

小麦耐热性获得和耐热性表现关系的研究

陈希勇, 李亚军, 高增玉, 田胜民

(河北省农林科学院粮油作物研究所, 河北 石家庄 050031)

摘要:以 Seri82× Siete Cerros 重组近交系为供试材料, 采用电解质渗漏测定细胞膜热稳定性的方法, 对耐热性获得与大田生产条件下的耐热性表现的关系进行了研究, 发现供试材料幼苗相当热损伤率的变幅为 39.0%~75.8%, 基因型间在该性状上表现出显著的差异。在幼苗相对热损伤率和大田环境条件下耐热性表现的相关分析中, 发现相对热损伤率与大棚升温及第2播期的千粒重、穗粒重热感指数呈显著的正相关, 并和第2播期产量性状表现显著的负相关, 和升温处理的产量性状也表现出较高的负相关。研究认为细胞膜热稳定性是一个耐热性评价的理想生理指标。

关键词: 小麦; 高温胁迫; 耐热性; 相对热损伤率

中图分类号: S512.01 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2003)院庆专辑-0052-04

Relationship of Acquired Heat Tolerance and Performance of Heat Tolerance in Wheat

CHEN Xi-yong, LI Ya-jun, GAO Zeng-yu, TIAN Sheng-min

(Institute of Cereal and Oil Crops, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Science, Shijiazhuang 050031, China)

Abstract: Recombinant inbred lines(RIL) derived from spring wheat hybrid between Seri88 and Siete Cerros were used to study the relationship of heat tolerance and acquired heat tolerance in wheat. The electrolyte leakage test was conducted using seedlings exposed to 40 °C hardening for 48 h to study the relationship between acquired tolerance and performance of genotypes grown under two different field environments. Large genetic difference in relative injury (RI%) were observed among 25 genotypes, ranging from 39.0%~75.8%. The correlation of RI values with heat tolerance traits indicated that RI average values had a significant positive association with heat susceptibility index of 1 000 kernel weight and of kernel weight per spike, and a significant negative association with yield related traits under second sowing date environments, which indicated that membrane thermostability (MT) test was a useful screening method for the selection of heat tolerance genotypes of wheat.

Key words: Wheat; High temperature stress; Heat tolerance; Relative injury

自 Sullivan 从 20 世纪 70 年代开展耐热性方面的工作以来, 已利用电解质渗漏的方法, 对许多作物的耐热性进行了评价, 并发现在基因型间耐热性获得上存在广泛的变异。热锻炼在自然条件下也发生, 且大田条件下耐热性获得是作物耐热性的一个重要组成部分^[1], Blum 和 Ebereon 于 1981 年开展了大田条件下的耐热性获得的测定方法。Shanahan

J F^[2] 用控制环境的生长箱热锻炼小麦幼苗, 测定了幼苗的耐热性, 结果和大田耐热性的评价十分吻合。Sadalla^[2,3] 利用发芽的幼苗浸根进行热锻炼, 测定细胞的热稳定性, 发现该性状能够预测大田条件下的小麦耐热性表现。我国是高温胁迫危害面积较大, 且比较频繁的国家之一, 随着全球逐渐变暖, 势必对小麦生产产生更大的影响。该研究利用一套小

麦近交重组系为供试材料, 对耐热性获得的测定方法及其与大田条件下耐热性表现的关系进行了研究, 旨在为开展小麦耐热性的遗传研究和耐热性品种的选育奠定基础。

1 材料和方法

1.1 供试材料

Seri 82 和 Siete cerros 双亲及其 23 个重组近交系共计 25 个材料, 引进 CIMMYT。

1.2 试验设计

随机区组设计, 3 次重复, 行长 1.5 m, 行距 20 cm, 每行均匀点播 30 粒种子。

1.3 高温胁迫环境

1. 分期播种: 分 3 月 12 日(正常播期), 3 月 22 日(第 2 播期), 4 月 3 日(第 3 播期)和 4 月 13 日(第 4 播期) 4 个播期, 其中以正常播期代表非胁迫环境, 晚播代表高温胁迫环境; 2. 塑料大棚升温处理: 在小麦的子粒灌浆后期(05-20), 采用塑料大棚升温的方法, 对供试材料进行持续高温处理, 直至小麦成熟。

