

## 山西小麦地方品种幼苗期抗旱性的鉴定

王曙光<sup>1</sup> 朱俊刚<sup>1</sup> 孙黛珍<sup>1\*</sup> 史雨刚<sup>1</sup> 曹亚萍<sup>2</sup> 范华<sup>1</sup> 贾寿山<sup>1</sup>

(1. 山西农业大学 农学院, 山西 太谷 030801;

2. 山西省农业科学院 小麦研究所, 山西 临汾 041000)

**摘要** 小麦幼苗长至二叶一心时,以 200 g/L PEG-6000 胁迫处理 72 h,测定幼苗最大根长、根冠比、叶片相对含水量、相对电导率、SOD 和 POD 活性以及 MDA 含量;采用模糊隶属函数与抗旱系数相结合的方法对各品种苗期的抗旱性进行综合分析;利用灰色关联度分析各个形态、生理指标与抗旱性的关系。结果表明:1)PEG 胁迫下,9 个小麦品种的最大根长、根冠比、相对电导率、SOD 和 POD 活性及 MDA 含量均比对照高,而叶片相对含水量较对照低,而且差异均达到显著或极显著水平。2)利用隶属函数和抗旱系数相结合的方法对品种苗期抗旱性进行综合分析,各品种苗期的抗旱性表现依次为:白和尚头>晋麦 47>竹杆青>小红麦>四月黄>红皮冬麦>灯笼红>中麦 9 号>忻县冬麦。3)SOD 活性与苗期抗旱性关联度最大,其次为最大根长。

**关键词** 小麦; 地方品种; 抗旱性; 隶属函数; 灰色关联度

中图分类号 S 512.01

文章编号 1007-4333(2013)01-0039-07

文献标志码 A

## Analysis of drought resistance of Shanxi wheat at seedling stage

WANG Shu-guang<sup>1</sup>, ZHU Jun-gang<sup>1</sup>, SUN Dai-zhen<sup>1\*</sup>, SHI Yu-gang<sup>1</sup>,

CAO Ya-ping<sup>2</sup>, FAN Hua<sup>1</sup>, JIA Shou-shan<sup>1</sup>

(1. College of Agronomy, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China;

2. Wheat Research Institute, Shanxi Academy of Agriculture Sciences, Linfen 041000, China)

**Abstract** After seedlings of different wheat varieties in Shanxi at the two-leave stage were stressed by PEG-6000 for 72 h, the physiological and morphological indexes were measured, which including maximum root length, ratio of root to shoot, relative water content of leaves, relative electric conductivity, SOD and POD activity, MDA content. Drought resistance of wheat at seedling stage was analyzed by fuzzy subordinate function and drought-resistance coefficients. The relationship between physiological and morphological indexes with drought resistance was studied using grey correlative degree. The results of the study showed that on drought stress conditions, maximum root length, ratio of root to shoot, relative electric conductivity, SOD and POD activity, MDA content in the 9 wheat varieties were higher than those of controls, but the relative water content of leaves was lower than that of control. The differences were significant or very significant. The drought resistance strength at seedling stage in different wheat varieties was baiheshangtou> jinmai47> zhuganqing> siyuehuang> xiaohongmai> denglonghong> hongpidongmai> xinxiandongmai> zhongmai9. SOD activity was with highest correlative to drought resistance at seedling stage and next was maximum root length.

**Key words** wheat (*Triticum aestivum* L.); landrace; drought resistance; fuzzy subordinate function analysis; grey correlative degree

收稿日期: 2011-10-20

基金项目: 山西省科技攻关项目(20100311001-6, 20100312001); CGIAR 挑战计划(GCP.G7010.02.01-7)

第一作者: 王曙光, 硕士, 主要从事作物遗传育种研究, E-mail: wsg6162@126.com

通讯作者: 孙黛珍, 教授, 博士, 主要从事小麦遗传育种研究, E-mail: sdz64@126.com

苗期作为植株生长发育的初始阶段,土壤水分的变化势必引起小麦生长和生理上的变化。研究水分胁迫下小麦幼苗各种形态和生理特征的变化,可为揭示小麦幼苗对干旱胁迫的响应机制提供参考。目前,关于小麦抗旱性的研究报道主要集中在生长发育后期<sup>[1-5]</sup>,而关于苗期抗旱性的研究报道较少<sup>[6]</sup>,由于作物的抗旱性是一个复杂的数量性状,要对某个品种的抗旱性或者对某个品种某一生育阶段的抗旱性进行准确评估,必须同时检测几个指标进行综合分析,而以往的研究主要侧重于干旱胁迫对小麦幼苗形态和生理单个指标的影响<sup>[7-9]</sup>,对小麦苗期抗旱性的综合分析报道较少。本研究通过检测水分胁迫下小麦幼苗不同形态和生理特征的变化,利用抗旱系数与隶属函数相结合的方法,对山西不同小麦地方品种苗期的抗旱性进行综合分析,以期对小麦抗旱育种提供亲本材料。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

