

# 甘肃部分小麦品种萌发期抗旱性鉴定及评价

王 炜<sup>1</sup> 陈 琛<sup>1</sup> 张晓洋<sup>2</sup> 朱天地<sup>1</sup> 白 斌<sup>3</sup> 方万成<sup>2</sup> 袁俊秀<sup>3</sup>

(<sup>1</sup> 甘肃省农业科学院生物技术研究所, 兰州 730070; <sup>2</sup> 新疆农业大学科学技术学院, 乌鲁木齐 830000;

<sup>3</sup> 甘肃省农业科学院小麦研究所, 兰州 730070)

**摘要:**为筛选出甘肃省旱地尤其是播种期间气候干旱地区适宜的小麦品种,本研究以8份甘肃省主栽的小麦品种和骨干亲本为供试材料,采用PEG-6000模拟干旱胁迫进行了萌发期抗旱性鉴定,测定了发芽率、根长、干物质转运率等8项指标;通过相关分析、主成分分析及抗旱隶属函数值计算,利用抗旱性度量值(D值)对供试材料萌发期抗旱性进行了综合评价。结果表明,8个萌发期性状中,鲜重和干物质转运率对PEG-6000模拟干旱的胁迫反应迟钝,胚芽鞘长、发芽指数次之,发芽率、根长、发芽势和干重则较为敏感;8份小麦品种萌发期抗旱性排序依次为西早2号>陇春27号>兰天10号=兰天19号>和尚头>宁春4号=兰大211>兰天132。

**关键词:**小麦;抗旱性;萌发期;PEG-6000;综合评价

甘肃省小麦大部分种植于干旱和半干旱地区,早作面积大,年降水量不足且季节分布不均,冬春雨少干旱,自然降水与农作物需水供需错位。甘肃省冬小麦一般在每年9月中下旬至10月上旬播种,春小麦在每年3月上旬至3月下旬播种,此段时间经常较为干旱<sup>[1]</sup>。因此,小麦品种萌发期的抗旱性至关重要。鉴于此,本研究利用PEG-6000模拟干旱胁迫,对8份甘肃省主栽小麦品种和骨干亲本进行萌发期抗旱性鉴定和评价,以期为该地区小麦育种和生产提供参考。

## 1 材料与amp;方法

**1.1 供试材料** 选用小麦材料共8份,其中春小麦4份,分别为和尚头、宁春4号、西早2号和陇春27号;冬小麦4份,分别为兰天10号、兰天19号、兰天132和兰大211。以上品种均为甘肃省主栽品种和骨干亲本。

**1.2 试验方法** 参照景蕊莲等<sup>[2]</sup>制定的《小麦抗旱性鉴定评价技术规范》及吴奇等<sup>[3]</sup>的方法,每个

小麦品种随机选取100粒饱满、大小均匀的种子,用10%的NaClO溶液消毒5min,无菌水冲洗3次,无菌滤纸吸干后,用镊子夹取均匀放入铺有双层滤纸、直径为9.0cm培养皿中,每个培养皿加入-0.5MPa的PEG-6000溶液10mL,对照组加入相同体积的蒸馏水,每个处理3次重复,置于人工气候箱培养,温度为25℃。每隔2d补充适量相同浓度的溶液。以胚根长为种子长度一半时视为发芽,3d后统计发芽势,7d后统计发芽率,并从各个重复中随机取出10株,用直尺测量胚芽鞘长、根长,用电子天平称量鲜重、芽干重、总干重;测干重前先在105℃杀青2h,之后在80℃下烘干至恒重。按以下公式计算发芽势(GP, Germination potential)、发芽率(GR, Germination rate)、发芽指数(GI, Germination index)、干物质转运率(TM, Transference ratio of dry matter)、各单项指标的抗旱系数(DC, Drought resistance coefficient)、综合抗旱系数(CDC, Comprehensive drought resistance coefficient);对各单项指标的抗旱系数进行简单相关分析、连续变数频数统计分析和主成因分析,计算因子权重系数( $\omega_i$ )、每个品种综合指标的隶属函数值

