

糜子育成品种苗期抗旱性评价与鉴定指标筛选

董孔军¹, 刘天鹏^{1,2}, 何继红¹, 任瑞玉¹, 张磊¹, 杨天育^{1,2}

(¹甘肃省农业科学院作物所, 兰州 730070; ²甘肃农业大学生命科学技术学院, 兰州 730070)

摘要:在年降雨量不足 40 mm 的敦煌市, 对我国不同地区育成的 56 份糜子品种, 采用反复干旱法进行了苗期抗旱性鉴定, 利用反复干旱存活率和抗旱性综合评价值 D 的聚类结果筛选出一级抗旱品种 4 份, 分别是陇糜 5 号、吉 3、蒙梗糜 1 号和蒙梗糜 7 号; 配对 t 测验显示: 反复干旱胁迫后糜子苗高、植株含水量、单株叶面积、生物学产量分别降低了 16.097 cm、0.393 g/株、10.358 cm²/株、0.075 g/株, 差异达到了极显著水平, 而根长、相对增长率反向增加了 0.555 cm、3.213%; 主成分分析中, 植株含水量、生物学产量、单株叶面积 3 个指标在第 1 主成分中起决定作用 (系数均 ≥ 0.881), 且与两种抗旱评价参数值相关性均达到了极显著水平, 因此, 确定植株含水量、生物学产量、单株叶面积作为糜子苗期抗旱性鉴定 1 级指标。

关键词: 糜子; 苗期; 抗旱性; 鉴定指标

Evaluation and Identification Indexes Selection on the Drought Resistance of Broomcorn Millet Elite Cultivars at Seeding Stage

DONG Kong-jun¹, LIU Tian-peng^{1,2}, HE Ji-hong¹, REN Rui-yu¹, ZHANG Lei¹, YANG Tian-yu^{1,2}

(¹Crop Research Institute, Gansu Province Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070;

²Life Science and Technology College, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070)

Abstract: In DunHuang city where annual rainfall is less than 40 mm, 56 Broomcorn millet cultivars developed from different regions in China were tested for drought resistance index by repeated drought method at the seeding stage. The clustering results of survival rate after repeated drought treatments and comprehensive evaluation value D showed that Longmi No. 5, Mengjingmi No. 1, Mengjingmi No. 7, and Ji No. 3 were screened as grade 1 drought-resistant varieties. Pairing analysis showed that the traits among the 56 Broomcorn millet cultivars were significantly different. After repeated drought stress at broomcorn millet seedling, seedling plant height, plant water content, leaf area per plant, and biomass respectively reduced 16.097 cm, 0.393 g/strains, 10.358 cm²/strain, and 0.075 g/strains. On the contrary, root length and relative growth rate increased 0.555 cm and 3.213%. By principal component analysis, plant water content, biomass, leaf area per plant played a decisive role in the first principal component (coefficient ≥ 0.881), they all had reached a significant level on two drought evaluation parameter values. Therefore, plant water content, biomass, and leaf area per plant could be used as dominating drought resistance identification of broomcorn millet seedling.

Key words: Broomcorn millet; seedling stage; drought resistance; identification indexes

作物的抗旱性是指在干旱条件下, 作物能够 忍耐或抵御水分胁迫而使其自身的生长、发育和

收稿日期: 2014-09-18 修回日期: 2014-11-02 网络出版日期: 2015-08-11

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20150811.1557.010.html>

基金项目: 国家自然科学基金(31460381); 国家现代农业产业技术体系(CARS-07-12.5-A5); 甘肃省重大科技专项(0801NKDA016)

第一作者主要从事小杂粮遗传育种和生态生理研究。E-mail: broommillet@163.com; 刘天鹏为共同一作者

通信作者: 杨天育, 主要从事小杂粮遗传育种与栽培研究。E-mail: 13519638111@163.com

繁衍后代受到最小抑制的能力^[1],是多基因控制的数量性状,受基因型和环境因子的双重影响^[2-3],因此,抗旱性要综合作物类型、品种来源、气候、土壤、生物等因子全面系统的研究,对此研究者已从土壤物理环境、矿质营养^[4]、气候因素、抗旱性机理^[5-6]、抗旱性鉴定与评价^[7-8]、抗旱性指标筛选^[9]、抗旱性状定位(QTLs)^[10-11]、抗旱性相关基因利用^[12-13]等方面进行了深入的研究,而抗旱性又因作物生长阶段不同存在较大差异^[14-15]。苗期是作物生长发育的关键时期,也是抗旱性研究的重要阶段,直接关系到作物产量的形成,关于苗期抗旱性国内在抗旱性鉴定与评价^[16-17]、抗旱性品种及指标筛选^[18-19]等方面研究的较多,国外多以抗旱机理^[20]、抗旱性相关基因^[13]等方面为研究重点。

