冬小麦抗旱性状遗传力分析

张文英, 柳斌辉, 彭海城, 李爱国, 栗雨勤*

(河北省农林科学院旱作农业研究所, 河北 衡水 053000)

摘要: 依据 Griffing 方法 I, 配制不同类型的复合双列杂交组合, 在水地(浇越冬水、返青拔节水、孕穗水和灌浆水)和旱地(雨养)条件下, 在不同生育时期测定冬小麦株高、单株穗数、单株粒重、穗粒数、黄叶数、SOD、POD、MDA 等农艺、生理生化性状, 研究不同组合类型对其杂交后代的抗旱性遗传力及其与抗旱性的关系。结果表明, 单株粒重、穗下节长、黄叶数、籽粒饱满度、落黄特性、成穗数、株高等 7 个性状与抗旱性关系密切且遗传力较强, 可作为高产种质杂种后代的早期抗旱性鉴定指标。SOD 活性和 MDA 含量由于广义遗传力和狭义遗传力均较高, 可以在杂种后代早期世代进行选择, OA 能力和 POD 活性广义遗传力较高但狭义遗传力低, 适宜在杂种后代的晚期世代进行选择。

关键词: 冬小麦; 干旱胁迫; 抗旱指数; 农艺性状; 生理生化指标

中图分类号: S512.103.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)03-0044-04

在我国 13 300 万 hm^2 耕地中, 可灌溉耕地 41%。华北平原区年均降水量约 550 mm, 降水量少且分布不均, 通常年份在冬小麦生长季中降水约 100 mm, 为小麦全生育期需水的 1/4 左右^[1,2], 生育期间灌水成为小麦生产的重要措施。利用较少的水资源和土地资源产出更多的粮食, 以满足日益增长的人口对粮食的需求和缓解水资源不足的矛盾是当前面临的重大课题。培育与推广抗旱(节水)高产新品种则是缓解以致解决干旱危害的主要途径^[3]。研究表明, 小麦抗旱能力的高低是多种因素共同作用下的综合反应, 其中, 干旱胁迫下小麦的生理生化特性差异被认为是小麦抗旱性差异的内在原因^[4,5]。前人有关小麦抗旱性的研究, 围绕抗旱性评价指标^[6,7]、抗旱生理指标^[8]等已有较多报道, 但往往在注重品种的抗旱性的同时而忽视了品种的丰产性。近几年, 我们提出了在较高产量基础上, 以抗旱指数为鉴定指标研究其抗旱性, 缩短了基础理论研究与实际生产应用的距离^[9]。同时, 依据上述学术思想组配不同抗旱、高产类型的杂交组合, 研究主要抗旱、高产亲本的配合力和抗旱性遗传机制。本研究以抗旱性不同的小麦品种为材料, 通过配置完全双列杂交, 研究了几个农艺性状和生理指标的遗传力, 以期能为抗旱高产品种的选育提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料和设计

试验于 1999~2003 年度在河北省农林科学院

旱作农业研究所试验场进行。所选试验材料有: 抗旱类型品种冀麦 6 号、昌乐 5 号和郑 8915(郑早 1 号); 高产类型品种冀麦 7 号、温麦 6 号和石 92-4086; 高产抗旱类型品种冀麦 36、冀麦 31、冀麦 26 和鲁麦 21。按 Griffing 方法 I, 配置 10×10 完全双列杂交。本地小麦生长期年降雨量 100~150 mm, 而冬小麦整个生育期需水量 300 mm 左右, 因此杂交后代和亲本分别在水地(浇越冬水、返青拔节水、孕穗水和灌浆水)和旱地(雨养)条件下同时播种。试验采用双行区至 5 行区, 行长 2 m, 行距 0.23 m, 株距 5 cm。3 次重复, 随机区组排列。人工开沟摆播, 每小区收获 30 株室内调查。用抗旱指数法测定各基因型的抗旱性。试验资料用 Griffing 方法 I 进行统计分析。

