

山东省部分小麦材料的抗旱特性分析

丁晓雯,常 乐,穆 平

(青岛农业大学农学与植物保护学院,山东省旱作农业技术重点实验室,山东 青岛 266109)

摘 要:以山东地区 21 个小麦品系为材料,用聚乙二醇-6000(PEG-6000)模拟干旱胁迫,以小麦萌发期的发芽率、胚根数、主根长、胚芽鞘长为实验指标研究不同品系冬小麦在水分胁迫下萌发期的抗旱特性;用幼苗反复干旱鉴定方法,比较不同品系冬小麦在水分胁迫下苗期的抗旱特性;在旱棚内人工控制水分模拟干旱胁迫,以小麦开花期及灌浆期的株高、穗下第一节间长、叶片相对含水量、叶片 POD 活性,成熟期的产量为实验指标,研究不同品系冬小麦在水分胁迫下中后期的抗旱特性。结果表明:品系 11、17、12、4、6、15、14 全生育期抗旱性强;品系 13 全生育期不抗旱;品系 20、9、2、19、18 萌发期、苗期抗旱性强;品系 10、5 萌发期、中后期抗旱性强;品系 7、1、8 苗期抗旱性强;品系 16、3 苗期、中后期抗旱性强。通过对 21 份小麦品系萌发期的综合抗旱系数、苗期的综合抗旱系数、中后期的综合抗旱系数进行相关分析,结果表明小麦各生育期抗旱相关性不强,其中苗期综合抗旱系数与中后期综合抗旱系数相关系数最高为 0.465。

关键词:小麦;干旱胁迫;抗旱特性;萌发期;苗期;中后期

中图分类号:S512.1;S503.4 **文献标志码:**A

Analysis of drought resistance of some wheat materials in Shandong Province

DING Xiao-wen, CHANG Le, MU Ping

(College of Agronomy and Plant Protection, Qingdao Agricultural University, Shandong Provincial Key Laboratory of Dryland Farming Techniques, Qingdao, Shandong 266109, China)

Abstract: Through the use of PEG-6000 simulated drought stress, 21 shangdong wheat varieties were used as experimental materials to study the effects of different strains on the growth and development of winter wheat. Germination rate, coleoptile length, main root length, root number, were as the experimental indexes to compare different varieties drought-resistance characteristics of winter wheat. In seedling stage seedling drought repeatedly appraisal method was used to compare drought-resistant characteristics of winter wheat under water stress. In middle and late stages through use of the artificial water control dry shed simulated drought stress, during flowering period and filling period the first internode below the plant height, spike length, leaf relative water content, leaf POD activity, the output of maturity indicators as the experimental indexes to analysis different strains of winter wheat drought-resistant characteristics under water stress. The results showed that:11, 17, 12, 4, 6, 15, 14 strains drought resistance during the whole growing period was strong; 13 strain was susceptible to drought during the whole growth period; 20, 9, 2, 19, 18 strains drought resistance was strong during germination and seedling stages; 10, 5 strains drought resistance was strong during germination and middle and late stages; strain 7, 1, 8 strains drought resistance was strong during seedling stage; 16, 3 strains drought resistance was strong during the seedling and middle and late stages. The comprehensive drought resistance coefficient of seed germination period of 21 wheat varieties, comprehensive drought resistance coefficient at seedling stage and comprehensive drought resistance coefficient in late stage were analyzed. The results showed that the growth period of wheat drought resistance was not always strong at each stage, seedling stage of middle and late periods were of the highest correlation coefficient of 0.465.

