

小麦叶片 RuBP 羧化酶活性对湿害逆境的 响应能力及亲本效应分析*

曹 旻¹ 蔡士宾¹ 严建民² 朱 伟¹ 方先文¹

(¹江苏省农业科学院粮食作物研究所; ²原子能研究所, 江苏 南京, 210014)

提 要 用¹⁴C 同位素示踪法研究了6个小麦品种叶片的 RuBP 羧化酶活性对孕穗期湿害逆境的响应能力及其产量性状表现; 用完全双列杂交法测定了9个小麦亲本耐湿性的配合力。结果表明: 在孕穗期湿害逆境下, 不同品种间的 RuBP 羧化酶活性下降程度存在明显差异, 这种差异与主茎绿色叶片数和产量性状的变化相一致。配合力分析结果表明, 亲本之间一般配合力差异达极显著水平, 组合间特殊配合力效应存在显著差异, 说明小麦品种的耐湿性受加性效应和非加性效应共同控制, 以加性效应为主。根据一般配合力效应和特殊配合力方差, 评价了耐湿亲本在育种中的利用价值。

关键词 小麦品种; 耐湿性; 配合力; RuBP 羧化酶

长江中下游麦区小麦生育期间雨量充沛, 但分布不均, 多集中于拔节至成熟阶段。其中3~5月份平均降雨为224.3~626.5 mm, 占小麦全生育期降雨量的48.5%~82.9%^[1], 大大超过正常生长发育所需, 致使土壤严重渍湿进而减产。因此, 小麦的耐湿性已列为该区小麦育种的重要目标之一。

薄元嘉^[4]、汪宗立^[5]、佐佐木昭博^[10]曾分别在小麦不同阶段进行过湿处理, 研究湿害逆境对小麦生长发育及产量性状的影响, 指出小麦孕穗期为湿害的敏感期。曹旻^[3]和蔡士宾^[2]从品种资源的筛选鉴定入手, 提出了小麦孕穗期耐湿性鉴定的方法和指标, 筛选出一批耐湿性较好品种, 并通过受害性状间的相关性分析, 明确了叶片的相对受害率分别与主穗结实粒数和单株粒重的相对受害率呈极显著正相关。鉴于光合作用与小麦的产量间有密切关系, 本研究试图通过在湿害逆境下 RuBP 羧化酶活性变化及产量性状表现, 对小麦品种的耐湿性进行评价, 并同时耐湿性的配合力作一分析, 为合理选配亲本提供依据。

1 材料与方 法

1.1 供试品种

耐湿品种: 水里占(江苏江阴农家品种), 农林46(日本), Compton(美国), 中度耐湿品种: 西风(日本), Pato(阿根廷)和不耐湿品种: 宁麦3号(南京)、镇7853(镇江)和鄂麦6号(湖北), 浙宁选(本室材料)

1.2 试验方法

1.2.1 叶片 RuBP 羧化酶活性的测定 试验于1991~1992年, 在江苏省农科院灌排方便

* 江苏省应用基础研究资助项目

收稿日期: 1995-04-27, 收到修改稿日期: 1996-03-25

的网室水泥池进行, 随机区组设计, 3 次重复, 单行区, 行长 80 cm、行距 26.7 cm, 试验分正常灌水和淹水两种处理。在孕穗期连续过湿处理 25 天, 保持土层 0.5 cm 水层。处理开始起每隔 5 天于上午 10 时取各品种旗叶, 按吴光耀^[9]同位素法测定 RuBP 羧化酶活性。所用同位素为 0.2 M NaH¹⁴CO₃, 放射性比度为 2.5 × 10.5 BQ/ml。酶活性以单位毫克叶绿素同化¹⁴CO₂的 μmol 数表示。同时调查各处理参试品种的主茎绿色叶片数, 不足 1 片者以小数计算。

1.2.2 配合力测定 以 9 个耐湿性强弱不等的亲本按 Griffing 双列杂交方法 4 配制 36 个杂交组合。F₁ 和亲本采用随机区组设计, 3 次重复, 播种时间及方法均同上。处理结束后 10 天, 调查主茎绿色叶片数。资料分析以小区平均数为单位, 按固定模型估算供试品种的配合力效应。

