

## 菜心种子的活力及其品种耐热性鉴定

李光光, 黄红弟, 张华, 郑岩松

(广州市农业科学研究院, 广东 广州 510308)

**摘要:**以 6 个不同熟性的菜心品种为材料, 研究供试材料在不同条件下萌发的发芽率(*GR*)、发芽势(*GV*)、发芽指数(*GI*)、芽全长(*BFL*)、根长(*RL*)、芽鲜重(*WFW*)和根鲜重(*RW*)相对值的变化, 采用隶属函数法分析并筛选与热害指数显著相关的指标。结果表明: 42 °C 萌发 2 d 的 *GV*、*GR*、*GI*, 38 °C 萌发的 *GV*, 42 °C 萌发的 *BFL*, 42 °C 老化处理 4 d 的 *GV*、*BFL*、*RL*, 42 °C 老化处理 8 d 的 *GV*、*BFL* 等 10 项指标与热害指数呈显著负相关, 其相关系数分别为-0.837、-0.837、-0.824、-0.849、-0.964、-0.841、-0.842、-0.835、-0.867、-0.915。根据 10 项指标计算综合隶属函数值(0.021 ~ 0.986), 用最小距离法进行耐热性聚类分析, 6 份菜心可分为 3 类: 四九-19 号菜心和四九黄菜心为耐热类; 油绿 50 天菜心、油绿 501 菜心和油绿 701 菜心为一般耐热类; 特青迟心 4 号为极不耐热类。

**关键词:** 菜心; 种子活力; 耐热性; 热害指数

中图分类号: S634.5

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2013)01-0031-05

## Seed vigor and assessment for heat tolerance in different Chinese flowering cabbage cultivars

LI Guang-guang, HUANG Hong-di, ZHANG Hua, ZHENG Yan-song

(Guangzhou Institute of Agricultural Science, Guangzhou 510308, China)

**Abstract:** The effects of high temperature stress on seed germination, the germination rate(*GR*), germinating viability(*GV*), germination index(*GI*), bud full length(*BFL*), root length(*RL*), whole fresh weight(*WFW*), root weight(*RW*), in six different cooked Chinese flowering cabbage cultivars during harvesting time in heat stress plastic shelter have been investigated. The significantly related indicators are screened with the heat injury by the membership function method. The results show that 10 indexes, are significant negative correlation with the heat injury index, can be used to identify the heat resistance of Chinese flowering cabbages. It includes the *GV*, *GR* and *GI* under 42 °C for 2 d, the *GV* under 38 °C and *BFL* under for 4 d, the aging seeds' *GV*, *BFL*, *RL* under 42 °C for 4 d and *GV*, *BFL* under 42 °C for 8 d (incomplete sentence, don't know what to comment here). The heat tolerance of the tested 6 cultivars can be divided into three types by using the minimum distance method according to 10 indexes calculation comprehensive subordinate function value (from 0.021 to 0.986). The Sijiu-19caixin and Sijiu huang caixin are most heat-tolerant, Youlü 50 d caixin, Youlü 501 caixin and Youlü 701 caixin are general heat-tolerant, while Teqing chixin 4 is heat-sensitive.

**Key words:** Chinese flowering cabbage; seed vigor; heat tolerance; heat injury index

菜心(*Brassica campestris* L. ssp. *chinensis* var. *utilis* Tsen et Lee.)是十字花科芸薹属芸薹种白菜亚种的一个变种, 其风味独特, 是目前广东省栽培面积最大的主要市场供应蔬菜。菜心生长的适宜温度

为 20 °C, 但广东省每年夏季的田间温度可达 40 °C, 且昼夜温差小<sup>[1]</sup>。种子活力的大小决定于其对逆境的适应能力<sup>[2-7]</sup>。逆境下离体组织的耐羟脯氨酸含量变化可以作为筛选耐热性菜心的依据, 但单一指

收稿日期: 2012-11-12

基金项目: 广东省特色蔬菜现代产业技术体系(20120201); 广州市农业局招标项目(GZCQC1002FG08015); 广州市科技局支撑计划(2009Z1-E801)

