

# 不同抗旱性小麦品种花后旗叶生化特性的研究

张玉梅, 林 琪, 刘义国, 李京涛

(莱阳农学院, 山东 青岛 266109)

**摘要:**在控水条件下, 比较了 17 个小麦品种的抗旱性差别以及花后旗叶的 SOD、CAT、脯氨酸、可溶蛋白、可溶性糖含量的变化, 探讨了其抗旱性的生化机制。结果表明, 3 类抗旱性不同品种的上述生化指标变化趋势相似, 抗旱性强的小麦品种在花后其抗旱性生化指标含量明显高于其他 2 类品种, 随着水分胁迫的继续, 减少幅度也比较缓和。开花 7 d 后的 SOD 含量、花后 CAT、脯氨酸含量、开花 14 d 后的可溶性蛋白和可溶性糖含量能更好地区分小麦品种的抗旱性。

**关键词:** 小麦; 抗旱性; 花后; 旗叶; 生化指标

中图分类号: S512.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2006)04-0043-05

## A Study on Biochemical Characters of Flag Leaf Drought Resistance after Anthesis on Different Wheat Varieties

ZHANG Yǔ-mei, LIN Qí, LIU Yì-guó, Lǐ Jīng-tào

(Laiyang Agriculture College, Qingdao 266109, China)

**Abstract:** Under the condition of certain water stress, 17 wheat varieties were compared with different drought resistance and its content of SOD, CAT, Pro, soluble protein and soluble sugar of flag leaf after anthesis, then we analyzed the feasibility of identify index. The results indicated that three kinds of wheat have the same of trend in the above biochemical characters, the wheat varieties with stronger drought resistance was super to other kinds of wheat, three kinds of types wheat varieties have difference in anti-oxidized protection enzyme as well as seepage adjustment matters. Content of SOD at 7 days after anthesis, content of CAT and Pro after anthesis, content of soluble protein and sugar at 14 days after anthesis could do the identify index of drought resistance.

**Key words:** Winter wheat; Drought resistance; After anthesis; Flag leaf; Biochemical indexes

小麦花后是产量形成的关键时期, 对水分变化非常敏感, 研究该时期水分胁迫对小麦旗叶中部分抗氧化保护酶类和渗透调节物质的影响及与抗旱性的关系, 有助于明确花后小麦抗旱性机理, 以期小麦抗旱育种提供依据。为此, 本试验在防雨旱棚条件下通过比较不同抗旱性小麦品种在水分胁迫处理下中后期小麦旗叶抗氧化保护酶类以及渗透调节物质的影响, 探讨小麦品种在花后其生化指标的变化趋势。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料与试验处理

试验于 2003 年在莱阳农学院试验站防雨棚内进行。该地区位于东经 120.7°, 北纬 36.9°, 属暖温带半湿润季风气候, 小麦种植采用池栽, 池区面积 4 m<sup>2</sup>, 深 1.5 m, 池内土壤类型为潮土, 土壤质地为棕壤, 0~20 cm 土层有机质 12.2 mg/g, 水解氮 55.44 mg/kg, 速效磷 60.5 mg/kg, 速效钾 90 mg/kg, 土壤田间最大持水量 25%, 容重 1.34 g/cm<sup>3</sup>。品种随机排

列, 10 月上旬适期播种, 每区 8 行, 行距 25 cm, 自返青期开始至收获土壤水分含量保持在 50%。17 个参试的品种为: 晋麦 47 号、科红 1 号、昌乐 5 号、鲁麦 21 号、924142、河北 9501、莱农 2066、烟农 15、延安 15、旱选 10 号、北京 841、济麦 20、莱州 137、泰山 9818、莱农 8834、烟农 21、渭麦 4 号。