2 结果与分析

2.1 湿害逆境下小麦叶片 RuBP 羧化酶活性的变化

过湿处理期间, 每隔 5 天取样测定各供试品种的叶片 RuBP 羧化酶活性。结果表明(图 1), 各品种的叶片在过湿处理 5 天, 绿色叶片状况还没有任何变化时, 用¹⁴C 同位素法测定的 RuBP 羧化酶活性, 品种间已有很大变化。随着处理时间的延续, 品种间差异的幅度增大。以水里占和宁麦 3 号为例, 淹水 25 天, 水里占的叶片 RuBP 羧化酶活性为对照的 88.6%, 宁麦 3 号为 54.2%; 淹水 25 天, 两者分别为 61.5% 和 12.9%; 研究结果显示, 农林 46。水里占在连续过湿逆境条件下, 叶片光合酶活性受湿害的影响较小, 这类品种的叶片 RuBP 羧化酶活性对湿害有一定的忍耐和适应能力, 西风 and Pato 其次, 宁麦 3 号和浙宁选则相反, 淹水时间

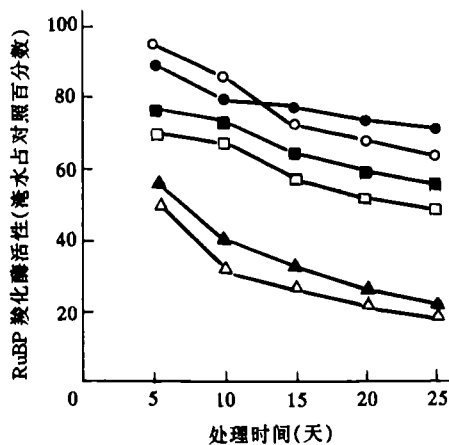


图 1 连续淹水处理下不同小麦品种 RuBP 羧化酶活性变化

Fig. 1 Leaf RuBPase activity in wheat varieties after continuous waterlogging.

注 Note: ● 水里占 Shuilizhan ○ 农林 46 Norin 46

□ 西风 Xifeng □ Pato

▲ 宁麦 3 号 Ningmai 3 △ 浙宁选 Zheningxuan

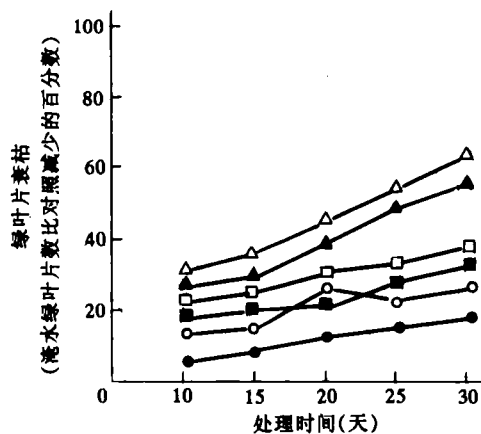


图 2 连续淹水处理下不同小麦品种主茎绿叶片的衰枯程度

Fig. 2 Withering degree of green leaves on main stems of wheat varieties after continuous waterlogging.

注: Note: 同图 1 Same as Fig. 1

愈长, RuBP 羧化酶活性下降愈甚。可见后二个品种对湿害反应较为敏感。

2.2 湿害对形态和产量性状的影响

2.2.1 主茎绿色叶片的衰变程度 淹水 10 天后, 低位叶开始退绿。此后每隔 5 天调查一次主茎绿色叶片数, 调查结果看出(图 2), 淹水处理的叶片退绿枯衰速度比对照快, 且品种间存在较大差异。农林 46 和水利占在淹水处理后, 其叶片退绿速度慢, 受湿害影响程度小; 西风、Pato 次之, 宁麦 3 号和浙宁选则相反, 淹水处理后, 叶片失绿现象严重, 叶片衰变速度快, 明显表现其耐湿性差。

2.2.2 产量构成因素的变化 湿害逆境对主穗结实粒数和千粒重产生较大的影响。主穗平均减少 11.2 粒, 比对照下降 24.3%。品种间受害程度有明显差异($F=13.85^{**}$), 宁麦 3 号的结实粒数几乎减半, 而农林 46 仅减少 6%。供试品种间千粒重的受害程度亦有明显差异($F=4.07^{**}$), 其中 Pato 的千粒重下降极小, 宁麦 3 号下降幅度很大, 比对照下降 34%。分析结果表明了在过湿逆境下农林 46 和水利占的相对受害率最小, 西风和 Pato 其次, 宁麦 3 号和浙宁选对湿害最敏感, 这一结果与湿害逆境下品种间 RuBPC 活性和叶片变化的趋势完全一致。