Keywords: wheat; drought stress; drought resistance; germination stage; seedling stage; middle and late stage

山东省是全国小麦生产大省,对中国小麦生产 以及国家粮食安全起着重要作用^[1]。近 50 年山东

收稿日期:2016-07-29 修回日期:2016-09-25

基金项目:山东省现代农业产业体系小麦创新团队(SDAIT-01-05);山东省农业良种工程项目“耐盐碱小麦种质资源创新与利用”

作者简介:丁晓雯(1990—),女,山东省枣庄人,硕士,主要从事小麦逆境育种研究。E-mail:709939160@qq.com。

通信作者:穆 平(1971—),男,山东博兴人,教授,研究生导师,博士,主要从事小麦遗传育种研究。E-mail:1773602046@qq.com。

省年降水日数和强度存在着明显的年代际振荡,降水日数总体呈极显著减少趋势^[2]。山东省冬麦区小麦生长季正值降水稀少的时期,在冬小麦拔节、抽穗与灌浆的需水关键期水分亏缺严重,因此在冬小麦生产中干旱影响明显。筛选抗旱性强的品种,是解决干旱问题最简便有效的途径之一^[3],对山东省小麦抗旱特性进行分析,研究品种间抗旱性差异并筛选出全生育期具有较强抗旱性的小麦品种对于黄淮海区抗旱育种具有重要意义。小麦的抗旱性鉴定指标主要有形态指标、生理生化指标和产量指标^[4]。其中形态指标具有简单、直观、易测的优点。邹琦等^[5]提出的“胚芽鞘长度法”就是通过测量冬小麦苗期的胚芽鞘的长度来鉴定冬小麦苗期的抗旱能力,是简单、直观、快速的鉴定方法^[6]。杨子光等^[7]认为相对发芽率、胚芽鞘长可作为鉴定小麦萌发期抗旱性的可靠指标,初生根数可作为参考指标,贾寿山等^[8]认为与小麦萌发期抗旱性最相关的形态性状是发芽能力、胚芽鞘长与根长。小麦苗期抗旱性的鉴定可靠性较好的是苗期反复干旱法^[9]。小麦在水分胁迫条件下表现的生理生化指标一般情况下被看作是影响小麦抗旱性差异的关键因素,也是小麦抗旱机理研究的主要途径和方法之一^[10]。过氧化物酶(POD)有效地将植物器官在干旱胁迫条件下产生的活性氧解除活性,减少对植物的危害^[11]。干旱胁迫将会导致小麦的株高、穗下节间长以及叶片相对含水量的降低,影响小麦结穗进而影响到小麦的产量^[12-13]。小麦品种抗旱机制和抗旱表现的复杂性要求选择全生育期综合抗旱性评价指标^[14]。

本试验在室内和室外不同的环境条件下,以 21 个黄淮海区小麦品系为试验材料,在室内根据国家标准(GB/T21127-2007),以 20% 的聚乙二醇-6000(PEG-6000)溶液模拟干旱胁迫,比较不同品系冬小麦在水分胁迫下萌发期的抗旱性;根据国家标准(GB/T21127-2007),用幼苗反复干旱鉴定方法,比较不同品系冬小麦在水分胁迫下苗期的抗旱特性;在室外旱池干旱胁迫条件下,比较不同品系冬小麦在水分胁迫下中后期的抗旱特性。

1 材料和方法

1.1 试验材料

试验材料为 21 个选用来自山东省西部、中部、东部的小麦育成品系,西部的品系有 HQ14006、HQ14007、HQ14008、HQ14009、HQ140010、HQ14011,中部的品系有齐都 7 号、济麦 0850262、BC13PTJ011、BC13PTJ012、BC13PTJ013、泰山 50206、泰山 5366、ZB828、淄黑 1 号,东部的品系有 233567、234188、

234081、青麦 H012、烟 07151、鲁麦 21。分别编号为:1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、18、19、20、21。

1.2 试验设计

萌发期抗旱性鉴定,以 21 份山东麦区小麦种质材料,用 75% 的酒精消毒 1 min,蒸馏水润洗三次,将种子腹沟朝下整齐地放在以双层滤纸为发芽床的塑料透明发芽盒(10 cm×10 cm×5 cm)内,每发芽盒 100 粒,干旱处理中加入 15 ml 20% 的 PEG-6000 水溶液培养,对照中加入 15 ml 蒸馏水。于光照培养箱内进行 25℃ 恒温培养,12 h 光/12 h 暗处理,各个培养皿每天补加它的相同处理溶液 5 ml,培养 168 h 以进行萌发期实验。