表 1 17 个抗旱性不同小麦品种的抗旱性等级划分

Tab 1 Classification of drought resistance on 17 varieties wheat

品种 Varieties	小区产量(kg) Yield		抗旱系数 Drought resistance coefficient	抗旱指数 Drought resistance index	抗旱性评价 Drought resistance evaluation
	水分胁迫 Water stress	非胁迫 No stress			
科红 1 号	3.98	5.7	0.698	1.413	强
昌乐 5 号	3.87	5.64	0.686	1.350	强
渭麦 4 号	3.69	5.59	0.660	1.238	强
晋麦 47 号	4.02	6.05	0.664	1.358	强
旱选 10 号	3.81	5.55	0.686	1.329	强
莱农 8834	3.66	5.03	0.728	1.354	强
烟农 21	3.82	5.91	0.646	1.255	强
鲁麦 21 号	3.4	5.98	0.569	0.983	中间型
924142	3.35	5.86	0.572	0.973	中间型
河北 9501	3.06	5.58	0.548	0.853	中间型
莱农 2066	3.38	6.13	0.551	0.947	中间型
延安 15	2.92	5.81	0.503	0.746	中间型
济麦 20	3.06	5.47	0.559	0.870	中间型
北京 841	3.18	6.21	0.512	0.828	中间型
烟农 15	2.71	6.24	0.434	0.598	弱
莱州 137	2.66	6.07	0.438	0.592	弱
泰山 9818	2.6	6.03	0.431	0.570	弱

抗旱系数(DRC)、抗旱指数(DRI)计算方法为:  
 $DRC = G_{\text{旱}} / G_{\text{水}}$ , 抗旱指数(DRI) =  $(G_{\text{旱}} / \text{对照种的胁迫产量}) \times (DRC / \text{对照种的抗旱系数})$  中,  $G_{\text{旱}}$  为待测材料胁迫处理子粒产量;  $G_{\text{水}}$  为待测材料非胁迫处理子粒产量;  $G_{\text{旱平均}}$  为品种胁迫处理平均子粒产量, 对照品种为鲁麦 21 号。

根据刘桂茹<sup>[4, 8]</sup>、张灿军<sup>[10]</sup>等学者的研究, 用抗旱指数来对 17 个小麦品种进行抗旱性等级划分, 划分为 3 个等级: 抗旱性强、中间型、抗旱性弱(表 1)。划分标准参考河北省地方标准(DB13/T398. 5-1999), 冬小麦抗旱性分级标准: dri 值  $\leq 0.6$  为差; 0.61~ 0.99 为中间型;  $\geq 1.0$  为强。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同抗旱类型小麦中后期旗叶 SOD 活性变化

SOD 是细胞内清除活性氧酶系统中极重要的酶。由图 1 可以看出, 不同抗旱性的小麦品种在生长发育中后期 SOD 活性是逐渐减少的, 抗旱性强的品种 SOD 含量较高, 减少的幅度也比较缓慢, 在收获前期也能维持较高的活性, 因而能有效的消除  $O_2^{\cdot-}$ , 抑制早衰, 提高抗旱能力。抗旱性弱的品种在

### 1.2 测定方法

超氧化物歧化酶(SOD)活性参照 Giannoplitis 以及王爱国的方法; 过氧化氢酶活性采用紫外吸收法<sup>[9]</sup>; 脯氨酸的含量采用磺基水杨酸法<sup>[9]</sup>; 可溶性蛋白质含量测定采用考马斯亮蓝法<sup>[9]</sup>; 可溶性糖含量采用蒽酮比色法<sup>[9]</sup>

开花期与抗旱性强的品种差别不大, 但随着水分胁迫和发育的继续, SOD 活性显著降低, 到生长后期基本失活。从 3 类品种均值表现(表 2)来看, 在小麦开花期, 抗旱性强的品种和中间型品种其差异显著, 在花后 7 d 以后抗旱性强的和中间型的差异极显著, 中间型与弱型差异显著, 可见在开花 7 d 以后的 SOD 含量才能对区别小麦品种抗旱性强弱, 尤其在开花 21 d 后, 3 类小麦品种均差异极显著, 更易区别其抗旱性。