2.3 耐湿亲本的配合力效应分析

9×9 双列杂交亲本及 F_1 在过湿处理后的主茎绿色叶片数列于表 1。从表 1 看出: 参试亲本中, Compton 的主茎绿色叶片数最多, 达 2.4 张, 水利占次之, 为 2.0 张, 而宁麦 3 号, 镇 7853 和鄂麦 6 号的主茎叶片几全部枯衰, 耐湿和不耐湿亲本间差异明显。由它们配置的耐×耐组合 F_1 主茎绿叶片数超过双亲或偏向高亲; 耐×不耐亲本间所有组合的 F_1 主茎绿色叶片数均倾向耐湿亲本; 不耐湿×不耐湿组合 F_1 全部为不耐湿, 表明耐湿性呈显性遗传。

表 1 9×9 双列杂交 F_1 主茎绿色叶片数

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 Compton	2.4	2.2	2.2	2.2	2.3	2.0	2.3	1.8	2.0
2 水利占 Shuilizhan		2.0	1.9	2.1	1.5	2.0	1.4	1.6	2.0
3 农林 46 Norin 46			1.7	2.0	2.0	1.7	1.8	1.6	1.4
4 西风 Xifeng				1.8	1.3	2.3	1.5	1.8	1.8
5 Pato					1.5	1.5	1.4	1.2	1.6
6 浙宁选 Zheningxuan						1.6	1.1	1.6	1.3
7 鄂麦 6 号 Emai 6							0.3	0.1	0.8
8 镇 7853 Zhen 7853								0.2	0.7
9 宁麦 3 号 Ningmai 3									0.1

配合力方差分析结果表明, 亲本之间一般配合力差异达极显著水平 ($F=8.595$)。组合间特殊配合力效应亦存在显著差异 ($F=2.086$), 初步表明小麦品种耐湿性受加性和非加性效应共同控制, 以加性效应为主。

表 2 列出了过湿处理后参试亲本主茎绿色叶片的配合力效应和方差值, 在耐湿亲本中, Compton 的一般配合力最好, 水利占次之、农林 46 和西风处于第三位, 一般配合力效应都呈正向优势。宁麦 3 号、镇 7853 和鄂麦 6 号一般配合力效应值呈负向优势, 与耐湿品种的差异达显著水平。从特殊配合力效应值来分析, 耐×耐组合中仅少数为正向优势。而在耐×不耐组合中绝大多数为正向优势, 可以认为, 在选配亲本时, 以耐湿亲本与不耐湿丰产亲本杂交时, 可取得明显效果。

综合配合力分析结果, 可以认为, 在参试亲本中 Compton 和西风具有较好的一般配合力, 特殊配合力方差亦较大, 是理想的耐湿亲本; 水利占和农林 46 次之; 在不耐湿亲本中,

镇 7853 和鄂麦 6 号的一般配合力极小, 特殊配合力方差大。可在特定组合中利用; 而宁麦 3 号二者都小, 在耐湿性育种中, 利用价值较小。

表 2 参试品种主茎绿色叶片数的配合力效应和方差值

Table 2 Effects and variance of combining ability of green leaves on main stem of tested cultivars

	S. C. A.									Vs	G. C. A
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1 Compton		-0.3	-0.2	-0.2	0.2	-0.2	0.5	0.0	0.1	0.03	0.5 a
2 水里占 Shuilizhan			-0.2	0.0	0.2	0.1	-0.1	0.1	0.3	0.00	0.3 b
3 农林 46 Norin 46				-0.1	0.2	-0.2	0.4	0.2	-0.2	0.01	0.2 bc
4 西风 Xifeng					-0.6	0.4	0.1	0.3	0.2	0.07	0.2 bc
5 Pato						-0.2	0.2	0.0	0.2	0.04	0.0 cd
6 浙宁选 Zheningxuan							-0.1	0.3	-0.1	0.02	0.0 d
7 鄂麦 6 号 Emai 6								-0.7	-0.2	0.10	-0.4 e
8 镇 7853 Zhen 7853									-0.3	0.08	0.4 e
9 宁麦 3 号 Ningmai 3										0.01	-0.3 e

3 讨论

本试验表明, 耐湿性较强品种农林 46、水里占、西风在湿害逆境条件下, 叶片 RuBP 羧化酶活性下降较少, 处理 25 天, 酶活性仍为对照的 50% 以上, 而耐湿性较弱品种如宁麦 3 号受过湿逆境后, 其 RuBP 羧化酶活性只有对照的 10% 左右。说明在湿害逆境下 RuBP 羧化酶活性与品种耐湿性强弱密切相关。试验表明, RuBP 羧化酶活性变化趋势与绿叶片数的衰变趋势及产量性状的变化完全一致。因此可用短期淹水处理后测定叶片光合酶 RuBP 羧化酶活性变化, 对品种的耐湿性能作鉴定。试验结果进一步肯定了水里占、农林 46、Pato、西风具有较强耐湿性, 这一结果与曹旻等^[2, 3, 6]采用各种形态特性在过湿条件下的相对受害率评定品种的耐湿性结果相一致。