苗期抗旱性鉴定,根据国家标准(GB/T21127-2007)用幼苗反复干旱鉴定方法。

中后期抗旱性鉴定,试验地点在青岛农业大学莱阳实验站防雨旱棚(120.70°E,36.90°N),土壤质地潮棕壤土。试验旱池为深 1.5 m,长 2 m,宽 2 m 的水泥池,每个旱池中间有中子管,以供测定水分。土壤田间最大持水量 25%,容重 1.34 g·cm⁻³,0~20 cm 土层有机质 1.32%、全氮 0.075%、水解氮 55.86 mg·kg⁻¹、速效磷 39.97 mg·kg⁻¹、速效钾 86.34 mg·kg⁻¹。品种随机排列,2014 年 10 月上旬适期足墒播种,每个旱池种 8 行,平均行距 25 cm,在本季小麦播种后进行全生育期干旱处理。在旱棚外邻近的试验地设置补充灌溉处理,分别在拔节期、抽穗期、灌浆期灌水,灌水量为 60 mm·次⁻¹。试验地的土壤养分含量、土壤质地和土层厚度等与旱棚的基本一致。小麦播种时按有机肥 60 000 kg·hm⁻²、纯 N 180 kg·hm⁻²、P₂O₅ 120 kg·hm⁻²、K₂O 150 kg·hm⁻² 的比例,在整地时一次性施入,试验重复三次。

1.3 性状调查

萌发期培养 168 h 调查发芽种子数,计算发芽率,测量胚芽鞘长度和主根的长度,调查胚根数并记录数据。发芽率=(发芽的种子数/供检测的种子数)×100%

苗期,经过两次干旱-复水试验后,计算两次干旱胁迫存活率、两次干旱胁迫平均存活率。可根据以下公式计算结果。

$$a = (b + c) \times 2^{-1}$$
$$= (\bar{X}_b \times \bar{X}_{d-1} \times 100 + \bar{X}_c \times \bar{X}_{d-1} \times 100) \times 2^{-1}$$

式中,a 为干旱存活率的实测值,%;b 为第一次干旱存活率,%;c 为第二次干旱存活率,%; $\bar{X}_b$ 为第一次复水后三次重复存活苗数的平均值; $\bar{X}_{d-1}$ 为第一次干旱前三次重复总苗数的平均值; $\bar{X}_c$ 为第二次复水后三次重复存活苗数的平均值。

小麦孕穗扬花期,分别选取大田和旱棚 21 个小麦品系生长一致的植株,测量其株高和穗下第一节间长并记录数据。上午 9:00 分别于大田和旱棚剪取顶叶,用于测定叶片相对含水量。叶片相对含水量数据处理方法^[15]:

相对含水量(RWC)(%) = [(原始鲜重 - 干重)/(饱和鲜重 - 干重)] × 100%

上午 9:00 分别于大田和旱棚剪取旗叶,置于冰盒中带回放置零下 20℃冰箱备用,POD 活性的测定参考愈创木酚法测定^[16]。

成熟期在大田和旱棚分别取样,收获各个小区中长势均匀的植株 0.5 m²,测量其籽粒质量。

抗旱系数 = PEG 胁迫下指标的平均值/对照指标的平均值。

综合抗旱系数 = 品种所有测定指标抗旱系数的加权平均值。

1.4 数据统计分析

以供试小麦品系的不同指标抗旱系数为依据,利用加权隶属函数法^[17-18]计算 D 值,对 21 份小麦种质资源进行综合评价。公式如下:

$$U(X_j) = [X_{ij} - X_{jmin}] / [X_{jmax} - X_{jmin}],$$
$$j = 1, 2, 3, \dots$$

$$D = \sum_{j=1}^n [U(X_j)(|r_j| / \sum_{j=1}^n |r_j|)],$$
$$j = 1, 2, 3, \dots$$

