

春小麦耐热性的筛选方法与指标\*

徐如强

(北京市植物细胞工程实验室, 北京 100081)

孙其信 张树榛

(中国农业大学植物遗传育种系, 北京 100094)

摘 要 利用 51 份春小麦材料对 3 种耐热性方法进行了研究评价。供试材料在田间通过晚播计算各基因型的穗粒重感热指数(Se) 或于籽粒灌浆期用塑料简棚进行遮盖处理并计算千粒重感热指数(Sg) 评价其耐热性; 而在室内采用膜热稳定性测定方法, 以相对热损伤率(RI%) 大小评价基因型的耐热性。相关分析表明: Se 在年际间和年份内的相关系数均呈极显著高度正相关( $r = 0.676^{**} \sim 0.757^{**}$ ), 从而具有较好的重演性; 而 RI% 与 Sg 呈显著正相关( $r = 0.328^{*}$ ) 说明基因型的膜热稳定性大小能在一定程度上较好地反映其田间的耐热性表现。上述方法指标将在今后的耐热性研究中具有一定的应用价值。

关键词 春小麦 耐热性 筛选方法

当今全球性气候正在逐渐变暖, 高温对我国主要农作物生产的不利影响将日趋明显, 今后应重视开展作物对高温的耐性或耐热性的遗传改良工作<sup>[1]</sup>。目前, 有关小麦的耐热性研究在国外逐渐增多<sup>[2, 11, 14, 15]</sup>, CIMMYT 已开始实施耐热性鉴定研究计划<sup>[2]</sup>; 而在国内尚很少有人研究。作者近几年在这方面进行了初步探讨。本文着重报道对春小麦耐热性鉴定方法指标进行的研究评价工作。

1 材料和方法

1.1 供试材料

采用 NPFP、881、352-35、Siete cerros 66(简称 S.C) 和中国春等 5 个春小麦品种(系) 及其同核异质系材料, 合计 51 份。其中, 除 S.C 及其同核异质系材料引自中科院遗传所外, 其余材料均引自武汉大学生物系。在北京地区正常播期条件下, 上述材料生长发育表现正常和稳定, 其株高和生育期情况(1993 年资料) 见表 1。此外, 已知 S.C 对光周期效应不敏感<sup>[3]</sup>。

1995-12-19 收稿。  
 \* 本研究得到霍英东教育基金会和国家自然科学基金资助。此工作在中国农业大学完成。

表 1 供试材料基本生育性状

同核异质系	株高 (cm)			出苗至开花天数(d)			出苗至成熟天数(d)		
	平均	变 幅	标准差	平均	变 幅	标准差	平均	变 幅	标准差
NPFP (n= 9)	68.6	62.3 ~ 81.0	5.9	58.8	58 ~ 61	1.1	83.1	83 ~ 84	0.3
881 (n= 10)	68.8	63.5 ~ 74.8	4.1	57.1	56 ~ 60	1.4	82.4	82 ~ 83	0.5
352-35 (n= 8)	72.0	64.3 ~ 78.5	4.2	57.5	56 ~ 59	1.1	82.6	82 ~ 84	0.7
S·C (n= 13)	71.7	62.2 ~ 82.8	4.6	59.8	59 ~ 61	0.6	83.2	82 ~ 85	0.7
中国春 (n= 11)	93.4	88.7 ~ 96.2	2.3	60.7	60 ~ 62	0.9	83.4	83 ~ 84	0.5