供试材料为7个山西小麦地方品种,包括竹杆青、四月黄、忻县冬麦、红皮冬麦、灯笼红、白和尚头、小红麦,以晋麦47和中麦9号分别作为抗旱和干旱敏感型对照。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 幼苗培养

将供试品种种子用清水洗净,经0.01 g/L氯化汞消毒10 min,取出用清水冲洗2~3次;吸胀24 h后,在直径为10 cm的培养皿中铺2层滤纸,每一培养皿中均匀的摆放50粒种子,每一品种重复3次,然后加入6 mL的蒸馏水,置于25℃、100 μmol/m<sup>2</sup>s的光照培养箱中培养;2 d后,在每一培养皿中挑选生长一致的20株幼苗移植于培养箱中,第1周用蒸馏水培养,每3 d换1次水,1周后,对照用霍格伦德(Hoagland)营养液继续培养,处理用ρ(PEG-6000)为200 g/L的霍格伦德营养液培养,3 d(72 h)后分别取样,3次重复,测定最大根长、根冠比、叶片相对含水量、相对电导率、SOD、POD活性及MDA含量。

#### 1.2.2 形态指标和生理生化指标的测定

1)最大根长和根冠比。对照和处理分别取5株大小一致的幼苗,剪取地上部和地下部根系,105℃杀青,80℃烘至恒重,分别称量地上部和地下部干质量,计算根冠比RSR并测量最大根长。

$$RSR/\% = (\text{根的干质量} / \text{地上部干质量}) \times 100$$

2)叶片相对含水量测定<sup>[6]</sup>。对照和处理分别取5株幼苗,用吸水纸吸干叶片表面水分,称取鲜质量 $m_{FW}$ ,然后放入试管中加入足量的蒸馏水,浸没材料使其充分吸水,当材料质量不再发生变化时,称取饱和质量 $m_{SFW}$ ,105℃杀青10 min,再在80℃条件下连续烘干24 h,称干质量 $m_{DW}$ 。叶片相对含水量RWC为

$$RWC/\% = (m_{FW} - m_{DW}) / (m_{SFW} - m_{DW}) \times 100$$

3)相对电导率的测定<sup>[6]</sup>。称取用去离子水洗净并剪成1.0 cm左右的小麦叶片0.1 g放入试管中,加入30 mL蒸馏水,间隔几分钟震荡1次,在室温下放置30 min。将电导仪电极插入烧杯,测定电导值( $L_1$ ),测定之后将试管放入沸水浴中5 min以杀死组织。冷却至室温后再次测定电导值( $L_2$ ),计算相对电导率,相对电导率越大表示细胞膜相对透性越强,细胞受害的程度越大。

$$\text{相对电导率}/\% = (L_1 / L_2) \times 100$$

4)超氧化物歧化酶(SOD)活性测定<sup>[7]</sup>。利用SOD抑制NBT在光下的还原作用。在5 mL反应混合液(含有13 μmol/L甲硫氨酸、75 μmol/LNBT、2 μmol/L核黄素、10 μmol/L EDTA)中加入50 μL酶提取液,以抑制NBT还原50%为1个酶活单位。

5)过氧化物酶(POD)活性测定<sup>[7]</sup>。采用愈创木酚法。取光径1 cm比色杯2只,一只中加入0.1 mol/L磷酸缓冲液(pH6.0)作为参比,另一只加入反应混合液3 mL(含有pH 6.0的0.1 mol/L磷酸缓冲液,300 g/L过氧化氢,愈创木酚),再加入酶提取液200 μL,于分光光度计上测量470 nm处3 min内的光密度值。以每分钟样品光密度值变化1.0表示1个酶活单位,用U/g表示。