1.2 测定项目和方法

1.2.1 收获和调查性状 成熟期各处理小区取代表性植株 10 株, 在室内调查植株的株高、单株成穗数、穗下节长、成穗率、籽粒饱满度、穗粒数、穗粒重、黄叶数。成熟时各小区确定 1 m^2 代表性样点查总穗数, 再手工收割植株, 脱粒风干后获得各处理单位面积产量, 单位面积穗数由查数样点总穗数计算。

1.2.2 饱和渗透势测定 早晨 6:00~7:00 时选取功能叶片, 将叶片浸入去离子水中饱和 8 h, 取出叶片, 用去离子水冲洗干净, 用滤纸吸净叶表面水分, 装入 25 mL 医用注射器中置 -30°C 低温冰箱内冷冻 5 h 以上, 充分破坏其原生质膜, 测定前室温下融化

收稿日期: 2008-09-17

基金项目: 国家科技部支撑计划项目(2007BAD69B01); 河北省科技厅财政转化项目(06220114D-8)

作者简介: 张文英(1975-), 河北省阜城人, 在职硕士, 研究方向为农作物抗旱性鉴定及遗传规律研究。E-mail: zxm_0223@163.com。

(C) 2009 年 5 月 16 日出版。Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

30 min,压榨出细胞汁液,在5100型蒸气压渗透计上测定汁液渗透浓度。根据Van't Hoff定律换算成汁液渗透势 $\pi = -C \times R \times (273.15 + t) \times 0.1013$,其中, C 为仪器上显示的被测样品的渗透摩尔浓度(OSM/kg H₂O), R 为气体常数,取0.08314, t 为测定时的大气温度,0.1013为大气压换算成MPa的系数。

1.2.3 丙二醛(MDA)含量测定 采用TBA法,取鲜叶0.3 g放入研钵中,然后加入3.0 mL pH8.0的磷酸缓冲液,冰浴研磨,10 000 rpm/min低温(0~4℃)离心5 min,取上清液1.0 mL放入刻度试管,加入3 mL含0.5%硫代巴比妥酸的20%三氯乙酸溶液,在沸水浴上加热15 min,迅速冷却,3 600 rpm/min离心10 min,吸取上清液在532和600 nm波长下测定吸光度值。

1.2.4 SOD活性测定 取4 mL反应液于小烧杯中,加50 μl酶提取液,再加50 μl核黄素,立即置于4 000 lx荧光灯下照光进行光还原反应,15 min后,用黑纸遮光终止反应。同时作一组不加酶液,其它处理同前,作为空白对照,并以pH7.3磷酸缓冲液调零点,然后于560 nm波长下测定光密度。

1.2.5 POD活性测定 在试管中加入2.91 mL 10 mmol/L磷酸缓冲液,0.05 mL 20 mmol/L愈创木酚,0.02 mL酶液,0.02 mL 40 mmol/L H₂O₂,充分混合,

在34℃恒温水浴中反应3 min后,加入20 mL 20%三氯乙酸终止酶活性,以pH7.0磷酸缓冲液调零点,于470 nm波长下测定吸光度。

1.2.6 抗旱指数(DRI)

$$DRI = Ya(Ya/Ym)/Y\bar{a}$$

式中: Ya 为某品种旱地平均产量; Ym 为某品种水地平均产量; $Y\bar{a}$ 为所有参试品种旱地平均产量。抗旱性评价标准按河北省地方标准“农作物品种抗旱性鉴定规程”(DB13/T 398.5-1999)。

2 结果与分析

2.1 高产种质杂交F₂、F₃代主要农艺性状与抗旱指数的相关性及其遗传力分析

试验结果(表1)表明,干旱条件下,抗旱指数(DRI)与旱地的小麦产量、株高、最高分蘖数、籽粒饱满度、单株粒重、单株穗数、成穗率的相关程度均达极显著水平,与旱地穗粒数,水地的籽粒饱满度、最高分蘖数相关显著。据此,可以将旱地小麦产量(单株粒重)、穗数、株高、成穗率、籽粒饱满度、穗粒数等与抗旱性关系密切的性状作为小麦不同生长发育时期的抗旱性指标。同时通过对DRI与水地小麦性状相关性的分析,可以通过小麦品种水地的某些性状表现预测其旱地的性状表现。

