

小白菜品系的耐热性鉴定

赵 索¹, 陈 丽², 周传余¹, 周 超¹, 徐 婷¹, 许 健¹, 董 扬¹

(1. 黑龙江省农业科学院 齐齐哈尔分院, 黑龙江 齐齐哈尔 161000; 2. 黑龙江省友谊农场林业科, 黑龙江 友谊 155800)

摘要:为筛选出耐热性好的小白菜品种(系),在人工气候箱模拟自然条件下对 36 份小白菜品种(系)进行高温胁迫处理,测定了热害指数、可溶性糖含量、SOD 活性及 MDA 含量的变化。结果表明:高温胁迫下小白菜的热害指数和各项生理指标均可作为小白菜耐热性评定的方法,综合利用此方法得到 5 个耐热好的小白菜品系,分别为小白菜品系 B、P05231、509B、BN-2542、X-8。

关键词:小白菜;耐热性;鉴定

中图分类号:S634.3

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2014)07-0086-06

小白菜 (*Brassica rapa* L. Chinensis Group.) 又名不结球白菜、青菜和油菜,十字花科芸薹属植物,种类繁多,是种植面积最大的快菜类蔬菜。在我国栽培十分广泛,多种植在长江流域及其以南地区。但是,由于南方地区夏季高温导致小白菜品质下降、口感苦涩、植株黄化、老化现象严重,其产量和经济效益明显下降。在高温胁迫下,植物体内一些生理指标会发生一系列的变化,包括细胞膜的膜脂过氧化加剧、SOD 和 MDA 等有毒物质不断的积累。试验研究了高温胁迫下小白菜生理指标的变化情况,以期筛选出耐热性好的小白菜品系。

1 材料与方法

1.1 材料

供试材料共 36 份,分别为 CK-1、QY2、B、JYBGB-1、SQB、P05231、P0519、JG3 #、日本青梗、KR1、509B、XG、XKB-6、DJ3、日本青梗 B-17、QX、孟-1、JPA、SF、MD7001、孟自交不亲和系、LD、4 # QG、BN-2542、XLX、TGB、青伏令、矮 B、京冠 6 号、特矮青 A3、X-8、AKQ、3 # QG、ZSHJ、JFK 和台南青梗。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 按土:营养土:蛭石为 2:2:1 的比例配置基质,穴盘育苗。随机区组设计,于 2012 年 4 月 4 日播种,4 月 7 日出苗,每孔仅保留

一颗小白菜幼苗,每份品种(系)20 株,3 次重复,苗龄 15~20 d 小白菜 7~8 片叶后移入 38℃/27℃(d/n)人工气候箱内进行高温胁迫处理 4 d,然后在 25℃/20℃(d/n)的条件下生长 2 d。

1.2.2 测定项目 高温胁迫后测定小白菜植株可溶性糖含量、MDA 含量及 SOD 酶活性^[1],在小白菜移出人工气候箱后调查幼苗热害指数。

热害指数 = $\left[\sum (\text{各级株数} \times \text{级数}) / \text{最高级数} \times \text{总株数} \right] \times 100$

热害级别分级标准为 0 级:无黄叶出现,没有热害现象;1 级:有 1 片黄叶出现;3 级:有 2 片黄叶出现;5 级:有 3 片黄叶出现;7 级:有 4~5 片黄叶出现;9 级:整株死亡。

2 结果与分析

2.1 高温胁迫下小白菜热害指数

由图 1 可知,不同小白菜品系间热害指数差异显著。其中 B、P05231、509B、孟自交不亲和系、BN-2542 品系、台南青梗、特矮青 A3、京冠 6 号、XLX 和 X-8 的热害指数低、相对较耐热。CK-1、SQB、SF、JPA、LD、3 # QG、4 # QG、JFK 和青伏令的热害指数相对较高、不耐热。