糜子(*Panicum miliaceum* L.)是起源于我国黄河流域的古老作物,是一种粮饲兼用作物,具有抗旱、耐瘠、耐盐碱的特性^[21],分蘖性和糯性^[22],多分布于我国北方干旱半干旱地区^[23],在抗旱救灾和畜牧业发展中起着重要的作用。糜子育成品种因高产、稳产、优质等特点是生产上的主要栽培品种,但因其亲本遗传特性、选育方法、生态适应性等方面的原因,不同品种间抗旱性存在较大的差异,而糜子苗期抗旱性研究仅有王纶等^[24]采用反复干旱法对山西具有代表性的500份糜子种质资源进行了抗旱性鉴定与评价,验证了反复干旱法适合于大批量种质资源抗旱性的鉴定;冯晓敏等^[25]采用盆栽控水试验,研究了不同水分处理对糜子苗期主要性状和光合参数的影响,提出部分供试品种生物量减少的主要原因是干旱胁迫下糜子叶片光合速率和叶绿素荧光参数的降低,并且指出叶绿素荧光参数Fv、Fm、Fv/Fm等指标的变化可鉴定糜子苗期干旱抵御能力;翌年,冯晓敏等^[26]在人工控水条件下,采用盆栽方法,又研究了不同糜子品种苗期干旱条件下的形态和生理特性,结果表明不同品种间株高、叶面积、总根长、根系总体积、SOD、POD、脯氨酸和可溶性糖含量因干旱程度不同存在显著差异。但就国内主要育成糜子品种苗期抗旱性研究尚未见报道,对此,本研究选用于我国不同地区的56份糜子育成品种,利用甘肃省敦煌地区干旱少雨、日蒸发量大的自然条件,采用反复干旱法对其进行了苗期抗旱性鉴定与评价,为糜子苗期抗旱性进一步研究及品种选育提供

基础材料和科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以我国不同地区育成的56糜子品种为试验材料,名称及来源详见表1。

1.2 试验设计

试验在甘肃省农业科学院敦煌试验站进行,设干旱处理组和正常对照组,采用完全随机区组设计,3次重复,以长×宽×高为45 cm×30 cm×25 cm的塑料箱作为播种箱,内装耕层土20 kg,播种前灌水至田间最大持水量,当土壤含水量达15%±1%时播种。每箱以箱宽为行长播种6行,每份材料播种2行,出苗后每行定苗15株,株距2 cm,行距7.5 cm。干旱处理组,当苗龄进入3叶期时进行干旱处理,使大部分种质叶片萎蔫5~6 d,土壤含水量在4.5%左右时第1次复水,使其达到田间最大持水量,复水2 d后调查存活率。第2、3次复水均在上次复水后大部分种质叶片萎蔫8~9 d、土壤含水量降至3%左右时进行,复水2 d后调查存活率。正常对照组保持土壤含水量为17%~18%,使其正常生长。

1.3 测定指标

试验于2013年7月11日,土壤含水量为4.27%时第1次复水,7月26日土壤含水量为2.82%时第2次复水,8月13日土壤含水量为2.58%时第3次复水。其中叶绿素采用叶绿素计SPAD-502Plus在每次复水后第2天选取植株顶部第2片叶测定;相对生长率在第2次复水前1 d及复水8 d后选中间10株测定其株高,相对生长率(%)=(处理8 d后株高-处理前株高)/处理前株高×100计算;苗高、根长,根数及植株含水量、生物学产量、地上生物量、地下生物量在第3次复水后第2天选取存活植株分别采用直尺、目测及烘干法测定,并以地下生物量/地上生物量计算根冠比(RSR);单株叶面积使用台式叶面积仪LI-3100C测定,并将所测叶片置于烘箱中85℃烘干至恒重,以叶片干重/叶面积计算比叶重。对照组各指标对应于处理组在同一天测定,以3次重复平均值作为各指标代表值。

