, $n=3$; different letters in the same water potential indicate significant difference at 0.5 level.

2.5 干旱胁迫下不同品种草地早熟禾萌发期抗旱性综合聚类分析

在-0.3、-0.6、-0.9和-1.2 MPa的水势梯度下,综合以上4项草地早熟禾萌发期抗旱指标,采用最长距离法对12个早熟禾品种做聚类分析。由图3可知,当水势为-0.3 MPa时,“使命”的抗旱性较强;“大跃进”、“自由2”、“超级伊克利”和“午夜2号”的抗旱性次之;“奖品”、“阿波罗”、“阔雅”、“浪潮”和“辉煌”的抗旱性一般;“兰月”和“美洲王”的抗旱性较弱。水势为-0.6 MPa时,“阿波罗”、“自由2”、“超级伊克利”和“午夜2号”的抗旱性较强;“使命”、“阔雅”和“辉煌”抗旱性次之;“大跃进”和“浪潮”的抗旱性一般;“兰月”、“奖品”

和“美洲王”的抗旱性较弱。当水势为-0.9 MPa时,“阿波罗”、“自由2”和“超级伊克利”的抗旱性较强;“美洲王”、“浪潮”和“辉煌”的抗旱性次之;“大跃进”、“使命”和“午夜2号”的抗旱性一般;“兰月”、“奖品”和“阔雅”的抗旱性较弱。当水势为-1.2 MPa时,“美洲王”的抗旱性较强;“大跃进”、“自由2”、“辉煌”和“午夜2号”的抗旱性次之;“使命”、“阿波罗”、“浪潮”和“超级伊克利”的抗旱性一般;“兰月”、“奖品”和“阔雅”的抗旱性较弱。综上所述,“阿波罗”、“自由2”和“超级伊克利”的抗旱性较强;“大跃进”、“辉煌”和“午夜2号”的抗旱性次之;“使命”、“美洲王”和“浪潮”的抗旱性一般;“兰月”、“奖品”和“阔雅”的抗旱性较弱。

3 讨论与结论

目前,有关用PEG-6000模拟人工干旱研究植物抗旱性的报道很多。大多数研究表明,将种子在PEG-6000溶液中预处理后,再使其正常萌发,能显著提高种子的发芽率^[7-9]。而直接让种子在PEG-6000溶液中萌发,则随着PEG-6000溶液浓度的增大,种子的萌发能力逐渐下降。该试验研究也发现,随着水势的降低,不同品种草地早熟禾发芽率逐渐下降。但在水势为-0.3 MPa时,“阔雅”和“奖品”这2个品种的相对发芽率分别为115.92%和108.66%,在12个品种中排在前2位;同时,根据综合聚类分析可知,这2个品种的抗旱性是比较差的。因此可以推断,可能是由于低浓度的PEG-6000溶液促进了它们的萌发。尽管“奖品”和“阔雅”这2个品种在抗旱性上并不是很强,但它们在萌发期对PEG-6000溶液的敏感性仍值得进一步研究,这对于非干旱区域种植可能具有实践意义。

一般认为,干旱条件下有利于根系的生长,因此在萌发期具有较高胚根胚芽比值的品种具有较强的抗旱性^[10]。但从该试验实际生长情况看,随着水势的降低,各品种胚根、胚芽的长势越来越弱,尤其是胚芽的生物

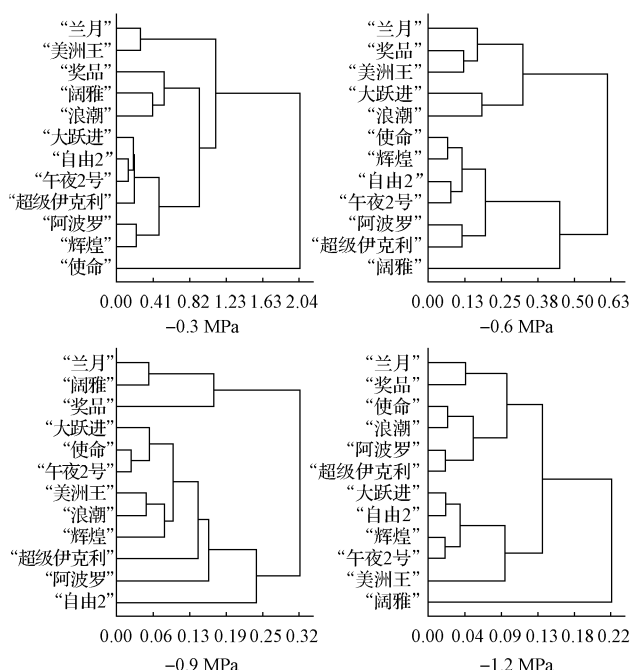


图3 干旱胁迫下12个草地早熟禾品种综合聚类分析

Fig. 3 The results of 12 *Poa pratensis* varieties comprehensive clustering under drought stress

量很小,造成了胚根胚芽比值的升高,这样的高比值可能会影响最终对品种抗旱性的判断。例如,发现耐旱品种“超级伊克利”在中重度干旱(水势低于 -0.9 MPa)条件下,胚芽还是有一定生长量的,因此胚根胚芽比值并不高(水势为 -1.2 MPa 时,其胚根胚芽比为 0.71);而不耐旱的品种“奖品”在中重度干旱条件下,胚芽生长严重萎缩,造成胚根胚芽比值升高(当水势为 -1.2 MPa 时,其胚根胚芽比为 1.63)。因此,在较低水势情况下,较高的胚根胚芽比并不能代表其抗旱性强^[11]。