2.2 高温胁迫下小白菜 MDA 含量变化

从表 1 可知,处理前小白菜品系 MDA 含量 CK-1、JG3 #、KR1、DJ3、SF、LD、青伏令、3 # QG < AKQ、特矮青 A3、BN-2542、XLX、B、P05231、日本青梗 B-17、509B、XG < X-8 ($P < 0.05$);处理后台南青梗、京冠 6 号、BN-2542、P05231、XLX、B、特矮青 A3 及 X-8 等品种 MDA 含量下降。

收稿日期:2014-03-14

第一作者简介:赵索(1986-),女,黑龙江省齐齐哈尔市人,硕士,研究实习生,从事设施园艺与蔬菜生理生态研究。E-mail:zhaosuo_2007@126.com。

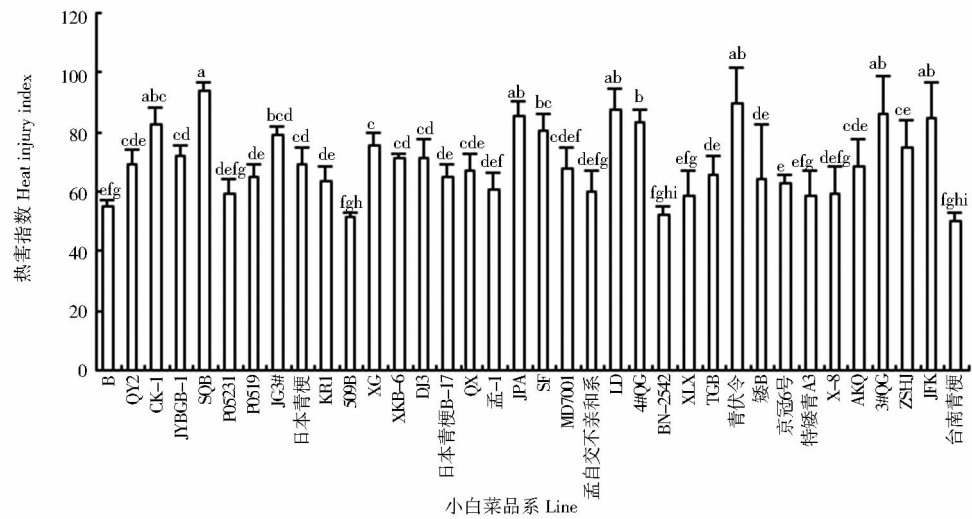


图 1 高温胁迫下小白菜的热害指数

Fig. 1 The heat injury index of *Brassica rapa* L. under high temperature stress

表 1 高温胁迫下小白菜 MDA 含量变化

Table 1 The change of MDA content of *Brassica rapa* L. under high temperature stress

品种(系)	MDA 含量/ $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ MDA content		
Varieties(lines)	0 d	2 d	4 d
CK-1	0.31±0.03 ghi	0.33±0.02 i	0.41±0.09 cd
QY2	0.51±0.03 cde	0.47±0.02 ef	0.51±0.05 b
B	0.58±0.04 bcd	0.41±0.10 fg	0.41±0.02 cd
JYBGB-1	0.56±0.06 cde	0.38±0.07 ghi	0.43±0.06 c
SQB	0.60±0.01 bc	0.58±0.10 ab	0.42±0.03 c
P05231	0.65±0.05 b	0.43±0.08 fgh	0.30±0.04 e
P0519	0.48±0.03 def	0.52±0.08 cde	0.37±0.09 cde
JG3 #	0.36±0.08 fghi	0.43±0.07 fghi	0.44±0.02 c
日本青梗 Japan Qinggeng	0.54±0.02 bcde	0.47±0.12 ef	0.52±0.09 b
KR1	0.33±0.13 g	0.49±0.04 def	0.27±0.05 ef
509B	0.55±0.06 bcde	0.48±0.03 ef	0.30±0.05 e
XG	0.55±0.07 bcde	0.31±0.02 j	0.42±0.05 c
XKB-6	0.44±0.09 ef	0.57±0.08 abc	0.42±0.09 c
DJ3	0.37±0.05 fgh	0.45±0.07 efg	0.41±0.10 cd
日本青梗 B-17 Japan Qinggeng B-17	0.45±0.04 ef	0.51±0.03 cde	0.26±0.04 ef
QX	0.47±0.04 def	0.53±0.03 bcdef	0.50±0.05 b
孟-1 Meng-1	0.40±0.01 efg	0.42±0.08 fghi	0.27±0.08 ef
JPA	0.51±0.03 cde	0.47±0.01 ef	0.85±0.02 a
SF	0.33±0.04 g	0.38±0.01 ghi	0.43±0.10 c
MD7001	0.52±0.05 cde	0.46±0.06 efg	0.34±0.03 de
孟自交不亲和系 Self-invompatible line	0.40±0.07 efg	0.55±0.09 bed	0.37±0.10 cde
LD	0.32±0.03 ghi	0.50±0.02 def	0.37±0.02 cde

