

大麦种子萌发期对渗透胁迫的响应及抗旱性鉴定指标的筛选

鞠乐, 齐军仓, 贺雪, 王丹, 侯忠庆, 付强, 熊显鹏

(石河子大学农学院, 新疆 石河子 832003)

摘要: 选用4份大麦材料, 采用0%、5%、10%、15%、20%(W/V)PEG8000溶液模拟干旱胁迫处理, 研究大麦种子萌发期发芽势、发芽率、根冠比、物质转运速率等形态生长发育指标对渗透胁迫的响应, 进行抗旱性评价, 筛选抗旱性鉴定指标。结果表明, 随着渗透胁迫程度的增大, 对大麦种子萌发产生显著的抑制作用, 各指标对渗透胁迫的响应并不一致; 20%PEG8000是较适宜的抗旱性鉴定浓度; 初步推断胚根长、胚芽长、胚芽干重、物质转运速率可以作为大麦种子萌发期快速、有效的抗旱性鉴定指标; 参试品种抗旱性强弱依次为 Z027S078T、Z182U038V、Z037P017Q-1、Z039P046Q。

关键词: 大麦; 萌发期; 渗透胁迫; 抗旱性; 形态指标

中图分类号: S512.301 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2013)01-0172-05

The response of barley to osmotic stress during germination stage and the screening of drought resistance indicators

JU Le, QI Jun-cang, HE Xue, WANG Dan, HOU Zhong-qing, FU Qiang, XIONG Xian-peng

(College of Agronomy, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832003, China)

Abstract: The response of the index of germination potential, germination rate, the ratio of root-shoot, dry matter translocation rate to osmotic stress of four barley genotypes was studied with adoption of 0%, 5%, 10%, 15%, 20% (W/V) PEG8000 solution as drought stress treatment and the drought resistance and screening index of drought resistance of four barley genotypes were evaluated in this paper. The results showed that, along with the increase of osmotic stress, the inhibitory effect on seed germination was significant; the response of index to water stress was conflicting; the suitable PEG8000 concentration for drought resistance identification was 20%; the length of radicle, the length of germ, the dry weight of germ and dry matter translocation rate could be used as effective and fast indicators for drought resistance of barley during germination stage; the drought-resistant ability of four genotypes was as follows: Z027S078T, Z182U038V, Z037P017Q-1 and Z039P046Q.

Keywords: barley (*Hordeum vulgare* L.); germination stage; osmotic stress; drought resistance; morphological parameter

环境胁迫对农业经济产生的影响尤为显著, 而在众多的胁迫因素中, 旱灾对其造成的危害居首位^[1-3]。随着环境的恶化, 旱灾对作物产量及品质的影响越来越大^[4]。合理利用现有水资源, 已成了全球关注的问题^[5], 选育抗旱品种, 提高作物耐旱性是降低水分消耗的重要途径。种子萌发期是植物生

活史中最脆弱、最关键的时期, 是衡量植物抗旱性强弱的重要时期^[6-10]。大麦 (*Hordeum Vulgare* L.) 与其它作物相比较, 在渗透胁迫下具有其独特的生存机制, 被公认是一种抗逆性较强的作物^[11-13]。相对于水稻^[14-15]、小麦^[16-17]、玉米^[18]、番茄^[19]、偃麦草^[10,20]等作物, 大麦种子萌发期抗旱性的研究较

收稿日期: 2012-06-05

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金资助 (CARS-05); 兵团动植物新品种选育科技攻关专项 (2011BA002); 石河子大学科学技术研究发展计划“动植物育种专项” (gxjs2011-yz05)

作者简介: 鞠乐 (1987—), 女, 河南南阳人, 在读硕士, 主要从事大麦抗旱研究。

通信作者: 齐军仓 (1971—), 男, 陕西宝鸡人, 教授, 博导, 主要从事啤酒大麦遗传与育种研究。E-mail: shzqjc@qq.com。

少。本研究采用聚乙二醇(PEG8000)模拟不同程度的干旱胁迫,研究发芽势、胚芽鞘长、根冠比等生长发育指标对渗透胁迫的响应,筛选种子萌发期抗旱性表现显著的相关指标,为在室内建立快速筛选抗旱性强的大麦种质资源提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