1.4 抗旱性评价

抗旱性评价及分级标准参照《黍稷种质资源描述规范和数据标准》^[22]及毛培春等^[27]、孙健等^[28]的方法,以干旱存活率结合抗旱性综合评价值D对

表 1 参试品种及来源
Table 1 The test varieties and sources

序号 No.	名称 Cultivar	来源 Origin	粳糯性 Trueness-waxyess	序号 No.	名称 Cultivar	来源 Origin	粳糯性 Trueness-waxyess
1	龙黍 21 号	黑龙江	糯	29	晋黍 3 号	山西	糯
2	龙黍 23 号	黑龙江	糯	30	晋黍 4 号	山西	糯
3	齐黍 1 号	黑龙江	糯	31	晋黍 5 号	山西	糯
4	粘丰 5 号	黑龙江	糯	32	晋黍 6 号	山西	糯
5	粘丰 7 号	黑龙江	糯	33	晋黍 7 号	山西	糯
6	九黍 1 号	吉林	糯	34	晋黍 8 号	山西	糯
7	吉 2	吉林	糯	35	晋黍 9 号	山西	糯
8	吉 3	吉林	糯	36	品糜 1 号	山西	粳
9	吉 4	吉林	糯	37	榆黍 1 号	陕西	糯
10	吉 9	吉林	糯	38	榆黍 2 号	陕西	糯
11	吉 11	吉林	糯	39	榆黍 3 号	陕西	糯
12	吉 12	吉林	糯	40	蟠龙黄糜子	陕西	粳
13	吉 18	吉林	糯	41	宁糜 5 号	宁夏	粳
14	辽糜 3 号	辽宁	糯	42	宁糜 10 号	宁夏	粳
15	辽糜 56 号	辽宁	糯	43	宁糜 11 号	宁夏	粳
16	赤黍 1 号	内蒙古	糯	44	宁糜 13 号	宁夏	粳
17	赤黍 2 号	内蒙古	糯	45	宁糜 14 号	宁夏	粳
18	赤糜 1 号	内蒙古	粳	46	宁糜 15 号	宁夏	糯
19	赤糜 2 号	内蒙古	粳	47	宁糜 16 号	宁夏	粳
20	伊选黄糜	内蒙古	糯	48	宁糜 17 号	宁夏	粳
21	伊糜 5 号	内蒙古	粳	49	陇糜 2 号	甘肃	粳
22	内糜 5 号	内蒙古	粳	50	陇糜 3 号	甘肃	粳
23	蒙粳糜 1 号	内蒙古	粳	51	陇糜 4 号	甘肃	粳
24	蒙粳糜 7 号	内蒙古	粳	52	陇糜 5 号	甘肃	粳
25	雁黍 7 号	山西	糯	53	陇糜 7 号	甘肃	粳
26	雁黍 8 号	山西	糯	54	陇糜 8 号	甘肃	粳
27	晋黍 1 号	山西	糯	55	陇糜 9 号	甘肃	粳
28	晋黍 2 号	山西	糯	56	陇糜 10 号	甘肃	粳

56 份糜子品种进行抗旱性评价及分类。相关计算公式如下：

干旱存活率 $GL(\%) = 100 \times \frac{1}{3} \sum \frac{n_i}{N_i}$ (1)

隶属函数值 $\mu(X_j) = \frac{x_j - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}$ (2)

标准差系数 $V_j = \frac{\sqrt{\sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}}{\bar{x}_j}$ (3)

指标权重 $W_i = \frac{V_j}{\sum_{j=1}^n V_j}$ (4)

抗旱性综合评价值 $D = \sum_{j=1}^n [\mu(X_j) \times W_j]$ (5)

式中： n_i 、 N_i 为每次干旱处理后存活的幼苗数和干旱处理前的幼苗数； $\mu(X_j)$ 表示 j 个指标的隶属函数值； X_j 表示第 j 个指标值； $X_{\max}$ 、 $X_{\min}$ 分别表示所有参试材料的第 j 个指标的最大值、最小值； $\bar{x}_j$ 表示第 j 个指标平均值； x_{ij} 表示第 i 份材料第 j 性状值； V_j 、

W_j 表示第 j 个指标的标准差系数及权重; D 表示各材料的抗旱性综合评价值。

以干旱存活率 (GL) 为依据对参试品种进行分级, 1 级抗旱品种: $GL \geq 70\%$; 2 级抗旱品种: $60\% \leq GL < 70\%$; 3 级抗旱品种: $45\% \leq GL < 60\%$; 4 级抗旱品种: $25\% \leq GL < 45\%$; 5 级抗旱品种: $GL < 25\%$ 。

1.5 数据分析

文中数据处理及分析采用 Excel 2010、SPSS 13.0、DPS 7.0 软件完成。

2 结果与分析

2.1 苗期反复干旱胁迫处理对糜子生长的影响

表 2 显示, 参试品种在反复干旱法处理和正常供水下 10 个测定指标变异系数在 8.773% ~

51.387% 之间, 说明参试品种类型丰富, 性状变化幅度大, 利于抗旱性研究。与正常组相比较, 反复干旱处理下糜子苗高、根数、根冠比、植株含水量、生物学产量、单株叶面积、叶绿素均表现出不同程度的下降, 经配对 t 分析, 差异达到了极显著水平, 特别是苗高、植株含水量、单株叶面积分别降低了 16.097 cm、0.393 g/株、10.358 cm²/株, 较正常供水组降低了 2 倍多, 生物学产量降低了 0.075 g/株, 基本为正常对照组的 0.5 倍, 说明苗期反复干旱胁迫下糜子苗高、植株含水量、单株叶面积、生物学产量变化最为明显。根长、相对生长率较正常供水组平均增长了 0.555 cm、增加了 3.213%, 表现出土壤干旱情况下根系向深层土壤生长的特征, 复水之后一段时间内生长加快的现象, 从根系、地上生长两方面反映出糜子充分利用土壤水分的特性。