**基金项目:**甘肃省现代农业产业技术体系项目(GARS-01-03);甘肃省农科院现代生物育种项目(2019GAAS05,2019GAAS08)  
陈琛为共同第一作者

[8] 刘梦兰,高鹏,姚泽天,冯志明,陈宗祥,张泽洲,袁林喜,康厚祥,潘学彪,左示敏. 施晒方式及浓度对梗稻品种籽粒晒积累和形态的影响. 中国稻米,2020,26(3): 43-47

[9] 田南南,郭海峰,生华,孙跃飞,刘建. 不同施肥处理对“稻花香”食

味的影 响. 中国稻米,2016,22(6): 30-33

[10] 刘建,曹高焱,杜锦,刘瑞亮,张芬,李文飞. 中日泰优质稻米的外观及食味差异性研究. 中国农业科技导报,2017,19(10): 59-65

(收稿日期:2020-07-19)

$[\mu(x_i)]$  及抗旱性度量值( $D$ 值, Drought resistance comprehensive evaluation value), 以  $D$  值为标准对供试小麦品种进行萌发期抗旱性排序和综合评价。

$$\text{发芽势}(GP) = \frac{\text{3d时发芽种子数}}{\text{供试种子数}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{发芽率}(GR) = \frac{\text{7d时发芽种子数}}{\text{供试种子数}} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{发芽指数}(GI) = \sum \frac{Gt}{Dt} \quad (3)$$

(式中:  $Gt$  为发芽种子数,  $Dt$  为相应萌发天数)

$$\text{干物质转运率}(TM) = \frac{\text{芽干重} + \text{根干重}}{\text{芽干重} + \text{根干重} + \text{籽粒干重}} \times 100\% \quad (4)$$

$$\text{各单项指标的抗旱系数}(DC) = \frac{T_i}{CK_i}, \quad i=1, 2, 3, \dots, n \quad (5)$$

$$\text{综合抗旱系数}(CDC) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n DC, \quad i=1, 2, 3, \dots, n \quad (6)$$

$$\text{因子权重系数}(\omega_i) = p_i \div \sum_{i=1}^n p_i, i=1, 2, 3, \dots, n \quad (7)$$

(式中:  $P_i$  表示第  $i$  个综合指标贡献率, 用以说明第  $i$  个指标在所有指标中的重要程度)

$$\text{隶属函数值}[\mu(x_i)] = \frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, i=1, 2, 3, \dots, n \quad (8)$$

$$\text{抗旱性度量值}(D) = \sum_{i=1}^n [\mu(x_i) \times (p_i) \div \sum_{i=1}^n p_i], i=1, 2, 3, \dots, n \quad (9)$$

采用 Microsoft Excel 2010 和 SPSS 25.0 分析软件处理数据。

## 2 结果与分析

### 2.1 干旱胁迫对小麦种子萌发期各项指标的影响

对供试小麦品种萌发期各性状指标进行差异显著性分析(配对  $t$  检验)的结果表明(表 1), PEG-6000 模拟干旱胁迫对小麦萌发具有显著影响, 各性状处理间均达到极显著水平( $P < 0.01$ ); 萌发期的各性状指标在干旱胁迫处理下和对照的测定值之间的相关系数介于 0.054~0.737, 说明各指标对干旱胁迫反应的敏感性存在一定的差异, 直接单独采用某指标测定值不能全面地反映供试小麦品种的萌发期抗旱性。

