

模拟干旱条件下冬小麦品种萌发期抗旱性评价

孙 绿^{1,2},李玉刚²,王圣健²,刘亚东¹,王志英²,
刘 丹²,李娜娜³,赵长星¹,盖红梅²

1. 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;

2. 青岛市农业科学研究院,山东 青岛 266100;3. 山东省农作物种质资源中心,山东 济南 250100)

摘要:为了筛选适于华北旱作区种植的优良冬小麦品种,采用PEG-6000模拟干旱环境,评价了119份小麦品种的萌发期抗旱性,并通过加权隶属函数法对供试材料的抗旱性进行综合评价。研究结果表明,供试材料的5个性状均值,处理比对照分别下降了77.3%,40.0%,30.7%,16.7%和78.0%,不同品种间差异明显。19.6%的PEG-6000处理促进了部分材料的主胚根长伸长,包括洛夫林13、汶农14、轮选987等24份材料,这部分种质可能为萌发期对干旱响应比较积极的品种。隶属函数法计算综合评价值(*D*值)结果表明,其与胚芽鞘长、主根数等各指标抗旱系数的隶属函数值均呈极显著正相关。UPGMA聚类分析可以将试验材料在遗传距离为0.82处供试材料分为两大类。初步筛选出的小麦萌发期抗旱较强的种质为:洛夫林13、汶农14、中国春、漯麦8号、轮选987、泰山22、山农17、泰农18、烟航选2号、中育6号、鲁麦14、泰农6258、泰农2987。

关键词:小麦;萌发期;抗旱性;胚芽鞘长;隶属函数法;聚类分析

中图分类号:S512.1⁺1;S503.4 文献标志码:A

Evaluation of drought resistance of winter wheat under drought stress simulation at germination stage

SUN Lv^{1,2}, LI Yu-gang², WANG Sheng-jian², LIU Ya-dong¹, WANG Zhi-ying²,
LIU Dan², LI Na-na³, ZHAO Chang-xing¹, GE Hong-mei²

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

2. Qingdao Academy of Agricultural Sciences, Qingdao, Shandong 266100, China;

3. Shandong Center of Crop Germplasm Resources, Jinan, Shandong 250100, China)

Abstract: To identify winter wheat varieties with high germination rate, which is suitable for dry area of north China, drought treatments were performed using -0.50 MPa (19.6%) PEG-6000 aqueous solution. The results showed that the averages of the five traits under treatment were decreased by 77.3%, 40.0%, 30.7%, 16.7% and 78.0%, respectively compared with the control. Analysis with the traits of drought resistance showed that the 19.6% PEG-6000 simulation stress promoted the main radicle length elongation of some varieties, including Lovlin 13, Wennong 14 and Lunxuan 987, which may be active in drought-resistance response. *D* value calculated by the weighting membership function method was positively correlated with drought resistance indices, such as the coleoptile length, root number. According to UPGMA algorithm with drought resistance coefficient, the material was divided into two major categories in the genetic distance of 0.82. Accordingly, the strongest drought-resistance germplasm was identified as Lovlin 13, Wennong 14, Chinese spring wheat, Luomai 8, Lunxuan 987, Taishan 22, Shannong 17, Tainong 18, Yanhangxuan 2, Zhongyu 6, Lumai 14, Tainong 6258 and Tainong 2987.

Keywords: wheat; germination stage; drought resistance; coleoptile length; membership function method; clustering analysis

收稿日期:2016-08-06

修回日期:2017-10-18

基金项目:国家自然科学青年基金(31301320);国家科技支撑计划项目(2011BAD09B01-2);山东省农业科学院青年科研基金(2014QNM09);国家重点研发计划(2016YFD0300400,2016YFD0100302)