表 2 反复干旱处理下糜子各性状的变化

Table 2 Broomcorn millet traits difference under repeated drought treatment

处理 Treatment	统计数 Statistic	苗高 (cm) PH	根长 (cm) RL	根数 RN	根冠比 RR	植株 含水量 (g)PWC	生物学 产量 (g) Biomass	相对 生长率 RGR	单株 叶面积 (cm ²) LAP	比叶重 (g/cm ²) SLW	叶绿素 Chlorophyll
胁迫 Stress	平均数 Average	15.905	9.280	4.105	0.245	0.328	0.126	35.937	10.295	0.0051	20.667
	标准差 SD	2.134	1.415	1.291	0.076	0.079	0.030	0.101	2.683	0.0009	1.878
	变异系数 (%) CV	13.415	15.252	31.457	30.989	23.951	23.783	28.202	26.065	18.088	9.089
正常 CK	平均数 Average	32.002	8.725	5.984	0.328	0.721	0.201	32.724	20.653	0.0035	24.164
	标准差 SD	6.743	1.418	1.058	0.132	0.211	0.065	0.168	6.797	0.0007	2.120
	变异系数 (%) CV	21.071	16.255	17.681	40.315	29.256	32.225	51.387	32.913	20.928	8.773
差值 Difference Value	差数平均数 DJ	-16.097	0.555	-1.879	-0.082	-0.393	-0.075	3.213	-10.358	0.0016	-3.497
	标准差 SD	7.036	1.884	1.785	0.136	0.228	0.070	0.180	6.795	0.0011	2.627
	差数标准误 SE	1.264	0.338	0.321	0.024	0.041	0.013	0.032	1.220	0.0002	0.472
	t 值 t-value	-12.73 **	1.64	-5.86 **	-3.36 **	-9.61 **	-6.03 **	0.993	-8.49 **	8.07 **	-7.41 **

* 表示显著水平 ($P < 0.05$); ** 表示极显著水平 ($P < 0.01$); 差值为胁迫值 - 正常值; 下同

* represents 0.05 significant level, ** represents 0.01 significant level, Difference value: Stress value-normal value, PH: Plant height, RL: Root length, RN: Root number, RR: Root-shoot ratio, PWC: Plant water content, RGR: Relative growth ratio, LAP: Leaf area per plant, SLW: Specific leaf weight, the same as below

2.2 苗期抗旱性评价

相关分析显示干旱存活率与抗旱性综合评价值 D 间的相关系数为 0.98, 达到了极显著水平, 说明两种评价方法差异不显著。以干旱存活率 (表 3) 为依据, 1 级抗旱品种、2 级抗旱品种、3 级抗旱品种、4

级抗旱品种、5 级抗旱品种分别占参试品种的 1.79%、19.64%、48.21%、26.79%、3.57%; 以抗旱性综合评价值 D 的类平均法卡方距离的聚类结果 (图 1) 为依据, 在卡方距离为 0.045 时分为 5 个群组, 按照 D 值由大到小依次分为 1 级抗旱品种、2 级

抗旱品种、3 级抗旱品种、4 级抗旱品种、5 级抗旱品种,分别占参试品种的 7.14%、12.50%、51.79%、26.79%、1.79%,可以看出多数品种的抗旱级别为 2~4 级之间,属于中度抗旱类型,1 级抗旱品种和 5 级抗旱品种所占比例较小,综合两种抗旱性评价方法筛选出极强抗旱品种 4 份,分别为陇糜 5 号、吉 3、蒙梗糜 1 号、蒙梗糜 7 号。根据干旱存活率,2 级抗旱品种中来源于甘肃地区的占 41.67%,内蒙古地区的占 25.00%,山西地区的占 16.67%,陕西和

吉林地区的各占 8.33%;根据抗旱性综合评价 D,2 级抗旱品种来自于吉林、甘肃地区的分别占 36.36%,内蒙古地区的占 27.27%,可以看出甘肃、内蒙古、吉林、山西、陕西强抗旱品种分布较多,说明这些地区可能存在较多的糜子抗旱种质资源。从梗糯性方面可以看出 2 级抗旱品种中的梗性品种占 63.64%~66.67%,糯性品种占 33.33%~36.36%,说明品种的梗糯性与抗旱性也存在一定的关系。

表 3 品种名称、来源、梗糯性及抗旱性评价参数值

Table 3 Broomcorn millet name, origin, trueness-waxyess and drought evaluation parameters