其中, $U(X_j)$ 为第 j 个指标的隶属函数值, X_{ij} 为第 i 个材料第 j 个指标的抗旱系数; X_{jmax} 和 X_{jmin} 分别为各参试材料中第 j 个指标抗旱系数的最大值和最小值。 r_j 为第 j 个指标与综合抗旱系数间的相关系数, $|r_j| / \sum_{j=1}^n |r_j|$ 为指标权数,表示第 j 个指标在所有指标中的重要程度。

2 结果与分析

2.1 小麦萌发期抗旱性的综合评价

从各指标抗旱系数的隶属函数值的平均值来看,发芽率隶属函数值最大为 0.704,主根长隶属函数值最小为 0.460,如表 1。通过对 D 值与隶属函数值相关分析,表明 D 值与各指标抗旱系数的隶属函数值均呈极显著正相关,与胚芽鞘长、胚根数、主胚根长、发芽率相关系数分别为 0.734、0.836、0.750、0.663, D 值可较为全面地评价小麦萌发期的抗旱性。D 值的变化范围为 0.139 ~ 0.830,且 D 值越大对应品种的抗旱性越强。其中 D 值大于 0.6 的小麦品系为 20、9、11、17、2、12、4, 0.5 < D 值 < 0.6 的小麦品系为 10、21、19、5、18、6、15、14。这些材料对

PEG - 6000 胁迫反应不敏感,为小麦萌发期抗旱性强的种质。

2.2 水分胁迫对冬小麦苗期植株存活数量和存活率的影响

由于各品种小麦的发芽率不同,导致品种的初始平均苗数不同,除品种 1、2、7 低于 40 株外,其余品种均大于 40 株。在经过了两次干旱复水试验之后,小麦幼苗的存活数量可以直观地显示出冬小麦苗期的抗旱能力的强弱。两次干旱复水都造成了小麦幼苗的死亡,但第二次干旱之后存活的苗数有较大幅度的减少(见表 2)。第一次干旱之后,所有品种的幼苗存活率都在 65% ~ 75% 之间,品系 13 的存活率最低为 65%,品系 3 最高为 75%;第二次干旱之后,每个品种幼苗死亡率都大幅升高,不同小麦品系间死亡率差异大,除品系 3、16、14、17 的存活率大于 60%,分别为 68.22%、67.20%、65.36%、63.26% 以外,其它品系的存活率均低于 60%。品系 9、11、12、20 的存活率在 50% ~ 60% 之间;品系 18、15、7、4 的存活率在 40% ~ 50% 之间;品系 1、8、2、6、10 的存活率在 30% ~ 40% 之间;品系 19、5、21、13 的存活率较低,分别为 29.47%、11.14%、6.98%、4.68%。两次干旱平均存活率大于 60% 的小麦品系分别为 3、16、17、14、9、11、12、20、7,存活率在 50% ~ 60% 之间的小麦品系分别为 18、15、4、1、8、6、2、19。这些材料对反复干旱胁迫反应比较迟钝,为小麦苗期抗旱性强的种质。