作者简介:孙 绿(1993—),男,辽宁省辽阳人,硕士生,研究方向为小麦栽培生理。E-mail:15376763112@163.com。

通信作者:赵长星(1976—),男,山东曹县人,教授,主要从事作物水分生理生态研究。E-mail:zhaochangxing@126.com。

盖红梅(1979—),女,山东东营人,副研究员,主要从事小麦种质资源与育种研究。E-mail:gehm79@126.com。

小麦是我国重要的粮食作物。据统计世界上 70% 的小麦播种面积分布于干旱和半干旱地区^[1]。我国小麦主要种植于北方, 在小麦生育期间降水少, 尤其在播种期间常常会遇到土壤干旱, 甚至长时间没有降水的问题。种子萌发是小麦生长发育的起始阶段, 与田间出苗和幼苗长势有密切的关系^[2]。在降水稀少、土壤墒情不足的条件下, 小麦种子萌发及出苗会受到严重抑制, 导致田间缺苗断垄, 影响基本苗数量和植株生长, 易造成田间群体数量和质量下降, 最终引起减产^[3]。关于干旱胁迫对小麦影响的研究多集中于苗期和生育后期的生长发育、生理生化特性、产量、品质等方面, 而对小麦种子萌发期抗旱性的研究相对较少^[2], 且所评价的供试材料较少。发芽率^[4]、初生根数^[5-6]、胚芽鞘长度^[6-7]、主胚根长^[7-8]等指标均可作为小麦萌发期抗旱性评价指标, 但仅凭单一指标不能全面评价品种抗旱性^[9], 目前灰色关联法^[10]、主成分分析法^[11]和隶属函数法^[12]等多用于作物多指标抗旱性评价中。王兰芬等^[12]采用隶属函数法对 113 份绿豆种质进行了芽期抗旱性综合评价; 李国瑞等^[13]采用隶属函数法对西南地区小麦品种萌发期抗旱性进行了综合评价, 都有较好的评价效果。

本研究采用 -0.50 MPa 的 PEG - 6000 溶液模拟干旱, 选用了 119 份我国冬小麦种质, 着重对部分黄淮冬麦区和小部分北部冬麦区近期选育的小麦品种(系)进行萌发期抗旱性状测定, 通过抗旱系数和隶属函数法相结合的方法, 对供试材料的抗旱性进行综合评价, 以期筛选出萌发期抗旱性强的品种(系), 为小麦抗旱研究和生产提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试材料 119 份, 其中以黄淮冬麦区近期育成品种为主, 包含部分北部冬麦区品种和少量老品种, 详细品种名称信息在结果分析部分列出。

1.2 试验设计

每个供试品种(系)挑选 600 粒大小一致, 长势饱满的种子, 用 0.1% 的升汞消毒 10 min, 用蒸馏水反复清洗 5 遍置于滤纸上晾干。用经过 75% 酒精消毒后的镊子将种子腹股沟向下放在铺好两层滤纸的发芽盒(10 cm × 10 cm × 5 cm)中, 每盒 100 粒并且将种子整齐摆好。每个品种(系)设置两个处理, 3 次重复。其中, 对照中加入 12 ml 蒸馏水, 干旱处理中加入 12 ml -0.50 MPa 19.6% PEG - 6000 水溶液。将发芽盒盖子盖好放入人工气候培养箱中培

养, 培养条件为 20℃ 恒温, 每天 12 h 光照。

1.3 调查性状

将供试材料按 1.2 的方法培养至第 8 d, 调查供试材料的发芽数(以胚芽鞘长大于等于 1/2 种子长或胚根长大于等于种子长为发芽标准), 计算发芽率。每个处理随机挑选 5 株幼苗, 测量主胚根长、胚芽鞘长、胚根数、干物质重等性状。

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

1.4.1 抗旱系数分布图绘制方法 采用 R 软件的 ggplot2 包绘制各抗旱系数的估计密度曲线, 其密度估计值由 density 函数计算得到。

1.4.2 采用隶属函数法计算 D 值 采用加权隶属函数法对 119 份小麦的抗旱性进行综合评价。公式如下:

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

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

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, $X_{j\max}$ 和 $X_{j\min}$ 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; D 为综合评价值, 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。

1.4.3 UPGMA 聚类图绘制 利用 DPS 和 SAS9.3 进行数据处理和分析, 利用 DPS 进行 UPGMA 聚类分析绘制聚类分析图。

2 结果与分析

2.1 小麦萌发期 PEG 胁迫对不同种质生长发育的影响

由表 1 可以看出, 在 19.6% PEG - 6000 处理下, 5 个性状均值分别比对照下降了 77.3%、40.0%、30.7%、16.7% 和 78.0%, 下降最大的性状指标是干物质重、发芽率, 其次为胚芽鞘长, 表明萌发期 PEG - 6000 处理不同程度地抑制了小麦的生长, 且对各指标影响不同。对处理和对照的变异系数进行了分析, 发现 5 个性状处理的变异系数均大于对照, 表明萌发期干旱胁迫与对照相比增大了品种间的差异。

