

# 小麦品种抗旱性鉴定指标遗传规律研究

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 配制种植不同类型的复合双列杂交组合, 在人工模拟干旱棚和田间自然干旱条件下, 分别设水、旱 2 种水分条件。在不同生育时期测定株高、株穗数、株粒重、穗粒数、黄叶片数、SOD、POD、MDA 等农艺、生理生化性状, 研究不同组合类型对杂交后代的遗传力影响及其与抗旱性的关系及遗传规律。结果表明, 可采用抗旱指数( DRI) 作为评价小麦品种抗旱性强弱的指标。旱地株粒重、旱地穗下节长、旱地黄叶片、籽粒饱满度、落黄、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:** 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: S512.01 文献标识码: A 文章编号: 1000- 7091(2008) 增刊- 0092- 04

## Study on Inheritance of the Drought-resistance Identification Indices in Wheat Varieties

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

(Dryland Farming Institute, Hebei Academy Agriculture and Forestry Science, Hengshui 053000, China)

**Abstract:** Based on the methods of Griffing, the test prepared diallelcrossing of varied types for drought-resistance identification under two treatments( drought and water conditions) in the facilities of guarding against rain and land. It was measured including agronomic, physiological and biochemical traits of the height, strain panicles, grain weight per plant, kernel per ear, yellow leaves, SOD, POD, MDA and other indicators at different growth stages, and the genetic influence to future generations of different types hybrid combinations was also be researched. Studying the relationship between drought-resistance and inheritance, the results showed that the DRI may be indicators in evaluation drought-resistance of wheat varieties. Dry weight, dryland spike length, dry yellow leaves, grain plumpness, yellowing, dry ears, dry height, and other dryland seven traits and the quality of quantitative traits with the close of the drought and strong heritability can be used as high-yield germplasm hybrid drought in the early identification of targets. SOD activity and the content of MDA may be early generation hybrid selection because the broad and narrow genetic heritability were higher, OA capacity and POD generalized genetic were higher and the narrow heritability was lower than the parents varieties. It is a optimum stage for choice at the late generation time of hybrid offsprings.

**Key words:** Wheat ( *Triticum aestivum* L. ); Drought stress; Drought resistance index ( DRI ); Hotosynthesis-parameter; Proline content

我国耕地中可灌溉耕地占 41%。华北平原年均降水量约 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<sup>[1,2]</sup>, 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<sup>[3]</sup>。研究表明, 小麦抗旱能力的高低是多种因素共同作用的综合反映, 其中干

收稿日期: 2007- 10- 19

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- ), 女, 河北阜城人, 助理研究员, 在职硕士, 主要从事农作物抗旱鉴定及其遗传规律研究。

通讯作者: 栗雨勤( 1951- ), 男, 河北武邑人, 研究员, 主要从事农作物抗旱鉴定及其遗传规律研究。

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<sup>[4,5]</sup>。前人有关小麦抗旱性的研究, 围绕抗旱性评价指标<sup>[6,7]</sup>、抗旱生理指标<sup>[8]</sup>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, 因此, 研究结果与生产应用差距甚远。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。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, 旨在明确不同小麦品种干旱胁迫条件下的生产潜力, 并明确评价小麦抗旱性的参考生理指标, 为今后小麦优良抗旱品种的选育和生产中高产节水栽培提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料和设计

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。1999年采用公认的抗旱类型品种冀麦6号、昌乐5号和郑8915(郑单1号); 高产类型品种: 冀麦7号、温麦6号和石92-086; 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; 其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。因试验不同采用双行区至5行区, 行长2 m, 行距0.33 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10~30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 成熟期农艺性状 成熟前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、底部黄叶片数。成熟时各小区确定2 m<sup>2</sup>代表性样点调查总穗数, 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 饱和和渗透势测定 6:00–7:00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℃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30 min, 压榨出细胞汁液, 在5100型蒸汽压渗透计上测定汁液渗透浓度。根据Van't Holf定律换算成汁液

