

干旱胁迫对大豆生长的影响及抗旱性评价方法与指标筛选

王兴荣¹, 张彦军¹, 李玥¹, 刘天鹏¹, 张金福², 祁旭升¹

(¹甘肃省农业科学院作物研究所, 兰州 730070; ²甘肃省农业广播电视学校, 兰州 730030)

摘要: 2014-2015年在年降雨量不足40 mm的敦煌市, 设干旱和正常灌水两个处理, 通过测定12份大豆品种的8个形态指标(株高、主茎节数、有效分枝数、单株荚数、单株粒数、单株粒重、单株生物量和百粒重)及小区产量, 采用改进抗旱指数法及权重隶属函数值D对其进行抗旱性评价, 并筛选出3份不同抗旱类型的大豆品种进行生理指标测定, 验证该方法和指标。结果显示, 与灌水处理(CK)相比较, 干旱胁迫下的8个形态指标及产量, 2014年除有效分枝数及百粒重差异不显著外, 其余考察性状均达到了极显著差异, 2015年所有考察表型性状均达到极显著差异; 两年权重隶属函数法评价结果显著相关, 小区产量与两年两种评价方法极显著相关; 两种处理下, 中度抗旱(中黄24)、弱抗旱品种(WDD00172)的SOD活性、POD活性、CAT活性、丙二醛含量、可溶性糖含量差异极显著, 且与权重隶属函数值D显著相关, 而强抗旱品种(晋豆21号)中SOD活性、POD活性、脯氨酸含量差异不显著, 且6个生理指标与权重隶属函数值D均不相关。因此, 权重隶属函数法和小区产量可作为大豆抗旱性评价单一可靠的方法与指标。

关键词: 大豆; 干旱胁迫; 形态指标; 产量; 生理特性

Effects of Drought Stress on Growth and Screening Methods and Indexes for Drought-Resistance in Soybean

WANG Xing-rong¹, ZHANG Yan-jun¹, LI Yue¹, LIU Tian-peng¹, ZHANG Jin-fu², QI Xu-sheng¹

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

²Gansu Agricultural Broadcasting and Television School, Lanzhou 730030)

Abstract: Twelve representative soybean varieties were used for the evaluation of drought resistance under two given treatments (drought stress and normal irrigation) in Dunhuang City (Gansu Province) with an annual rainfall below 40 mm in 2014 and 2015. Two evaluation methods, an improved drought index evaluation and a weight subordinate function evaluation (D value) were applied to evaluate drought-resistance using eight morphological traits (plant height, number of main stem nodes, branch number, pod number per plant, seed number per plant, yield per plant, biomass per plant and 100-seed weight) and plot yield. Three different type of drought-resistant soybean varieties were detected for six physiological indexes of SOD (superoxide dismutase), POD (peroxide), CAT (catalase) activities, MDA (malondialdehyde) content, Pro (proline) content and SS (soluble sugar) content to validate the evaluation methods and the suitability of the physiological indexes as indicators of drought resistance. The results showed that six morphological traits and plot yield, except branch number per plant and 100-seed weight in 2014, and all the traits in 2015 reached significant differences in drought stress treatment against the irrigation treatment (CK). The weight subordinate function evaluation highly coincided, with a significant correlation among varieties and plot yield showed an extremely significant correlation with the index values of the two evaluation

收稿日期: 2017-06-21 修回日期: 2017-07-16 网络出版日期: 2017-12-26

URL: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20171226.1502.008.html>

基金项目: 国家自然科学基金项目(31260333); 甘肃省农业生物技术研究与应用开发项目(GNSW-2016-17); 甘肃省农业科学院科技创新专项(2016GAAS37)

第一作者研究方向为大豆种质资源及抗旱育种研究。E-mail: wangxingrong1982@sina.com

通信作者: 祁旭升, 研究方向为大豆种质资源及抗旱育种研究。E-mail: qixusheng6608@sina.com

methods between the two years. Six physiological indexes showed that under two treatments conditions, the three different drought-resistant type varieties had larger differences in these indexes among varieties, and also week drought-resistant WDD00172 and moderate drought-resistant Zhonghuang No. 24 had extremely significant differences between the both treatments of drought stress and normal irrigation in all the physiological indexes, whereas high drought-resistant Jindou No. 21 did not, which suggested that although the activities or contents of the six physiological indexes were significantly correlated with the weight subordinate function evaluation of week and moderate drought-resistant varieties, they were not correlated with the weight subordinate function evaluation of high drought-resistant varieties. Therefore, the results obtained in this work strongly suggest that the weight subordinate function evaluation can be used as an effective method and plot yield as a reliable index in drought resistance evaluation.