续表 1

Continuing Table 1

品种(系) Varieties(lines)	MDA 含量/ $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ MDA content		
	0 d	2 d	4 d
4 # QG	0.51±0.08 cde	0.49±0.07 def	0.35±0.08 de
BN-2542	0.58±0.04 bcd	0.59±0.08 a	0.10±0.01 gh
XLX	0.56±0.01 bcd	0.54±0.06 bcde	0.26±0.03 ef
TGB	0.52±0.08 cde	0.41±0.07 fg	0.49±0.04 b
青伏令 Qingfuling	0.38±0.05 fgh	0.54±0.07 bcde	0.33±0.07 de
矮 B Ai B	0.49±0.01 de	0.51±0.08 cde	0.36±0.05 cde
京冠 6 号 Jingguan 6	0.57±0.02 bc	0.54±0.05 bcde	0.13±0.04 g
特矮青 A3 Teaiqing A3	0.66±0.12 b	0.36±0.03 hi	0.20±0.01 f
X-8	0.81±0.09 a	0.49±0.08 def	0.48±0.05 b
AKQ	0.65±0.05 b	0.29±0.08 jk	0.42±0.02 c
3 # QG	0.33±0.04 g	0.55±0.17 bcd	0.44±0.05 c
ZSHJ	0.48±0.09 def	0.56±0.09 abc	0.44±0.03 c
JFK	0.47±0.03 def	0.51±0.08 cde	0.36±0.07 cde
台南青梗 Tainan Qinggeng	0.41±0.01 efg	0.42±0.06 fghi	0.14±0.08 g

2.3 高温胁迫下小白菜 SOD 活性变化

从表 2 可知,处理前小白菜品系 SOD 含量孟自交不亲和系、特矮青 A3>B、DJ3、孟-1、日本青梗、XG、日本青梗 B-17>QX、JYBGB-1、JG3 #、KR1、XKB-6、MD7001、LD、4 # QG、TGB、矮 B>

CK-1、SQB、JPA、SF、青伏令、3 # QG、JFK ($P<0.05$);处理后青伏令、BN-2542、P05231、XLX、B、AKQ、XG、QX、JFK、509B、X-8、XKB-6、TGB、孟-1 等品种 SOD 含量升高。

表 2 高温胁迫下小白菜 SOD 酶活性变化

Table 2 The change of SOD activity of *Brassica rapa* L. under high temperature stress

品种(系) Varieties(lines)	SOD 活性/U SOD activity		
	0 d	2 d	4 d
CK-1	1.27±0.04 jkl	1.71±0.13 i	2.12±0.12 j
QY2	3.27±0.21 efg	3.78±0.13 defg	3.00±0.56 h
B	4.09±0.90 cde	5.00±0.36 bcd	5.08±0.07 e
JYBGB-1	3.00±0.04 fgh	3.07±0.30 f	2.21±0.41 j
SQB	0.94±0.25 l	2.42±0.23 h	2.76±0.93 hi
P05231	4.22±0.07 bcde	4.77±0.42 cd	6.99±0.16 b
P0519	2.23±0.33 hi	3.83±0.98 def	3.89±0.21 fgh
JG3 #	2.38±0.79 ghi	3.36±0.61 f	3.43±0.23 gh
日本青梗 Japan Qinggeng	3.39±0.67 e	3.02±0.27 fg	1.28±0.31 l