注: 1993 年 3 月 11 日(正常播种期)播种资料

1. 2 耐热性鉴定

1. 2. 1 田间直接鉴定 试验在中国农业大学科学园(北京, 39°48' N, 116°28' E, 海拔 31.5m)进行。51 份材料采用随机区组设计, 三次重复, 二行区, 行长 2m, 行距 0.25m, 行播量 30 粒, 人工均匀点播。于 1993 年 3 月 11 日(正常播期)、3 月 31 日、4 月 10 日和 1994 年 3 月 11 日(正常播期)、3 月 31 日共播种 5 期试验, 依次编号为 93N、93L<sub>1</sub>、93L<sub>2</sub>、94N、94L<sub>1</sub>。其中, 以正常播期试验环境代表非胁迫环境, 晚播试验环境代表热胁迫环境。此外还于 1994 年 3 月 11 日播种增设一个试验 94T, 并在籽粒灌浆期于 6 月 14 ~ 16 日连续 3 天用 0.1mm 厚无色透明聚乙烯塑料筒棚遮盖, 借助“温室效应”使棚内温度升高进行高温处理, 覆盖期间未出现“烧叶”或明显“逼熟”现象。

田间管理注意防治病虫害和除草, 并及时(喷)灌水以尽量避免干旱对试验结果的干扰。在两年试验期间, 未发现病、虫害。

田间观察记载各生育时期, 收获时在各试验处理小区选取 6 株代表性植株, 进行室内考种。考查项目包括: ①按常规法观测株高、单株穗数、穗粒数、每穗不育小穗数、千粒重等植株性状; ②参照张晓龙的种子吸胀法<sup>[6]</sup>, 测量 100 粒成熟干种子的体积和最大吸胀体积, 并按公式计算: 籽粒饱满度 = (成熟籽粒干体积 / 成熟籽粒最大吸胀体积) × 100%。其中最大吸胀体积表示籽粒最大库容。最后, 还用 30ml 量杯(ψ3.5cm)估测了种子容重。

基因型之间相对耐热性的大小用感热指数(S)表示, 并定义耐热品种 S < 1、热敏感品种 S > 1<sup>[9, 11]</sup>, 其计算公式:  $S = (1 - Y_D / Y_P) / D$ , 其中, Y<sub>D</sub>= 某一基因型在热胁迫环境下的平均千粒重或穗粒重; Y<sub>P</sub>= 该基因型在非胁迫环境或对照环境下的千粒重或穗粒重; D= 环境胁迫强度 =  $1 - \bar{Y}_D / (\bar{Y}_D: \text{全部基因型 } Y_D \text{ 的平均值}) / \bar{Y}_P (\bar{Y}_P: \text{全部基因型 } Y_P \text{ 的平均值})$ 。

1. 2. 2 室内间接鉴定 在室内测定各供试基因型的细胞膜热稳定性, 并以相对热损伤率(RI%)的大小表示。RI%值越低, 膜热稳定性越大, 表示基因型耐热性愈强。具体测定程序参照 Saadalla<sup>[6]</sup>, 并略加改进。

2 结果与分析

2. 1 温度条件

在北京地区小麦生产条件下, 春小麦正常播种季节一般为 3 月初, 其播种至成熟期间气温逐渐升高, 一般于 6 月中、下旬成熟。将 1993 和 1994 年春小麦生产季节月平均温度及同期常年温度数据列于表 2。从表 2 看出: ①播种至成熟期间气温逐步升高; ②1993 和 1994 两年的月

平均日均气温、日最高气温和日最低气温绝大多数比同期常年气温偏高; ③年际间、月份间气温变化较大。例如, 从日均温度看, 1993 年 3 月份气温( 7. 8 ) 高于 1994 年 3 月份气温( 5. 2 ), 但 4 月份气温 1993 年( 13. 8 ) 却明显低于 1994 年( 17. 1 ) 。

表 2 1993~1994 年( 北京) 春小麦生产季节月平均温度与常年(LT) 同期温度比较

月 份	日平均温度( )			日最高温度( )			日最低温度( )		
	LT	1993	1994	LT	1993	1994	LT	1993	1994
3	4. 5	7. 8	5. 2	10. 7	13. 3	10. 6	- 1. 0	2. 6	0. 0
4	13. 1	13. 8	17. 1	19. 6	19. 6	23. 2	6. 6	8. 3	11. 2
5	19. 8	21. 2	20. 9	26. 4	27. 3	26. 9	12. 7	14. 9	14. 9
6	24. 0	25. 0	26. 5	30. 2	31. 3	31. 1	17. 9	19. 6	21. 9
7	25. 8	24. 7	27. 5	30. 8	29. 4	32. 3	21. 5	20. 9	23. 3