Key words: soybean; drought stress; morphological characteristics; yield; physiological characteristics

干旱胁迫是影响植物生长发育的主要因素,也是制约农业生产的重要因素之一。干旱在全球范围内时常发生,且持续时间长、损失巨大,每年因干旱造成巨大的农业损失^[1-2]。我国是一个干旱灾害频繁发生的国家,干旱缺水地区面积占国土面积的52.5%,每年因旱灾造成的粮食损失约300亿kg,约占全部灾害损失的60%。可见,干旱是我国乃至全球农业可持续发展面临的重要问题。因此,从作物自身角度出发,深入研究水分代谢与作物的抗旱性,揭示作物抗旱的分子调控机制,筛选和培育抗旱农作物品种对我国粮食生产可持续发展具有重要意义,也将生物性节水的研究推进到一个新的领域。

大豆(*Glycine max*(L.) Merr.)是重要的粮、油、饲兼用作物,需求量日益增大。同时,大豆也是需水量较高的作物之一,水分的短缺严重影响大豆的形态,同时还会影响其生理生化反应。在相同环境下,每生产1g大豆籽粒的耗水量远远高于谷子、糜子、高粱和玉米等其他作物。遗传研究表明,作物抗旱性是可遗传的,对其进行定向选择是有效可行的^[3]。因此,选育抗旱大豆品种、提高作物自身的抗旱水平是发展干旱、半干旱地区大豆生产的有效途径,但首要任务是对现有的种质资源做出准确评价。如何提高植物的耐逆性是全世界关注的焦点,国内外学者在作物抗旱研究方面已经做了大量工作,取得了重要进展,筛选出了一系列作物抗旱性综合评价方法和指标,鉴定了一批抗旱种质资源^[4-8],为作物抗旱育种提供了基础材料,但对抗旱性评价的方法和指标未形成统一的观点,仍处于一个探索的过程当中。

本研究在前期对112个大豆品种进行抗旱性

鉴定的基础上,筛选出12个代表不同抗旱类型的品种,通过对产量、产量相关农艺性状的测定,在基于改进的抗旱指数进行抗旱性评价的基础上,分析抗旱性与农艺性状及产量的相关性,筛选出可靠的大豆抗旱性综合评价方法和指标,同时测定3个不同抗旱类型品种的生理生化指标,进一步验证所筛选出的评价方法和指标,以期为大豆抗旱种质资源评价筛选及抗旱新品种选育提供一定的参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料及设计

在年降雨量不足40mm的甘肃省敦煌市,2013年以产量为依据,初步筛选出抗旱性存在明显差异的12份大豆品种,名称及来源详见表1。2014-2015年对12份大豆品种进行抗旱性综合评价。试验地前茬为玉米,播种前施入磷酸二铵225kg/hm²、尿素75kg/hm²,设干旱和灌水两种处理,每处理的品种均采用随机区组设计,行长5m、行距50cm、株距10cm,5行区,3次重复。干旱胁迫处理播前灌一次水以保证出苗,出苗至成熟期不再灌水,使其充分受旱;对照处理按当地大田生产管理,全生育期灌水4次。2015年在开花期采集各品种倒三叶片鲜样,液氮速冻后存于-80℃超低温冰箱中备用,在成熟期测定产量及相关农艺性状。

1.2 测定项目及方法

1.2.1 形态指标及产量测定 在成熟期每小区取样10株,参照《大豆种质资源描述规范和数据标准》^[9]分别对株高、主茎节数、有效分枝数、单株荚数、单株粒数、单株粒重、单株生物量及百粒重等8个形态指标及小区产量进行测定。

表 1 参试品种名称及来源

Table 1 Name and origin of the tested varieties

品种名称 Name	品种来源 Origin	品种名称 Name	品种来源 Origin
陇中黄 601 Longzhonghuang 601	甘肃	WDD00172	北京
高丰 1 号 Gaofeng 1	山东	高作选 1 号 Gaozuoxuan 1	山东
晋豆 21 号 Jindou 21	山西	鲁豆 9 号 Ludou 9	山东
徐豆 9 号 Xudou 9	江苏	中黄 10 Zhonghuang 10	北京
中黄 24 Zhonghuang 24	北京	中品 661 Zhongpin 661	北京
中作 00-683 Zhongzuo 00-683	北京	中作 50106 Zhongzuo 50106	北京

1.2.2 生理生化指标测定 2015 年取 3 个不同抗旱性品种开花期倒三叶片鲜样,每小区取 5 株,将叶片混合后测定各生理指标,所有指标测定均设 3 次重复,取平均值。超氧化物歧化酶(SOD, Superoxide dismutase)活性测定采用氮蓝四唑光化还原法^[10],以抑制 NBT 光化还原 50% 所需酶量为 1 个酶活单位(U/g · FW);过氧化物酶(POD, Peroxide)活性测定采用愈创木酚法^[10],以每 min OD 值变化 0.01 为 1 个酶活性单位(U/min · g · FW);过氧化氢酶(CAT, Catalase)活性测定采用紫外分光光度计法^[10],以每 min OD 值变化 0.01 为 1 个酶活性单位(U/min · g · FW);Pro 含量测定采用 W. Troll 等^[11]的方法;组织中的丙二醛(MDA, Malondialdehyde)含量测定采用硫代巴比妥酸比色法^[12];可溶性糖(SS)含量测定采用蒽酮比色法^[13]。