续表 2
Continuing Table 2

品种(系) Varieties(lines)	SOD 活性/U SOD activity		
	0 d	2 d	4 d
KR1	2.88±0.48 fghi	3.91±0.57 def	2.88±0.33 h
509B	4.78±0.43 bc	5.16±0.31 bc	6.13±0.19 c
XG	3.56±0.32 e	2.93±0.14 fg	6.00±0.32 cd
XKB-6	2.45±0.79 ghi	3.07±0.15 f	4.86±0.23 ef
DJ3	3.74±0.60 de	3.21±0.27 efg	2.60±0.80 hij
日本青梗 B-17 Japan Qinggeng B-17	3.41±0.22 ef	3.10±0.14 f	3.66±0.39 gh
QX	3.04±0.34 fgh	4.76±0.59 cd	6.79±0.13 bc
孟-1 Meng-1	3.85±0.79 de	5.60±0.34 b	7.99±0.22 a
JPA	1.21±0.30 jkl	1.97±0.17 hi	1.86±0.80 jk
SF	1.71±0.48 j	2.08±0.28 hi	1.19±0.05 l
MD7001	2.17±0.35 i	2.24±0.35 h	1.04±0.32 l
孟自交不亲和系 Self-incompatible line	5.39±0.11 a	4.47±0.67 d	4.79±0.23 ef
LD	1.76±0.45 j	2.84±0.10 fgh	2.62±0.21 hij
4# QG	1.75±0.39 j	2.12±0.39 hi	1.98±0.19 j
BN-2542	4.29±0.13 bcde	4.10±0.11 de	7.67±0.30 ab
XLX	4.89±0.03 bc	6.24±0.08 a	7.59±0.33 ab
TGB	2.18±0.16 i	2.88±0.46 fgh	3.70±0.09 gh
青伏令 Qingfuling	1.45±0.03 jk	3.81±0.30 def	3.68±0.14 gh
矮 B Ai B	2.28±0.16 i	3.99±0.07 de	4.45±0.12 efg
京冠 6 号 Jingguan 6	4.44±0.29 bcd	3.64±0.49 ef	3.49±0.05 gh
特矮青 A3 Teaiqing A3	5.27±0.11 ab	4.95±0.40 bcd	4.43±0.19 efg
X-8	4.35±0.18 bcd	5.23±0.01 bc	5.91±0.02 cde
AKQ	3.59±0.23 e	4.47±0.09 d	4.97±0.10 e
3# QG	1.16±0.19 kl	2.20±0.07 h	1.07±0.16 l
ZSHJ	4.88±0.29 bc	5.18±0.10 bc	4.28±0.89 efgh
JFK	1.37±0.30 jkl	2.95±0.42 fgh	4.03±0.10 efgh
台南青梗 Tainan Qinggeng	4.84±0.12 bc	4.44±0.16 d	4.21±0.36 efgh

2.4 高温处理下对小白菜可溶性糖含量影响

从表 3 可知,处理前小白菜品系可溶性糖含量 JFK、AKQ、XG、青伏令、ZSHJ>XLX、4# QG、SF、MD7001、日本青梗 B-17、孟自交不亲和

系、X-8、BN-2542、XKB-6、日本青梗、KR1>SQB、QX、孟-1、LD ($P<0.05$); 在处理后 P05231、BN-2542、X-8、509B、B、QY2、XKB-6、孟自交不亲和系及京冠 6 号可溶性糖含量升高。

表 3 高温胁迫下小白菜可溶性糖含量变化

Table 3 The change of soluble sugar content of *Brassica rapa* L. under high temperature stress