1.4 性状观察

田间观察生育期、成熟期。在各试验处理中随机选取 5 株, 室内测定株高、小穗数、不孕小穗、穗长、单株穗数、穗粒数、千粒重、单株产量以及地上部分干物重, 并按公式 $S = (1 - YD/YP)/D$, $D = 1 - YD/YP$; $GM = (YD \times YP)^{1/2}$, 计算每一基因型穗粒重和千粒重的热感指数和几何平均单株产量和几何平均穗粒重, 其中, S 表示千粒重或穗粒重的热感指数, GM 表示几何平均单株产量或穗粒重, YD 是基因型在热胁迫环境下的平均千粒重或穗粒重, YP 表示该基因在非胁迫环境下的千粒重或穗粒重; D 表示热胁迫强度, \overline{YD} 是全部基因型 YD 的平均值, \overline{YP} 为全部基因型 YP 的平均值, 并定义耐热性品种 $S < 1$, 热敏感品种 $S > 1$ 。

试验方法 膜热稳定性的测定参照 Saadalla^[3] 和孙其信^[5]。以小麦幼苗叶片的相对热损伤率(RI%)估测苗期植株耐热性获得的能力。具体测定方法略加改进, 测定步骤如下:

1) 各基因型取 50 粒均匀一致的种子, 均匀地摆在 50 cm × 10 cm 大小的长方形湿润滤纸上(种子胚朝下, 距滤纸下端 3.5 cm), 上面再盖一层滤纸并轻轻地卷为筒状, 置 17 °C 暗培养箱中发芽。

2) 当第一片真叶长出芽鞘 4 cm 时(发芽后 10 d 左右), 将卷筒移入 34 °C 恒温水浴箱中, 进行 48 h 热锻炼处理。这期间幼苗根部浸入水中, 上部用无

色透明有机玻璃罩盖住, 连续进行室内光照。

3) 每基因型幼苗分为 3 组, 各组选取 5 个大小相近的幼苗, 去掉幼苗叶片顶尖 1.5 cm, 再切取一段 2 cm 长的叶片放入试管, 立即用去离子水冲洗 3 ~ 4 次, 最后, 试管中加入 10 mL 的去离子水浸没叶片。

4) 将试管口用铝铂封住, 放入 49 °C 恒温水浴锅中高温处理 1 h, 取出冷却至室温, 再移入 15 °C 恒温培养箱中静置 20 h。

5) 取出放置至室温, 第 1 次测定电导率 T_1 。之后将试管放入高压锅内 125 °C 下处理 15 min, 以杀死所有细胞让电解质全部渗出。取出冷却至室温后将试管充分震荡, 第 2 次测定电导率 T_2 。

6) 用相对热损伤率表示细胞膜的热稳定性, 其计算公式: $RI(\%) = T_1/T_2 \times 100$ 。RI(%) 值越低, 则表示基因型耐热性愈强。

7) 为保证测定结果的可比性, 测定过程中均设置 TAM 101(耐热)和中国春(热敏感)两品种作为对照。

2 结果与分析

2.1 重组近交系的细胞膜热稳定性

细胞膜作为细胞和细胞器与环境隔离的一个界面结构, 是逆境最初的直接受体, 它既接受和传递环境信息, 又能对逆境作出反应, 而且对生物体的正常生理生化过程的稳定性作出反应。其中高温可直接使脂膜的温度特异相发生变化, 引起细胞的裂解。因此, 细胞膜结构的热稳定性可以反映出耐热性获得的能力。本研究借鉴 Saadalla 和徐如强的电解质渗漏的方法, 对 Seri82 和 Siete Cerros 及其由其衍生的重组近交系的细胞膜热稳定性进行了测定(表 1), 其中细胞膜热稳定性的大小用相对热损伤率 RI(%) 来表示。25 个供试材料相对热损伤率的方差分析结果表明(表 2), 基因型间在该性状上达到极显著的差异水平, 说明这套重组近交系材料, 在细胞膜热稳定性上存在显著的遗传变异。电解质渗漏测定的细胞膜热稳定性的方法能够反映基因型的差异。从重组近交系相对热损伤率的多重比较来看(表 3), 25 个基因型中的 RI(%) 变幅为 39.0 ~ 75.8。两个亲本中的 Siete Cerros 的 RI(%) 为 75.8, 表现为热敏感; Seri82 的 RI(%) 为 49.9, 表现为耐热, 双亲在耐热性获得上达到极显著的差异水平。重组近交系材料中, 有的表现近感热亲本, 如 L22, L14, L2, L4 和 L7 的 RI(%) 分别为 76.3,