1.3 抗旱性评价

抗旱性评价参照祁旭升等^[4]的方法对 12 个参试品种的抗旱性进行评价,抗旱级别划分参照路贵和等^[14]的逐级分类法,将 12 个品种的抗旱性划分为强抗旱、中度抗旱、弱抗旱 3 个级别,相关公式如下:

$$\text{改进抗旱指数 } IDI = \frac{Y_d}{Y_{ad}} \times \frac{Y_w}{Y_{aw}} \quad (1)$$

$$\text{性状相对值 } TR = \frac{X_d}{X_w} \quad (2)$$

$$\text{综合抗旱系数 } RI = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n TR \quad (3)$$

$$\text{隶属函数值 } \mu(x) = \frac{TR - TR_{imin}}{TR_{imax} - TR_{imin}} \quad (4)$$

$$\text{权重隶属函数值 } D = \sum_{i=1}^n \left[\mu(x) \times (|ri| \div \sum_{i=1}^n |ri|) \right] \quad (5)$$

式中: Y_d 、 Y_w 为干旱胁迫、正常灌水单株产量,

Y_{ad} 、 Y_{aw} 为干旱胁迫、正常灌水所有参试品种单株产量平均值。 X_d 、 X_w 分别为干旱胁迫与对照条件下的性状测定值; TR_{imax} 、 TR_{imin} 为各相对性状的最大值、最小值, r_i 为各相对性状与综合抗旱系数的相关系数, $|ri| \div \sum_{i=1}^n |ri|$ 为指数权数,表示第 i 个指标在所有指标中的重要程度,D 值越大代表品种抗旱性越强。

1.4 数据统计分析

采用 Excel 2007 进行数据处理,相关分析采用 SPSS 16.0 中 Pearson 法,性状值均用相对值。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫对不同大豆品种形态指标及产量的影响

干旱胁迫对不同抗旱类型大豆品种的影响存在明显差异,由表 2 可知,两年间与正常灌水相比较,干旱胁迫下,2014 年考察的单株荚数、单株粒数、单株粒重、单株生物量 and 小区产量的变异系数增大,2015 年除百粒重外其他指标的变异系数均增大,说明 12 份参试材料均存在明显差异,即与本身遗传特性相关,而且干旱胁迫对大豆生长发育影响较大。两种处理下,2014 年除有效分枝数和百粒重差异不显著外,其余性状均表现出极显著差异,2015 年所有考察性状均受到干旱胁迫极显著的影响,说明干旱胁迫严重影响了大豆的生长发育。2015 年干旱胁迫虽对所有考察性状产生极显著影响,但有效分枝数和百粒重变化仍是所有形态指标中影响最小的,分别降低了 1.23 个、1.22 g,进一步说明干旱胁迫在抑制大豆形态性状的情况下,部分性状转为主要生长中心;2014 年大豆营养生长阶段干旱胁迫下株高、主茎节数比对照分别降低了 28.14 cm、2.39 节,而有效分枝数增加了 0.02 个,生

殖生长阶段单株荚数、单株粒数、单株粒重分别降低了 8.58 个、18.50 个、1.94 g, 而百粒重增加 0.45 g, 性状间的相互关系最终在生物量及产量上表现出干

旱条件下极显著降低的特点, 说明干旱胁迫抑制多数形态性状的情况下, 生长中心转移为少数器官的建成。

表 2 干旱胁迫对大豆品种 8 个形态指标及产量的影响

Table 2 Effects of drought stress on eight morphological traits and yield in soybean varieties