渗透势  $\pi = -CR(273.15 + t) \times 0.1013$ , 其中, C为仪器上显示的被测样品的渗透摩尔浓度(OSM/kgH<sub>2</sub>O), 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 脯氨酸含量测定 6:00–7:00选取功能叶片, 将叶片放入105℃烘箱中10 min之后于65℃下48 h烘干, 将叶片研碎并过100目筛, 称取上述干样0.1 g放入具塞试管中, 加入5 mL 3%的磺基水杨酸溶液, 将试管浸入沸水浴中提取15 min过滤。吸取2 mL滤液于另一具塞试管中, 然后加冰醋酸和2.5%的酸性茚三酮各2 mL, 摇匀后在沸水浴中加热显色1 h, 冷却后加4 mL甲苯, 充分摇动以萃取红色物质, 萃取完后, 避光静置4 h以上待完全分层后, 用吸管吸取甲苯层, 于520 nm波长下测定吸光度值。标准曲线用标准脯氨酸的吸光度值绘制。

1.2.4 丙二醛含量测定 采用TBA法, 取鲜叶0.3 g放入研钵中, 然后加入3.0 mL pH 8.0的磷酸缓冲液, 冰浴研磨, 10 000 r/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 r/min离心10 min, 吸取上清液在532和600 nm波长下测定吸光度值。

1.2.5 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, 其他处理同前, 作为空白对照, 并以pH 7.3磷酸缓冲液调零点, 然后于560 nm波长下测定光密度。

1.2.6 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 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 充分混合, 在34℃恒温水浴中反应3 min后, 加入20 μL 20%三氯乙酸终止酶活性, 以pH 7.0磷酸缓冲液调零点, 于470 nm波长下测定吸光度。

1.2.7 抗旱指数(DRI)  $DRI = Y_a(Y_a/Y_m)/Y_{\bar{a}}$

式中  $Y_a$  为某品种旱地平均产量

$Y_m$  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 抗旱性状遗传相关研究

1999–2003年的10×10的复合双列杂交试验

结果表明, 抗旱性 (DRI) 与旱地产量、旱地株高、旱地最高蘖、旱地籽粒饱满度、旱地株粒重、旱地穗数、旱地成穗率的相关程度均达极显著水平(表 1), 据此, 可以将旱地的产量(株粒重)、穗数、株高、成穗率、籽粒饱满度、穗下节长、底部黄叶片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

性代表指标。其中旱地株粒重、旱地穗下节长、旱地底部黄叶片、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关系密切, 且遗传力较强, 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(表 2)。

表 1 高产种质杂交后代主要农艺性状与抗旱指数的相关性分析

| Tab. 1 Correlation analysis on main agronomic traits and the drought index of high-yield germplasm hybrids |                             |                           |                             |                           |                             |                           |                             |                           |
|--|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 性状<br>Traits   | 产量<br>Yield                 |                           | 株高<br>Height                |                           | 籽粒饱满度<br>Grain plumpness    |                           | 最高蘖<br>The tallest tiller   |                           |
|  | 旱处理<br>Drought<br>treatment | 水处理<br>Water<br>treatment | 旱处理<br>Drought<br>treatment | 水处理<br>Water<br>treatment | 旱处理<br>Drought<br>treatment | 水处理<br>Water<br>treatment | 旱处理<br>Drought<br>treatment | 水处理<br>Water<br>treatment |
|  | 0.94**                      | 0.18**                    | 0.39**                      | 0.1**                     | 0.37**                      | 0.218*                    | 0.41**                      | 0.29*                     |
| 性状<br>Traits   | 株粒重<br>Strain weight        |                           | 穗数<br>Plant panicles        |                           | 成穗率<br>Spike rate           |                           | 穗粒数<br>Grain Number         |                           |
|  | 旱处理<br>Drought<br>treatment | 水处理<br>Water<br>treatment | 旱处理<br>Drought<br>treatment | 水处理<br>Water<br>treatment | 旱处理<br>Drought<br>treatment | 水处理<br>Water<br>treatment | 旱处理<br>Drought<br>treatment | 水处理<br>Water<br>treatment |
|  | 0.6**                       | 0.25                      | 0.52**                      | 0.16                      | 0.33**                      | 0.16                      | 0.20*                       | 0.13                      |

表 2 水分胁迫下高产种质杂交后代早期抗旱性鉴定指标的遗传力

| Tab. 2 The genetic indicators of early identify of high-yielding germplasm hybrids under controlling water |                      |                         |                      |                      |                       |                  |              |
|--|----------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|------------------|--------------|
| 遗传力<br>Heritability  | 株粒重<br>Strain weight | 籽粒饱满度<br>Grain lumpness | 穗下节长<br>Spike length | 黄叶片<br>Yellow leaves | 株穗数<br>Plant panicles | 落黄性<br>Yellowing | 株高<br>Height |
| 广义遗传力<br>Generalized heritability  | 78.53                | 86.83                   | 88.96                | 81.45                | 85.21                 | 84.87            | 75.89        |
| 狭义遗传力<br>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规律研究