序号 No.	名称 Name	来源 Origin	梗糯性 Trueness- waxyess	干旱存活率 (级别) (%) GL(grade)	综合 评价值 (级别) D(grade)	序号 No.	名称 Name	来源 Origin	梗糯性 Trueness- waxyess	干旱存活率 (级别) (%) GL(grade)	综合 评价值 (级别) D(grade)
1	龙黍 21 号	黑龙江	糯	39.58(4)	0.2880(4)	29	晋黍 3 号	山西	糯	53.34(3)	0.3620(3)
2	龙黍 23 号	黑龙江	糯	49.08(3)	0.2633(4)	30	晋黍 4 号	山西	糯	62.02(2)	0.4619(3)
3	齐黍 1 号	黑龙江	糯	36.89(4)	0.3872(3)	31	晋黍 5 号	山西	糯	38.20(4)	0.2949(4)
4	粘丰 5 号	黑龙江	糯	50.46(3)	0.4301(3)	32	晋黍 6 号	山西	糯	51.77(3)	0.1919(4)
5	粘丰 7 号	黑龙江	糯	44.81(4)	0.4731(3)	33	晋黍 7 号	山西	糯	52.55(3)	0.3600(3)
6	九黍 1 号	吉林	糯	54.43(3)	0.3529(3)	34	晋黍 8 号	山西	糯	61.17(2)	0.2985(3)
7	吉 2	吉林	糯	59.06(3)	0.5149(2)	35	晋黍 9 号	山西	糯	50.70(3)	0.3349(3)
8	吉 3	吉林	糯	69.09(2)	0.6501(1)	36	品糜 1 号	山西	梗	49.97(3)	0.3759(3)
9	吉 4	吉林	糯	48.44(3)	0.3966(3)	37	榆黍 1 号	陕西	糯	35.99(4)	0.3197(3)
10	吉 9	吉林	糯	59.41(3)	0.4924(2)	38	榆黍 2 号	陕西	糯	21.46(5)	0.1239(4)
11	吉 11	吉林	糯	54.72(3)	0.4561(3)	39	榆黍 3 号	陕西	糯	63.46(2)	0.3834(3)
12	吉 12	吉林	糯	42.38(4)	0.4130(3)	40	蟠龙黄糜子	陕西	梗	36.22(4)	0.1998(4)
13	吉 18	吉林	糯	47.37(3)	0.5648(2)	41	宁糜 5 号	宁夏	梗	43.96(4)	0.2260(4)
14	辽糜 3 号	辽宁	糯	41.74(4)	0.4363(3)	42	宁糜 10 号	宁夏	梗	19.23(5)	0.0421(5)
15	辽糜 56 号	辽宁	糯	31.42(4)	0.2208(4)	43	宁糜 11 号	宁夏	梗	54.67(3)	0.2686(4)
16	赤黍 1 号	内蒙古	糯	41.05(4)	0.3568(3)	44	宁糜 13 号	宁夏	梗	55.51(3)	0.2477(4)
17	赤黍 2 号	内蒙古	糯	36.11(4)	0.1559(4)	45	宁糜 14 号	宁夏	梗	44.64(4)	0.3239(3)
18	赤糜 1 号	内蒙古	梗	46.83(3)	0.3797(3)	46	宁糜 15 号	宁夏	糯	54.91(3)	0.3298(3)
19	赤糜 2 号	内蒙古	梗	67.35(2)	0.3528(3)	47	宁糜 16 号	宁夏	梗	51.47(3)	0.4272(3)
20	伊选黄糜	内蒙古	糯	54.49(3)	0.2834(4)	48	宁糜 17 号	宁夏	梗	46.45(3)	0.3087(3)
21	伊糜 5 号	内蒙古	梗	46.86(3)	0.5482(2)	49	陇糜 2 号	甘肃	梗	59.40(3)	0.5028(2)
22	内糜 5 号	内蒙古	梗	55.00(3)	0.3444(3)	50	陇糜 3 号	甘肃	梗	62.49(2)	0.4625(3)
23	蒙梗糜 1 号	内蒙古	梗	62.07(2)	0.7027(1)	51	陇糜 4 号	甘肃	梗	45.79(3)	0.5740(2)
24	蒙梗糜 7 号	内蒙古	梗	64.77(2)	0.6593(1)	52	陇糜 5 号	甘肃	梗	78.91(1)	0.6520(1)
25	雁黍 7 号	山西	糯	47.45(3)	0.1811(4)	53	陇糜 7 号	甘肃	梗	62.99(2)	0.4142(3)
26	雁黍 8 号	山西	糯	33.14(4)	0.2465(4)	54	陇糜 8 号	甘肃	梗	68.78(2)	0.4460(3)
27	晋黍 1 号	山西	糯	51.33(3)	0.3311(3)	55	陇糜 9 号	甘肃	梗	60.16(2)	0.5449(2)
28	晋黍 2 号	山西	糯	42.53(4)	0.1679(4)	56	陇糜 10 号	甘肃	梗	46.96(3)	0.4168(3)