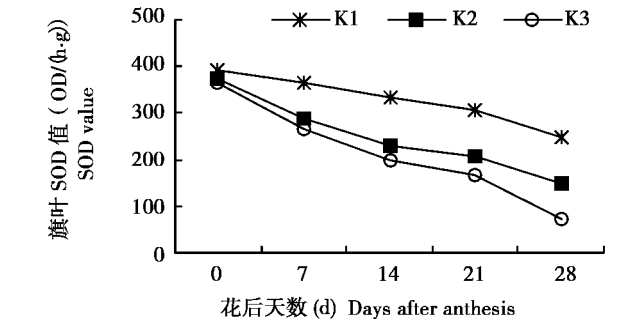


图 1 不同抗旱性小麦品种旗叶 SOD 含量变化  
Fig 1 Change of flag leaf content of SOD on different wheat varieties

表 2 不同抗旱性小麦品种旗叶 SOD 活性变化  
Tab 2 Analysis of flag leaf content of SOD on different wheat varieties

处理 Treatments	开花期 Anthesis		花后天数(d) Days after anthesis							
			7		14		21		28	
	值区间 Value range	均值 Mean value	值区间 Value range	均值 Mean value	值区间 Value range	均值 Mean value	值区间 Value range	均值 Mean value	值区间 Value range	均值 Mean value
K1	375~ 450	392.00	344~ 405	363.14	311~ 396	331.71	289~ 375	306.43	211~ 302	245.57
K2	364~ 375	372.00	276~ 301	288.83**	221~ 241	229.50**	195~ 223	207.50**	132~ 158	146.83**
K3	351~ 369	363.60*+	246~ 289	265.20***+	183~ 212	196.40***+	148~ 186	166.60***+	56~ 83	70.00***+

注: K1. 抗旱性品种, K2. 中间型品种, K3. 抗旱性弱品种; \* 表示 K2, K3 与 K1 比较时差异水平: \* 显著差异 \*\* 极显著差异; + 表示 K3 与 K2 做比较时差异水平: + 显著差异 ++ 极显著差异, 其余表格同

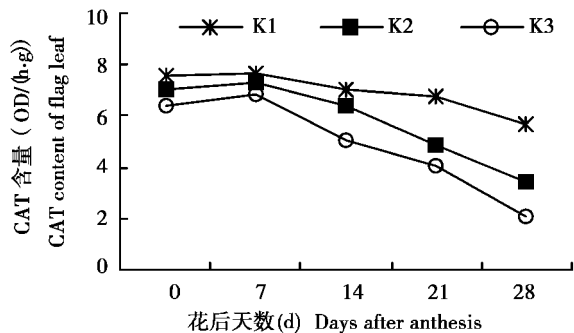


图 2 不同抗旱小麦品种旗叶 CAT 含量变化  
Fig 2 Change of flag leaf content of CAT on different wheat varieties

2.2 不同抗旱类型小麦品种生长发育中后期旗叶 CAT 活性变化

在小麦膜脂过氧化过程中, 过氧化氢酶也是一种重要的保护酶, 它不仅与小麦个体发育过程有关, 也与其对不良环境条件的抵抗过程有关。由图 2 可以看出, CAT 活性与 SOD 活性变化规律相似(以鲜重计), 均随着小麦的生长发育活性逐渐降低, 其值表现为抗旱性强品种> 中间型> 抗旱性弱品种。在开花 14 d 后, 抗旱性中间型和弱的小麦品种旗叶 CAT 含量下降幅度明显比抗旱性强品种大。由表 3 可以看出, 从开花期开始, 3 种抗旱性不同小麦品种的均值就表现出极显著差异, 从开花期就可以区别出小麦抗旱性的大小。