年份 Year	处理 Treatment	统计参数 Statistical parameters	株高 (cm) PH	主茎 节数 NMSN	有效 分枝数 BN	单株 荚数 PP	单株 粒数 GP	单株 粒重(g) GYP	单株 生物量(g) BP	百粒重 (g) SW	小区 产量(g) PY	
2014	灌水 CK	平均值 Average	96.48	20.01	3.28	35.11	66.37	7.98	31.36	11.70	1003.70	
		标准差 SD	17.13	2.39	1.27	2.50	11.34	2.33	5.99	2.20	242.02	
		变异系数(%) CV	17.75	11.94	38.72	7.12	17.09	29.20	19.10	18.80	24.11	
	干旱 Drought	平均值 Average	68.34	17.62	3.30	26.53	47.87	6.04	21.52	12.16	473.30	
		标准差 SD	11.67	2.08	0.88	5.13	13.68	1.85	6.76	1.51	149.71	
		变异系数(%) CV	17.08	11.80	26.67	19.34	28.58	30.63	31.41	12.42	31.63	
	灌水-干旱 CK - Drought	平均值 DA	28.14	2.39	-0.02	8.58	18.50	1.94	9.84	-0.45	530.40	
		标准差 SD	9.69	2.08	0.79	4.64	11.12	1.38	2.99	1.72	142.32	
		标准误 SE	2.80	0.60	0.23	1.34	3.21	0.40	0.86	0.50	41.08	
		t 值 t-value	10.06 **	3.98 **	-0.08	6.41 **	5.76 **	4.85 **	11.40 **	-0.91	12.91 **	
	2015	灌水 CK	平均值 Average	85.73	16.63	2.57	30.57	58.59	7.85	25.35	13.46	1080.07
			标准差 SD	8.50	0.77	0.94	8.63	16.08	2.14	5.39	2.23	337.52
变异系数(%) CV			9.91	4.64	36.46	28.24	27.44	27.28	21.28	16.60	31.25	
干旱 Drought		平均值 Average	56.30	14.08	1.34	17.28	28.80	3.43	12.16	12.24	318.31	
		标准差 SD	13.00	1.94	0.85	8.10	12.39	1.20	4.67	1.72	101.95	
		变异系数(%) CV	23.09	13.77	63.44	46.90	43.01	35.00	38.41	14.03	32.03	
灌水-干旱 CK - Drought		平均值 DA	29.43	2.55	1.23	13.30	29.79	4.42	13.20	1.22	761.76	
		标准差 SD	7.81	1.57	0.74	3.99	9.01	1.33	2.88	1.11	261.01	
		标准误 SE	2.25	0.45	0.21	1.15	2.60	0.38	0.83	0.32	75.35	
		t 值 t-value	13.06 **	5.61 **	5.75 **	11.55 **	11.45 **	11.53 **	15.85 **	3.79 **	10.11 **	

PH:株高;NMSN:主茎节数;BN:有效分枝数;PP:单株荚数;GP:单株粒数;GYP:单株粒重;BP:单株生物量;SW:百粒重;PY:小区产量;DA:差数平均值;** :0.01 显著水平,下同

PH:Plant height,NMSN: Number of main stem nodes,BN:Branch number,PP:Pods per plant,GP:Grains per plant,GYP:Grain yield per plant,BP:Bio-mass per plant,SW:100 seed weight,PY:Plot yield,DA:Difference average,** :Significant differences at 0.01 probability levels,the same as below

2.2 大豆品种抗旱性综合评价

根据改进抗旱指数和权重隶属函数值 D 对 12 个参试品种抗旱性进行综合评价及分类(表 3),其结果显示,两种不同评价方法在不同年份间存在差异,但同一品种仅是在相邻级别间变化,没有出现跨两级现象,说明这两种方法均可应用于大豆抗旱性综合评价。晋豆 21 号除在 2014 年采用改进抗旱指数评价结果为中度抗旱外,均为强抗旱类型,徐豆 9 号除 2014 年权重隶属函数值 D 评价结果为中度抗旱外,均为强抗旱类型;高丰 1 号、中黄 10、中黄 24、中品 661 两年两种抗旱性评价结果

均为中度抗旱品种,说明该 4 个品种抗旱性稳定;WDD00172 两年两种抗旱性评价结果均为弱抗旱品种,说明该品种抗旱性最弱,而其余品种两年间两种抗旱性评价结果在相邻级别间摆动,说明这些品种抗旱性易受环境因素的影响而表现出不稳定的现象。

2.3 抗旱性相关分析及指标筛选

利用两年小区产量及主要形态指标分析所得的改进抗旱指数和权重隶属函数值 D 作为抗旱性评价依据,经相关分析(表 4),两年间,改进抗旱指数间、改进抗旱指数与权重隶属函数值 D 相关性不显著,