2.3 小麦中后期抗旱性的综合评价

在小麦抽穗开花期调查株高、穗下第一节间长、叶片相对含水量以及开花期和灌浆期叶片 POD 酶活性,收获期调查单位面积产量,计算各品系 D 值和综合抗旱系数如表 3。从各指标抗旱系数的隶属函数值的平均值来看,叶片相对含水量隶属函数值最大为 0.745,灌浆期 POD 活性隶属函数值最小为 0.372。对 D 值与各指标抗旱系数的隶属函数值进行相关分析,除穗下第一节间长、叶片相对含水量抗旱系数的隶属函数值与 D 值相关性不显著; D 值与开花期 POD 活性、灌浆期 POD 活性抗旱系数的隶属函数值均呈显著正相关,相关系数分别为 0.534、0.533; D 值与株高、产量抗旱系数的隶属函数值均呈极显著正相关,相关系数分别为 0.655、0.651,表明 D 值可较为全面地评价小麦中后期的抗旱性。品系小麦 D 值的变化范围为 0.213 ~ 0.797,其中 D 值大于 0.6 的小麦品系为 11、15、16, 0.5 < D 值 < 0.6 的小麦品系为 3、10、14、4、6、5、17、12,这些材料对干旱胁迫反应不敏感,为小麦中后期抗旱性强的种质。

表 1 21 份小麦材料在萌发期 20% PEG – 6000 胁迫下的抗旱性综合评价

Table 1 Evaluation of drought resistant of 21 wheat materials stressed by 20% PEG – 6000 at the germination stage

品种 Varieties	隶属函数值 Subordinate function values				D 值 D – value	综合抗旱系数 Comprehensive drought coefficient
	胚芽鞘长 Coleoptile length	主根长 Main radicle length	胚根数 Number of radicle	发芽率 Germination rate		
1	0.124	0.100	0.000	0.000	0.139	0.417
2	0.560	0.780	0.598	0.918	0.721	0.781
3	0.805	0.370	0.099	0.635	0.462	0.672
4	1.000	0.480	0.536	0.817	0.684	0.790
5	0.603	0.370	0.554	0.831	0.583	0.713
6	0.744	0.630	0.209	0.752	0.577	0.728
7	0.805	0.410	0.192	0.587	0.493	0.679
8	0.547	0.190	0.407	0.811	0.471	0.660
9	0.757	0.530	1.000	1.000	0.811	0.828
10	0.705	0.660	0.616	0.595	0.677	0.742
11	0.738	1.000	0.537	0.493	0.748	0.772
12	0.573	0.670	0.741	0.717	0.706	0.751
13	0.000	0.000	0.251	0.303	0.199	0.452
14	0.543	0.120	0.889	0.363	0.530	0.627
15	0.370	0.430	0.526	0.923	0.561	0.695
16	0.090	0.170	0.142	0.880	0.312	0.569
17	0.932	0.640	0.526	0.972	0.736	0.824
18	0.884	0.360	0.419	0.747	0.580	0.731
19	0.657	0.360	0.627	0.684	0.591	0.704
20	0.780	0.880	0.714	0.929	0.830	0.845
21	0.450	0.500	0.764	0.817	0.653	0.725
平均值 Average	0.603	0.460	0.493	0.704	—	—

表 2 21 份小麦材料在苗期反复干旱胁迫下的存活率

Table 2 Survival rate of drought resistant of 21 wheat materials stressed by repeated drought at the seedling stage

品种 Varieties	初始平均苗数 Initial average number	第一次干旱复水存活率/% First time survival rate	第二次干旱复水存活率/% Second time survival rate	两次干旱平均存活率/% Average number
1	30.0	74.00	36.67	55.33
2	37.7	69.69	33.24	51.47
3	47.3	75.00	68.22	71.61
4	45.0	72.11	41.78	56.94
5	47.3	69.50	11.14	40.32
6	46.3	71.54	31.68	51.61
7	38.0	74.21	46.05	60.13
8	46.0	72.17	35.00	53.59
9	47.7	73.53	55.62	64.58
10	44.0	67.50	30.91	49.20
11	42.3	72.64	55.48	64.06
12	47.3	70.77	54.90	62.84
13	43.0	65.00	6.98	35.99
14	48.7	70.07	65.36	67.72
15	49.0	71.53	46.53	59.03
16	50.0	74.40	67.20	70.80
17	46.0	72.83	63.26	68.04
18	47.7	72.06	47.23	59.65
19	41.3	72.58	29.47	51.02
20	48.7	73.56	50.16	61.86
21	47.7	69.97	4.68	37.32