2.3 不同抗旱类型小麦品种生长发育中后期旗叶脯氨酸含量变化

脯氨酸是植物体内一种重要的渗透调节物质, 同时也是一种氨基酸, 它在水分胁迫条件下能加速合成抑制其氧化作用, 它的积累量的变化是对水分胁迫的一种响应。由图 3 可以看出, 在小麦生长发育中后期, 脯氨酸的积累经历一个先上升后下降的过程, 抗旱性不同的小麦品种表现的变化趋势是一样的, 均在花后 7 d 达到最大含量, 抗旱性强的品种其含量高于其他品种。在后期(花后 21 d 左右), 中间型和抗旱性弱品种差异变小, 对干旱的适应能力减弱。自开花期开始, 3 类抗旱性不同品种的均值差异达极显著水平(花后 28 d K2, K3 差异显著)。

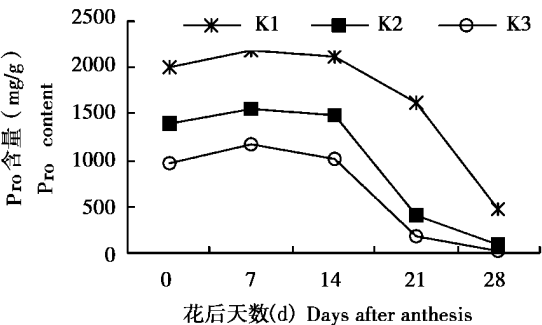


图 3 不同抗旱性小麦品种旗叶 Pro 含量变化  
Fig 3 Change of flag leaf content of Pro on different wheat varieties

表 3 不同抗旱性小麦品种 CAT 活性变化  
Tab 3 Change of flag leaf content of CAT on different wheat varieties

处理 Treatments	开花期 Anthesis		花后天数(d) Days after anthesis							
			7		14		21		28	
	值区间 Value range	均值 Mean value	值区间 Value range	均值 Mean value	值区间 Value range	均值 Mean value	值区间 Value range	均值 Mean value	值区间 Value range	均值 Mean value
K1	7.5~ 7.9	7.6	7.4~ 7.9	7.67	6.9~ 7.2	7.07	6.5~ 7.1	6.79	5.3~ 6.2	5.71
K2	6.7~ 7.4	7.07**	6.9~ 7.5	7.27**	5.9~ 6.7	6.37**	4.6~ 5.1	4.89**	3.2~ 3.7	3.42**
K3	6.2~ 6.8	6.44***+	6.7~ 7.0	6.86***+	4.8~ 5.2	5.02***+	3.9~ 4.2	4.08***+	1.7~ 2.5	2.08***+

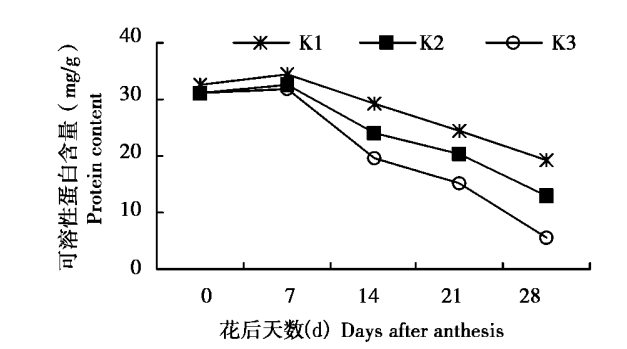


图 4 不同抗旱性小麦品种可溶性蛋白含量变化

Fig 4 Change of flag leaf content of protein on different wheat varieties 2.4 不同抗旱类型小麦品种生长发育中后期旗叶可溶蛋白质含量变化

干旱胁迫使小麦蛋白质含量减少,这对小麦生长和代谢是一个极为不利的因素。早期有关研究已经表明,干旱胁迫能诱导植物产生特异蛋白,这些蛋白能够使植物作出生化结构上的调整以适应外界的胁迫环境。由图 4 和表 5 可以看出,不同抗旱性小