表 1 PEG-6000 胁迫下小麦种子萌发期各项指标平均值差异分析

项目	发芽率 (%)		发芽势 (%)		发芽指数		根长 (cm)		胚芽鞘长 (cm)		鲜重 (g)		干重 (g)		干物质转运率 (%)	
	T	CK	T	CK	T	CK	T	CK	T	CK	T	CK	T	CK	T	CK
平均值	79.72	88.61	65.83	83.33	27.24	39.37	5.73	12.03	2.96	4.33	0.09	0.21	0.04	0.03	27.19	57.58
变异系数	0.22	0.13	0.37	0.19	0.31	0.19	0.16	0.20	0.22	0.23	0.19	0.13	0.26	0.26	0.25	0.17
标准误	2.397		3.787		1.315		0.493		0.252		0.005		0.001		1.774	
$t$ 值	-3.709		-4.621		-9.228		-13.019		-5.484		-23.499		5.630		-17.123	
$P$ 值	0.00116**		0.00000**		0.00000**		0.00002**		0.00000**		0.00001**		0.00001**		0.00000**	
相关系数	0.737		0.654		0.675		0.263		0.054		0.562		0.736		0.487	

\*\* 表示在  $P < 0.01$  水平差异显著

**2.2 小麦萌发期各单项指标分析** 单项指标的抗旱系数( $DC$ )结果表明, 供试小麦品种在 PEG-6000 模拟干旱胁迫处理后各性状指标均发生不同程度变化(表 2)。同一个指标下各品种的  $DC$  值不同, 变异系数介于 0.157~0.335; 不同品种之间  $DC$  值不同, 且同一品种各指标的  $DC$  值差异较大, 表明各指标对干旱胁迫反应的敏感性不同。

对各性状  $DC$  值进行连续变数频次分布统计分析(表 3), 结果表明同一区间各性状  $DC$  值分布次数和频率差异较大,  $DC$  值在  $0.6 < DC \leq 0.9$  区

间时发芽率、发芽势、发芽指数、根长、胚芽鞘长的分布频率依次分别为 37.50%、50.00%、87.50%、25.00%、87.50%;  $DC$  值在  $0.3 < DC \leq 0.6$  区间的鲜重和干物质转运率的分布频率均为 100%, 说明在所测定的 8 个萌发期性状中, 鲜重和干物质转运率对 PEG-6000 模拟干旱的胁迫反应迟钝。综合各个性状指标抗旱系数在不同区间的分布, 各性状指标对 PEG-6000 模拟干旱的胁迫的敏感程度依次为: 发芽势  $>$  干重  $>$  根长  $>$  发芽率  $>$  发芽指数 = 胚芽鞘长  $>$  鲜重 = 干物质转运率。

表2 供试小麦品种萌发期各指标抗旱系数

品种	发芽率	发芽势	发芽指数	根长	胚芽鞘长	鲜重	干重	干物质转运率
和尚头	0.908	0.816	0.645	0.398	0.654	0.484	1.729	0.406
宁春4号	0.956	0.911	0.786	0.424	0.747	0.392	1.151	0.555
西早2号	1.048	0.996	0.883	0.422	0.648	0.373	0.977	0.479
陇春27号	0.932	0.887	0.805	0.487	0.766	0.444	1.200	0.533
兰天10号	0.849	0.536	0.611	0.454	0.796	0.469	1.291	0.465
兰天19号	0.698	0.485	0.595	0.644	0.627	0.461	1.179	0.562
兰天132	0.788	0.504	0.501	0.703	0.744	0.530	1.522	0.369
兰大211	0.990	0.743	0.691	0.406	0.631	0.434	1.214	0.439
平均值	0.896	0.735	0.690	0.487	0.701	0.447	1.283	0.476
变异系数	0.169	0.335	0.258	0.260	0.236	0.157	0.208	0.223

表3 供试小麦品种萌发期各指标抗旱系数在不同区间的分布

性状指标	0<DC ≤ 0.3		0.3<DC ≤ 0.6		0.6<DC ≤ 0.9		0.9<DC ≤ 1.2		1.2<DC ≤ 1.5		1.5<DC ≤ 1.8	
	次数	频率	次数	频率	次数	频率	次数	频率	次数	频率	次数	频率
发芽率	0	0	0	0	3	37.50	5	62.50	0	0	0	0
发芽势	0	0	1	12.50	4	50.00	3	37.50	0	0	0	0
发芽指数	0	0	1	12.50	7	87.50	0	0	0	0	0	0
根长	1	12.50	5	62.50	2	25.00	0	0	0	0	0	0
胚芽鞘长	0	0	1	12.50	7	87.50	0	0	0	0	0	0
鲜重	0	0	8	100.00	0	0	0	0	0	0	0	0
干重	0	0	0	0	0	0	3	37.50	3	37.50	2	25.00
干物质转运率	0	0	8	100.00	0	0	0	0	0	0	0	0