表1 PEG-600模拟干旱胁迫对小麦萌发期生长的影响

Table 1 Effect of PEG-6000 simulated drought stress on wheat growth at germination stage

处理 Treatment	特征值 Characteristic value	发芽率 Germination rate	胚芽鞘长 Coleoptile length/cm	胚根数 Radicle number	主胚根长 Main radicle length/cm	干物质重 Dry matter weight/g
对照 Control	平均值 Average	0.895	2.370	3.850	5.421	0.558
	最大值 Maximum	1.000	3.360	7.500	6.420	1.646
	最小值 Minimum	0.520	1.730	3.900	2.430	0.125
	变异系数 CV/%	12.200	14.100	15.400	10.700	43.500
干旱胁迫 Drought stress	平均值 Average	0.203	1.423	3.207	3.756	0.123
	最大值 Maximum	0.722	2.720	5.500	5.670	0.490
	最小值 Minimum	0.057	0.400	2.400	1.300	0.009
	变异系数 CV/%	56.400	32.200	18.600	18.800	66.600

图1结果表明,不同性状的抗旱系数分布存在很大差异。其中,干物质重抗旱系数与其它性状差异最大,其在所有供试材料的值均低于0.5,绝大多数供试材料的抗旱系数约为0.1,只有极少数材料的抗旱系数大于0.25,表明在小麦萌发期的PEG-6000模拟抗旱处理,大大减少了供试材料的生物量,少部分抗旱系数大于0.25的材料可能为此期比

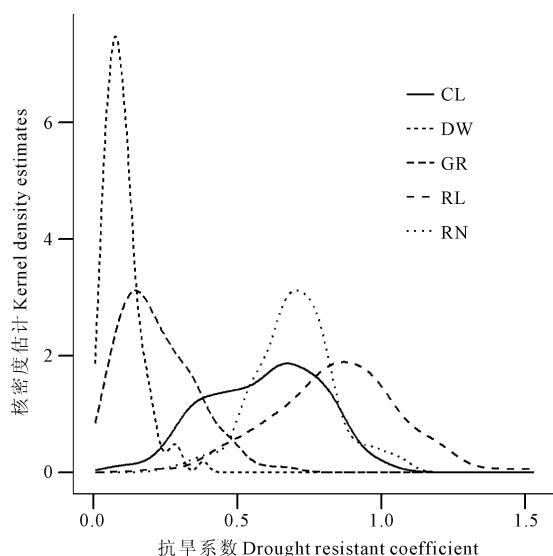


图1 供试材料在不同性状的抗旱系数分布

Fig.1 Drought resistant coefficient distribution of five traits of tested wheat lines

注:CL,胚芽鞘长;DW,干物质重;GR,发芽率;RL,主胚根长;RN,胚根数

Note: CL, coleoptile length; DW, dry matter weight; GR, germination rate; RL, main radicle length; RN, radicle number

较抗旱的种质。发芽率的抗旱系数最大值为0.75,绝大部分材料的抗旱系数约为0.13,抗旱系数在0.25~0.50之间的材料也较多,也表明干旱胁迫处理对供试材料的发芽率有明显抑制。胚芽鞘长和胚根数的抗旱系数分布较为相似,大部分材料的抗旱系数接近0.75。主胚根长在不同材料间的分布范围比较广,多数材料的抗旱系数约为0.8,但有相当一部分材料的抗旱系数大于1,表明,PEG-6000胁迫处理促进了这部分材料胚根的伸长,如果在土壤中,则这些根能够吸收土壤更深层次水分。不同品种(系)不同性状的抗旱系数不尽相同,无法用单一指标来全面评价小麦的抗旱性。

2.2 小麦萌发期抗旱性综合评价

根据各指标的抗旱系数求出隶属函数值,再依据各指标的权重求出加权抗旱系数,利用加权隶属函数法求出萌发期抗旱能力综合评价值(D)。 D 值与胚芽鞘长、主根数、主胚根长、干物质重、发芽率的隶属函数值呈极显著正相关,相关系数分别为0.864、0.626、0.733、0.789和0.816(表2),说明 D 值可全面评价小麦萌发期抗旱性,且 D 值越大抗旱性越强。 D 值的变化范围为0.010~0.864(见表3),胚芽鞘长与 D 值相关系数最高。 $D > 0.6$ 的材料有洛夫林13、汶农14、中国春、漯麦8号、轮选987、泰山22、山农17、泰农18、烟航选2号、中育6号、鲁麦14、泰农6258、泰农2987等13份材料,0.5< D <0.6的材料包括临麦6号等25份材料。这些材料对PEG-6000胁迫反应比较迟钝,为小麦萌发期抗旱性强的种质。