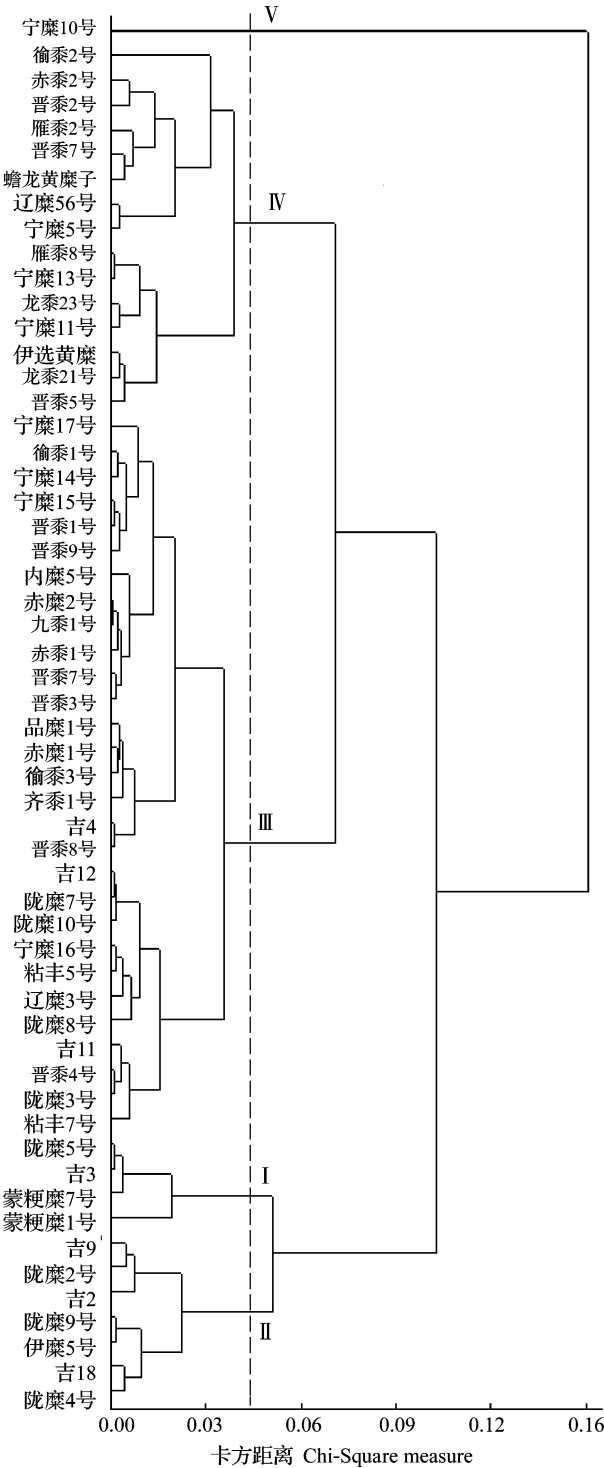


图1 56份糜子综合抗旱性评价值D系统聚类树状图

Fig.1 System cluster of 56 Broomcorn millet cultivars by weighted subordinate function value

2.3 苗期抗旱鉴定指标筛选

通过对10个抗旱鉴定指标的主成分分析(表4),根据特征根大于1作为主成分纳入的标准,得到了3个主成分。其中第1主成分中起决定作用的主要为植株含水量(0.941)、生物学产量(0.924)、

单株叶面积(0.881)、根数(0.816)4个性状分量,主成分1相当于3.842个原始指标的作用,反映出原始数据38.416%的信息;决定第2主成分的主要为根冠比(0.693)、根长(0.689)、叶绿素(0.660)3个性状分量,主成分2相当于1.777个原始指标的作用,能够反映原始数据17.769%的信息;主成分3主要由比叶重(0.734)、相对增长率(0.567)2个性状分量决定,相当于1.193个原始指标的作用,反映出11.929%原始数据的信息。

表4 糜子苗期抗旱性鉴定指标主成分分析

Table 4 Principal component analysis of drought identification traits at Broomcorn millet seedling stage

抗旱指标 Drought resistance indexes	成分1 Component 1	成分2 Component 2	成分3 Component 3
苗高 PH	0.545	-0.352	0.398
根长 RL	0.361	0.689	-0.108
根数 RN	0.816	0.090	-0.141
根冠比 RR	0.302	0.693	-0.127
植株含水量 PWC	0.941	-0.042	-0.110
生物学产量 Biomass	0.924	0.023	0.135
相对增长率 RGR	0.353	-0.276	0.567
单株叶面积 LAP	0.881	-0.145	-0.218
比叶重 SLW	-0.037	0.393	0.734
叶绿素 Chlorophyll	-0.122	0.660	0.218
特征根 Eigenvalue	3.842	1.777	1.193
贡献率(%) Contribution rate	38.416	17.769	11.929
累计贡献率(%) Cumulative contribution rate	38.416	56.184	68.113

根据主成分分析结果,结合相关分析(表5),可以看出植株含水量、生物学产量、单株叶面积3个指标不仅在主成分中系数较大(≥ 0.881),且与两种抗旱评价参数值均达到了极显著水平,可作为糜子苗期抗旱性鉴定1级指标。主成分分析将多个指标组合成相互独立的少数几个能充分反映总体信息的指标,从表4可以看出,主成分1能够反映38.416%的信息,起决定作用的主要有4个性状,除植株含水量、生物学产量、单株叶面积外,根数(0.816)也是一个重要的指标,相关分析中,根数与综合评价值D

的相关性极显著,且相关系数(0.811)较大,此外,相对增长率在主成分3中起决定作用,且与两种抗旱性评价参数值相关性极显著,因此,可将根数、相对

增长率作为糜子苗期2级抗旱鉴定指标,根冠比、根长在主成分2中起决定作用,且与抗旱性综合评价D相关性极显著,可作为3级抗旱鉴定指标。

表5 抗旱性评价参数值与各评价指标间的相关性

Table 5 Correlation coefficient between drought identification traits and evaluation values

相关系数 Correlation coefficient	苗高 PH	根长 RL	根数 RN	根冠比 RR	植株 含水量 PWC	生物学 产量 Biomass	相对 增长率 RGR	单株 叶面积 LAP	比叶重 SLW	叶绿素 Chlorophyll
干旱存活率 GL	0.120	0.220	0.230	0.080	0.480 **	0.397 **	0.273 **	0.493 **	-0.406	0.196
综合评价值 D	0.437 **	0.471 **	0.811 **	0.508 **	0.860 **	0.877 **	0.389 **	0.780 **	0.118	0.096