表 3 21 份小麦材料在中后期干旱胁迫下的抗旱性综合评价
Table 3 Evaluation of drought resistant of 21wheat materials under water stress at the middle and late stage

品种 Varieties	隶属函数值						D 值 D – value	综合抗旱系数 Comprehensive drought coefficient
	株高 Height	穗下第一 节间长 Internode length	叶片相对 含水量 RWC	开花期 POD Blooming stage POD	灌浆期 POD Filling period POD	产量 Yield		
1	0.000	0.182	0.653	0.741	0.348	0.172	0.270	0.854
2	0.500	0.394	0.755	0.648	0.079	0.276	0.446	0.838
3	0.444	0.697	0.953	0.981	0.000	0.500	0.597	0.897
4	0.944	0.000	0.829	0.556	0.427	0.500	0.543	0.896
5	0.333	0.576	0.954	0.296	0.584	0.310	0.522	0.893
6	1.000	0.667	0.462	0.444	0.348	0.259	0.536	0.883
7	0.333	0.364	0.728	0.796	0.427	0.241	0.488	0.893
8	0.167	0.455	0.802	0.000	0.045	0.345	0.308	0.776
9	0.278	0.273	1.000	0.315	0.360	0.259	0.425	0.839
10	0.778	0.727	0.490	0.056	0.742	0.603	0.569	0.936
11	0.722	1.000	0.831	0.648	0.719	0.862	0.797	1.031
12	0.333	0.455	0.661	0.889	0.124	0.655	0.512	0.900
13	0.389	0.606	0.675	0.463	0.213	0.000	0.404	0.822
14	0.722	0.667	0.903	0.611	0.236	0.207	0.569	0.876
15	1.000	0.212	0.781	1.000	0.461	1.000	0.729	1.002
16	0.444	0.303	0.909	0.741	1.000	0.759	0.694	1.026
17	0.222	0.485	0.902	0.722	0.258	0.517	0.520	0.894
18	0.778	0.424	0.448	0.204	0.416	0.724	0.493	0.896
19	0.278	0.091	0.988	0.833	0.416	0.259	0.486	0.884
20	0.056	0.394	0.918	0.667	0.427	0.379	0.480	0.891
21	0.056	0.273	0.000	0.370	0.191	0.448	0.213	0.812
平均值 Average	0.466	0.440	0.745	0.571	0.372	0.442	—	—

2.4 小麦全生育期抗旱性的相关性分析

对 21 份小麦品系萌发期的综合抗旱系数、苗期的综合抗旱系数、中后期的综合抗旱系数进行相关分析如表 4。萌发期综合抗旱系数与苗期综合抗旱系数的相关系数为 0.220,萌发期综合抗旱系数与中后期综合抗旱系数的相关系数为 0.105,苗期综

合抗旱系数与中后期综合抗旱系数相关系数为 0.465。结果表明萌发期、苗期、中后期小麦各生育期抗旱相关性不强,因此萌发期、苗期、中后期单一时期的抗旱性强弱不能代表各小麦品系全生育期的抗旱性强弱,对小麦进行抗旱性鉴定时,需要综合小麦全生育期的抗旱性。

表 4 21 份小麦材料萌发期、苗期、中后期的抗旱系数相关分析
Table 4 Drought resistant of 21 wheat materials at the germination stage,seedling stage, the middle and late stage values analysis

相关性 Correlation	萌发期综合抗旱系数 Drought coefficient of germination stage	苗期综合抗旱系数 Drought coefficient of seedling stage	中后期综合抗旱系数 Drought coefficient of middle and late stages
萌发期综合抗旱系数 Drought coefficient of germination stage	1		
苗期综合抗旱系数 Drought coefficient of seedling stage	0.220	1	
中后期综合抗旱系数 Drought coefficient of middle and late stages	0.105	0.465	1