注: LT 是 1951~1980 年气温平均值, 北京市气象台资料。

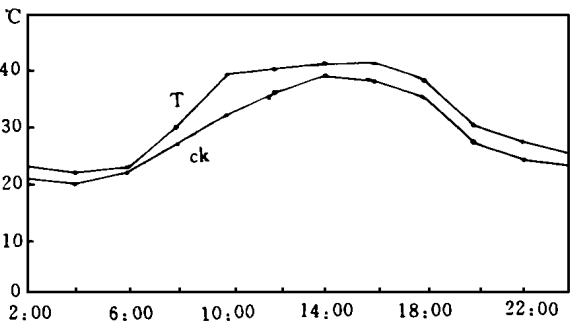
供试材料在连续两年各播期试验环境下, 均正常完成植株个体生长发育周期, 其在各试验环境下的平均生育时期及出苗至成熟期的平均温度见表 3。从表 3 看出, 两年期间的晚播试验环境的日平均温度、日最高温度和日最低温度均高于正常播期试验环境( 93N、94N) , 并且随播期推迟温度逐渐升高。从出苗至成熟期平均日均温度来看, 1993 年晚播试验 93L<sub>1</sub> 和 93L<sub>2</sub> 比其对照试验 93N 的环境温度( 19. 1 ) 分别高出 2. 7 和 3. 0 , 1994 年晚播试验 94L<sub>1</sub> 比其对照试验 94N 的环境温度( 21. 3 ) 高出 1. 0 。

表 3 供试材料在各试验的平均生育时期及其温度条件

试验	播种日期 ( 年/月/日 )	出苗期 ( 月/日 )	开花期 ( 月/日 )	成熟期 ( 月/日 )	出苗至成熟期平均气温( )		
					T <sub>a</sub>	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>
93N	93/ 3/ 11	3/ 27	5/ 25	6/ 22	19. 1	25. 2	13. 3
93L <sub>1</sub>	93/ 3/ 31	4/ 14	6/ 2	6/ 26	21. 8	28. 0	15. 8
93L <sub>2</sub>	93/ 4/ 10	4/ 19	6/ 10	7/ 3	22. 1	28. 1	16. 5
94N	94/ 3/ 11	4/ 1	5/ 26	6/ 26	21. 3	26. 9	15. 7
94L <sub>1</sub>	94/ 3/ 31	4/ 10	6/ 1	7/ 2	22. 3	27. 9	16. 8

注: T<sub>a</sub>、T<sub>max</sub>、T<sub>min</sub>分别表示日均气温、日最高气温和日最低气温

对试验 94T 麦田气温观测( 测定仪器离地面 35cm) 结果表明, 塑料筒棚处理与未处理麦田日最高气温相比可提高 2~4 。从附图筒棚内、外温度日变化曲线来看, 棚内气温一直高于棚外气温, 并且棚内气温从 8 00 至 10 00 时急剧升高至接近当日最高气温, 之后至 16 00 时一直维持较长时间的高温期( 曲线高峰比较平缓) ; 而棚外气温从 8 00 逐渐升高, 至 14 00 时达到当日最高气温, 以后则逐渐下降。这说明借助塑料筒



附图 塑料筒棚遮盖(T) 与未遮盖(ck) 麦田气温日变化比较(6 月 15 日测定)

棚处理可模拟大田生产条件下高温天气对小麦的热胁迫影响。

2.2 植株性状对高温的反应

将 51 个材料的 9 个考查性状在不同环境试验的平均值列于表 4。从表 4 看出, 与对照 (93N, 94N) 相比, 在较热的环境(晚播试验)条件下, 各性状的发育均受到不同程度的抑制, 具体表现为: 株高降低, 单株穗数和穗粒数减少, 千粒重下降, 籽粒体积变小、饱满度变差, 而每穗不育小穗数增加; 根据各性状在试验 93L<sub>1</sub> 和 93L<sub>2</sub>(即随播期推迟)的变化大小看, 其中单株穗数从 3.4 仅下降至 3.2 个, 而每穗不育小穗数却从 1.2 增加至 3.9 个、穗粒数从 46.6 减少至 29.3 粒, 说明后者(每穗不育小穗数和穗粒数)对温度升高的反应要比前者敏感得多, 而其余性状对温度的反应居于上述二者之间。