表2 D 值与各指标隶属函数值相关分析Table 2 The correlation analysis of D values with each index subordinate function values

指标 Index	胚芽鞘长 Coleoptile length	胚根数 Radicle number	主胚根长 Main radicle length	干物质重 Dry matter weight	发芽率 Germination rate
D 值 D value	0.864**	0.626**	0.733**	0.789**	0.816**

表3 119份小麦种质在萌发期19.6%PEG-6000胁迫下的抗旱性综合评价

Table 3 Evaluation of drought resistant of 119 wheat varieties by 19.6% PEG-6000 at the germination stage

品种 Variety	综合抗旱系数 Comprehensive drought resistant coefficient		品种 Variety	综合抗旱系数 Comprehensive drought resistant coefficient		品种 Variety	综合抗旱系数 Comprehensive drought resistant coefficient	
	D 值 D value	D 值 D value		D 值 D value	D 值 D value		D 值 D value	D 值 D value
洛夫林 13 Lovelin 13	0.751	0.804	蚰包 Youbao	0.592	0.497	5182-100	0.475	0.371
汶农 14 Wennong 14	0.775	0.749	烟农 2415 Yannong 2415	0.544	0.497	秃头紫麦 Tutouzimai	0.427	0.367
中国春 zhongguochun	0.720	0.744	烟农 22 Yannong 22	0.566	0.487	农大 212 Nongda 211	0.453	0.367
漯麦 8 号 Luomai 8	0.713	0.708	良星 77 Liangxing 77	0.558	0.483	Abbondanza	0.455	0.361
轮选 987 Lunxuan 987	0.711	0.705	鲁原 502 Luyuan 502	0.528	0.482	良星 619 Liangxing 619	0.444	0.359
泰山 22 Taishan 22	0.674	0.687	烟农 836 Yannong 836	0.520	0.475	豫麦 13 Yumai 13	0.429	0.354
山农 17 Shannong 17	0.712	0.686	农大 189 Nongda 189	0.563	0.471	鲁 884187 Lu 884187	0.443	0.348
泰农 18 Tainong 18	0.717	0.656	农大 5133 Nongda 5133	0.562	0.468	烟农 15 Yannong 15	0.461	0.346
烟航选 2 号 Yanhanguan 2	0.705	0.648	山农 15 Shannong 15	0.532	0.463	周 8425B Zhou 8425B	0.449	0.345
中育 6 号 Zhongyu 6	0.656	0.634	泰山 5 号 Taishan 5	0.519	0.462	中麦 175 Zhongmai 175	0.420	0.343
鲁麦 14 Lumai 14	0.659	0.634	BPT09145	0.536	0.453	St 2422/464	0.434	0.336
泰农 6258 Tainong 6258	0.664	0.613	农大 3615 Nongda 3615	0.510	0.453	烟 Blu14-15 Yan Blu14-15	0.423	0.329
泰农 2987 Tainong 2987	0.634	0.600	石优 20 Shiyou 20	0.512	0.452	聊麦 18 Liaomai 18	0.425	0.328
临麦 6 号 Limai 6	0.640	0.595	烟农 23 Yannong 23	0.517	0.446	农林 10 号 Nonglin 10	0.369	0.311
烟农 173 Yannong 173	0.629	0.588	临汾 125 Linfen 125	0.517	0.438	淮麦 31 Huaimai 31	0.386	0.310
济南 17 Jinan 17	0.613	0.585	周 99233 Zhou 99233	0.505	0.429	邯 6172 Han 6172	0.405	0.299
晋麦 56 Jinmai 56	0.645	0.577	固麦 378 Tunmai 378	0.520	0.425	济麦 19 Jimai 19	0.355	0.296
烟农 5286 Yannong 5286	0.599	0.573	洲元 9369 Zhouyuan 9369	0.502	0.424	皖麦 41 Wanmai 41	0.401	0.285
泗麦 1108 Simai 1108	0.628	0.571	淮麦 20 Huaimai 20	0.512	0.419	鲁麦 18 Lumai 18	0.404	0.284
济麦 20 Jimai 20	0.609	0.568	良星 66 Liangxing 66	0.489	0.417	周麦 24 Zhoumai 24	0.400	0.283
济麦 21 Jimai 21	0.585	0.566	白蚰包 Baiyoubao	0.475	0.417	济麦 23 Jimai 23	0.400	0.282
冀麦 585 Jimai 585	0.584	0.538	935106	0.508	0.413	3097	0.413	0.280
烟农 21 Yannong 21	0.599	0.537	农大 5181 Nongda 5181	0.495	0.412	郑麦 9023 Zhengmai 9023	0.389	0.273
山农 18 Shannong 18	0.566	0.536	新麦 23 Xinmai 23	0.457	0.411	周麦 27 Zhoumai 27	0.351	0.266
烟农 19 Yannong 19	0.569	0.530	济麦 27 Jimai 27	0.507	0.405	周麦 22 Zhoumai 22	0.340	0.258