6)丙二醛(MDA)质量摩尔浓度测定<sup>[7]</sup>。取0.2 g叶片,加10 g/L的三氯乙酸(TCA)溶液5 mL,匀浆后离心取上清液加50 g/L硫代巴比妥酸5 mL混合后,置沸水中15 min,冷却后再离心1次,取上清,并测量其体积,以50 g/L硫代巴比妥酸溶液为参比,分别测定532和600 nm处的吸光值,最后求得样品中MDA的质量摩尔浓度 $b(\text{MDA})$ , mmol/g。

$$b(\text{MDA}) = \frac{(A_{532} - A_{600})V}{155W}$$

式中： $A_{532}$  和  $A_{600}$  分别为 532 和 600 nm 处的吸光值； $V$  为上清液的总体积， $W$  为称取材料的鲜质量，155 为 1 mmol/L 三甲川在 532 nm 处的吸光系数。

### 1.2.3 抗旱系数的计算

某一性状的抗旱系数是该性状在干旱条件和正常供水条件下性状值的比值，计算公式为

$$\text{该性状抗旱系数} = \frac{\text{该性状处理下性状值}}{\text{该性状对照性状值}}$$

$$\text{综合抗旱系数} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\text{处理下性状值}}{\text{对照性状值}}$$

式中： $n$  为指标性状数量； $i$  为指标性状。

### 1.2.4 隶属系数计算

每个品种各特征性状的具体隶属函数值为

$$D = \sum_{j=1}^n [u(x_j) (|r_j| / \sum_{j=1}^n |r_j|)]$$

( $j = 1, 2, \dots, n$ )

$$u(x_j) = \frac{x_j - x_{j\min}}{x_{j\max} - x_{j\min}}$$

式中： $D$  为供试材料在干旱胁迫下用综合指标评价所得的抗旱性综合评价值； $r_j$  为各品种第  $j$  个指标与综合抗旱系数间的相关系数； $u(x_j)$  为各品种  $j$  性状指标的隶属函数值，如果  $r_j$  为负值，则以  $1 - u(x_j)$  代替式中  $u(x_j)$ ； $|r_j| / \sum_{j=1}^n |r_j|$  为指标权数，

表示第  $j$  个指标在所有指标中的重要程度。 $x_j$  表示各品种  $j$  性状指标， $x_{j\min}$  表示各品种  $j$  性状指标的最小值， $x_{j\max}$  表示各品种  $j$  性状指标的最大值。

根据  $D$  值将供试品种进行抗旱性分级： $0.8 \leq D \leq 1$  为 1 级抗旱型(高抗旱型)， $0.6 \leq D < 0.8$  为 2 级抗旱型(中抗旱型)， $0.4 \leq D < 0.6$  为 3 级(中间型)， $0.2 \leq D < 0.4$  为 4 级(干旱较敏感型)， $0 < D < 0.2$  为 5 级(干旱敏感型)。

### 1.2.5 灰色关联度计算

每个品种对照区的性状数列为该品种的参考数据列  $x_i$ ，鉴定区的性状数列分别为被比较数列  $y_i$ 。首先对原始数据进量纲 1 化处理，再求出  $x_i$  与对应  $y_i$  值的绝对差值，然后计算鉴定区品种与对照区品种在  $k$  点(性状)的关联系数  $\epsilon_i(k)$

$$\epsilon_i(k) =$$

$$\frac{\min_i \min_k |x_i(k) - y_i(k)| + \rho \max_i \max_k |x_i(k) - y_i(k)|}{\max_i \max_k |x_i(k) - y_i(k)| + \rho \min_i \min_k |x_i(k) - y_i(k)|}$$

式中： $|x_i(k) - y_i(k)|$  为  $k$  点的绝对值； $\min_i \min_k |x_i(k) - y_i(k)|$  为两极差绝对值的最小值； $\max_i \max_k |x_i(k) - y_i(k)|$  为两极差绝对值的最大值； $\rho$  为分辨系数，取  $\rho = 0.5$ 。求得各性状关联系数，再求关联度  $r_i$ ，指标的关联度越大，其指标与抗旱性的关系越密切。

$$r_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \epsilon_i(k)$$

### 1.2.6 统计分析

采用 DPS 3.01 对供试材料的各性状进行方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 PEG 胁迫对不同小麦品种幼苗形态及生理指标的影响