表1 高产种质杂交F₂、F₃代主要农艺性状与抗旱指数的相关系数

Table 1 Correlation analysis on main agronomic traits and the drought index of high-yielding gemplasm for F₂ and F₃ hybrids

性状 Trait	旱处理 Drought treatment	水处理 Watering treatment	性状 Trait	旱处理 Drought treatment	水处理 Watering treatment
产量 Yield	0.94**	0.18	株高 Plant height	0.39**	0.10
籽粒饱满度 Grain plumpness	0.37**	0.218*	最高分蘖数 Maximum tillers	0.41**	0.29*
单株粒重 Grain weight per plant	0.60**	0.25	单株穗数 Ears per plant	0.52**	0.16
成穗率 Ear rate	0.33**	0.16	穗粒数 Grain number per ear	0.20*	0.13

注: **和*分别表示极显著和显著。Note: ** and * stand for significant at 0.05 and 0.01 probability.

遗传力分析(表2)表明,单株粒重、穗下节长、黄叶片数、籽粒饱满度、株穗数、落黄性、株高等7个性状遗传力较高,特别是狭义遗传力均在55%以

上,可作为高产种质杂种后代的早期抗旱性鉴定指标,其他性状遗传力较低,不宜作为高产种质杂种后代的抗旱性鉴定指标。

表2 干旱胁迫条件下高产种质杂交F₂~F₃代早期抗旱性鉴定指标的遗传力

Table 2 The heritability of early drought resistance indicators of F₂~F₃ hybrids of high-yielding gemplasm under drought condition

遗传力 Heritability	株粒重 Strain weight	籽粒饱满度 Grain lumpness	穗下节长 Spike length	黄叶数 Yellow leaves	株穗数 Plant panicles	落黄性 Yellowing	株高 Height
广义遗传力 Generalized heritability	78.53	86.83	88.96	81.45	85.21	84.87	75.89
狭义遗传力 Narrow heritability	62.12	55.70	58.91	66.78	55.85	58.19	56.95

2.2 主要生理生化性状遗传特点研究

2.2.1 主要生理生化性状在杂种 F₁ 代的表现 通过对抗旱性的杂种优势的分析,可以在早代优选出抗旱性状较好的杂交后代。

杂种 F₁ 代 5 个生理生化性状的平均优势及其变异情况列于表 3。在杂种 F₁ 代中,MDA、POD 的平均优势为负值,其遗传趋势主要表现为超低亲或低于中亲值,而其它 3 个性状的平均优势为正值,遗传

趋势主要表现为倾向于高值亲本,高于高亲的组合所占比例相对较大,值得提出的是 OA 的正向平均优势高达 102.63%,这说明通过杂交育种可以提高后代在土壤水分胁迫下的 OA 能力。从变异系数看,MDA 含量和 POD 活性有较大的变异系数,因此,在杂交后代中,选出具有低 MDA 含量和(或)高 POD 活性材料的可能性较大。

表 3 干旱胁迫条件下高产种质杂交 F₁ 代 5 个生理生化指标的杂种优势

Table 3 Heterosis of five physiological and biochemical indicators of F₁ hybrid of high-yielding germplasm under drought condition

性状 Traits	平均优势 Average advantage	标准差 Standard deviation	变异系数 Coefficient of variation	>高亲组合 High-affinity portfolio	<低亲组合 Low-affinity portfolio
饱和渗透势 Saturated osmotic potential	12.56	21.83	173.81	45	20
渗透调节力 OA	102.63	42.96	187.18	55	20
丙二醛 MDA	-0.25	21.94	-890.12	35	40
超氧化歧化酶 SOD	11.79	34.62	293.69	50	15
过氧化物酶 POD	-2.69	26.62	-988.5	30	60