表3 大豆品种的抗旱性评价及级别划分

Table 3 Grading of drought resistance among twelve soybean varieties

品种 Varieties	2014 年 In 2014		2015 年 In 2015		
	改进抗旱指数/级别	权重隶属函数值 D/级别	改进抗旱指数/级别	权重隶属函数值 D /级别	
	IDRI/grade	WSFV/grade	IDRI/grade	WSFV/grade	
陇中黄 601 Longzhonghuang 601	1.58/H	0.87/M	1.90/H	0.46/M	
WDD00172	0.15/S	0.12/S	0.27/S	0.21/S	
高丰 1 号 Gaofeng 1	1.17/M	0.95/M	0.61/M	0.29/M	
高作选 1 号 Gaozuoxuan 1	0.51/S	0.62/M	0.66/M	0.23/M	
晋豆 21 号 Jindou 21	0.76/M	1.60/H	1.86/H	0.74/H	
鲁豆 9 号 Ludou 9	0.57/S	0.25/S	0.62/M	0.19/S	
徐豆 9 号 Xudou 9	1.64/H	1.07/M	1.77/H	0.74/H	
中黄 10 Zhonghuang 10	0.93/M	1.12/M	1.46/M	0.40/M	
中黄 24 Zhonghuang 24	1.00/M	0.74/M	0.86/M	0.24/M	
中品 661 Zhongpin 661	1.46/M	0.75/M	0.63/M	0.51/M	
中作 00-683 Zhongzuo 00-683	1.60/H	1.03/M	1.74/H	0.38/M	
中作 50106 Zhongzuo 50106	1.12/M	1.39/H	0.51/M	0.69/H	
级别	强抗旱(H)	≥1.52	≥1.30	≥1.69	≥0.63
Grade	中度抗旱(M)	≥0.60 < 1.52	≥0.45 < 1.30	≥0.46 < 1.69	≥0.22 < 0.63
	弱抗旱(S)	< 0.60	< 0.45	< 0.46	< 0.22

IDRI:改进抗旱指数;WSFV:权重隶属函数值。下同

IDRI:Improved drought resistance index,WSFV:Weight subordinate function value.The same as below

表4 主要农艺性状及产量与大豆品种抗旱性的关系

Table 4 Correlation between drought resistance (evaluation index values) and eight morphological traits and yield in soybeans

相关系数 Correlative coefficient	2015 年 In 2015		2014 年 In 2014										
	改进抗旱指数	权重隶属函数值	改进抗旱指数	权重隶属函数值	株高 PH	主茎节数 NMSN	有效分枝数 BN	单株荚数 PP	单株粒数 GP	单株粒重 GYP	单株生物量 BP	百粒重 SW	小区产量 PY
	IDRI	WSFV	IDRI	WSFV	PH	NMSN	BN	PP	GP	GYP	BP	SW	PY
2014 年 改进抗旱指数 IDRI	0.56	0.58	1.00	0.48	-0.04	0.07	0.65*	0.01	0.33	0.39	0.38	0.04	0.89**
权重隶属函数值 WSFV	0.47	0.78**	0.48	1.00	0.35	0.73**	0.32	0.55	0.65*	0.82**	0.56	0.07	0.99**
2014 年 改进抗旱指数 IDRI	1.00	0.50	0.56	0.57	0.23	0.46	0.11	0.32	0.58*	0.46	0.79**	-0.38	0.52
权重隶属函数值 WSFV	0.50	1.00	0.48	0.78**	0.09	0.36	0.25	0.64*	0.77**	0.80**	0.46	-0.12	0.74**
株高 PH	0.59*	0.67*	0.12	0.73**	0.64*	0.75**	0.03	0.46	0.52	0.58*	0.64*	-0.31	0.68*
主茎节数 NMSN	0.44	0.77**	0.19	0.83**	0.40	0.67*	0.09	0.63*	0.71**	0.79**	0.52	-0.24	0.78**
有效分枝数 NB	0.41	0.71**	0.61*	0.53	-0.41	0.03	0.23	0.49	0.78**	0.82**	0.16	0.04	0.48
单株荚数 PP	0.60*	0.89**	0.44	0.71**	0.05	0.29	0.03	0.76**	0.81**	0.74**	0.61*	-0.22	0.66*
单株粒数 GP	0.55	0.94**	0.46	0.62*	0.01	0.22	0.18	0.58*	0.72**	0.60*	0.44	-0.26	0.59*
单株粒重 GYP	0.32	0.88**	0.44	0.51	-0.14	0.07	0.29	0.44	0.56	0.63*	0.19	-0.04	0.51
单株生物量 BP	0.61*	0.92**	0.52	0.64*	0.21	0.28	0.27	0.50	0.62*	0.64*	0.58*	-0.18	0.58*
百粒重 SW	-0.74**	-0.67*	-0.30	-0.59*	-0.42	-0.50	0.11	-0.58*	-0.68*	-0.49	-0.73**	0.58*	-0.51
小区产量 PY	0.79**	0.82**	0.15	0.60*	0.41	0.41	0.35	0.30	0.23	0.39	0.15	0.06	0.63*