#### 2.1.1 PEG 胁迫对根冠比及最大根长的影响

PEG 胁迫下小麦幼苗最大根长和根冠比普遍高于对照，达显著或极显著水平。但不同品种最大根长和根冠比增高幅度不同，晋麦 47、竹杆青、小红麦、白和尚头 2 个指标上升幅度均较大，忻县冬麦、中麦 9 号上升幅度较小(表 1)。表明晋麦 47、竹杆青、小红麦、白和尚头在干旱条件下具有较强的调节根系发育的能力，抗旱性较强，而忻县冬麦，中麦 9 号相反。

#### 2.1.2 PEG 胁迫对叶片相对含水量的影响

对照条件下各品种幼苗叶片相对含水量为 95%~99%；而在胁迫条件下，各品种幼苗叶片相对含水量均减小，介于 78%~93%，不同品种幼苗叶片相对含水量均显著或极显著低于对照，其抗旱系数依次为：白和尚头>竹杆青>小红麦>四月黄>灯笼红>红皮冬麦>忻县冬麦(表 1)，表明了 7 个小麦品种幼苗叶片相对含水量对于干旱胁迫的响应程度。

#### 2.1.3 PEG 胁迫对相对电导率的影响

对照条件下各品种相对电导率为 6.57%~13.24%，水分胁迫 72 h 后，各品种相对电导率为 18.00%~25.37%，与对照相比均有所增加，而且差异达显著或极显著水平(表 1)，说明干旱胁迫使得所有品种的细胞膜均受到损伤，膜透性增加，但不同品种受到的损伤程度不同，白和尚头的相对电导率抗旱系数最小(1.60)表明其在干旱胁迫下细胞膜受到的伤害较轻，细胞膜透性增加地比较少，而忻县冬麦的相对电导率抗旱系数最大(2.83)，细胞膜受到

表1 PEG胁迫下供试材料的形态和生理指标  
Table 1 Morphological and physiological indexes of each sample at seeding stage stressed by PEG

品种 Variety	最大根长/cm Max. root length		根冠比/% RSR		叶片相对含水量/% RWC		相对电导率/% Relative conductivity		SOD活性/(U/g) SOD activity		POD活性/(U/g) POD activity		b(MDA)/(mmol/g)	
	X	X <sub>T</sub> /X <sub>CK</sub>	X	X <sub>T</sub> /X <sub>CK</sub>	X	X <sub>T</sub> /X <sub>CK</sub>	X	X <sub>T</sub> /X <sub>CK</sub>	X	X <sub>T</sub> /X <sub>CK</sub>	X	X <sub>T</sub> /X <sub>CK</sub>	X	X <sub>T</sub> /X <sub>CK</sub>
晋麦47 Jinmai47	CK	10.05	1.38	47.45	3.02	98.92	0.93	12.63	1.50	52.36	2.94	18.63	2.19	0.57
	T	13.85*		143.34**		92.32**		19.00*		153.93**		40.83**		1.41**
竹杆青 Zhuganqing	CK	10.17	1.37	51.96	2.94	98.42	0.93	12.06	1.71	40.84	2.82	18.09	1.99	0.82
	T	13.97**		152.61**		91.41*		20.67**		115.18**		36.05**		1.91*
四月黄 Siyuehuang	CK	12.35	1.31	40.16	2.02	98.03	0.89	10.76	2.01	53.4	2.76	46	1.74	0.60
	T	16.15*		81.28**		87.58**		21.62**		147.64*		80.075**		2.23*
忻县冬麦 Xinxiandongmai	CK	10.25	1.09	20.56	1.83	98.02	0.82	8.97	2.83	68.18	1.22	31.53	1.23	0.36
	T	11.15*		37.55**		80.17**		25.37**		82.95**		38.6*		1.36**
红皮冬麦 Hongpidongmai	CK	12.90	1.17	28.60	2.45	97.87	0.88	10.68	2.04	55.68	1.31	33.38	1.71	0.77
	T	15.15**		70.13*		86.48**		21.82**		73.86**		57.05**		2.00**
灯笼红 Denglonghong	CK	12.95	1.18	27.69	2.54	98.63	0.89	11.22	2.04	87.50	1.30	34.23	1.61	0.55
	T	15.25**		70.43**		87.53**		22.85**		113.63**		54.95**		1.56*
白和尚头 Baiheshangtou	CK	9.30	1.39	25.76	3.01	98.55	0.93	13.24	1.60	28.27	3.00	48.08	2.23	0.66
	T	12.95**		77.59**		92.10*		21.19**		84.82*		107.15*		1.29**
小红麦 Xiaohongmai	CK	9.34	1.35	27.01	2.88	96.87	0.89	11.87	1.85	70.16	2.37	8.26	1.79	0.59
	T	12.58**		77.80**		86.64*		21.98*		166.49**		14.78**		1.58*
中麦9号 Zhongmai9	CK	19.90	1.07	63.70	1.73	95.89	0.82	6.57	2.74	76.13	1.12	21.60	1.47	0.39
	T	21.27**		110.25*		78.88*		18.00**		85.23**		31.775**		1.64**