麦品种旗叶可溶蛋白含量在开花后的前 10 d 内差异较小,在花后 7 d 达到最大值,然后逐渐减少。抗旱性强的小麦品种可溶蛋白含量下降幅度较缓和,并且在发育后期仍能维持较高的含量水平,以抵抗干旱胁迫导致的严重脱水现象。抗旱性弱和中间型的小麦品种随生育期推进可溶性蛋白质含量表现为下降先快后缓的一个过程,这可能是由于植株本身的响应机制在起作用,产生特异蛋白以适应环境。3 类小麦品种可溶性蛋白均值自开花 14 d 后差异达极显著水平。

表 4 不同抗旱性小麦品种旗叶脯氨酸含量变化

处理	开花期	wheat varieties			
		花后天数( d ) Days after anthesis			
Treatments	Anthesis	7	14	21	28
K1	2 015. 20	2 176. 75	2 111. 12	1 612. 06	467. 52
K2	1 402. 13**	1 557. 69**	1 479. 65**	406. 61**	100. 59**
K3	964. 81***	1 174. 72***	1 005. 70***	191. 04***	85. 57***

表 5 不同抗旱性小麦品种旗叶可溶蛋白含量变化 Tab 5 Change of flag leaf content of protein on different wheat varieties mg/ g

处理	开花期		花后天数( d ) Days after anthesis							
	Anthesis		7		14		21		28	
Treatment	值区间	均值	值区间	均值	值区间	均值	值区间	均值	值区间	均值
	Value range	Mean value	Value range	Mean value	Value range	Mean value	Value range	Mean value	Value range	Mean value
K1	31. 5~ 34. 1	32. 76	31. 5~ 36. 2	34. 36	27. 6~ 32. 1	29. 43	21. 4~ 28. 4	24. 60	17. 4~ 21. 5	19. 34
K2	30. 6~ 31. 7	31. 27**	31. 5~ 33. 0	32. 42*	20. 3~ 27. 1	24. 10**	15. 1~ 22. 8	20. 22**	10. 8~ 15. 8	13. 12**
K3	30. 3~ 31. 8	31. 00**	30. 7~ 33. 4	31. 82*+	18. 7~ 20. 8	19. 62***+	13. 9~ 16. 4	15. 06***+	4. 5~ 7. 3	5. 64***+

表 6 不同抗旱性小麦品种旗叶可溶性糖含量分析 Tab 6 Analysis of flag leaf content of sugar on different wheat varieties

处理	开花期		花后天数( d ) Days after anthesis							
	Anthesis		7		14		21		28	
Treatments	值区间	均值	值区间	均值	值区间	均值	值区间	均值	值区间	均值
	Value range	Mean value	Value range	Mean value	Value range	Mean value	Value range	Mean value	Value range	Mean value
K1	8. 35~ 9. 71	8. 86	9. 54~ 12. 51	11. 41	11. 52~ 15. 4	13. 09	9. 57~ 12. 65	11. 14	7. 09~ 8. 87	7. 88
K2	4. 06~ 6. 81	5. 23**	5. 39~ 8. 47	6. 80**	7. 35~ 9. 89	7. 99**	5. 03~ 8. 23	6. 41**	3. 87~ 5. 33	4. 29**
K3	3. 95~ 5. 72	4. 90**	6. 13~ 7. 12	6. 70**	4. 06~ 5. 81	5. 18***+	1. 79~ 3. 73	2. 79***+	1. 28~ 2. 08	1. 85***+

2.5 不同抗旱类型小麦品种生长发育中后期旗叶可溶性糖含量变化

可溶性糖在小麦渗透调节、结构保护和代谢调控等方面具有重要的意义,在干旱胁迫条件下,小麦旗叶细胞内通过主动积累可溶性糖,维持渗透压,降低水势,减少叶片失水,是对干旱胁迫的一种适应性反应。由图 5 可以看出,不同抗旱性的小麦品种可溶性糖含量变化趋势基本相同,均在花后 14 d 达到

最大值,但是中间型品种和抗旱性弱品种在开花 7 d 以前差异很小,抗旱性强的品种含量在整个灌浆期间明显高于其他 2 类品种,开花期和花后 7 d 测定值中间型和抗旱性弱小麦差异不显著,在开花后 14 d 测定值 3 种类型均值才达到极显著水平。