籽粒灌浆期发生的热胁迫主要影响籽粒性状的发育。供试材料在试验 94T 中的平均千粒重、容重、干籽粒体积、籽粒最大库容和饱满度等籽粒性状比 94N 依次下降 7.6%、2.9%、8.6%、4.5% 和 5.4%。

表 4 不同性状在各试验环境下的变化

试 验	株高 (cm)	单株 穗数	每穗不育 小穗数	穗粒数	千粒重 (g)	干籽粒体积 (ml/100 粒)	籽粒最大库容 (ml/100 粒)	籽粒饱满 度(%)	容 重 (kg/100L)
93N	75.3	4.3	0.5	50.2	31.3	2.54	4.13	61.5	73.79
93L <sub>1</sub>	69.0	3.4	1.2	46.6	24.9	2.13	3.89	54.8	70.02
93L <sub>2</sub>	63.1	3.2	3.9	29.3	20.5	1.74	3.39	50.4	63.33
94N	78.8	4.0	0.7	52.4	31.5	2.44	4.41	55.5	75.58
94L <sub>1</sub>	74.4	3.8	2.0	47.3	27.2	2.19	4.00	54.8	72.79
94T				53.2	29.1	2.23	4.21	52.5	73.40

2.3 感热指数与膜热稳定性

小麦的最终收获产物是籽粒, 其籽粒产量高低可综合反映生育期间的热胁迫及其耐热性; 而籽粒因在开花至成熟期形成, 小麦生育后期的热胁迫及其耐热性可根据千粒重的大小反映。但考虑到基因型之间的产量或千粒重(潜力)存在差异, 以及基因型的耐热性依热胁迫强度发生变化, 根据感热指数公式(见前文)计算其感热指数的大小(S 值), 能比较客观地反映出基因型之间的相对耐热性大小<sup>[9,11]</sup>。本研究根据平均穗粒重(穗粒重由穗粒数和千粒重换算求得)和千粒重计算各基因型的感热指数, 其分别表示全生育期和生育后期的耐热性大小。从表 5 各基因型在热胁迫环境 93L<sub>1</sub>、93L<sub>2</sub>、94L<sub>1</sub> 和 94T 中的感热指数可以看出: ①在同一胁迫环境下, 基因型之间 S 值的差异很大。93L<sub>1</sub>、93L<sub>2</sub>、94L<sub>1</sub> 和 94T 等 4 个环境下基因型之间 S 值的变幅依次为 0.09~2.34、0.42~1.63、0.00~2.86 和 0.00~4.29, 变异系数(CV%) 依次为 66.3%、31.4%、69.8% 和 92.5%。此外, 从变异系数和表 3 还可以发现, 胁迫强度越高即 D 值越大, S 值的变异系数越小, 这可能是因胁迫强度过高而掩盖了基因型之间的差异所致。因此, 在耐热性鉴定工作中需注意采用适度的胁迫强度; ②同一基因型在不同胁迫环境的 S 值均有一定变化。但若定义基因型 S<1 为耐热、S>1 为热敏感<sup>[9,11]</sup>, 则绝大多数基因型的 S 值变化趋势(耐热或热敏感)是一致的; ③同一环境下全部基因型 S 值的平均值接近于 1, 这与 Ehdaie 等<sup>[11]</sup>的研究结果一致; ④就本研究结果而言, 供试材料: (方穗山羊草)881、(拟斯卑尔脱山羊草)881、(偏凸山羊草)881、(野生二粒小麦)881、(栽培二粒小麦)881、(中国春)881、(方穗山羊草)352-