参试大麦材料来自美国 AB 农业资源公司大麦育种项目组的杂交高代稳定品系,分别是 Z039P046Q(Q)、Z182U038V(V)、Z037P017Q-1(Q-1)和 Z027S078T(T),连续两年在石河子大学试验站进行了田间抗旱性鉴定。

1.2 发芽试验

本试验采用浓度(W/V)水平为0%、5%、10%、15%、20%的PEG8000溶液处理模拟干旱胁迫。

发芽盒内表面用75%酒精进行消毒,并在其底部铺上6张直径为11cm的滤纸,一次性加入20mL胁迫处理溶液,排气泡,选取籽粒饱满、大小均匀的大麦种子50粒,均匀摆放在滤纸上。所有参试大麦品种均先用自来水清洗数次后,用1‰HgCl₂消毒15~20min,用蒸馏水冲洗3次。每个处理重复3次,将发芽盒置于20℃人工气候培养箱,进行发芽试验。

1.3 测量指标

萌发第3天测发芽势(germination potential, GP),第7天测发芽率(germination rate, GR)。当胚根达种子全长,胚芽达种子全长一半时,即认定为种子发芽。并于第7天,分别从每一发芽盒内随机选取10株幼苗,用直尺测量其最大胚根长(radicle length, RL)、胚芽长(germ length, GL)、胚芽鞘长(germ scabard length, GSL),精确度为0.1cm。然后将材料放入烘箱中,105℃杀青30min,80℃烘干至恒重,用万分之一天平称量其幼苗干重(seedling dry weight, SDW)、胚根干重(radicle dry weight, RDW)及胚芽干重(germ dry weight, GDW),并计算根冠比(root-shoot ratio, RSR)、物质转运速率(material transfer rate, MTR)。

$$RSR = (RDW / GDW) \times 100\%$$

$$MTR(\%) = (RDW + GDW) / SDW \times 100\%$$

$$\text{抗旱系数} = (\text{胁迫处理的指标值} / \text{对照的指标值}) \times 100\%$$

1.4 统计分析

采用DPSv7.05版软件对数据进行方差分析、多

重比较及相关性分析。

2 结果与分析

2.1 不同渗透胁迫处理下大麦主要形态生长指标的差异

植物幼苗在水分亏损的情况下,通常会启动一系列的调节机制以维持其生存。如通过调整营养物质分配,促进根系生长,形成发达根系,增强水分利用效率等,来增强其适应外界恶劣环境的能力。从表1可知,胁迫处理、品种及处理与品种互作对大麦GP、GR、RL、GL、GSL、RDW、GDW、RSR及MTR等指标均有显著影响。在渗透胁迫下,各形态生长指标响应不同。

随着渗透胁迫程度的增大,各参试大麦材料RSR均呈显著的上升趋势,处理间差异显著,与对照相比,增幅分别为Q(115.63%)、V(86.57%)、T(68.75%)、Q-1(29.63%),表明在渗透胁迫下,营养物质优先供给大麦根部生长,对胚芽的抑制作用明显大于对胚根的作用。在轻中度渗透胁迫下,可以促进T、V根系生长,T在15%浓度胁迫下,RL达最大值(6.74cm),与对照相比,在20%胁迫下,RDW增加率为12.90%;V在5%处理下RL达最高值(9.22cm),与对照相比,在20%胁迫下,RDW增加率为7.01%;而渗透胁迫对Q-1、Q则具有明显的抑制作用,与对照相比,其RDW降低率分别为34.38%、12.32%。

参试大麦材料GL、GDW及MTR等指标,均随着渗透胁迫程度的增大,呈显著下降趋势,与对照相比,平均降低率分别为52.65%、45.97%、44.81%,表明渗透胁迫对胚芽的生长具有显著的抑制作用。在渗透胁迫下,胚芽鞘对胚芽起到一定的保护作用,本试验表明,GSL变化不大,基本呈缓慢上升趋势。