3 讨论

小麦抗旱性是受多因素影响的综合性状,不同

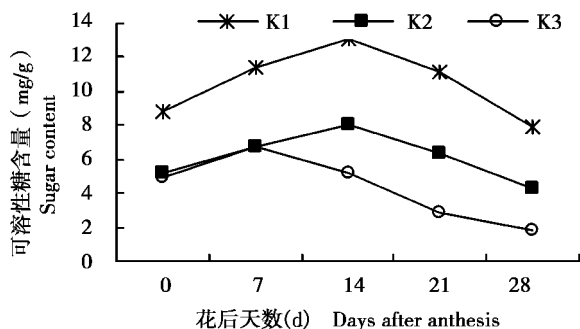


图5 不同抗旱性小麦旗叶可溶性糖含量变化

Fig 5 Change of flag leaf content of sugar on different wheat varieties

品种、不同生育阶段的抗旱机制可能不同, 研究不同生育阶段的生理生化代谢过程, 对于准确评价小麦抗旱性有重要的意义。本试验研究了花后不同抗旱性类型的小麦品种的生化指标的变化, 探讨了其抗旱性在开花期以后的生化机制。从本试验结果看, 17 个小麦品种 (3 种抗旱性类型) 旗叶 SOD、CAT、Pro、可溶性蛋白和可溶性糖含量变化趋势相似, 抗旱性强的小麦品种在花后其抗旱性生化指标含量明显高于其他 2 类品种, 随着水分胁迫的持续, 减少幅度也比较缓和, 能更好的抵御干旱对小麦的不良影响, 消除逆境伤害。对于 3 类小麦品种均值来看, 旗叶 SOD、CAT、Pro、可溶性蛋白和可溶性糖含量在一定时期内均可作为抗旱性鉴定的指标。从本试验结果看, 开花 7 d 后的 SOD 含量、花后 CAT 含量、花后 Pro 含量、开花 14 d 后的可溶性蛋白含量和可溶性糖含量能更好地区分小麦品种的抗旱性。但如何有效地在生产上利用这些生理生化指标还需要进一步深入研究, 以期寻找抗旱育种简单有效的方法提

供理论依据。

#### 参考文献:

- [1] 王育红, 吕军杰, 张 洁, 等. 旱稻抗旱性鉴定方法与指标研究——全生育时期抗旱性鉴定[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(4): 129–133.
- [2] 姚维传, 朱 靖. 安徽 11 个小麦品种抗旱性初步评价[J]. 安徽农学通报, 2001, 7(1): 41–42.
- [3] 陈红兵, 郭继虎, 王金胜, 等. 水分胁迫对小麦生化指标与抗旱性的关系[J]. 山西农业大学学报, 2000, 20(2): 129–131.
- [4] 刘桂茹, 张荣芝. 冬小麦抗旱性鉴定指标的研究[J]. 华北农学报, 1996, 11(4): 84–88.
- [5] 王娟玲, 陈爱萍, 李红玲, 等. 冬小麦品种抗旱特征特性研究[J]. 山西农业科学, 1996, 24(3): 10–13.
- [6] 冯彩平. 土壤干旱对冬小麦功能叶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.
- [7] 胡标林, 李名迪, 万 勇, 等. 我国水稻抗旱性鉴定方法与指标研究进展[J]. 江西农业学报, 2005, 17(2): 56–60.
- [8] 刘桂茹, 张荣芝. 小麦品种抗旱性鉴定指标与产量性状关系的探讨[J]. 河北农业大学学报, 1995, 18(1): 10–14.
- [9] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [10] 张灿军, 姚宇卿. 旱稻抗旱性鉴定方法与指标研究——鉴定方法与评价指标[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(3): 33–36.
- [11] Morgan J M. A Gene controlling differences in osmoregulation wheat Aust[J]. Plant physiol, 1991, 18: 52–58.