35(代号 20)、(偏凸山羊草) 352-35、(野生二粒小麦) 352-35、352-35、(柱穗山羊草 *Var. Albena*) S. C.、(栽培二粒小麦 *Khonli*) S. C.、(栽培二粒小麦 *Pseudomacrothrum*) S. C.、(高大山羊草) S. C.、(东方小麦) S. C 和(波斯小麦) S. C 比较耐热, 而中国春及其同核异质系材料表现热敏感。

细胞膜热稳定性是反映基因型在细胞水平上耐热性大小的指标之一。测定结果(表 5)表明, 51 份材料的膜热稳定性差异达极显著水平( $F = 36.48^{**}$ ), 其 RI% 值的平均值、变幅和变异系数依次为 69.4%、38.0% ~ 94.3% 和 18.7%。

## 2.4 相关分析

对两年各晚播环境之间的穗粒重感热指数进行相关分析表明, 年份间和年份内各晚播环境之间均呈极显著高度正相关, 93L<sub>1</sub> 与 93L<sub>2</sub> 以及 94L<sub>1</sub> 与 93L<sub>1</sub> 和 93L<sub>2</sub> 的相关系数依次为 0.757<sup>\*\*</sup>、0.686<sup>\*\*</sup> 和 0.676<sup>\*\*</sup>, 这说明采用晚播技术通过计算穗粒重感热指数鉴定或反映春小麦生育期的耐热性有很好的重复性而比较可靠, 从而使该方法指标具有较高的利用价值。

对基因型的 RI% 值与其感热指数(S) 进行的相关分析结果表明, 供试材料的 RI% 值与其在胁迫环境试验 93L<sub>2</sub> 中的感热指数呈正相关但未达显著水平, 相关系数为 0.212; 而与其在试验 93L<sub>1</sub>、94L<sub>1</sub> 和 94T 中的感热指数均呈显著正相关, 其相关系数依次为 0.411<sup>\*\*</sup>、0.318<sup>\*</sup> 和 0.328<sup>\*</sup>。上述结果说明, 基因型 RI% 值能在一定程度上较好地反映其在田间的耐热性表现, 即 RI% 值越低耐热能力愈强。

## 3 讨论

小麦属于喜凉作物, 较高的温度环境一般会对其生长发育产生不良的影响。据研究<sup>[1]</sup>估计, 到 21 世纪中期, 我国农业主产区气温平均可能上升 1.5<sup>°</sup>。根据本文 1993 和 1994 连续两年对春小麦的试验结果, 小麦种植在较高的温度环境条件下, 其一系列性状的发育均会受到不同程度的抑制, 即表现出高温对性状发育的热胁迫, 但这些性状对高温的敏感程度或反应有一定差异。其中就产量三因素而言, 较高的温度不利于分蘖的发生, 从而导致单株穗数减少, 但单株穗数并不随胁迫温度的升高发生很大变化; 而穗粒数和千粒重受温度的影响比较明显, 其中又以穗粒数对热胁迫的反应程度最大, 这与 Shpiler 和 Blum<sup>[4]</sup>以及 He Zhonghu 等<sup>[2]</sup>的研究结果一致。一般地讲, 籽粒的发育主要在开花后完成, 其主要受开花至成熟期高温的影响; 但 Evans<sup>[3]</sup>认为开花后的条件主要影响籽粒的灌浆, 籽粒贮积能力(“库”)则主要取决于开花前的条件。本研究结果表明生长季节较高的温度限制籽粒最大库容的形成, 并可使籽粒饱满度下降, 最终使成熟籽粒体积变小而不利于千粒重的提高。因此, 今后应注意小麦生育前期较高的温度环境对千粒重在生育后期进一步提高构成的限制性影响, 这在未来气候逐渐变暖的条件下, 认识高温对小麦生产的胁迫作用具有积极的指导意义。在目前的小麦生产中, 小麦生长发育后期尤其籽粒灌浆期经常出现短时间高温天气, 这类天气有时因气温很高或因与其它逆境因子互作(例如干热风天气), 能对植株的生长发育迅速产生明显的危害(例如“高温逼熟”)早已被人们<sup>[3]</sup>所认识。但在通常情况下, 人们又往往不易觉察或容易忽视高温对小麦生产的影响, 这是因为小麦的成熟过程是伴随气温的逐渐升高而完成的。根据本文研究, 在小麦籽粒灌浆期使用塑料筒棚对麦田进行遮盖处理, 发现 3~4 天的处理并未能对植株的(外观)生长表现造成明显影响, 却可使其千粒重下降 7.6%。由此不难看出, 小麦籽粒的发育对生育后期温度