相关分析结果表明(表4),胚芽鞘长与其他性状指标之间无显著相关性,发芽势、发芽指数与发芽率之间,以及干重与鲜重之间呈极显著正相关,鲜重与根长之间呈显著正相关,干物质转运率与干重之

间呈显著负相关。这些均说明单独采用某个指标或者直接将这些指标简单相加均难以准确客观评价每个品种萌发期的抗旱性。

表4 供试小麦品种各指标抗旱系数相关性分析

性状指标	发芽率	发芽势	发芽指数	根长	胚芽鞘长	鲜重	干重	干物质转运率
发芽率	—							
发芽势	0.863**	—						
发芽指数	0.886**	0.844**	—					
根长	-0.199	-0.072	0.026	—				
胚芽鞘长	0.049	0.227	0.117	0.340	—			
鲜重	-0.232	-0.314	-0.298	0.520*	0.263	—		
干重	-0.120	-0.220	-0.315	0.168	-0.170	0.654**	—	
干物质转运率	-0.194	-0.033	-0.015	0.076	0.164	-0.272	-0.451*	—

\*与\*\*表示在 $P<0.05$ 和 $P<0.01$ 水平显著相关

**2.3 主成分分析及权重系数评价** 参照罗俊杰等<sup>[4]</sup>的方法,提取前3个因子,将具有相同效果的指标划归为同一类,因此将原各单项指标转换为3个新

的相互独立的综合指标,分别用F1、F2、F3表示。F1在发芽率、发芽势和发芽指数上有很高的载荷,F2在鲜重和干重上有较高载荷,F3在胚芽鞘长、干

物质转运率和根长上有较高载荷。因子分析的结果表明(表5),各因子特征值中的前3个因子的累计贡献率已经达到80.990%,其特征根 $>1.463$ 。

**2.4 隶属函数分析及小麦品种萌发期抗旱性综合评价** 通过计算3个综合性状的隶属函数值,进一步获得抗旱性度量值( $D$ 值),用以对这些小麦品种萌发期的抗旱性进行综合评价(表6)。结果表明,萌发期抗旱性由强到弱依次为:西早2号 $>$ 陇春27号 $>$ 兰天10号 $=$ 兰天19号 $>$ 和尚头 $>$ 宁春4号 $=$ 兰大211 $>$ 兰天132。

表5 供试小麦品种萌发期各指标主成分特征向量及贡献率

指标	因子载荷		
	F1	F2	F3
发芽率	0.810	0.498	-0.173
发芽势	0.875	0.366	0.031
发芽指数	0.877	0.382	0.050
根长	-0.484	0.415	0.533
胚芽鞘长	-0.011	0.358	0.783
鲜重	-0.707	0.588	0.116
干重	-0.558	0.515	-0.444
干物质转运率	0.299	-0.502	0.567
特征根	3.325	1.692	1.463
贡献率/%	41.560	21.147	18.284
累计贡献率/%	41.560	62.706	80.990
因子权重	0.513	0.261	0.226

表6 小麦品种萌发期抗旱性综合评价

品种	隶属函数值			$D$ 值	排序
	$\mu_1$	$\mu_2$	$\mu_3$		
和尚头	0.527	0.373	0.574	0.497	4
西早2号	0.543	0.655	0.618	0.589	1
宁春4号	0.496	0.347	0.385	0.432	5
陇春27号	0.469	0.651	0.454	0.513	2
兰天10号	0.500	0.500	0.500	0.500	3
兰天19号	0.500	0.500	0.500	0.500	3
兰天132	0.364	0.392	0.517	0.406	6
兰大211	0.351	0.460	0.584	0.432	5