注: \*、0.05水平下的显著性; \*\*、0.01水平下的显著性。X为3次重复测定的平均值, T表示胁迫处理, CK为非胁迫处理。

Note: \* and \*\* represent significant levels at  $P=0.05$  and  $0.01$ . X indicates the mean of 3 replicates, T indicates drought stress, CK indicates non-drought stress.

的伤害最重。

**2.1.4 PEG 胁迫对保护酶活性的影响**

胁迫条件下,各品种幼苗叶片的 SOD 和 POD 活性均高于对照(表 1),说明在一定干旱程度下,小麦可以通过提高 SOD 和 POD 保护酶活性来适应干旱;但不同品种酶活性上升的幅度不一致,其中白和尚头上升幅度最大,抗旱系数分别为 3.00 和 2.23,根据这 2 个指标白和尚头的抗旱性较强;而忻县冬麦上升幅度最小,抗旱系数分别为 1.22 和 1.23,根据这 2 个指标表现为干旱敏感型。

**2.1.5 PEG 胁迫对 MDA 质量摩尔浓度的影响**

水分胁迫 72 h 后,不同小麦品种叶片内 MDA

质量摩尔浓度的变化规律一致,普遍表现为 MDA 积聚,但不同品种升高幅度不同。白和尚头的抗旱系数仅为 1.88,而中麦 9 号为 4.01,表明小麦在受到干旱胁迫后,细胞膜都必然受到一定程度的伤害,但可能由于不同品种对干旱胁迫的适应能力不同,因而抗旱系数表现出较大差异。

**2.2 不同小麦品种苗期抗旱性的综合分析**

采用模糊隶属函数与抗旱系数相结合的方法,对供试材料的苗期抗旱性综合分析,根据  $D$  值判断白和尚头、竹杆青和晋麦 47 为高抗旱型品种,小红麦为中抗旱型品种;四月黄、红皮冬麦和灯笼红为中间型,忻县冬麦和中麦 9 号为干旱敏感型(表 2)。

表 2 PEG 胁迫下各品种苗期抗旱指标抗旱系数的  $u(x)$ ,  $D$  值及抗旱性综合评价

Table 2  $u(x)$  value,  $D$  value of drought-resistant coefficient of drought-resistant index and drought-resistant evaluation stressed by PEG-6000 at the seedling stage

品种 Variety	最大根长 Max. root length	根冠比 RSR	相对含水量 RWC	相对电导率 Relative conductivity	SOD 活性 SOD activity	POD 活性 POD activity	$b$ (MDA)	$D$ 值 $D$ value	抗旱性评价 Drought resistance class
晋麦 47 Jinmai47	0.96	1.00	1.00	1.00	0.97	0.96	0.73	0.95	1
竹杆青 Zhuganqing	0.95	0.94	1.00	0.84	0.90	0.77	0.79	0.89	1
四月黄 Siyuehuang	0.74	0.23	0.67	0.62	0.87	0.52	0.17	0.55	3
忻县冬麦 Xinxiandongmai	0.06	0.07	0.00	0.00	0.05	0.00	0.05	0.03	5
红皮冬麦 Hongpidongmai	0.33	0.56	0.58	0.59	0.10	0.48	0.74	0.48	3
灯笼红 Denglonghong	0.34	0.63	0.61	0.60	0.10	0.38	0.58	0.46	3
白和尚头 Baiheshangtou	1.00	0.99	1.00	0.92	1.00	1.00	1.00	0.99	1
小红麦 Xiaohongmai	0.87	0.89	0.68	0.74	0.66	0.56	0.57	0.71	2
中麦 9 号 Zhongmai9	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.25	0.00	0.05	5
$R$	0.846	0.802	0.898	0.86	0.827	0.894	0.740		
指标权数 weight	0.144	0.137	0.153	0.147	0.141	0.152	0.126		

注: $u(x)$ 为隶属函数值; $D$ 为抗旱性综合评价。

Note: $u(x)$  means subordinate function value,  $D$  means comprehensive evaluation value of drought resistance.