研究表明, 小麦受到干旱胁迫后生理、生化特性发生了一系列变化, 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。干旱胁迫促使小麦体内积累有机溶质脯氨酸、蛋白质等维持细胞内一定的渗透势, 提高自身渗透调节能力,

使光合保持较高水平。

不同抗旱类型品种, 受水分胁迫后, 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。因此, 适宜时期测定的 SOD、POD 活性、MDA 含量、渗透调节能力、净光合速率可以作为鉴定小麦抗旱性强弱的重要指标。

表 3 水分胁迫下高产种质杂交 F<sub>1</sub> 5 个生理生化指标的杂种优势

| Tab. 3 Heterosis of five physiological and biochemical indicators of F <sub>1</sub> hybrid of high-yield germplasm under water controlled conditions |                           |                           |                                  |                                   |                                  |
|--|---------------------------|---------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 性状<br>Traits   | 平均优势<br>Average advantage | 标准差<br>Standard deviation | 变异系数<br>Coefficient of variation | > 高亲组合<br>High-affinity portfolio | < 低亲组合<br>Low-affinity portfolio |
| 饱和渗透势<br>Saturated osmotic potential   | 12.56                     | 21.83                     | 173.81                           | 45                                | 20                               |
| OA   | 102.63                    | 42.96                     | 187.18                           | 55                                | 20                               |
| MDA  | - 0.25                    | 21.94                     | - 890.12                         | 35                                | 40                               |
| SOD  | 11.79                     | 34.62                     | 293.69                           | 50                                | 15                               |
| POD  | - 2.69                    | 26.62                     | - 988.5                          | 30                                | 60                               |

2.2.1 主要生理生化性状在杂种 F<sub>1</sub> 的表现 杂种 F<sub>1</sub> 5 个生理生化性状的平均优势及其变异情况见表 3。在杂种 F<sub>1</sub> 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, 而其他 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。

2.2.2 主要生理生化性状的遗传力分析 表 4 列出了水分胁迫条件下 5 个生理生化性状的广义遗传力( $h^2_B$ )和狭义遗传力( $h^2_N$ )。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,适宜在早代进行选择。OA 能力、POD 活性具有很高的广义遗传力,表明其是可遗传的,并能在后代中得以表达,但其相对低的狭义遗传力说明它们适宜在晚代进行选择。饱和渗透势的广义遗传力中等,狭义遗传力很低,只能作为辅助指标进行抗旱性鉴定。

表 4 水分胁迫下高产种质杂交后代 5 个生理生化指标遗传力分析

Tab.4 The genetic analysis of five physiological and biochemical indicators high-yield germplasm hybrids under water controlled conditions

| 遗传力<br>Heritability                   | 饱和渗透势<br>Saturated<br>osmotic<br>potential | OA    | MDA   | SOD   | POD   |
|---------------------------------------|--|-------|-------|-------|-------|
| 广义遗传力/<br>Generalized<br>heritability | 59.46                                      | 92.02 | 78.25 | 56.73 | 81.9  |
| 狭义遗传力/<br>Narrow heritability         | 1.844                                      | 7.253 | 29.1  | 17.89 | 10.28 |

3 讨论

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结果表明,可采用抗旱指数作为抗旱性评价的参考指标<sup>[9-14]</sup>。本研究表明,旱地株粒重、旱地穗下节长、旱地底部黄叶片、旱地落黄、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,小麦体内脯氨酸含

量增加,但不同抗旱类型品种在不同生育时期表现不同,因此小麦体内脯氨酸含量的变化可以作为鉴定小麦抗旱性的辅助指标。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。

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[M] // Water, radiation, salt and other stresses. New York: Academic Press, 1980: 325-358.

[5] Turner N C. Drought resistance and adaptation to water deficits in crop plants[M] // Harry Mussall. Stress Physiology in Crop Plants. New York: JohnWiley 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] 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.

[10] 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.

[11] 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.

[12] 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.

[13] 郭秀璞, 史国安, 付国占, 等. 小麦品种抗旱性生理指标测定[J]. 河南农业科学, 1997(7): 13-14.

[14] 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]. 华北农学院, 2006, 21(增刊): 29-33.