3 讨论与结论

本文选择 21 份山东麦区小麦品系,于室内以聚乙二醇 – 6000(PEG – 6000)溶液模拟干旱胁迫对各品系小麦进行萌发期胁迫实验,用于干旱复水实验法对各品系小麦进行苗期胁迫实验,于室外旱棚对小麦的全生育期进行干旱胁迫实验。杨子光、Zhou 等

认为相对发芽率、胚芽鞘长可作为鉴定小麦萌发期抗旱性的可靠指标,初生根数可作为参考指标^[8-9],贾寿山等认为与小麦萌发期抗旱性最相关的形态性状是发芽能力、胚芽鞘长与根长^[19]。本研究根据各指标的抗旱系数求出萌发期抗旱能力综合评价值(D)。D 值与各指标抗旱系数的隶属函数值均呈极显著正相关,表明胚芽鞘长、胚根数、主胚根长、发芽

率可作为小麦种质资源萌发期抗旱性快速鉴定的指标。根据萌发期抗旱能力综合评价价值(*D* 值)筛选出萌发期抗旱能力较强的品种有 15 种。

杨子光等^[20]认为幼苗存活率与品种的抗旱性趋势一致,抗旱性强的品种存活率高,其可作为苗期抗旱性鉴定指标。所以在苗期选择使用反复干旱实验法鉴定各品系的抗旱性强弱,根据苗期干旱复水存活率筛选出苗期抗旱能力较强的品种为 3、16、17、14、9、11、12、20、7、18、15、4、1、8、6、2、19。

Ouzounidou、李德全、王敏、冀天会、杨子光等认为在生长发育中后期,小麦在干旱胁迫条件下的小麦穗下节间长度、株高、POD 活性、产量、叶片相对含水量可作为抗旱性鉴定的指标^[21-24]。因此在中后期选择小麦穗下节间长度、株高、POD 活性、产量、叶片相对含水量作为鉴定各品系的抗旱性强弱的重要指标。根据各指标的抗旱系数求出萌发期抗旱能力综合评价价值(*D*), *D* 值与开花期 POD 活性、灌浆期 POD 活性、株高、产量抗旱系数的隶属函数值均呈显著正相关,表明开花期 POD 活性、灌浆期 POD 活性、株高、产量可作为小麦种质资源中后期抗旱性鉴定的指标,与前人研究结果一致。穗下第一节间长、叶片相对含水量抗旱系数的隶属函数值与 *D* 值相关性不显著,有待于进一步验证。根据中后期抗旱能力综合评价价值(*D* 值)筛选出中后期抗旱能力较强的品种有 11 种。

景蕊莲等^[25]认为小麦不同基因型抗旱种质资源的抗旱性可能分别在不同生育时期表达,存在着较丰富的遗传多样性:有的表现为全生育期抗旱,有的则只在某一个或几个生育时期抗旱,而在另外的生育时期对水分敏感或者不抗旱。对 21 份小麦品系萌发期的综合抗旱系数、苗期的综合抗旱系数、中后期的综合抗旱系数进行相关分析表明:萌发期、苗期、中后期小麦各生育期抗旱相关性不强,萌发期、苗期、中后期单一时期的抗旱性强弱不能代表各小麦品系全生育期的抗旱性强弱。综合全生育期的抗旱性分析各品系抗旱特性,其中品系 11、17、12、4、6、15、14 全生育期抗旱性强; 20、9、2、19、18 萌发期、苗期抗旱性强;10、5 萌发期中后期抗旱性强;7、1、8 苗期抗旱性强;16、3 苗期中后期抗旱性强。

参 考 文 献:

[1] 黄承彦,隋新霞,樊庆琦. 山东小麦品种需求及育种对策[J]. 山东农业科学,2005,(6):16-18.

[2] 董旭光,顾伟宗,孟祥新,等. 山东省近 50 年来降水事件变化特征[J]. 地理学报,2014,69(5):661-671.