* :0.05 显著水平

* :Significant differences at 0.05 probability levels

权重隶属函数值 D 间相关系数为 0.78, 达到了极显著水平, 说明以多个指标为基础的综合评价更能准确地反映作物的抗旱性。2014 年有效分枝数、小区产量与改进抗旱指数分别存在显著或极显著相关, 单株粒数及主茎节数、单株粒重、小区产量与权重隶属函数值 D 分别存在显著、极显著相关; 2015 年株高、单株荚数、单株生物量及百粒重、小区产量与改进抗旱指数分别存在显著或极显著相关, 株高、百粒重及主茎节数、有效分枝数、单株荚数、单株粒数、单株粒重、单株生物量、小区产量与权重隶属函数值 D 分别存在显著或极显著相关, 可以看出两年所考察指标与大豆抗旱性评价存在一定的相关性。其中小区产量与两年的改进抗旱指数和权重隶属函数值 D 均呈极显著相关, 因此, 小区产量可作为大豆抗旱性评价的核心指标, 此外, 主茎节数、单株粒数、单株粒重与两年权重隶属函数值 D 显著或极显著相关, 可作为大豆抗旱性评价次级重要指标。两年间除有效分枝数间不相关外, 主茎节数与株高, 单株荚数与主茎节数、单株粒数、百粒重, 单株粒数与主茎节数、有效分枝数、单株荚数、单株生物量、百粒重, 单株粒重与株高、主茎节数、有效分枝数、单株荚数、单株粒数、单株生物量, 单株生物量与株高、单株荚数、百粒

重, 小区产量与株高、主茎节数、单株荚数、单株粒数、单株生物量显著或极显著相关, 说明不同年份间考察的形态指标及产量一致性较好。

2.4 干旱胁迫对不同抗旱性大豆品种生理特性的影响

经过 2014 - 2015 年连续两年对 12 份大豆品种抗旱性分析, 筛选出权重隶属函数值 D 和小区产量为大豆抗旱性评价可靠的方法和指标。选取利用上述方法和指标筛选出的两年间抗旱性评价结果相对稳定的 3 份不同抗旱类型大豆品种 WDD00172 (弱抗旱)、中黄 24 (中度抗旱)、晋豆 21 号 (强抗旱) 进行生理特性的研究, 进一步验证所筛选出的方法和指标。结果表明, 干旱胁迫后 SOD 活性、POD 活性、CAT 活性、脯氨酸含量、丙二醛含量、可溶性糖含量在 3 个不同抗旱性品种间差异较大, 其中 SOD 活性和丙二醛含量增加, 除晋豆 21 号外, 不同处理间差异显著 (图 1); CAT 活性和可溶性糖含量较对照均显著降低; 弱抗旱和中度抗旱品种的 POD 活性比对照有所下降, 而强抗旱品种反而增加; 中度抗旱品种中黄 24、强抗旱品种晋豆 21 号脯氨酸含量略有变化, 但差异不显著, 而弱抗旱品种 WDD00172 脯氨酸含量比对照显著增加。

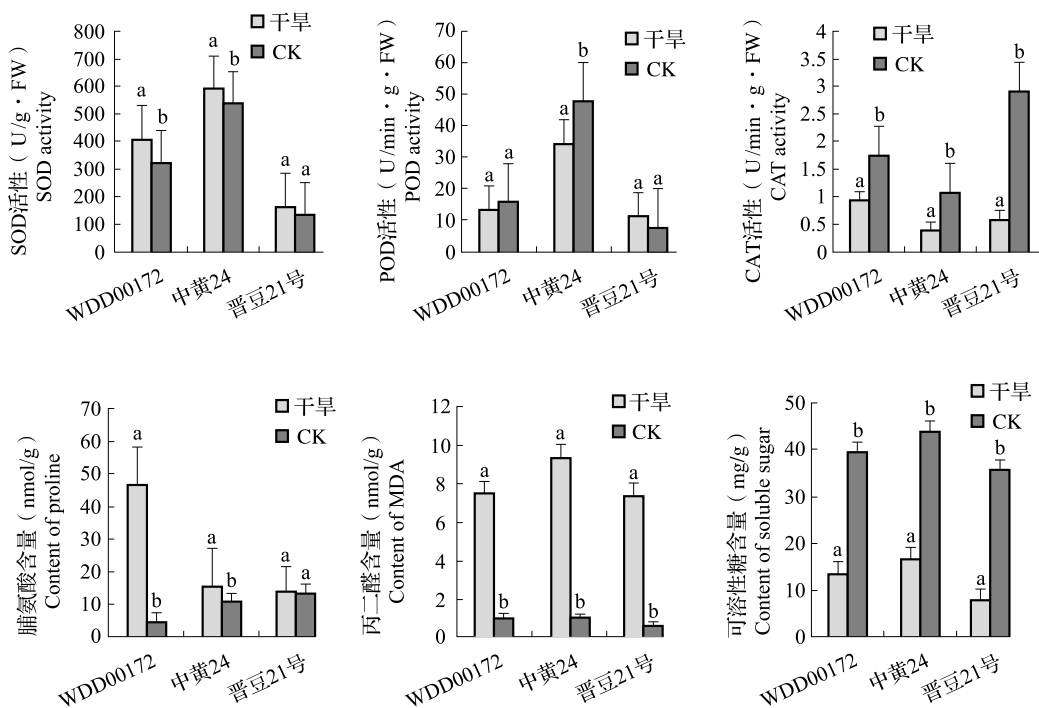


图 1 不同抗旱性大豆品种生理指标变化

Fig. 1 Changes of physiological indexes among soybean varieties of different drought resistance