### 2.3 苗期抗旱指标的灰色关联度分析

根据灰色系统理论,关联度反映构成该系统的各性状组成的比较数列和参考数列间的密切程度,关联度越大,说明该数列和参考数列间变化的势态

越接近,相互关系越密切<sup>[8-10]</sup>。各性状与其综合抗旱系数的灰色关联度依次为: SOD 活性 > 最大根长 > POD 活性 > 根冠比 > 相对含水量 >  $b(\text{MDA})$  > 相对电导率(表 3)。

表 3 苗期各品种各指标的关联系数( $\zeta$ )和关联度( $r$ )

Table 3 Correlative degree and correlative coefficient of different drought-resistance indexes in each variety stressed by PEG-6000 at seedling stage

品种 Variety	关联系数 $\zeta$ Correlative coefficient						
	根冠比 RSR	最大根长 Max. root length	相对含水量 RWC	相对电导率 Relative conductivity	SOD	POD	MDA
晋麦 47 Jinmai47	0.996 0	0.943 2	0.990 3	0.351 9	0.992 4	0.862 0	0.419 2
竹杆青 Zhuganqing	0.892 0	0.884 8	0.802 4	0.464 3	0.887 9	1.000 0	0.449 6
四月黄 Siyuehuang	0.382 7	0.670 3	0.563 1	0.529 6	0.859 8	0.519 4	0.984 6
忻县冬麦 Siyuehuang	0.645 6	0.640 7	0.558 7	0.342 0	0.737 4	0.527 7	0.388 0
红皮冬麦 Hongpidongmai	0.444 1	0.571 4	0.457 3	0.429 8	0.657 4	0.463 4	0.558 0
灯笼红 Denglonghong	0.478 0	0.662 7	0.481 1	0.495 0	0.830 3	0.627 9	0.539 3
白和尚头 Baiheshangtou	0.785 6	0.770 0	0.779 1	0.431 7	0.742 5	0.622 2	0.373 3
小红麦 Xiaohongmai	0.853 6	0.871 4	0.741 6	0.571 0	0.882 8	0.730 7	0.645 2
中麦 9 号 Zhongmai9	0.565 5	0.572 1	0.541 8	0.369 7	0.660 6	0.766 8	0.376 5
关联度 $r$ Correlative degree	0.671 4	0.731 8	0.657 3	0.442 8	0.805 7	0.680 0	0.526 0

### 3 讨论

小麦生长过程中地上部分和地下部分密切相关,研究表明水分胁迫对地上部分的影响大于地下部<sup>[11]</sup>。从本研究结果可以看出,即使短期干旱胁迫,小麦地上部和地下部生长均受到一定程度的影响;最大根长与根冠比增大,表明在干旱条件下,根系为维持小麦的生存而生长加快,以便更多的吸收水分。因而可以推断,当干旱来临时小麦幼苗通过调节自身生物量的分配缓解对水分的需求,这是植物本身适应干旱的一种形态机制。

干旱胁迫导致植物产生大量的活性氧,主要包括超氧阴离子、羟自由基、过氧化氢等。活性氧可以导致蛋白质、膜脂、DNA 及其他细胞组分的严重损伤。干旱胁迫下,小麦正常的生理代谢受到影响,活性氧产生与清除的平衡被打破,导致体内活性氧累积,对小麦的细胞结构和生理代谢产生严重

的危害<sup>[12]</sup>。相关研究表明在干旱胁迫下小麦叶片超氧化物歧化酶、过氧化物酶等细胞保护酶发挥活性,抑制过氧化作用产物丙二醛的积累,降低叶片质膜透性和干旱对小麦植株体的伤害,所以膜系统通常被认为是干旱伤害的最初和关键部位<sup>[13]</sup>,MDA 的质量摩尔浓度和细胞膜透性是反映细胞膜脂过氧化作用强弱和质膜破坏程度的重要指标。本研究通过对胁迫和非胁迫条件下小麦幼苗叶片 SOD、POD 活性、MDA 的质量摩尔浓度以及相对电导率的测定发现,品种白和尚头 SOD、POD 活性的抗旱系数最大,MDA 含量和相对电导率的抗旱系数最小,所以细胞膜脂过氧化和质膜破坏程度弱,抵御干旱能力强;而中麦 9 号正好相反。因此可以推断在干旱胁迫下,小麦幼苗通过调节体内的一些生理变化如:降低叶片相对含水量、增强保护酶活性等来降低干旱对小麦幼苗的损伤程度,从而增强其适应干旱的能力。