发芽势、发芽率是重要的种子活力判断指标。本试验结果表明,只有在重度(20%)胁迫下,GP与对照差异显著,并且材料间差异显著,GP变化范围为45%(V)到81%(T),与对照的平均降低率为26.58%;所有参试材料GR均可达到90%以上,初步推测GR可能对渗透胁迫不敏感。

综上所述,20%PEG8000渗透胁迫下,参试大麦材料均具有90%以上的发芽率,表明其种子仍具有很强的活力,并且渗透胁迫对其各指标的伤害率在50%左右,品种间差异显著,所以认为20%是较适宜的种子萌发期抗旱性鉴定浓度。

2.2 抗旱性快速鉴定指标分析

GP、GR、RL、GSL等指标被认为是可靠的抗旱性

鉴定指标。但不同指标对渗透胁迫的响应并不一致,用单一指标评价抗旱性具有片面性。隶属函数法是评价抗旱性相对比较全面的方法之一,隶属值越大其抗旱性就越强。

表 1 渗透胁迫对不同基因型大麦种子萌发各形态指标的影响

Table 1 The influence of osmotic stress on the morphological parameters of seed germination in barley

指标 Indicator	品种 Variety	PEG8000(W/V)				
		0%	5%	10%	15%	20%
GP/%	Q-1	92a(2)	93a(3)	93a(3)	89a(3)	64b(3)
	T	89a(4)	79b(3)	81b(1)	88a(3)	81a(2)
	Q	93a(1)	93a(2)	93a(3)	93a(2)	64b(5)
	V	70a(5)	91a(2)	90a(3)	61b(2)	45c(5)
GR/%	Q-1	95a(5)	97a(3)	97ab(1)	99a(1)	95ab(2)
	T	91a(3)	87b(3)	90c(3)	95ab(1)	96ab(2)
	Q	96a(2)	97a(1)	99a(1)	99a(1)	97a(3)
	V	76a(5)	95a(2)	94bc(5)	92b(2)	93b(3)
RL/cm	Q-1	8.22a(1.63)	7.14ba(0.96)	6.52b(1.48)	6.41a(0.98)	5.58a(1.13)
	T	4.88d(1.21)	6.30c(1.26)	6.26b(1.48)	6.74a(1.31)	5.63a(1.30)
	Q	7.54b(1.75)	5.91c(1.03)	5.51c(1.10)	5.55b(0.90)	4.39b(1.18)
	V	5.85c(0.99)	9.22a(1.10)	6.25a(1.87)	6.98a(1.00)	5.47a(0.96)
GL/cm	Q-1	9.06a(0.80)	8.49a(0.85)	7.03b(0.88)	5.65b(0.88)	3.54b(0.91)
	T	6.51d(1.18)	8.56a(0.97)	7.85a(0.96)	6.51a(0.86)	4.77a(1.13)
	Q	8.35b(1.20)	5.79c(0.80)	5.04c(0.78)	4.03c(0.87)	2.51c(0.85)
	V	7.19c(0.90)	7.66b(1.24)	5.46b(1.20)	5.74b(0.87)	3.38b(1.13)
GSL/cm	Q-1	2.08b(0.14)	2.73a(0.23)	2.81a(0.25)	2.74a(0.31)	2.74a(0.29)
	T	1.80c(0.22)	2.26b(0.28)	2.33b(0.22)	2.42c(0.34)	2.46b(0.23)
	Q	2.68a(0.30)	2.72a(0.33)	2.77a(0.23)	2.65ab(0.16)	2.26c(0.44)
	V	2.12b(0.20)	2.66a(0.25)	2.01a(0.40)	2.56b(0.15)	2.41b(0.28)
RDW/mg	Q-1	102.4a(0.76)	80.4a(0.66)	74.5a(0.35)	77.7a(0.55)	67.2a(0.45)
	T	56.6b(0.12)	68.4b(0.63)	70.3a(0.29)	76.1ab(0.17)	63.9a(0.48)
	Q	61.7b(0.84)	57.9c(0.53)	56.3b(0.49)	67.3b(0.45)	54.1b(0.34)
	V	55.6b(0.57)	76.3ab(0.18)	69.7a(0.67)	71.1ab(0.37)	59.5ab(0.67)
GDW/mg	Q-1	94.6a(0.40)	89.9b(0.49)	72.1b(0.48)	63.2b(0.22)	48.1b(0.19)
	T	88.2b(0.52)	103.2a(0.62)	92.1a(0.58)	75.8a(0.08)	59.4a(0.34)
	Q	95.8a(0.07)	71.2c(0.48)	63.7c(0.09)	54.5c(0.13)	39.2c(0.18)
	V	83.3b(0.41)	75.9c(0.06)	74.6b(0.44)	62.5b(0.19)	47.5b(0.23)
RSR	Q-1	1.08a(0.04)	0.89ab(0.03)	1.03a(0.04)	1.23a(0.04)	1.40a(0.14)
	T	0.64b(0.03)	0.66c(0.02)	0.76c(0.03)	1.00b(0.02)	1.08c(0.06)
	Q	0.64b(0.09)	0.81b(0.02)	0.88b(0.09)	1.24a(0.09)	1.38a(0.02)
	V	0.67b(0.10)	1.01a(0.01)	0.93ab(0.03)	1.14a(0.07)	1.25b(0.14)
MTR/%	Q-1	53.32a(5.43)	42.71b(0.04)	35.46b(3.26)	33.46b(2.06)	26.69b(0.99)
	T	42.86b(1.24)	46.73a(2.04)	41.57a(0.31)	36.79a(0.84)	30.53a(2.31)
	Q	52.51a(2.26)	37.99c(0.98)	32.54b(1.76)	30.19b(1.19)	22.47c(0.50)
	V	40.97b(1.12)	37.58c(0.28)	33.62b(0.74)	30.58b(0.97)	23.22c(1.49)