作者简介: 李光光(1982—), 男, 湖北襄阳人, 硕士, 主要从事菜心杂种优势利用研究, 252590295@qq.com

标的应用在试验鉴定中缺乏普遍性<sup>[8-9]</sup>；因此，笔者采用综合隶属函数鉴定法，以菜心的热害指数为评价标准，研究菜心种子活力指标与其耐热性的关系，旨在筛选出能够鉴定菜心耐热性的指标，为耐热型菜心育种提供参考。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

选取目前生产面积较大的菜心品种6份：耐热性强的四九-19号菜心和四九黄菜心，耐热性一般的油绿501菜心、油绿50天菜心和油绿菜心701，耐热性较差的特青迟心4号。6份材料均由广州市农业科学研究院提供。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 逆境条件下菜心种子的发芽试验

利用垂直玻璃板法，在纸槽上将6份试验材料各均匀摆放100粒种子，放置在相对湿度70%~80%的人工气候培养箱中，在3种不同逆境条件下进行避光发芽试验。

1) 分别于25(CK)、33、38、42℃萌发，第2天调查发芽势，分别在第2、3、4天统计发芽率及随机测定10粒种子发芽的根长、芽全长、根重及全鲜重，并计算相对值。相对值=某项指标高温胁迫下的值/该项指标25℃下的值。3次重复。下同。

2) 先在25℃发芽1.5d，然后在25(CK)、33、38、42℃下处理1.5d，第4天统计发芽率，计算菜心的发芽势及发芽指数，随机测定10粒种子发芽的根长、芽全长、根重及全鲜重，并计算相对值。

3) 将干种子放在42℃、相对湿度70%~80%的条件下进行人工老化处理，分别取老化0(CK)、2、4、8d的种子，在25℃、相对湿度70%~80%的条件下发芽3d，随机测定10粒种子发芽的根长、芽全长、根重及全鲜重，并计算相对值，统计分析相对发芽势、发芽速率和发芽指数。

#### 1.2.2 菜心热害鉴定

6份材料于2011年7月播种，于苗期移栽到高温塑料棚中，各设3个重复，3d后调查高温下各材料的热害指数。热害指数按文献[10]的方法适当

改进后进行计算。热害指数= $\sum(X \times X_i) / (A \times N)$ ，其中， $X$ 为热害级数， $X_i$ 为 $X$ 热害级数下的植株数， $A$ 为最高热害级数， $N$ 为调查总株数。

### 1.3 数据分析

用SAS软件对6份菜心材料调查指标的相对值和热害指数进行相关分析，将显著相关的指标作为菜心耐热性的鉴定指标，并参照文献[11]计算各材料的综合隶属函数值，根据综合隶属函数值，用最小距离法对6份菜心进行聚类分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同萌发温度下菜心的热害指数

不同耐热温度下四九黄菜心、四九-19号菜心、油绿501菜心、油绿菜心701、油绿50天菜心、特青迟心4号的热害指数分别为0.416、0.421、0.582、0.656、0.660和0.791，耐热性由强到弱。单因子方差分析结果( $F=10.31$ 、 $P=0.0005 < 0.01$ )显示，不同菜心材料的耐热性在高温条件下存在极显著差异：四九黄菜心和四九-19号菜心的耐热性较强；中迟熟材料油绿50天菜心、油绿501菜心和油绿菜心701的耐热表现基本相同；特青迟心4号最不耐热。该结果与生产实际较为一致，可以用来评定菜心材料的耐高温情况；该结果也说明菜心的耐热性与其熟性有关。

### 2.2 菜心种子在不同温度下的萌发与其耐热性的关系

表1结果表明，菜心品种在第2天、42℃条件下的发芽势、发芽率(2d/42℃GR)和发芽指数的相对值与热害指数呈显著负相关；在第4天、38℃条件下发芽势的相对值与热害指数呈显著负相关；在第4天、42℃条件下芽全长的相对值与热害指数呈极显著负相关。以上结果表明，在上述条件下菜心种子的发芽势、发芽力及发芽指数所表现出的活力与菜心品种的耐热性呈正相关，由此可以推断出菜心品种的耐热性强弱。在33℃条件下，菜心品种萌发指标的相对值与热害指数之间无相关性，表明菜心种子在该温度下表现出的活力与在25℃条件下基本一致，表明该温度对种子萌发没有不利影