表 5 不同基因型的相对热损伤率(RI) 及其在各胁迫试验环境下的感热指数(S)

基    因    型	93L <sub>1</sub>	93L <sub>2</sub>	94L <sub>1</sub>	94T	RI(%)
( 方穗山羊草)881	0.35	0.56	0.66	0.13	89.0
( 拟斯卑尔脱山羊草)881	0.87	0.72	0.51	0.10	66.1
( 柱穗山羊草)881	0.64	0.88	1.42	0.07	38.0
( 偏凸山羊草)881	0.89	0.85	0.50	0.25	77.0
( 易变山羊草)881	1.47	0.94	0.54	1.15	84.6
( 高大山羊草)881	0.76	0.61	0.66	1.38	58.2
( 野生二粒小麦)881	0.23	0.69	0.57	0.55	71.3
( 栽培二粒小麦)881	0.61	0.55	0.49	0.33	52.1
( 中国春)881	0.12	0.42	0.14	0.10	55.3
881	0.84	0.57	1.42	0.83	81.4
( 方穗山羊草)NPFP	0.86	1.02	0.80	2.24	50.0
( 拟斯卑尔脱山羊草)NPFP	1.34	0.76	0.66	1.45	84.3
( 柱穗山羊草)NPFP	1.61	0.99	0.31	4.29	84.5
( 偏凸山羊草)NPFP	0.64	1.06	1.26	0.12	74.5
( 易变山羊草)NPFP	1.99	1.20	1.20	0.23	78.6
( 高大山羊草)NPFP	1.16	1.14	0.86	0.57	43.7
( 栽培二粒小麦)NPFP	0.92	1.19	1.44	0.30	77.1
( 中国春)NPFP	1.06	1.04	0.88	1.26	75.5
NPFP	0.71	1.08	1.64	0.04	59.5
( 方穗山羊草)352-35	0.39	0.60	0.99	0.54	56.5
( 拟斯卑尔脱山羊草)352-35	0.09	0.67	0.86	1.70	65.0
( 偏凸山羊草)352-35	0.76	0.65	0.81	0.21	76.5
( 牡山羊草)352-35	0.90	1.37	1.60	0.65	55.0
( 野生二粒小麦)352-35	0.14	0.89	0.75	0.97	81.6
( 栽培二粒小麦)352-35	0.36	0.69	0.86	1.09	81.4
( 中国春)352-35	1.17	0.76	0.22	0.03	82.3
352- 35	0.86	0.66	0.36	0.73	51.3
( 方穗山羊草)S. C	0.62	1.22	0.24	1.09	44.7
( 粘果山羊草)S. C	1.01	0.99	0.29	0.85	52.7
( 栽培二粒小麦 <i>Pseudomacrothorum</i> )S. C	0.31	1.17	0.79	0.09	73.7
( 柱穗山羊草)S. C	0.87	0.91	0.24	1.30	69.6
( 簇毛麦)S. C	1.01	1.20	0.26	0.57	69.9
( 柱穗山羊草 Var. <i>Albena</i> )S. C	0.52	0.99	0.57	0.24	68.6
( 偏凸山羊草)S. C	0.85	1.07	0.75	0.19	65.3
( 高大山羊草)S. C	0.89	1.21	0.53	0.32	54.3
( 栽培二粒小麦 <i>Khonli</i> )S. C	0.46	0.89	0.59	0.36	75.1
S. C	0.41	1.08	0.06	0.50	57.5
( 斯卑尔脱小麦)S. C	0.24	0.95	0.84	1.08	72.5
( 东方小麦)S. C	0.60	0.64	0.26	1.51	60.5
( 波斯小麦)S. C	0.15	0.93	0.00	0.00	58.5
( 方穗山羊草)中国春	2.11	1.63	2.86	2.95	84.1
( 拟斯卑尔脱山羊草)中国春	1.86	1.49	1.10	2.99	83.9
( 沙伦山羊草)中国春	1.72	1.37	1.42	1.54	80.3
( 高大山羊草)中国春	2.21	1.44	1.70	2.19	72.2
( 栽培二粒小麦)中国春	1.66	1.43	1.54	1.85	72.7
( 离果山羊草)中国春	2.23	1.51	2.15	1.63	79.9
( 柱穗山羊草)中国春	2.27	1.49	2.46	2.60	71.9
( 粘果山羊草)中国春	2.34	1.43	1.79	2.32	94.3
( 粗厚山羊草)中国春	2.27	1.59	1.95	2.64	73.2
( 偏凸山羊草)中国春	2.21	1.53	1.73	2.57	70.7
中国春	2.30	1.47	2.43	1.47	83.4
平均值	1.04	1.02	0.96	1.06	69.4
胁迫强度( D)	0.245	0.594	0.215	0.076	