曹旻、蔡士宾等^[7]对上述供试品种进行了主要农艺性状的配合力效应估算, 探明了这些耐湿亲本的利用价值, 如农林 46 的每穗粒数的一般配合力强, 水里占的耐湿性居供试品种之首, 但其株高的一般配合力强, 后代中基本上不出现矮秆类型, 是单一的耐湿源, Pato 具较强的矮化能力, 千粒重的一般配合力高; 西风是一个矮秆、丰产性好、耐湿的优良亲本。可见这几个耐湿亲本在各自的主要性状上都具较高的一般配合力效应, 育种者可根据育种目标选配亲本, 以期获得较优效果。

根据严建民等^[8]的试验, 湿害逆境对根系的发育有直接影响, 不同品种的根系发育特性有所不同, 对湿害的反应存在着差异。以湿害处理 5 天后对根系的活力测定结果为例, 水里占和农林 46 分别为 1518 cmp/mg 和 1483 cmp/mg, 为各自对照的 88% 和 84%, 而宁麦 3 号的浙宁选根系活力为 571 cmp/mg 和 548 cmp/mg, 仅为对照的 41% 和 35%。品种间根系活力的差异随着淹水时间的延长而增大, 说明湿害逆境下根系活力与品种的耐湿性有密切关系, 因此根对缺氧的适应能力可能是耐湿性差异的最主要原因。随后, 地上部分必然出现叶片枯衰黄化、叶片 RuBP 羧化酶活性下降等现象。为了进一步明确品种耐湿性状的机理, 对于不同品种的根系发育特性及与地上部分特性的相关性等问题, 尚须开展系统深入的研究。

参 考 文 献

- 1 金善宝, 1983, 中国小麦品种及其系谱, 农业出版社, 北京, 100~101
- 2 蔡士宾、曹阳, 1990, 作物品种资源, 4, 27~28
- 3 曹阳、蔡士宾、吴兆苏等, 1990, 黑龙江农业科学, 4, 6~10
- 4 薄元嘉、吴自强、曹阳等, 1979, 江苏农业科学, 4, 14~18
- 5 汪宗立、丁祖性, 1981, 江苏农业科学, 4, 10~18
- 6 曹阳、蔡士宾、方先文等, 1993, 中国农业科学集刊, 1, 68~71
- 7 曹阳、蔡士宾、朱伟等, 1994, 中国农业科学, 27(6), 50~55
- 8 严建民、朱献猷、蔡士宾等, 1993, 核农学报, 7(4), 193~197
- 9 吴光耀, 1984, 植物生理生化实验(袁晓华等编), 高等教育出版社, 北京, 173~176
- 10 佐佐木昭博, 1984, 育种学杂志(日), 34(1), 79~86

Response of Leaf RuBPcase Activity to Waterlogging and Parental Effect Analysis in Wheat

Cao Yang¹ Cai Shibin¹ Yan Jianmin² Zhu Wei¹ Fang Xianwen¹

(¹ Institute of Food Crops; ² Institute of Application of Atomic Energy in Agriculture,
Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing, 210014)

Abstract Effects of waterlogging on leaf RuBPcase activity and yield components were studied in wheat with ¹⁴C traced technique. Genotypes differed greatly in decrease in leaf RuBPcase activity after 25 days of waterlogging at the booting stage. Norin 46 and Shuilizhan were insensitive to waterlogging while Ningmai 3 and Zhening Xuan were sensitive in the term of decrease in leaf RuBPcase activity. This difference was in agreement with changes in the number of green leaves on main stem and yield components.

Combining ability of waterlogging tolerance was studied by using diallele cross method 4 with 9 wheat genotypes. Results showed that general combining ability(G. C. A)among parents and their special combining ability(S. C. A)differed significantly. Therefore, waterlogging tolerance was governed by both additive and non-additive effects, with additive effect as the principal factor. Parents were evaluated for their values in breeding based on their effect of G. C. A. and variance of S. C. A.. Compton, Xifeng, Shuilizhan and Norin 46 were elite parents in breeding for waterlogging tolerance.

Key words Wheat; Waterlogging tolerance; Combining ability; RuBPcase activity