表3 续

品种 Variety	综合抗旱系数 Comprehensive drought resistant coefficient		品种 Variety	综合抗旱系数 Comprehensive drought resistant coefficient		品种 Variety	综合抗旱系数 Comprehensive drought resistant coefficient	
	D 值 D value	D 值 D value		D 值 D value	D 值 D value		D 值 D value	D 值 D value
山农 22 Shannong 22	0.597	0.525	烟农 999 Yannong 999	0.491	0.405	淮麦 29 Huaimai 29	0.352	0.252
鲁麦 13 Lumai 13	0.572	0.522	5182 - 36	0.502	0.401	小罂粟 Xiaoyingsu	0.324	0.235
山农 23 Shannong 23	0.584	0.519	藁麦 2018 Gaomai 2018	0.491	0.395	普冰 04 - 446 Pubing 04 - 446	0.325	0.232
冀麦 5265 Jimali 5265	0.563	0.518	鲁麦 21 Lumai 21	0.457	0.389	鑫 289 Xin 289	0.342	0.226
旱 5363 Han 5363	0.613	0.516	中优 206 Zhongyou 206	0.461	0.388	周麦 18 Zhoumai 18	0.358	0.224
烟农 26 号 Yannong 26	0.571	0.514	烟农 0428 Yannong 0428	0.464	0.388	淮麦 26 Huaimai 26	0.330	0.217
济麦 22 Jimali 22	0.596	0.512	新麦 26 Xinmai 26	0.485	0.386	晋麦 61 Jinmai 61	0.329	0.209
农大 5182 Nongda 5182	0.581	0.511	农大 5057 Nongda 5057	0.485	0.383	良星 99 Liangxing 99	0.323	0.206
青农 2 号 Qingnong 2	0.581	0.508	中麦 155 Zhongmai 155	0.449	0.379	百农 AK58 Bainong AK58	0.292	0.205
皖麦 38 Wanmai 38	0.543	0.507	豫农 416 Yunong 416	0.475	0.379	淮麦 33 Huaimai 33	0.299	0.200
淮麦 18 Huaimai 18	0.566	0.503	周麦 9 号 Zhoumai 9	0.418	0.377	周麦 26 Zhoumai 26	0.300	0.190
鑫 296 Xin 296	0.579	0.503	烟农 5158 Yannong 5158	0.444	0.376	周麦 16 Zhoumai 16	0.232	0.126
小偃 6 号 Xiaoyan 6	0.584	0.501	郑麦 366 Zhengmai 366	0.486	0.375	农大 3753 Nongda 3753	0.189	0.069
农大 3338 Nongda 3338	0.630	0.498	青丰 1 号 Qingfeng 1	0.455	0.375	农大 211 Nongda 211	0.131	0.010
晋麦 72 Jinmai 72	0.559	0.498	豫麦 34 Yumai 34	0.467	0.373			

2.3 聚类分析

基于小麦萌发期的发芽率(GR)、主根数(RN)、主胚根长(RL)、胚芽鞘长(CL)和干物质重(DW)的抗旱系数,对供试材料进行了欧氏距离(UPGMA)聚类分析(图2)。结果表明,在遗传距离为0.82处,供试材料可分为两类,一类为萌发期抗旱种质,另一类为萌发期干旱敏感种质。在遗传距离约为0.45处,可把第一类分为三个亚群,亚群I为萌发期强抗旱种质,包括中育6号、泰农6258、山农17、鲁麦14、泰农2987、漯麦8号、轮选987、泰山22、中国春、洛夫林13、汶农14、泰农18、烟航选2号等13份种质;亚群II为萌发期抗旱种质,包括淮麦18、青农2号、烟农19、烟农21、济麦21、烟农836、鑫麦296、临麦6号、济麦22、淮麦20、济麦20、蚰包、白蚰包、鲁麦13、烟农2415、小偃6号、冀麦585、晋麦56、旱5363、农大5182、5133、5182-100等45份种质;亚群III为农