升高的不利影响是比较敏感的。据 Wiegand 等<sup>[7]</sup>研究,小麦灌浆期日均气温 15.8~27.7 范围内,温度每升高 1℃ 平均可使单粒重下降 2.8mg。此外尚值得一提的是,我国学者韩风山等<sup>[6,7]</sup>曾对我国北方小麦的“午睡”现象进行了研究,发现籽粒灌浆期存在明显的“午睡”现象,而午间高温是其重要起因这一,并估计因“午睡”可使小麦的生物学产量损失高达 30% 以上。因此,在我国小麦主产区“春末夏初气温高”的气候特点<sup>[3]</sup>条件下,有必要充分重视热胁迫对我国小麦高产和稳产构成的限制性危害,从而迫切需要开展小麦耐热性研究。

利用不同播期或季节研究春性小麦品种的耐热性已有报道<sup>[11]</sup>。Ehdaie 等<sup>[11]</sup>依据籽粒产量计算感热指数进行的研究表明,产量的感热指数(S)在环境间的变化有一部分品种较小,而另一部分品种较大,认为其原因是由于供试材料之间的开花期或成熟期的较大差异造成的。由于本研究采用的供试材料生育期差异较小,并根据其植株性状在胁迫试验环境中的变化选用了穗粒重感热指数作指标,发现绝大多数供试基因型在不同胁迫环境条件下该指数的变化趋势一致。进一步的相关分析表明,穗粒重感热指数具有较好的重演性,因而该方法指标对鉴定春性小麦品种在田间的耐热性表现具有一定的应用价值。最后,由于小麦的耐热性随其生长发育时期的不同而有所变化<sup>[8]</sup>,从而探讨鉴定某一特定时期,尤其籽粒灌浆期的耐热性有十分重要的意义。本文指出,利用塑料筒棚对麦田进行遮盖处理可达到模拟自然高温天气的效果,其鉴定结果能很好地反映出基因型之间的耐热性差异,这为今后开展此方面的研究提供了较可靠的简便方法。

利用实验室的方法鉴定耐热性,可排除大田环境因子之间的互作以及基因型之间生育时期的不一致等因素给测定结果造成的误差,目前仍是耐热性研究必不可少的手段。最近, Saadalla 等<sup>[6]</sup>经过详细研究建立了用于鉴定小麦耐热性的膜热稳定性测定程序,并证实该法测定结果能较好地反映小麦生育后期在田间的耐热性表现,这与本文通过对 RI 与感热指数的相关分析所得结论一致。由于该法比较简单易行,将在今后开展耐热资源的大量常规初步筛选工作中具有良好的应用前景。