响,因此,在该温度下菜心种子的萌发指标不能用于菜心的耐热性鉴定。

相关分析结果表明,不同逆境下菜心种子萌发的根部形态特征与菜心的耐热性不存在相关关系。

表1 菜心种子在不同温度下萌发的活力指标相对值与其热害指数的相关系数

Table 1 Related coefficients between germination and heat injury index at temperature stress for Chinese flowering cabbages

萌发温度/℃	萌发时间/d	与热害指数的相关系数						
		发芽势相对值	发芽率相对值	发芽指数相对值	芽全长相对值	根长相对值	根重相对值	全鲜重相对值
33	2	-0.712	-0.715	-0.712	0.016	0.048	0.123	0.325
	3	0.566	-0.037	0.275	-0.693	-0.506	-0.507	-0.290
	4	-0.786	-0.775	-0.786	0.110	0.088	0.675	0.676
38	2	-0.451	-0.451	-0.445	0.063	0.016	0.244	-0.047
	3	-0.648	-0.727	-0.661	-0.793	-0.594	-0.672	-0.424
	4	-0.849*	-0.756	-0.795	-0.699	-0.531	-0.488	-0.281
42	2	-0.837*	-0.837*	-0.824*	0.545	0.284	0.572	0.704
	3	-0.521	-0.642	-0.598	-0.602	-0.618	-0.542	-0.441
	4	-0.760	-0.724	-0.787	-0.964**	-0.786	-0.785	-0.642

\* 和 \*\* 分别示处理与对照差异显著( $P < 0.05$ )和极显著( $P < 0.01$ )。下同。

### 2.3 菜心种子的萌发后活力与其耐热性的关系

表2 结果表明 6 份菜心品种在适温下萌发 1.5 d 后再转入不同温度中萌发 1.5 d,其萌发指标的相对值与热害指数之间的相关性不显著,这可能是不同

熟性的菜心种子萌发后在短时间内已经初步具有较强的抗逆性,各测量指标之间存在较为一致的表现,因此,在种子萌发条件下测定的各项指标不能用于菜心的耐热性鉴定。

表2 已萌发的菜心种子在逆境条件下的活力指标相对值与其热害指数的相关系数

Table 2 Related coefficients between temperature and heat injury index for germinated seed

逆境温度/℃	与热害指数的相关系数						
	发芽势相对值	发芽率相对值	发芽指数相对值	芽全长相对值	根长相对值	根重相对值	全鲜重相对值
33	-0.132	-0.242	-0.592	0.527	0.102	0.537	0.399
38	0.480	0.339	-0.540	0.572	0.458	0.774	0.215
42	0.098	-0.492	-0.714	0.452	0.456	0.544	-0.250

### 2.4 菜心种子的老化后活力与其耐热性的关系

表3 结果表明,菜心经 4 d 高温处理后的发芽势、芽全长、根长和经 8 d 高温处理后的发芽势、芽全长的相对值与热害指数呈显著负相关,说明老化处理对不同熟性菜心种子萌发的影响较大,在长时间(特

别是 4 d 及以上)高温处理下,菜心种子内部的活性已经显著下降;菜心种子经 2 d 高温处理后再在适温下萌发的活力与热害指数间无相关性,说明该处理下的菜心种子活力还没有下降,因此不能用于菜心的耐热性鉴定。

表3 菜心种子老化处理后的活力指标相对值与其热害指数的相关系数

Table 3 Related coefficients between seed germination days and heat injury index after heat stress treatment

老化处理时间/d	与热害指数的相关系数						
	发芽势相对值	发芽率相对值	发芽指数相对值	芽全长相对值	根长相对值	根重相对值	全鲜重相对值
2	-0.728	0.580	0.347	-0.532	-0.358	-0.156	0.204
4	-0.841*	-0.221	-0.648	-0.842*	-0.835*	0.114	0.188
8	-0.867*	0.566	0.106	-0.915*	-0.639	-0.633	-0.342