同时,萌发指数和耐旱指数这 2 个指标均是由种子发芽率和胚根胚芽重这 2 个指标计算而来。尽管各指标随干旱胁迫的加剧其变化趋势较为一致,但是可能会因实测指标过少,造成非客观全面对种子萌发能力做出评价。因此,对于种子萌发期的抗旱性研究应该再多实测一些生理生化性指标,综合全面地对种子的抗旱萌发能力做出评价^[12-14]。

从该试验数据可看出,当水势低于 -1.2 MPa 时,一些品种也有较好的萌发能力,但这些幼苗是否能渡过幼苗期而长成植株,仍需进一步探讨。因此,若能把萌发期和幼苗期的抗旱性鉴定相结合,将会对实际生产产生更加现实的指导意义^[15]。此外,“大跃进”、“阿波罗”、“自由 2”和“午夜 2 号”4 个品种的致死水势均低于 -1.50 MPa,这在抗旱育种方面可能具有实践意义。

从该试验结果分析可知,草地早熟禾种子萌发的适宜水势为 ≥ -0.46 MPa,而其萌发期抗旱的临界水势可能在 -0.6 MPa 左右。同时,在该试验 12 个供试品种中,“阿波罗”、“自由 2”和“超级伊克利”的抗旱性较强;“大跃进”、“辉煌”和“午夜 2 号”的抗旱性次之;“使命”、

“美洲王”和“浪潮”的抗旱性一般;“兰月”、“奖品”和“阔雅”的抗旱性较弱。

参考文献

- [1] 孙吉雄. 草坪学[M]. 北京:中国农业出版社,1995.
- [2] 李进芳. 三种早熟禾牧草苗期抗旱抗寒性及种子萌发特性研究[D]. 西宁:青海大学,2007.
- [3] 滕祥金,孙玉刚,吴妹菊,等. 不同草地早熟禾品种抗寒性研究[J]. 北方园艺,2011(8):90-92.
- [4] 王建丽,申忠宝,钟鹏,等. NaCl 胁迫对 15 个草地早熟禾品种萌发的影响[J]. 草原与草坪,2009(4):57-60.
- [5] 任继周. 草业科学研究方法[M]. 北京:中国农业出版社,1998.
- [6] Michel B E, Kaufmann M R. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000[J]. Plant Physiology,1973,51:914-916.
- [7] 张立军,樊金娟,阮燕晔,等. 聚乙二醇在植物渗透胁迫生理研究中的应用[J]. 植物生理学通讯,2004,40(3):361-364.
- [8] 喻方圆,刘远. 聚乙二醇渗透处理对马尾松种子活力的影响[J]. 南京林业大学学报,2000,24(1):38-40.
- [9] 杜建雄,侯向阳,刘金荣. 草地早熟禾对干旱及早后复水的生理响应研究[J]. 草业学报,2010,19(2):31-38.
- [10] 王红春,姜远来,李宜慰. 早熟禾萌发特性研究[J]. 江苏农业科学,2009(4):138-140.
- [11] Fu J. Involvement of antioxidants and lipid peroxidation in the adaptation of two cool-season grasses to localized drought stress[J]. Environment, 2001,45(2):105-114.
- [12] 梅景,张辉,孙鑫,等. 海水胁迫对草地早熟禾种子萌发的影响[J]. 北方园艺,2012(15):83-86.
- [13] 赵莉,余学杰. 3 种植物生长调节剂对疏花早熟禾种子萌发的影响[J]. 种子,2010,29(12):66-68.
- [14] 宝布仁其其格,包桂荣. 六种草地早熟禾品种的抗寒性比较[J]. 内蒙古民族大学学报,2010,16(5):73-75.
- [15] 李进芳,颜红波,周青平. 3 种早熟禾苗期的短期抗旱性研究[J]. 草业科学,2007,24(5):37-40.

Study on Drought Resistance at Germination Stage of 12 Varieties of *Poa pratensis* L. under PEG-6000 Stress

WANG Bin¹, LI Chang-ding², LAN Jian¹, MA Zhong-ze³, XU Xing¹

(1. School of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021; 2. Bureau of Linyi Science and Technology, Linyi, Shandong 276000; 3. Ningxia Heng'an Construct Supervision Consultation Co., LTD, Yinchuan, Ningxia 750001)

Abstract: 12 varieties of *Poa pratensis* L. were treated with PEG-6000 solution at concentrations of 0(CK)、 -0.3 、 -0.6 、 -0.9 and -1.2 MPa in order to assess the effects of drought on relative germination rate, ratio of radicle and embryo, germination index as well as drought-tolerance index at germination stage. The results showed that the suitable water potential of *Poa pratensis* germination was more than or equal to -0.46 MPa and the critical water potential of drought tolerance of *Poa pratensis* probably around -0.6 MPa at germination stage. At last, the method of comprehensive clustering analysis was used to evaluate the different tolerance of the experimented varieties and the result was ‘Apollo’, ‘Freedom II’ and ‘Super icelly’ had better drought resistance, ‘Big bound’, ‘Resplendence’ and ‘Midnight II’ had good drought resistance, ‘Mission’, ‘America king’ and ‘Impact’ were middle, ‘Bluemoon’, ‘Award’ and ‘Broad elegant’ had worse drought resistance.

Key words: *Poa pratensis* L.; germination stage; drought stress; drought resistance; PEG-6000