经相关性分析 (表 5), 6 个生理指标与强抗旱品种晋豆 21 号的权重隶属函数值 D 相关性均不显

著, 弱抗旱品种 WDD00172 的权重隶属函数值 D 与 CAT 活性、丙二醛含量显著相关, 与脯氨酸含量、可

溶性糖含量极显著相关;中度抗旱品种中黄 24 的权重隶属函数值 D 与 CAT 活性显著相关,与 SOD 活性、POD 活性、丙二醛含量、可溶性糖含量极显著相

关,说明干旱胁迫对强抗旱品种的生理代谢影响较小,而对抗旱性较弱的品种影响极大,也进一步说明本试验所筛选的方法和指标比较可靠。

表 5 各生理指标与不同抗旱性品种的关系

Table 5 Correlation of physiological indexes and soybean varieties of different drought resistance

权重隶属函数值 D Weight subordinate function value	SOD 活性 SOD activity	POD 活性 POD activity	CAT 活性 CAT activity	脯氨酸含量 Content of proline	丙二醛含量 Content of MDA	可溶性糖含量 Content of soluble sugar
WDD00172	0.93	0.94	0.97 *	1.00 **	-0.97 *	1.00 **
中黄 24 Zhonghuang 24	-1.00 **	1.00 **	-0.95 *	0.95	-1.00 **	-1.00 **
晋豆 21 号 Jindou 21	-0.55	0.23	-0.50	0.02	-0.39	0.24

3 讨论

3.1 田间自然抗旱试验地的选择

作物的抗旱性受基因型和水分胁迫的双重制约^[14-16]。由于田间自然干旱条件下鉴定作物抗旱性难以控制降雨量,目前作物抗旱性研究多局限在盆栽或抗旱棚中进行,虽然取得了良好进展,但受空间限制和小气候影响,不可能进行大批量材料的鉴定筛选,同时鉴定结果与大田生产不完全吻合,一定程度上影响了作物抗旱性鉴定与评价工作的深入开展^[17-19]。田间自然鉴定作物抗旱性简单易行,可进行大批量的种质资源鉴定,且获得的结果接近大田生产,因此,符合条件的田间自然抗旱性鉴定是最理想的方法^[20],但大多数地区的降雨量、干燥度等气象因素无法满足抗旱研究要求。目前抗旱性研究的难点主要表现在作物的生理生态抗旱性研究受环境影响较大,环境条件不易控制。甘肃省敦煌市位于 92°13' ~ 95°30'E、39°53' ~ 41°35'N,地处甘肃、青海、新疆三省(区)交汇点,平均海拔不足 1200 m,年平均降水量 39.9 mm、蒸发量 2486 mm、日照时数 3246.7 h、气温 9.4 °C、无霜期 142 d,属典型的暖温带干旱性气候^[21-22]。由于敦煌市光热资源充足,降雨稀少、蒸发量大,灌溉条件良好,相当于一个巨大的“天然抗旱棚”。本研究在甘肃省敦煌市进行,两年试验结果吻合度较高,说明试验受外界影响很小,大大提高了作物抗旱鉴定评价的准确性。

3.2 大豆抗旱性评价方法和指标的筛选

形态结构能够直观地反映出作物对干旱的响应,是人们对作物抗旱性研究最早、最多的指标,不同学者根据不同作物选择相应的形态指标,对其抗旱性作出综合性评价分析。本研究选择 8 个形态指标及小区产量,对大豆抗旱性进行了综合性评价,两

年两种抗旱性评价结果为晋豆 21 号、徐豆 9 号为强抗旱品种,高丰 1 号、中黄 10、中黄 24、中品 661 为中度抗旱品种,WDD00172 为弱抗旱品种,其余 5 个品种在相邻抗旱级别间摆动;与灌水处理(CK)相比较,干旱胁迫下 8 个形态指标及产量,2014 年除有效分枝数及百粒重差异不显著外,其余考察性状均达到了极显著水平,2015 年所有考察表型性状差异均达到极显著水平。抗旱性评价价值、形态指标及小区产量相关分析显示,两年权重隶属函数法评价结果显著相关,小区产量与两年两种评价方法值极显著相关,说明该方法和指标可作为大豆抗旱性评价单一可靠的方法与指标。