大3338,单独成为一支,为萌发期抗旱性较强的品种。在遗传距离约为0.42处,可以将第二类分为四个亚群,亚群IV为萌发期中度抗旱种质,包括晋麦61、鑫289、良星99、淮麦29、淮麦26、淮麦31、淮麦33、农林89、农林10号、矮抗58、周麦22、周麦26、周麦27等13份种质;亚群V为萌发期干旱较为敏感种质,包括临汾125、周99233、农大5181、国麦378、新麦26、洲元9369、Abbondanza等28份种质;亚群VI为萌发期干旱敏感种质,包括皖麦41、济麦23、郑引4号、烟农15、鲁麦18、3097等17份种质;亚群VII为萌发期干旱高度敏感种质,包括周麦16、农大3753、农大211。其中抗旱型和中度抗旱型的品种较多,分别占供试小麦品种数量的72.3%,高度抗旱和高度敏感的较少。UPGMA聚类结果与D值评价结果比较吻合。

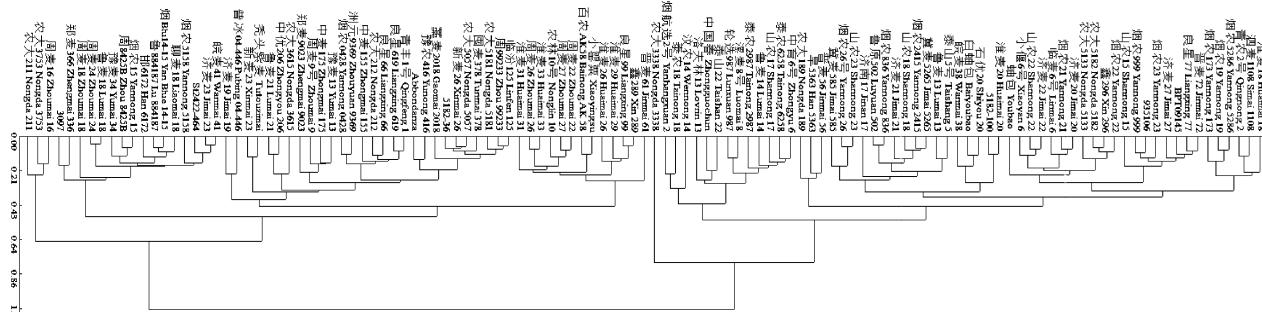


图 2 119 份小麦材料抗旱系数 UPGMA 聚类分析

Fig.2 Cluster analysis of 119 wheat cultivars based on drought resistance coefficient with UPGMA

3 结论与讨论

在我国北方冬麦区和黄淮冬麦区, 小麦生长期常常出现少雨甚至长时间无雨的情况, 尤其在小麦播种时期遭遇干旱, 会导致小麦缺苗断垄, 严重影响小麦的产量。不同品种小麦在不同生育期抗旱性并不相同, 种子萌发期是植物生命历程的起点, 是作物适应干旱胁迫最为关键时期, 其萌发率高低、幼苗生长、萌发期生理进程皆关乎植物后期生育状况^[14-15], 目前关于小麦品种抗旱性评价多集中于苗期至生育后期^[16-18], 萌发期抗旱研究较少, 且评价种质材料数量较少^[2,9]。试验结果表明, 在 19.6% PEG - 6000 溶液模拟干旱胁迫下, 模拟干旱处理不同程度地抑制了供试材料的生长, 其中对发芽率和干物质重的抑制程度最高, 而且 PEG - 6000 胁迫液处理增加了不同品种间的差异。各性状的抗旱系数分布分析显示, 主胚根长在材料间的差异很大, 胁迫处理促进了部分材料的主胚根长伸长。评价结果显示:农大 3338, 泰农 18, 汶农 14, 轮选 987, 豉包, 泰农 6258, 烟航选 2 号, 山农 17, 旱 5363, 漂麦 8 号, 泰农 2987, 中育 6 号, 小偃 6 号, 洛夫林 13, 郑麦 366, 济麦 22, 农大 5133 等 24 个品种都在抗旱大类, 且有些是综合评价为强抗旱的种质, 这部分材料应重点利用。