2.2.2 主要生理生化性状的遗传力分析 在遗传力反应中,遗传力高的性状,子代重现亲代性状的可能性就大,反之就小。可根据性状遗传力的大小,确定育种中目标性状在哪些世代选择效果较好。表 4 列出了干旱胁迫条件下 5 个生理生化性状的广义遗传力(h_b^2)和狭义遗传力(h_n^2)。OA、POD、MDA、SOD

的广义遗传力都较高,但只有 MDA 和 SOD 的狭义遗传力较高,适宜在早世代进行选择效果较好。OA 能力、POD 活性具有很高的广义遗传力,但其相对低的狭义遗传力说明它们适宜在晚世代进行选择效果较好。饱和渗透势的广义遗传力中等,狭义遗传力很低,只能作为辅助抗旱性鉴定指标。

表 4 干旱胁迫条件下高产种质杂交 F₂~F₃ 代 5 个生理生化指标遗传力分析(%)

Table 4 The genetic analysis of five physiological and biochemical indicators of high-yielding germplasm hybrids F₂~F₃ under drought condition

遗传力 Heritability	饱和渗透势 Saturated osmotic potential	渗透调节力 OA	丙二醛 MDA	超氧化歧化酶 SOD	过氧化物酶 POD
广义遗传力 Generalized heritability	59.46	92.02	78.25	56.73	81.90
狭义遗传力 Narrow heritability	1.844	7.253	29.10	17.89	10.28

3 讨论

张金玲等^[5]研究表明小麦的抗旱性与水分胁迫下体内的酶活性呈正相关。本研究表明小麦受到干旱胁迫后,在生理、生化特性上发生一系列变化,水分胁迫前期,小麦叶片 SOD、POD 活性升高,使体内 MDA 含量维持较稳定的水平,随着水分胁迫程度的加剧,抗氧化系统趋于衰弱,SOD、POD 活性降低,MDA 含量逐渐升高。不同抗旱类型品种,受干旱胁迫后,生理生化特性变化不尽相同。抗旱品种与不抗旱品种相比,SOD、POD 活性较高,MDA 含量低,渗

透调节能力强,光合效率高。李德全等^[15,16]的研究表明,在干旱胁迫下,细胞渗透调节能力强的小麦品种抗旱性较强。本研究也表明适宜时期测定的 SOD、POD 活性、MDA 含量、渗透调节能力可以作为鉴定小麦抗旱性强弱的重要指标。

遗传力所反映的是亲代性状遗传给子代的一种能力,是评价亲本不同性状优劣及遗传力强弱的主要指标。根据性状遗传力的大小,一方面有助于确定亲本间的组配方式和对后代进行选择的时间(世代)和选择方法,另一方面可以预测在特定选择强度下所取得的效果。前人对小麦、玉米等作物的

抗旱性鉴定研究表明,可采用抗旱指数作为抗旱性评价的参考指标^[10~13]。本研究表明,以抗旱指数作为评价冬小麦全生育时期抗旱性的标准的基础上,旱地株粒重、旱地穗下节长、旱地黄叶数、旱地落黄性、籽粒饱满度、旱地成穗数、旱地株高等7个质量性状和数量性状与抗旱性即抗旱指数的关系密切,且遗传力较强,可作为高产种质杂种后代的早期抗旱性鉴定指标。

利用小麦生育期间的生理指标作为评价小麦抗旱性强弱的参考指标,是小麦抗旱性评价的简便途径。本研究表明经干旱胁迫后,SOD活性和MDA含量由于广义遗传力和狭义遗传力均较高,可以在杂种后代早期世代进行选择,OA能力和POD活性广义遗传力较高但狭义遗传力低,适宜在杂种后代的晚期世代进行选择。渗透调节能力与抗旱指数呈显著正相关,进一步说明,渗透调节能力越强,品种的抗旱性越强。渗透调节是反映冬小麦抗旱特性的有效指标。

参考文献:

- [1] 陈玉民. 华北地区冬小麦需水量评价研究[J]. 水利学报, 1987, 11: 10—20.
- [2] 薛昌颖, 霍治国, 李世奎, 等. 灌溉降低华北冬小麦干旱减产的风险评估研究[J]. 自然灾害学报, 2003, 12(3): 131—136.
- [3] 陈晓远, 刘晓英, 罗远培. 土壤水分对冬小麦根冠干物质动态消长关系的影响[J]. 中国农业科学, 2003, 36(12): 1502—1507.