[3] 李国瑞,马宏亮,胡雯娟,等. 西南麦区小麦品种萌发期抗旱性

的综合鉴定及评价[J]. 麦类作物学报,2015,35(4):479-487.

[4] Reynolds M P, Balota M, Delgado M I B, et al. Physiological and morphological traits associated with spring wheat yield under hot, irrigated conditions[J]. Functional Plant Biology, 1994,21(6):717-730.

[5] 邹琦,王玮. 冬小麦抗旱性鉴定的新方法——低水势下胚芽鞘长度法[J]. 中国农学通报,2000,16(5):23-25.

[6] 刘源霞,兰进好,林琪. 利用胚芽鞘长度法鉴定冬小麦抗旱性的研究[J]. 中国农学通报,2009,25(2):51-54.

[7] 贾寿山,朱俊刚,王曙光,等. 山西小麦地方品种萌发期的抗旱性[J]. 华北农学报,2011,26(2):213-217.

[8] 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):156-159.

[9] 卫云宗,刘新月,张久刚. 小麦苗期抗旱类型研究[J]. 中国生态农业学报,2008,16(6):1409-1412.

[10] 周桂莲,杨慧霞. 小麦抗旱性鉴定的生理生化指标及其分析评价[J]. 干旱地区农业研究,1996,14(2):65-69.

[11] 林植芳,李双顺,林桂珠,等. 水稻叶片的衰老与超氧化物歧化酶活性及膜质过氧化作用的关系[J]. 植物学报,1984,26(6):605-615.

[12] 朱新开,郭文善,李春燕,等. 小麦株高及其构成指数与产量及品质的相关性[J]. 麦类作物学报,2009,29(6):1034-1038.

[13] 段国辉,高海涛,张学品,等. 冬小麦水旱条件下株高构成与产量性状及抗旱指数相关分析[J]. 陕西农业科学,2006,(4):1-3.

[14] 冀天会,张灿军,杨子光,等. 小麦抗旱性鉴定方法及评价指标研究Ⅲ综合评价指标的比较研究[J]. 中国农学通报,2007,23(10):422-426.

[15] 马新蕾,房燕,王玉军,等. 十个烤烟品种的抗旱性鉴定[J]. 中国烟草学报,2005,11(5):26-30.

[16] 钱嘉渊译. 酶的测定方法[M]. 北京:中国轻工业出版社,1992:186-194.

[17] 王俊娟,叶武威,王德龙,等. PEG 胁迫条件下 41 份陆地棉种质资源萌发特性研究及其抗旱性综合评价[J]. 植物遗传资源学报,2011,12(6):840-846.

[18] 谢志坚. 农业科学中的模糊数学方法[M]. 武汉:华中理工大学出版社,1983:99-193.

[19] 贾寿山,朱俊刚,王曙光,等. 山西小麦地方品种萌发期的抗旱性[J]. 华北农学报,2011,26(2):213-217.

[20] 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Ⅳ萌发期抗旱指标的比较研究[J]. 中国农学通报,2007,23(1):173-176.

[21] Ouzounidou G, Ilias I F, Giannakoula A, et al. Effect of water stress and NaCl triggered changes on yield, physiology, biochemistry of broad bean (*Vicia faba*) plants and on quality of harvested pods[J]. Biologia, 2014,69(8):1010-1017.

[22] 李德全,郭清福,张以勤,等. 冬小麦抗旱生理特性的研究[J]. 作物学报,1993,(2):125-132.

[23] 王敏,张从宇,姚维传,等. 不同生育期干旱胁迫对小麦产量的影响[J]. 安徽农业科学,2001,29(5):605-610.

[24] 冀天会,张灿军,杨子光,等. 小麦抗旱性鉴定方法及评价指标研究Ⅲ综合评价指标的比较研究[J]. 中国农学通报,2007,23(10):422-426.

[25] 景蕊莲,吕小平. 小麦抗旱种质资源的遗传多样性[J]. 西北植物学报,2003,23(3):410-416.