75.3, 73.0, 72.7 和 71.7; 有的表现近耐热性亲本, 如 L13, L5, L9 和 L10, 其 RI(%) 分别为 47.4, 53.6, 54.3 和 57.0; 其余的重组近交系材料的 RI(%) 值在 60~70 之间, 属于中间类型。由此我们可以看出, 该套重组近交系材料的 RI(%) 性状不仅表现广泛的变异, 而且控制该性状位点的基因也进行了完全的分离和重组, 是耐热性遗传研究的理想材料。

表 1 小麦重组近交系的细胞膜热稳定性

基因型	RI(%)	基因型	RI(%)	基因型	RI(%)
L24	75.8	L21	69.6	L1	61.8
L14	75.3	L11	66.7	L10	57.0
L22	76.3	L20	67.3	L18	59.0
L7	71.7	L19	65.7	L9	54.3
L4	72.4	L17	64.2	L15	53.6
L2	71.5	L3	63.5	L23	47.4
L6	72.7	L16	61.6	25	49.9
L12	73.0	L13	61.0	L5	39.0
L8	72.2	Siet Cerros	75.8	Seri82	49.9

表 2 小麦重组近交系相对热损伤率 RI(%) 的方差分析

变异来源	DF	SS	MS	F	P
基因型	24	1926.5	80.27	7.2	0
重复	1	55.5	55.504	4.98	0.0352
误差	24	267.39	11.14		
总和	49				

表 3 供试材料细胞膜热稳定性与不同环境的产量性状及耐热性表现的相关分析

性状	正常环境	大棚生温	第 2 播期	第 3 播期	第 4 播期
单株产量	0.04	-0.21	-0.43*		
千粒重	0.11	-0.30	-0.52**	-0.23	0.23
穗粒重	0.08	-0.28	-0.44*	-0.28	0.23
GM 单株产量		-0.09	-0.34		
GM 千粒重		-0.11	-0.27	-0.13	0.23
GM 穗粒重		-0.16	-0.31	-0.24	0.21
S 千粒重		0.67*	0.60**	0.34	-0.12
S 穗粒重		0.59**	0.54**	0.32	-0.07

注: GM 表示几何平均数, S 表示热感指数

2.2 小麦细胞膜热稳定性与不同环境的产量性状及耐热性表现的相关分析

在经常受到环境胁迫的地区, 子粒产量的表现被广泛作为品种适应环境胁迫特性的指标。然而,

在胁迫环境条件下, 单位面积产量并非总是最适宜的选择的指标(Blum, 1988)。实验室内间接测定耐热性, 可以剔除大田及其他环境因子以及基因型发育时期差异的干扰, 而弥补大田鉴定的缺陷。从我们的结果看, 通过电解质渗漏的方法测定的细胞膜热稳定性性状, 可以反映供试材料基因型间的遗传变异。为了验证这个指标能否评价大田生产条件下小麦的耐热性表现, 我们对基因型的 RI 值和不同环境条件下的产量性状、几何平均产量以及千粒重和穗粒重的热感指数进行了相关分析(表 3)。从表中可以看出, 不同基因型的 RI 和正常环境条件下的产量性状不存在相关, 和借助塑料棚升温处理环境条件下的产量性状存在较大的负相关(没有达到显著水平); 而和第 2 播期的单株产量、千粒重和穗粒重均达到显著或极显著水平, 相关系数分别为 -0.43, -0.52, 0.44; 与第 3 播期和第 4 播期的产量性状的相关没有达到显著水平。RI 值和不同胁迫环境条件下产量性状的几何平均数的相关分析结果表明, 4 种高温胁迫环境的产量性状平均数均与 RI 的相关系数均未达到显著水平。4 个高温胁迫环境的热感指数与 RI 的相关分析显示, 升温处理和第 2 播期千粒重和穗粒重的热感指数和 RI 均成极显著的正相关, 相关系数分别为 0.67, 0.60, 0.59 和 0.54, 第 3 播期的热感指数和 RI 呈较高正相关(未达到显著水平), 在第 4 播期则成微弱的负相关。以上的分析结果可以说明, 通过电解质渗漏方法测定的细胞膜热稳定性, 是一个和热胁迫有关的生理性状, 和正常环境条件下的产量性状的表现不存在相关关系, 而在一定程度上可以反映大田生长的热胁迫环境条件下的产量潜力, 并能很好的预测基因型在实际生产环境条件下的耐热性表现。因此, 可以作为耐热性筛选的指标, 应用于耐热性资源的鉴定和耐热性品种的选育。