注:不同字母表示在 0.05 水平上品种间差异显著,括号内为标准差。
Note: The different letters indicate the significant difference at 0.05 level; the data in parentheses mean standard deviation.

本试验采用隶属函数法^[21],以抗旱系数标准差背景差异,对各指标相对值(即抗旱系数)进行数据分析。20% PEG8000 胁迫下各指标的抗旱系数,如

表 2 所示。各指标的权重值如表 3 所示。从表 4 可以得知,所选试验材料具有很好的代表性,参试大麦芽料抗旱性强弱依次为 T、V、Q-1、Q。

表 2 20%PEG8000 胁迫下大麦种子各指标的抗旱系数

Table 2 The drought resistance coefficient of different indicators in barley under the stress of 20% PEG8000

品种 Variety	抗旱系数 Drought resistance coefficient							
	GP	RL	GL	GSL	RDW	GDW	RSR	MTR
T	0.91	1.15	0.73	1.37	1.13	0.67	1.69	0.71
V	0.64	0.94	0.47	1.14	1.07	0.57	1.87	0.57
Q	0.69	0.58	0.30	0.84	0.88	0.41	2.16	0.43
Q-1	0.70	0.68	0.39	1.32	0.66	0.51	1.30	0.50

表 3 各指标权重值

Table 3 The weight of assessment indicators

指标 Indicator	GP	RL	GL	GSL	RDW	GDW	RSR	MTR
权重值 Weight	0.0848	0.1605	0.2044	0.1070	0.1183	0.1052	0.1069	0.1128

表 4 20%PEG8000 胁迫下大麦种子各形态指标隶属函数值

Table 4 The subordinate function values of morphological indicators in barley under the stress of 20% PEG8000

品种 Variety	GP	RL	GL	GSL	RDW	GDW	RSR	MTR	加权平均值 Weighted average
T	1	1	1	1	1	1	0.5465	1	0.9514
V	0	0.6316	0.3953	0.5660	0.8723	0.6154	0.3372	0.5000	0.5031
Q-1	0.2222	0.1754	0.2093	0.9057	0	0.3846	1	0.2500	0.3623
Q	0.1853	0	0	0	0.4681	0	0	0	0.0711