## 参 考 文 献

- 1 金善宝主编. 小麦生态理论与应用. 杭州: 浙江科技出版社, 1992, 200~280
- 2 拉加拉姆等, 邹裕春等译. CIMMYT 的小麦育种. 成都: 四川科技出版社, 1994, 1~24
- 3 北方小麦干热风科研协作组. 小麦干热风. 北京: 气象出版社, 1988, 1~53
- 4 气候变化对农业的影响及其对策课题组. 气候变化对农业的影响及其对策. 北京: 北京大学出版社, 1993, 1~150
- 5 张晓龙, 等. 测定小麦种子饱满度的新方法. 作物学报, 1983, 9(2): 123~127
- 6 韩风山, 等. 小麦午睡原因的研究 I 大田生态因子与午睡的关系. 作物学报, 1984, 10(2): 137~143
- 7 韩风山, 等. 小麦午睡原因的研究 II 形成小麦午睡生态生理因素作用的综合分析. 作物学报, 1988, 14(4): 296~302
- 8 Al-Khatib K and Paulsen GM. Photosynthesis and productivity during high-temperature stress of wheat genotypes from major world regions. Crop Sci, 1990, 30: 1127~1132
- 9 Brucker PL and Froberg RC. Stress tolerance and adaptation in spring wheat. Crop Sci, 1987, 27: 31~36
- 10 Evans LT, et al. Wheat. In: Evans LT (Editor). Crop Physiology. Cambridge: Cambridge University Press, 1975, 101~147

- 11 Ehdaie B, et al. Differential responses of landrace and improved spring wheat genotypes to stress environments. *Crop Sci*, 1988, 28: 838 ~ 842
- 12 He Zhonghu and Rajaram S. Differential responses of bread wheat characters to high temperature. *Euphytica*, 1994, 72: 197 ~ 203
- 13 Midmore DJ, et al. Wheat in tropical environments I. Phasic development and spike size. *Field Crop Res*, 1982, 5: 185 ~ 200
- 14 Shpiler L and Blum A. Differential reaction of wheat cultivars to hot environments. *Euphytica*, 1986, 35: 483 ~ 492
- 15 Shpiler L and Blum A. Heat tolerance for yield and its components in different wheat cultivars. *Euphytica*, 1991, 51: 257 ~ 263
- 16 Saadalla MM, et al. Heat tolerance in winter wheat I. Hardening and genetic effects on membrane thermostability. Membrane thermostability and field performance. *Crop Sci*, 1990, 30: 1243 ~ 1251
- 17 Wiegand CL and Cuellar JA. Duration of grain filling and kernel weight of wheat as effected by temperature. *Crop Sci*, 1981, 21: 95 ~ 101

## Screening Methods and Indices of Heat Tolerance in Spring Wheat

Xu Ruqiang

( Beijing Plant Cell Bio-engineering Lab., Beijing 100081)

Sun Qixin Zhang Shuzhen

(Department of Plant Genetics and Breeding, China Agricultural University, Beijing 100094)

**Abstract** Using 51 genotypes of spring wheat, three screening methods and indices for heat tolerance were investigated and appraised in this study. In field, genotypes were postponed to plant or shedded with transparent plastic film in filling period. The susceptibility index of each genotype, based on ear-grain weight (Se) or 1000-grain weight (Sg), was calculated to evaluate its heat tolerance. Under room conditions, the membrane thermostability, expressed as relative injury (RI), of seedlings of each genotype was tested. Analysis of correlation showed that the correlated coefficients of Se between the years and within the years were positive and highly significant ( $r = 0.676^{**} - 0.757^{**}$ ), which indicated that Se was an indicator of good repeatability, and that the correlation between RI and Sg ( $r = 0.328^{*}$ ) was significantly positive, which indicated that the membrane thermostability of genotypes was a better response to heat tolerance in field in a certain degree. On the results above the methods used here were suitable for the identification of heat tolerance in spring wheat in the future.

**Key words:** Spring wheat; Heat tolerance; Screening method