品种(系) Varieties(lines)	可溶性糖含量/ $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ Soluble sugar content		
	0 d	2 d	4 d
CK-1	2.83 ± 0.28 efg	3.66 ± 0.49 a	6.48 ± 0.05 f
QY2	2.74 ± 0.34 efg	5.29 ± 0.79 fg	9.60 ± 0.23 ab
B	3.17 ± 0.53 defg	6.30 ± 0.82 cde	9.44 ± 0.41 ab
JYBGB-1	2.78 ± 0.29 efg	3.35 ± 0.8 b	7.82 ± 0.64 cd
SQB	2.42 ± 0.40 g	4.92 ± 0.38 fgh	6.86 ± 0.73 def
P05231	3.41 ± 0.50 def	6.08 ± 0.37 c	9.67 ± 0.90 ab
P0519	3.47 ± 0.31 def	8.16 ± 0.39 c	7.31 ± 0.04 cd
JG3#	2.89 ± 0.23 efg	3.70 ± 0.16 ghi	7.74 ± 0.06 cd
日本青梗 Japan Qinggeng	3.66 ± 0.10 de	3.94 ± 0.10 fghi	6.18 ± 0.83 f
KR1	3.98 ± 0.17 d	4.10 ± 0.72 fghi	5.28 ± 0.28 h
509B	5.23 ± 0.18 bc	7.73 ± 0.82 cd	8.11 ± 0.43 bcd
XG	6.39 ± 0.31 a	4.94 ± 0.84 fg	7.42 ± 0.81 cd
XKB-6	3.70 ± 0.72 de	8.36 ± 0.64 c	9.74 ± 0.39 ab
DJ3	4.67 ± 0.37 bcd	6.81 ± 0.14 cdef	7.22 ± 0.13 cde
日本青梗 B-17 Japan Qinggeng B-17	4.22 ± 0.54 cd	7.54 ± 0.81 cd	8.11 ± 0.66 bcd
QX	2.58 ± 0.58 fg	4.04 ± 0.80 fghi	4.32 ± 0.29 i
孟-1 Meng-1	2.40 ± 0.47 g	8.68 ± 0.31 c	8.87 ± 0.68 b
JPA	3.34 ± 0.09 def	4.20 ± 0.22 fghi	5.00 ± 0.81 hi
SF	4.93 ± 0.64 c	4.86 ± 0.14 fgh	6.32 ± 0.36 f
MD7001	5.06 ± 0.57 c	7.16 ± 0.82 cdef	7.73 ± 0.35 cd
孟自交不亲和系 Self-incompatible line	4.03 ± 0.15 d	7.56 ± 0.30 cd	9.93 ± 0.29 ab
LD	2.53 ± 0.17 fg	5.93 ± 0.37 defg	7.51 ± 0.05 cd
4#QG	4.95 ± 0.30 c	5.18 ± 0.54 fgh	6.54 ± 0.90 def
BN-2542	4.19 ± 0.26 d	4.64 ± 0.48 fgh	8.65 ± 0.12 b
XLX	5.02 ± 0.60 c	4.57 ± 0.32 fgh	6.00 ± 0.02 fg
TGB	3.41 ± 0.13 def	5.01 ± 0.29 fgh	5.79 ± 0.47 gh
青伏令 Qingfuling	5.72 ± 0.44 b	5.31 ± 0.37 fg	5.50 ± 0.82 gh
矮 B	5.22 ± 0.07 bc	5.40 ± 0.60 fg	6.82 ± 0.46 def
京冠 6 号 Jingguan 6	3.26 ± 0.39 defg	6.30 ± 0.18 cdefg	10.82 ± 0.06 a
特矮青 A3 Teaiqing A3	3.17 ± 0.49 defg	7.30 ± 0.07 cd	8.67 ± 0.53 b
X-8	4.07 ± 0.31 d	4.08 ± 0.12 fghi	10.34 ± 0.17 a