- [4] Levitt J. Response of plants to environmental stresses. Water, radiation, salt and other stresses[M]. New York: Academic Press, 1980: 325—358.
- [5] Turner N C. Drought resistance and adaptation to water deficits in crop plants[C]//Harry Mussall. Stress Physiology in Crop Plants. New York: John Wiley and Sons, 1979: 343—372.
- [6] Reynolds M P, Fischer R A, Balota M, et al. Physiological and morphological traits associated with spring wheat yield under hot, irrigated conditions[J]. Australian Journal of Plant Physiology (Australia), 1994, 21(6): 717—730.
- [7] 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.
- [8] 张娟, 张正斌, 谢惠民, 等. 小麦叶片水分利用效率及相关生理性状的关系研究[J]. 作物学报, 2005, 12(31): 1593—1599.
- [9] 栗雨勤, 张文英, 谢俊良, 等. 主要作物新品种抗旱性鉴定指标的研究与应用[J]. 华北农学报, 2006, 21(增刊): 29—33.
- [10] 侯建华, 吕凤山. 玉米苗期抗旱性鉴定研究[J]. 华北农学报, 1995, 10(3): 89—93.
- [11] 关义新, 戴俊英, 陈军, 等. 土壤干旱下玉米叶片游离脯氨酸的积累及其与抗旱性的关系[J]. 玉米科学, 1996, 4(1): 43—45.
- [12] 刘桂茹, 张荣芝, 卢建祥, 等. 冬小麦抗旱性鉴定指标的研究[J]. 华北农学报, 1996, 11(4): 84—88.
- [13] 黎裕, 王天宇, 刘成, 等. 玉米抗旱品种的筛选指标研究[J]. 植物遗传资源学报, 2004, 5(3): 210—215.
- [14] 王金玲, 张宪政, 苏正淑, 等. 小麦对干旱的生理反应及抗旱机理[J]. 国外农学——麦类作物, 1994, (5): 44—46.
- [15] 上官周平, 陈培元. 渗透调节强度在小麦抗旱品种选育中的应用[J]. 国外农学——麦类作物, 1989, (6): 47—49.
- [16] 李德全, 邹琦, 程炳嵩. 土壤水分胁迫下叶片的渗透调节与膨压维持[J]. 华北农学报, 1991, (4): 100—105.

Analysis of the heritability of drought resistance characteristics of winter wheat

ZHANG Wen-ying, LIU Bin-hui, PENG Hai-cheng, LI Ai-guo, LI Yu-qin*

(Dryland Farming Institute, Hebei Academy of Agriculture & Forestry Sciences, Hengshui, Hebei 053000, China)

Abstract: Based on the Griffing method I, various types of complete diallel-crossing was made under both irrigation and rain fed condition. The heritability of various types of the cross to their next generation and their relationship with drought resistance were analyzed by measuring the agronomic or physiological and biochemical traits as plant height, spikes and kernel weight per plant, kernel number, yellow leaves, SOD, POD, MDA, etc. The result showed that the following 7 traits as the kernel weight per plant, the panicle length, yellow-leaf number, the fullness of kernel, the yellow-maturing characteristic, spikes per plant and plant height appeared comparatively closer relationship with drought resistance and higher heritability. These traits may be used as the indices for identifying their drought resistance in the early generation of the hybrids of high-yielding gemplasms. SOD activity and the MDA content may be used in early generation hybrid selection because their general and special heritability were both higher, while OA and POD activity were higher in general heritability but lower in special heritability, thus suit for later generation hybrid selection.

Keywords: wheat (*Triticum aestivum* L.); drought stress; drought resistance index (DRI); agronomic characters; physiological and biochemical indices