3 讨论

3.1 抗旱品种

在作物苗期抗旱性评价研究中,干旱存活率已在小麦、水稻^[17]等作物上被确定为简便、快速评价其抗旱性强弱的指标和方法,但干旱存活率仅反映的是作物在苗期存活株数的多少,不能全面反映干旱条件下作物生长发育的综合表现。本研究显示,以干旱存活率为评价依据,干旱存活率分别为69.09%、62.07%、64.77%的2级抗旱糜子品种吉3、蒙粳糜1号、蒙粳糜7号,其综合评价结果均为1级抗旱品种。因此,笔者认为苗期抗旱性评价在以干旱存活率为基础的条件下,还应综合参考糜子的各个性状,准确全面的评价苗期抗旱性。

育成品种因其遗传背景、选育方法以及生态适应性等方面的原因,抗旱性存在较大的差异。不同地区的育成品种携带有高产、多抗、优质等优异基因资源,是进一步改良种质资源的重要材料,同时由于不同地区的糜子育成品种不同程度的引入了当地地方品种、农家品种、野生近缘种等的抗旱基因,可以作为搜集糜子抗旱基因资源分布地区的一条依据,如糜子苗期1级抗旱品种陇糜5号、蒙粳糜1号、蒙粳糜7号、吉3分别来自于甘肃、内蒙古、吉林地区,说明这些地区可能存在较多的糜子苗期强抗旱种质资源。

支链淀粉和直链淀粉是合成淀粉的天然前体分子,两者含量及理化性质的不同,决定作物的不同类型。水稻因直连淀粉和支链淀粉含量的不同,分为粳稻和籼稻^[29],研究者发现^[30]水稻抗旱性强弱与水陆、颖毛有无密切相关,而与籼粳、粘糯关系不大。糜子因支链淀粉和直链淀粉的含量不同分为粳性和糯性,本研究中粳糯性品种分别占参试品种的

41.07%、58.93%,2级抗旱品种中粳性占63.64%~66.67%,糯性占33.33%~36.36%,可以看出粳性品种所占比例较大,并且在生产中我国包头、东胜、榆林、延安一线以西较干旱地区主要栽培粳性品种,以东降雨量较多地区主要栽培糯性品种,说明糜子粳糯性可能与其抗旱性存在一定的关系,关于这一点有待进一步研究。

3.2 苗期抗旱性鉴定指标

抗旱植物形态上表现出根系发达、入土较深、叶片缩小加厚、叶色深绿、茎秆增粗等特征,生理上表现出细胞渗透势低、吸水保水能力强、水分补偿点低等特点^[31]。本研究显示,糜子苗期在反复干旱胁迫处理下,根加长、单株叶面积变小、比叶重增大,表现出与抗旱植物相似的形态变化。糜子是禾谷类作物中水分利用率较高的作物^[32],本研究发现糜子在复水后一段时间内相对增长率较对照明显加快的现象,表现出高效利用水分的特点。主成分分析显示植株含水量、生物学产量、相对增长率、单株叶面积、根数、根长、根冠比、比叶重在各主成分中贡献率较大,经相关分析显示植株含水量、生物学产量、相对增长率、单株叶面积均与干旱存活率、抗旱性综合评价值极显著相关,进一步反映出抗旱植物的特征。

参考文献

- [1] 林汉民,常汝镇,邵桂花,等. 中国大豆耐逆研究[M]. 北京: 中国农业出版社,2009
- [2] Cairns J E, Impa S M, Toole J C O, et al. Influence of the soil physical environment on rice (*Oryza sativa* L.) response to drought stress and its implications for drought research[J]. Field Crop Res, 2011, 121: 303-310
- [3] Feng F J, Xu X Y, Du X B, et al. Assessment of drought resistance among wild rice accessions using a protocol based on single-tiller propagation and PVC-tube cultivation[J]. Aust J Crop Sci, 2012, 6(7): 1204-1211
- [4] Waraich E A, Ahmad R, Saifullah, et al. Role of mineral nutrition in alleviation of drought stress In plant[J]. Aust J Crop Sci, 2011, 5(6): 764-777