各指标抗旱系数与抗旱性进行相关关系分析,结果见表 5。RL、GL、GDW、MTR 与抗旱性大小呈极显著正相关,相关系数分别为 0.96、0.99、0.99、1.00;GP、GSL、RDW 与抗旱性呈正相关,相关系数分别为 0.78、0.80、0.64;RSR 与抗旱性呈负相关,相关性较小,相关系数为 -0.35。RL 与 GL、GDW、MTR 呈极显著正相关,相关系数分别为 0.96、0.97、0.98;GL 与 GR、GDW、MTR 呈极显著正相关,相关系数分别为 0.96、0.96、0.99;GDW 与 MTR 呈极显著正相关,相关系数为 0.99。综上所述,可初步推测 RL、GL、GDW、MTR 可以作为大麦种质萌发期抗旱性快速鉴定的指标。

表 5 各指标相对值与抗旱性相关系数矩阵

Table 5 The relative value of indicators and the correlation coefficient matrix of drought resistance

指标 Indicator	GP	RL	GL	GSL	RDW	GDW	RSR	MTR	抗旱性 Drought resistance
GP	1	0.67	0.84	0.55	0.44	0.69	-0.19	0.78	0.78
RL		1	0.96**	0.65	0.81	0.97**	-0.15	0.98**	0.96**
GL			1	0.72	0.70	0.96**	-0.25	0.99**	0.99**
GSL				1	0.08	0.81	-0.84	0.74	0.80
RDW					1	0.65	0.46	0.71	0.64
GDW						1	-0.37	0.99**	0.99**
RSR							1	-0.26	-0.35
MTR								1	1.00**
抗旱性 Drought resistance									1

3 讨 论

种子萌发期是植物生命史中最为重要的阶段,是对外界渗透胁迫响应比较敏感的时期,是进行抗旱性研究的重要时期。而幼苗形态是对渗透胁迫最为直观的综合性状表现。因此,通过研究 GP、GR、GL、RL 等形态生长发育指标与抗旱性之间的关系,为在室内建立快速筛选大麦抗旱性品种方法体系具有重要意义。

水分匮乏对种子萌发具有极其显著的影响,研究结果表明,随着渗透胁迫程度的增加,对种子萌发产生明显的抑制作用,渗透胁迫对胚芽的抑制作用明显大于对胚根的,这与安永平^[15]、赵海明^[22]、王赞^[23]等的研究一致。目前,关于种子萌发期抗旱性指标没有相对统一的定论。Bouslama M^[24]曾提出可以将 GP、GR 作为种子萌发期的抗旱性指标,但本研究表明大麦种子 GR 对渗透胁迫不敏感。各形态指标与抗旱性相关性分析表明,RL、GL、GDW、MTR 与抗旱性呈极显著正相关,这与齐华^[25]对水分胁迫下燕麦萌芽期抗旱指标的研究结果基本一致;GSL、RSR、RDW 与抗旱性相关性不大,这与安永平^[15]、李国龙^[26]关于种子萌发特性的研究结果并不一致,可能是因为不同物种对水分胁迫的响应不一致所致。

采用隶属函数法对参试大麦种质进行抗旱性评价,其抗旱性强弱依次为 T、V、Q-1、Q。通过各指标抗旱系数与抗旱性进行相关分析,初步可以推测 RL、GL、GDW、MTR 可作为大麦种质萌发期快速的抗旱性鉴定指标。而 GP、GR、GDL、RDW、RSR 等指标是否可以作为抗旱性鉴定指标,仍需进一步探讨。本研究只是对大麦种子萌发期各形态指标进行抗旱性研究,而作物不同生育期抗旱性不同,同一指标在不同生育期对渗透胁迫的响应也有差异。因此,对全生育期形态、生长发育、生理生化指标与抗旱性关系的研究将更具全面性与准确性。

致谢:感谢石河子大学农学院植物生理实验室石国亮老师提供的实验协助。

参 考 文 献:

- [1] 山 仑,黄占斌,张岁岐.节水农业[M].北京:清华大学出版社,2000:12-13.
- [2] 杨富裕,张蕴薇,苗彦军,等.西藏草业发展战略研究[J].中国草地,2004,26(4):67-71.
- [3] 路 阳,金 山,张 娜,等.西藏 11 种野生牧草萌发期抗旱性研究[J].西北农业学报,2011,20(3):38-44.
- [4] Hu Y C, Shao H B, Chu L Y, et al. Relationship between water use efficiency (WUE) and production of different wheat genotypes at soil water deficit[J]. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 2006, 53(2):271-277.
- [5] 司马义·巴拉提,卡德尔·阿布都热西提.干旱胁迫下甘草等八种牧草种子萌发特性及抗旱性差异研究[J].科技通报,2010,26(3):391-395.
- [6] Ungar I A. Ecophysiology of vascular halophytes[M]. Boca Raton: The Chemical Rubber Company Press, 1991:9-48.
- [7] Tobe K, Li X, Omasa K. Seed germination and radicle growth of a halophyte, *Kalidium caspicum* (*Chenopodiaceae*) [J]. Annals of Botany, 2000,85(3):391-396.
- [8] 薛建国,韩建国,王显国,等.NaCl 和 PEG 对华北驼绒藜和梭梭种子萌发的影响[J].草地学报,2008,16(5):470-474.
- [9] 辛金霞,李春燕,刘荣堂,等.一年生黑麦草、高羊茅及杂交羊茅黑麦草种子萌发期抗旱性研究[J].湖南农业科学,2010,(5):121-124.
- [10] 李培英,孙宗玖,阿不来提.PEG 模拟干旱胁迫下 29 份偃麦草种质种子萌发期抗旱性评价[J].中国草地学报,2010,32(1):32-39.
- [11] Agueda G, Isaura M, Luis A. Barley yield in water-stress conditions [J]. Field Crops Research, 1999,62(1):23-34.
- [12] Woldeyesus S. Trade off between yield increase and yield stability in three decades of barley breeding in a tropical highland environment [J]. Field Crops Research, 2005,92(1):35-52.
- [13] Katerji N, Mastrorilli M, Hoom J W, et al. Durum wheat and barley productivity in saline-drought environments[J]. European Journal of Agronomy, 2009,31(1):1-9.
- [14] 马廷臣,余蓉蓉,陈荣军,等.PEG6000 模拟干旱对水稻苗期根系形态和部分生理指标影响的研究[J].中国农学通报,2010,26(8):149-156.
- [15] 安永平,强爱玲,张媛媛,等.渗透胁迫下水稻种子萌发特性及抗旱性鉴定指标研究[J].植物遗传资源学报,2006,7(4):421-426.
- [16] 戴廷渡,姜 东,荆 奇.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] 邵俊红,梁宗锁,赵荣艳,等.水分胁迫对不同小麦品种幼苗生理特性的影响[J].中国农学通报,2008,24(10):141-145.
- [18] 张 健,池宝亮,黄学芳,等.以活力抗旱指数作为玉米萌芽期抗旱性评价指标的初探[J].华北农学报,2007,22(1):22-25.
- [19] 李 翠,梁 燕,张纪涛,等.渗透胁迫对番茄种子萌发特性的影响[J].干旱地区农业研究,2011,29(2):173-178.
- [20] 陈恒旺,周冀衡,李永平,等.利用 PEG 鉴定烤烟品种抗旱性研究[J].河南农业科学,2007,(7):35-38.
- [21] 胡标林,余守武,万 勇,等.东乡普通野生稻全生育期抗旱性鉴定[J].作物学报,2007,33(3):425-432.
- [22] 赵海明,孙杜枝,王学敏,等.百脉根种质苗期抗旱性鉴定及综合评价[J].草原与草坪,2011,31(6):18-26.
- [23] 王 赞,李 源,高洪文,等.鸭茅苗期抗旱性综合评价[J].干旱地区农业研究,2007,25(6):31-35.
- [24] Bouslama M, Schapaugh W T. Stress tolerance in soybeans. I. evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance[J]. Crop Science, 1983,24(5):933-937.
- [25] 齐 华,许 晶,孟显华,等.水分胁迫下燕麦萌芽期抗旱指标的研究[J].种子,2009,28(7):7-10.
- [26] 李国龙,吴海霞,温 丽,等.甜菜苗期抗旱鉴定指标筛选及其综合评价[J].干旱地区农业研究,2011,29(4):69-74.