干旱胁迫下作物生理生化代谢涉及面较广,前人研究也较深入,主要集中在生理渗透调节和保护酶活性两方面。渗透调节作用主要受细胞内合成的有机溶质的影响,干旱胁迫可以诱使细胞内溶质积累,渗透势降低,从而保证组织水势下降时细胞膨压得以维持。例如,作物叶片中 Pro、MDA、SS 等物质含量随着胁迫程度的加剧而增加,以此来降低渗透势,提高作物抗旱性。同样,抗旱性较强的品种在胁迫下能够维持较高的 SOD、POD 和 CAT 等酶活性以利于清除超氧自由基,降低膜质过氧化水平,从而减轻膜伤害程度。为进一步验证大豆抗旱性评价所选择的方法和指标,本试验在自然干旱胁迫条件下采用田间试验的方法,选择了抗旱性不同的大豆品种进行试验,研究了干旱胁迫对花荚期大豆生理生化特性的影响,比较了品种间存在的差异,两种处理下,中度抗旱品种(中黄 24)、弱抗旱品种(WDD00172)的 SOD 活性、POD 活性、CAT 活性、丙二醛含量、可溶性糖含量差异极显著,且与权重隶属函数值 D 显著相关,而强抗旱品种(晋豆 21 号)中 SOD 活性、POD 活性、脯氨酸含量差异不显著,且 6

个生理指标与权重隶属函数值 D 均不相关。说明干旱胁迫对强抗旱品种的生理代谢影响较小,而对抗旱性较弱的品种影响较大,这与前人的研究结果保持一致,进一步说明本试验所筛选出的权重隶属函数值法和小区产量可作为大豆抗旱性评价可靠的单一方法和指标。

参考文献

- [1] 张强,韩兰英,张立阳,等.论气候变暖背景下干旱灾害风险特征与管理[J].地球科学进展,2014,29(1):80-91
- [2] 张永平,王志敏,黄琴,等.不同水分供给对小麦叶与非叶器官叶绿体结构和功能的影响[J].作物学报,2008,34(7):1213-1219
- [3] 霍仕平,晏庆九,宋光英,等.玉米抗旱性的遗传和抗旱品种的性状选择[J].玉米科学,1995,3(2):18-20
- [4] 祁旭升,刘章雄,关荣霞,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
- [5] 王燕平,任海祥,孙晓环,等.不同基因型大豆花荚期抗旱性综合评价[J].植物遗传资源学报,2015,16(1):37-44
- [6] 曾辉,曹苑南,王述民,等.30份普通菜豆苗期抗旱性鉴定及抗旱指标的确定[J].植物遗传资源学报,2016,17(6):1014-1021
- [7] 刘永惠,詹成芳,沈一,等.不同花生品种(系)萌发期抗旱性鉴定评价[J].植物遗传资源学报,2016,17(2):233-238
- [8] 刘光辉,陈全家,吴鹏昊,等.棉花花铃期抗旱性综合评价及指标筛选[J].植物遗传资源学报,2016,17(1):53-62
- [9] 邱丽娟,常汝镇.大豆种质资源描述规范和数据标准[S].北京:中国农业出版社,2006:58-75
- [10] 张蜀秋,李云,武维华.植物生理学实验技术教程[M].北京:北京科学出版社,2011:191-194
- [11] Troll W, Lindsley J. A photometric method for the determination of proline[J]. J Biol Chem, 1955, 215(2):655-660
- [12] 李合生,孙群,赵世杰,等.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000:260-261
- [13] 邹琦.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业出版社,2003:110-112
- [14] 路贵和,戴景瑞,张书奎,等.不同干旱胁迫下我国玉米骨干自交系的抗旱性比较研究[J].作物学报,2005,31(10):1284-1288
- [15] 林汉明,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,2009:1-2
- [16] 赵利,党占海,张建平,等.不同类型胡麻品种资源品质特性及其相关性研究[J].干旱地区农业研究,2008,26(5):6-9
- [17] 祁旭升,王兴荣,许军,等.胡麻种质资源成株期抗旱性评价[J].中国农业科学,2010,43(15):3076-3087
- [18] 王海珍,韩路,徐雅丽,等.干旱胁迫下胡杨光合光响应过程模拟与模型比较[J].生态学报,2017,37(7):1-10
- [19] 肖红,王芳,段春华,等.不同扁蓿豆种质孕蕾期抗旱性综合评价[J].干旱地区农业研究,2016,34(5):62-68
- [20] 张小虎,张振晓,李晋花.大豆田间抗旱性鉴定方法及评价[J].现代农业科技,2011(2):63-64
- [21] 周玉乾,寇思荣,连晓荣.甘肃敦煌绿洲区干旱胁迫下玉米抗旱性与灌浆期光合特性[J].干旱地区农业研究,2016,34(4):112-117
- [22] 陈兴辉.甘肃省敦煌市干旱气候特征分析[J].北京农业,2015(29):141-142