小麦萌发期抗旱指标的筛选, 对于较为准确地评价一份材料的抗旱性具有重要意义。Farshadfar 等^[19]认为发芽率可作为小麦萌发期抗旱性鉴定指标。王玮等^[6]、钱雪娅等^[10]认为, 胚芽鞘长是小麦萌发期抗旱性评价较好的指标。周桂莲等^[8]认为抗旱性强的品种根系发达, 根长较长。仅凭单一指标不能全面评价品种抗旱性^[9]。如何根据作物多个抗旱性指标对供试材料的抗旱性进行更加准确的评价, 也是众多学者的研究课题。目前灰色关联度

法^[5,16,20]、主成分分析法^[2,21]、隶属函数法^[9,12]等方法常被用于作物多指标的抗旱性综合评价。其中隶属函数法在作物抗旱性评价方面具有较好的效果。王兰芬等^[12]采用隶属函数法对 113 份绿豆种质进行了芽期抗旱性综合评价;李国瑞等^[9]应用隶属函数法在西南地区 41 个小麦品种中挑选出了蜀万 8 号和锦麦等 5 个强抗旱性品种。本试验综合选用了发芽率、胚芽鞘长、主胚根长、胚根数、干物质重等 5 个指标, 应用加权隶属函数法和 D 值对 5 个指标进行了综合评价。并通过 UPGMA 聚类, 将供试材料分为高度抗旱、抗旱、中度抗旱、中间类型、中度敏感、敏感、高度敏感等 7 个类群。UPGMA 聚类分析与 D 值的排序有较高的吻合度。但仅用 D 值排序, 虽然能得到供试材料的抗旱综合评价值, 却无法得到供试材料之间的遗传关系, 不容易对抗旱级别进行划分;仅用 UPGMA 聚类分析, 虽然能较好地体现了供试材料在抗旱性方面的遗传关系, 对供试材料进行分类, 却无法明确哪一类抗旱, 哪一类敏感。只有将两者有机地结合使用, 才能较为全面地对供试材料进行抗旱级别划分和抗旱性评价。因此, 在开展作物抗旱性评价时, 建议将隶属函数法和 UPGMA 方法结合使用。

本试验采用 PEG - 6000 模拟干旱并采用加权隶属函数法对 119 份冬小麦品种萌发期抗旱性进行了综合评价, 并通过聚类分析和加权隶属函数法相结合对其抗旱性进行了分类, 最终筛选出了洛夫林 13、汶农 14、中国春、漂麦 8 号、轮选 987、泰山 22、山农 17、泰农 18、烟航选 2 号、中育 6 号、鲁麦 14、泰农 6258 和泰农 2987 共 13 份萌发期具有较强抗旱性的材料, 为小麦育种和生产提供参考。

参 考 文 献:

- [1] 张林刚, 邓西平. 小麦抗旱性生理生化研究进展[J]. 干旱地区

- 农业研究,2000,18(3):87-92.
- [2] 许 红,刘 杨,王威雁,等.冬小麦种子萌发期抗旱性的基因型差异[J].麦类作物学报,2014,34(10):1426-1432.
- [3] 郁飞燕.干旱胁迫下硒对小麦种子萌发的影响[D].洛阳:河南科技大学,2012.
- [4] 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.
- [5] 赖运平,李 俊,张泽全,等.小麦苗期抗旱相关形态指标的灰色关联度分析[J].麦类作物学报,2009,29(6):1055-1059.
- [6] 王 玮,邹 琦.胚芽鞘长度作为冬小麦抗旱性鉴定指标的研究[J].作物学报,1997,23(4):459-467.
- [7] 关周博,王士强,陈 亮,等.模拟干旱胁迫下冬小麦胚芽鞘长度变化及与抗旱性的关系研究[J].干旱地区农业研究,2009,27(4):125-130.
- [8] 周桂莲.小麦抗旱性鉴定的形态指标及其分析评价[J].陕西农业科学,1996,(4):33-34.
- [9] 李国瑞,马宏亮,胡雯媚,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.
- [10] 钱雪娅,景蕊莲,王 辉,等.不同处理条件下小麦胚芽鞘长的遗传分析[J].西北植物学报,2008,28(12):2436-2441.
- [11] 张 军,吴秀宁,鲁 敏,等.拔节期水分胁迫对冬小麦生理特性的影响[J].华北农学报,2014,29(1):129-134.
- [12] 王兰芬,武 晶,景蕊莲,等.绿豆种质资源芽期抗旱性鉴定[J].植物遗传资源学报,2014,15(3):498-503.
- [13] 李国瑞,李朝苏,吴 春,等.西南地区小麦品种萌发期抗旱性分析[J].干旱地区农业研究,2015,(4):212-219.
- [14] 蔺吉祥,李晓宇,唐佳红,等.盐碱胁迫对小麦种子萌发、早期幼苗生长及 Na^+ 、 K^+ 代谢的影响[J].麦类作物学报,2011,31(6):1148-1152.
- [15] Ashraf M. Including drought tolerance in plants recent advances[J]. Biotechnol Advan, 2010, 28(1):169-183.
- [16] 田梦雨,李丹丹,戴廷波,等.水分胁迫下不同基因型小麦苗期的形态生理差异[J].应用生态学报,2010,21(1):41-47.
- [17] 李 素.小麦田间抗旱性综合评价及抗旱基因表达研究[D].烟台:烟台大学,2012.
- [18] 李 云.不同冬小麦品种抗旱行鉴定及抗旱指标研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2009.
- [19] Farshadfar E, Galiba G, Koszegi B, et al. Some aspects of genetic analysis of drought tolerance in bread wheat [J]. Cereal Research Communications, 1993, 31:223-330.
- [20] 王士强,胡银岗,余奎军,等.小麦抗旱相关农艺性状和生理生化性状的灰色关联度分析[J].中国农业科学,2007,40(11):2452-2459.
- [21] 赵殿轩,张青变.玉米抗旱生物学特性及抗旱育种研究的几个问题[J].玉米科学,1998,6(Z1):27-30.
- [22] 钮福祥,华希新,郭小丁,等.甘薯品种抗旱性生理指标及其综合评价初探[J].作物学报,1996,22(4):392-398.

(上接第 58 页)

- [24] 孔凡磊,陈 阜,张海林,等.轮耕对土壤物理性状和冬小麦产量的影响[J].农业工程学报,2010,26(8):150-155.
- [25] 王 丽,李 军,李 娟,等.轮耕与施肥对渭北旱作玉米田土壤团聚体和有机碳含量的影响[J].应用生态学报,2014,25(3):759-768.
- [26] Hou X Q, Li R, Jia Z K, et al. Effects of rotational tillage practices on soil properties, winter wheat yields and water - use efficiency in semi-arid areas of north-west China [J]. Field Crops Research. 2012, 129(1):7-13.
- [27] Cassel D K, Raczkowski C W, Denton H P. Tillage effects on corn production and soil physical conditions[J]. Soil Science Society of America Journal, 1995, 59(5):1436-1443.
- [28] Aase J K, Píkul, Joseph L. Crop and soil response to long-term tillage practice in the northern great plains[J]. Agronomy Journal, 1995, 87(4):652-656.
- [29] Karlen D L, Berrly P C, Colvin T S, et al. Twelve year tillage and crop rotation effects on yields and soil chemical properties in northeast Iowa[J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 1991, 22(19-20):1895-2003.
- [30] 郭新荣.土壤深松技术的应用研究[J].山西农业大学学报(自然科学版),2005,(1):74-77.
- [31] 唐晓红,魏朝富,吕家恪,等.保护性耕作对丘陵区水稻土团聚体稳定性的影响[J].农业工程学报,2009,25(11):49-54.
- [32] Beare M H, Hendrix P F, Coleman D C. Water-stable aggregates and organic matter fractions in conventional and no-tillage soils[J]. Soil Science Society of America Journal, 1994, 58:777-786.
- [33] 王 宇,韩 兴,赵兰坡.黑土坡面土壤团聚体组成特征研究[J].水土保持通报,2010,30(5):88-90.
- [34] 李小刚.甘肃景电灌区土壤团聚体特征研究[J].土壤学报,2000,37(2):263-270.
- [35] 杨剑波,何腾兵,舒英格,等.利用方式对石灰土团聚体形成的影响[J].江西农业学报,2009,21(3):43-46.
- [36] 杨如萍,郭贤仕,吕军峰,等.不同耕作和种植模式对土壤团聚体分布及稳定性的影响[J].水土保持学报,2010,24(1):252-256.