3 讨论

小麦生产受到植物遗传潜力和生长环境的限制, 而干旱、半干旱、热带和亚热带地区, 高温胁迫一直是小麦生产的质量和数量性的限制因素, 选育耐胁迫品种的困难是分离胁迫效应和缺乏适宜的筛选技术, 而实现这一目标的前提是必须具有有效的耐热性评价指标。采用自然条件下(如不同播期)能够提供一定强度的热胁迫环境, 也能客观反映基因型间耐热性的差异。但往往不能保证其他环境的一致性。因此, 能够准确反映大田生产条件下耐热性的

生理指标的研究显得非常重要。尽管高温的抗性涉及诸多复杂的耐热或避热机制, 但主要的生理损伤之一是生物膜。因此, 耐热性的大量研究都是采用电导仪测定细胞质的电解质的渗漏的方法, 来估测原生质膜的热损伤。从我们的研究结果看, 23 个重组近交系及其双亲的 25 个供试材料中, 基因型幼苗的相对热损伤率(RI%)的变幅为 39.0% ~ 75.8%, 基因型间在该性状上存在着显著的差异, 说明相对热损伤率作为细胞膜热稳定性的测定指标, 能够反映基因型间耐热性获得能力的遗传差异。幼苗相对热损伤率与大田生产条件下耐热性表现的相关分析中, 我们发现小麦幼苗的相对热损伤率与大棚升温处理和第 2 播期的千粒重、穗粒重热感指数呈显著的正相关, 并和第 2 播期的产量性状表现出显著的负相关, 和升温处理的产量性状也表现出较高的负相关。由此, 我们可以认为, 用电解质渗漏方法测定的小麦幼苗相对热损伤率, 不仅能够反映小麦耐热性获得能力, 同时也能反映大田生产条件下耐热性的表现, 可作为耐热性的一个筛选指标。同时也证明幼苗的耐热性获得和大田条件下的耐热性有着密切的关系。

参考文献:

- [1] 周人纲. 高温锻炼对小麦细胞膜热稳定性的影响[J]. 华北农学报, 1993, 8(3): 33-37.
- [2] Shanahan J F, Edwards I B, Quick J S, *et al.* Membrane thermostability and heat tolerance of spring wheat [J]. Crop Sci, 1990, 30: 247-251.
- [3] Sadalla M M, Quick J F, and Shanahan J F. Heat tolerance in winter wheat 1. Hardening and genetic effects on membranes thermostability[J]. Crop Sci, 1990, 30: 1243-1247.
- [4] Sadalla M M, Quick J F, Shanahan J F. Heat tolerance in winter wheat 2. membranes thermostability and field performance[J]. Crop Sci, 1990, 30: 1248-1251.
- [5] 孙其信. 异源细胞质对小麦耐热性的影响[J]. 北京农业大学学报, 1994, 20: 361-363.
- [6] Berry J A. Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants[J]. Ann Rev Plant Physiol, 1980, 31: 491-543.
- [7] Berry J, Bjorkman O. Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher[J]. Plants Ann Rev Plant, 1980, 31: 491-543.
- [8] Chen H H, Shen Z Y. Adaptability of crop plant to high temperature stress[J]. Crop Sci, 1982, 22: 719-725.
- [9] Chen H, Shen Z, Li P H. Adaptability of crop plants to high temperature stress[J]. Crop Sci, 1982, 2: 719-725.