- [5] Levitt J. Response of plants to environmental stresses. water, radiation, salt and other stresses [M]. New York: Academic Press, 1980:325-358
- [6] Krugman T, Peleg Z, Quansah L, et al. Alteration in expression of hormone-related genes in wild emmer wheat roots associated with drought adaptation mechanisms [J]. *Funct Integr Genomics*, 2011, 11: 565-583
- [7] 杨子光, 张灿军, 冀天会, 等. 小麦抗旱性鉴定方法及评价指标研究 V 苗期抗旱指标的比较研究 [J]. *中国农学通报*, 2008, 24(1): 156-158
- [8] 祁旭升, 邱丽娟, 刘章雄, 等. 大豆成株期抗旱性鉴定评价方法研究 [J]. *作物学报*, 2012, 38(4): 665-674
- [9] 张盼盼, 冯佰利, 王鹏科, 等. 糜子芽期抗旱性指标鉴定与利用研究 [J]. *河北农业科学*, 2010, 14(11): 22-27
- [10] Arvindkumar Shivaji Salunkhe R, Poornima K, Silvas Jebakumar Prince P, et al. Fine mapping QTL for drought resistance traits in rice (*Oryza sativa* L.) using bulk segregant analysis [J]. *Mol Biotechnol*, 2011, 49: 90-95
- [11] 聂元元, 邹桂花, 李瑶, 等. 水稻第 2 染色体上抗旱相关性状 QTL 的精细定位 [J]. *作物学报*, 2012, 38(6): 988-995
- [12] Ning J, Liu S Y, Hu H H, et al. Systematic analysis of *NPK1-like* genes in rice reveals a stress-inducible gene cluster co-localized with a quantitative trait locus of drought resistance [J]. *Mol Genet Genomic*, 2008, 280: 535-546
- [13] He C M, Zhang W W, Gao Q, et al. Enhancement of drought resistance and biomass by increasing the amount of glycine betaine in wheat seedlings [J]. *Euphytica*, 2011, 177: 151-167
- [14] 张文英, 智慧, 柳斌辉, 等. 谷子全生育期抗旱性鉴定及抗旱指标筛选 [J]. *植物遗传资源学报*, 2010, 11(5): 560-565
- [15] 刘天鹏, 董孔军, 何继红, 等. 糜子育成品种芽期抗旱性鉴定与评价研究 [J]. *植物遗传资源学报*, 2014, 15(4): 746-752
- [16] 齐照良, 朱昊, 李斯深. 小麦 RIL 群体苗期抗旱性综合评价 [J]. *山东农业科学*, 2010(9): 5-9
- [17] 张锦鹏, 王茅雁, 白云凤, 等. 谷子品种抗旱性的苗期快速鉴定 [J]. *植物遗传资源学报*, 2005, 6(1): 59-62
- [18] 陈惠查, 张再兴, 阮仁超, 等. 贵州稻种禾类种质资源耐冷性和抗旱性鉴定与评价利用 [J]. *贵州农业科学*, 1999, 27(6): 38-40
- [19] 朴明鑫, 张春宵, 杨书华, 等. 69 份玉米自交系的苗期耐旱性分析 [J]. *吉林农业科学*, 2011, 36(3): 13-17
- [20] Price A H, Cairns J E, Horton P, et al. Linking drought-resistance mechanisms to drought avoidance in upland rice using a QTL approach: progress and new opportunities to integrate stomatal and mesophyll response [J]. *J Exp Bot*, 2002, 53(371): 989-1004
- [21] Hu X Y, Wang J F, Lu P, et al. Assessment of genetic diversity in broomcorn millet (*Panicum miliaceum* L.) using SSR markers [J]. *J Genet Genomics*, 2009, 36: 491-500
- [22] 王星玉, 王纶, 崔彩霞, 等. 黍稷种质资源描述规范和数据标准 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 1-5
- [23] 柴岩, 王玉玺, 王智才, 等. 糜子 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1999: 2-3
- [24] 王纶, 温琪汾, 曹厉萍, 等. 黍稷抗旱种质筛选及抗旱机理研究 [J]. *山西农业科学*, 2007, 35(4): 31-34
- [25] 冯晓敏, 张永清. 水分胁迫对糜子植株苗期生长和光合特性的影响 [J]. *作物学报*, 2012, 38(8): 1513-1521
- [26] 冯晓敏, 张永清, 李鹏, 等. 糜子幼苗对不同强度干旱胁迫的形态与生理响应 [J]. *干旱地区农业研究*, 2013, 31(2): 176-181
- [27] 毛培春, 孟林, 高洪文, 等. 20 份无芒雀麦种质材料苗期抗旱性综合评价及光合特性分析 [J]. *草地科学*, 2011, 19(4): 619-626
- [28] 孙建, 饶月亮, 乐美旺, 等. 干旱胁迫对芝麻生长与产量性状的影响及其抗旱性综合评价 [J]. *中国油料作物学报*, 2010, 32(4): 525-533
- [29] 熊善柏, 赵思明, 张声华. 稻米淀粉的理化特性研究 II 稻米直链淀粉和支链淀粉的理化特性 [J]. *中国粮油学报*, 2003, 18(2): 5-8
- [30] 申时全, 曾亚文, 李自超, 等. 云南稻种核心种质抗旱性研究 [J]. *中国农学通报*, 2001, 17(5): 6-8
- [31] 王忠, 王三根, 顾蕴洁, 等. 植物生理学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 546-550
- [32] 高俊山, 魏仰浩. 我国糜子的抗旱适应性及其在干旱地区农业生产中的地位 [J]. *粟类作物*, 1990(4): 30-33

欢迎订阅 2016 年《山西农业科学》

《山西农业科学》是山西省农业科学院主办的大农业学术性期刊(中国科技核心期刊)。主要栏目有:宏观农业、生物技术、遗传育种、耕作栽培、生理生化、资源与环境、植物保护、畜牧兽医、水产渔业、贮藏与加工、信息技术、文献综述等。主要读者对象为农业研究机构科研人员、农业院校师生、涉农部门农业技术推广工作者。

月刊, 每期定价 8.00 元, 全年 96.00 元。国内统一刊号 CN14-1113/S, 邮发代号 22-24。

地址: 太原市长风街 2 号

邮编: 030006

电话: (0351) 7089783

E-mail: sxnykx@126.com