作物的抗旱性是由多基因控制的数量性状,不同作物或同一作物不同生长发育阶段适应干旱的方式或对干旱胁迫的响应都有所不同,都可能具有几种机理共同起作用<sup>[14]</sup>。因此,任何单一指标的研究结果都有一定的局限性,目前,多数人认为模糊隶属函数是综合评价作物抗旱性的有效方法<sup>[15-19]</sup>。本研究在研究干旱胁迫对小麦幼苗一些形态和生理指标影响的基础上,采用模糊隶属函数与抗旱系数相结合的方法综合评价山西小麦地方品种在苗期的抗旱性,结果表明和尚头、竹杆青与晋麦47都具有强抗旱性。晋麦47自1998年国审以来,一直作为国家和山西省旱地小麦区试的对照品种,是一个集优质、高产、抗旱为一体的优良品种,而品种白和尚头和竹杆青是山西小麦地方品种,虽然秆高、穗小、易倒伏、产量低,但苗期的强抗旱性仍可作为小麦抗旱育种的亲本材料。

### 参 考 文 献

- [1] 王晨阳,付雪丽,郭天财,等. 花后干旱胁迫对两种筋力型小麦品种旗叶光合特性的影响[J]. 麦类作物学报, 2006, 26(6): 115-119
- [2] 王维,蔡一霞,张建华,等. 适度土壤干旱对贪青小麦茎贮藏碳水化合物向籽粒运转的调节[J]. 作物学报, 2005, 31(3): 289-296
- [3] 范雪梅,姜东,戴廷波,等. 花后干旱和渍水对不同品质类型小麦籽粒品质形成的影响[J]. 植物生态学报, 2004, 28(5): 680-685
- [4] XIE Zhu-Jie, JIANG Dong, CAO Wei-Xing, et al. Effects of post-anthesis soil water status on the activities of key regulatory enzymes of starch and protein accumulation in wheat grains[J]. Journal of Plant Physiology and Molecular Biology, 2003, 29(4): 309-316
- [5] 吴海卿,段爱旺,杨传福. 冬小麦对不同土壤水分的生理和形态响应[J]. 华北农学报, 2000, 15(1): 92-96
- [6] 高俊凤. 植物生理学实验技术指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 15-16, 208-209
- [7] 中国科学院上海植物生理研究所. 现代植物生理学实验指南[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 303-306
- [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] 朱志华,胡荣海,昌小平. 不同抗旱性冬小麦幼苗根系对水分胁迫的反应[J]. 植物生理学通讯, 1996, 32(6): 410-413
- [10] Mali P C, Mehta S C. Effect of drought on proteins and isoenzymes in rice during germination [J]. Phytochemistry, 1977, 16: 543-546
- [11] Schonfeld M A, Carver B F, Mornhinweg D W. Water relations in winter wheat as drought resistance indicators [J]. Crop Science, 1988, 28(3): 526-531
- [12] 王晨阳,马元喜,周苏政,等. 土壤干旱胁迫对冬小麦衰老的影响[J]. 河南农业大学学报, 1996, 30(4): 309-313
- [13] 冯彩平. 土壤干旱对冬小麦功能叶片过氧化物酶同工酶及抗旱性的影响[J]. 水土保持通报, 1996, 16(4): 46-50
- [14] 景蕊莲. 作物抗旱研究的现状与思考[J]. 干旱地区农业研究, 1999, 17(2): 79-85
- [15] 钮福祥,华希新,郭小丁. 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
- [16] 张明生,刘志,戚金亮,等. 甘薯品种抗旱适应性综合评价的方法研究[J]. 热带亚热带植物学报, 2005, 13(6): 469-474
- [17] 韩瑞宏,卢欣石,高桂娟,等. 紫花苜蓿抗旱性主成分及隶属函数分析[J]. 草地学报, 2006, 14(2): 142-146
- [18] 程建峰,潘晓云,刘宜柏,等. 水稻抗旱性鉴定的形态指标[J]. 生态学报, 2005, 25(11): 3117-3125
- [19] 王曙光,孙黛珍,周福平,等. 六倍体小黑麦萌发期抗旱性分析[J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(6): 1403-1408

责任编辑：刘迎春