### 3 讨论与结论

萌发期是种子植物生命周期的起点,关系着出苗率和幼苗长势,因此在萌发期进行抗旱性鉴定对于播种时段旱情经常较为严重的甘肃地区具有重要的现实意义。由于PEG-6000溶于水后能产生较大的渗透压,使植物组织和细胞处于类似于干旱的水分胁迫,因此常采用PEG-6000模拟干旱胁迫

进行室内萌发期抗旱性鉴定<sup>[5-10]</sup>。作物的抗旱性是由多基因控制的复杂的数量性状,因此大多数研究者认为多指标的综合评价较单项指标评价更为准确<sup>[11-13]</sup>。本研究采用-0.5MPa PEG-6000溶液,对8份甘肃省主栽小麦品种和骨干亲本进行了萌发期抗旱性鉴定,测定、计算了8项性状指标,进一步进行了相关分析和主成分分析,并确定了3项综合指标,利用隶属函数法计算所获得抗旱性度量值( $D$ 值)对其萌发期抗旱性进行了综合评价。结果表明,萌发期抗旱性由强到弱依次为西早2号 $>$ 陇春27号 $>$ 兰天10号 $=$ 兰天19号 $>$ 和尚头 $>$ 宁春4号 $=$ 兰大211 $>$ 兰天132。

### 参考文献

- [1] 杨文雄. 甘肃小麦生产技术指导. 北京:中国农业科学技术出版社, 2009
- [2] 景蕊莲,胡荣海,张灿军,朱志华,吕小平,王娟玲. GB/T 21127-2007:小麦抗旱性鉴定评价技术规范. 北京:中国标准出版社,2008
- [3] 吴奇,周宇飞,高悦,张姣,陈冰嫄,许文娟,黄瑞冬. 不同高粱品种萌发期抗旱性筛选与鉴定. 作物学报,2016,42(8): 1233-1246
- [4] 罗俊杰,欧巧明,叶春雷,王方,王毓臻,陈玉梁. 重要胡麻栽培品种的抗旱性综合评价及指标筛选. 作物学报,2014,40(7): 1259-1273
- [5] 李龙,王兰芬,武晶,景蕊莲,王述民. 普通菜豆种质资源芽期抗旱性鉴定. 植物遗传资源学报,2013,14(4): 600-605
- [6] 张彦军,苟作旺,王兴荣,陈伟英,祁旭升. 胡麻种质萌发期抗旱性综合评价. 植物遗传资源学报,2015,16(3): 520-527
- [7] 汪灿,周棱波,张国兵,张立异,徐燕,高旭,姜讷,邵明波. 薏苡种质资源萌发期抗旱性鉴定及抗旱指标筛选. 植物遗传资源学报,2017,18(5): 846-859
- [8] 徐田军,吕天放,赵久然,王荣焕,刘月娥,张连平,叶翠玉,刘秀芝. 玉米萌发幼苗期的抗旱性鉴定评价. 中国种业,2017(4): 42-46
- [9] 王文余,张妮,朱宗河,陈海洲,张华胜. 早稻新品种鑫两优212芽期的耐旱性研究. 中国种业,2017(6): 56-58
- [10] 郝俊峰,张玉霞,贾玉山,格根图,田永雷,李宇宇. PEG-6000胁迫下苜蓿萌发期抗旱性鉴定与评价. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2020,18(11): 1-10
- [11] 李龙,毛新国,王景一,吕小平,柳玉平,景蕊莲. 小麦种质资源抗旱性鉴定评价. 作物学报,2018,44(7): 988-999
- [12] 石有太,李忠旺,陈玉梁,冯克云,王红梅,刘新星. 不同陆地棉基因型抗旱性评价与抗旱丰产种质筛选. 植物遗传资源学报,2020,21(3): 625-636
- [13] 徐银萍,潘永东,刘强德,姚元虎,贾延春,任诚,火克仓,陈文庆,赵锋,包奇军,张华瑜. 大麦种质资源成株期抗旱性鉴定及抗旱指标筛选. 作物学报,2020,46(3): 448-461

(收稿日期:2020-07-15)