续表 3
Continuing Table 3

品种(系) Varieties(lines)	可溶性糖含量/ $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ Soluble sugar content		
	0 d	2 d	4 d
AKQ	$5.76\pm0.31\text{ ab}$	$4.44\pm0.50\text{ fgh}$	$5.49\pm0.59\text{ gh}$
3#QG	$5.32\pm0.19\text{ bc}$	$4.97\pm0.74\text{ fg}$	$5.38\pm0.78\text{ gh}$
ZSHJ	$5.43\pm0.15\text{ b}$	$4.71\pm0.25\text{ fgh}$	$4.98\pm0.52\text{ h}$
JFK	$6.25\pm0.67\text{ a}$	$4.72\pm0.84\text{ fgh}$	$5.84\pm0.64\text{ fgh}$

3 结论与讨论

丙二醛(MDA)高活性的脂过氧化物,能交联核酸、糖类及蛋白质,逆境条件下在细胞中积累常导致细胞膜伤害。因此,MDA 被作为抗热性鉴定指标之一。李成琼^[2]等对 6 个甘蓝材料叶片 38~47℃ 高温胁迫 30 min 后植株叶片 MDA 含量迅速降低。刘维信^[3]等研究表明,不结球白菜经 38℃/28℃(d/n)高温处理 3 d 后,MDA 含量迅速降低。叶陈亮^[4]等对大白菜 SOD 活性的研究表明,在高温胁迫下,SOD 清除 O²⁻ 的活性提高。该试验结果表明 SOD 酶活性在处理活性显著性升高,说明试验中可以用 SOD 酶活性作为判定小白菜耐热性的一项生理指标。植物体内可溶性糖含量的多少,对细胞内部环境具有渗透调节作用并维持细胞膜的稳定性。宋洪元研究表^[5],高温处理后,耐热性的棉花品系幼苗具有较高的可溶性糖含量。

该试验小白菜品系在 38℃/27℃(d/n)的条件下高温处理,高温胁迫下小白菜的热害指数和各项生理指标均可作为小白菜耐热性评定的方法,利用此方法得到几个耐热的小白菜品系,分别为 P05231、BN-2542、X-8、509B 和 B。

参考文献:

[1] 郝再彬,苍晶,徐仲.植物生理实验[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2004.
[2] 李成琼,宋洪元,雷建军.甘蓝耐热性鉴定研究[J].西南农业大学学报,1998(4):298-301.
[3] 刘维信,曹寿椿.夏季自然高温条件下不结球白菜品种评价及相关性状的研究[J].山东农业大学学报:自然科学版,1993(2):176-182.
[4] 叶陈亮,柯玉琴,陈伟.大白菜耐热性的生理研究Ⅲ.酶性和非酶性活性氧清除能力与耐热[J].福建农业大学学报,1997,26(4):498-501.
[5] 宋洪元,雷建军,李成琼.植物热胁迫反应及抗热性鉴定与评价[J].1998(1):48-50.

Identification of Heat Resistance of *Brassica rapa* L.

ZHAO Suo¹,CHEN Li²,ZHOU Chuan-yu¹,ZHOU Chao¹,XU Ting¹,XU Jian¹,DONG Yang¹
(1. Qiqihar Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar, Heilongjiang 161006;2. Forestry Department of Heilongjiang Youyi Farm, Youyi, Heilongjiang 155800)

Abstract: In order to screen well heat resistance lines of *Brassica rapa* L., thirty-six lines were stressed with high temperature under simulating natural condition in artificial climate box, the heat injury index, soluble sugar content, SOD activity and MDA content were determined. The results showed that heat injury index and physiological index could be used for heat resistance identification of *Brassica rapa* L., and five well heat resistance lines were achieved including B, P05231, 509B, BN-2542 and X-8.

Key words: *Brassica rapa* L.; heat resistance; identification

(该文作者还有武琳琳、李馨园,单位同第一作者)