### 2.5 菜心耐热性的综合鉴定

6 个菜心品种有 10 项指标的相对值与热害指数

呈显著负相关,主成分分析结果表明,前 2 项综合指标的贡献率分别为 0.861、0.083,累计贡献率达

0.944。综合指标 1 的主要成分(贡献值)有 42 °C 萌发 2 d 的发芽势相对值(0.322)、发芽率相对值(0.322)、发芽指数相对值(0.320); 38 °C 萌发 4 d 的发芽势相对值(0.334), 芽全长相对值(0.332); 老化处理 4 d 的发芽势相对值(0.318)和老化处理 8 d 的发芽势相对值(0.334)、芽全长相对值(0.306)。综合指标 2 的主要成分(贡献值)有老化处理 4 d 的芽全长相对值(0.587)和根长相对值(0.510)。以上 10 项指标基本可以作为菜心品种耐热性的鉴定指标。

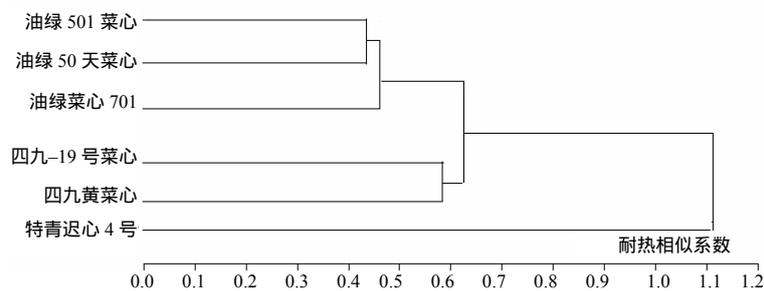


图 1 6 份菜心耐热性的聚类分析

Fig.1 Clustering figure depend on minimum distance method according to comprehensive membership function value in 6 Chinese flowering cabbages

### 3 结论与讨论

种子活力与种子成苗有一定的关系<sup>[12]</sup>。种子活力与其硬实程度<sup>[13]</sup>、大小、成熟度及遗传控制<sup>[14]</sup>有关,一般从常温<sup>[15]</sup>、逆境<sup>[16]</sup>和老化发芽法<sup>[17]</sup>三方面来测定试验材料的耐热性。种子萌发期的耐热性在高温条件下更能精确地得以体现<sup>[5]</sup>,但单一性的指标不足以表现出试验材料的特性,多个性状的综合评价尤为重要。

a. 不同温度下菜心种子萌发与菜心品种耐热性的相关性。菜心种子发芽的适宜温度为 25 ~ 30 °C,超过 35 °C 发芽缓慢。本试验结果显示,菜心种子 42 °C 萌发 2 d 的发芽势、发芽率、发芽指数以及 38 °C 萌发 4 d 的发芽势、42 °C 萌发 4 d 的发芽全长的相对值与苗期热害指数均呈显著负相关,这与对黄瓜<sup>[18]</sup>和对不结球白菜<sup>[9]</sup>的研究结果基本一致,说明 38 °C 及以上的高温处理能显著降低菜心种子的萌发活力,42 °C 条件对菜心种子活力的影响极为突出。这也与番茄种子在 32 °C 和 34 °C 高温条件下萌发时 34 °C 高温更能反映其耐热性的研究结果<sup>[5]</sup>

由于本试验中以菜心在高温下的热害指数作为筛选指标,所以,综合隶属函数值大的菜心的耐热性弱,值小的菜心的耐热性强。由综合隶属函数值得到 6 个菜心品种的耐热性由强到弱依次为四九-19 号菜心(0.021)、四九黄菜心(0.124)、油绿 50 天菜心(0.445)、油绿 501 菜心(0.452)、油绿菜心 701(0.586)、特青迟心 4 号菜心(0.986)。6 份试验材料分为 3 类:四九-19 号菜心和四九黄菜心为耐热类;油绿 50 天菜心、油绿 501 菜心和油绿菜心 701 为一般耐热类;特青迟心 4 号为极不耐热类(图 1)。

相一致。

b. 已经萌发 1.5 d 的菜心种子再于逆温条件下萌发,其发芽指标及种子形态特征指标的相对值与苗期热害指数没有相关性,这与不结球白菜萌发结果<sup>[2]</sup>基本一致。这可能是由于萌发后的菜心种子在发芽期已具有一定的抗逆性,各形态指标受高温影响所表现出的形态特征较为一致,从而在品种上表现不出差异。

c. 42 °C 老化处理 4 d 种子的发芽势、芽全长、根长和 42 °C 老化处理 8 d 的发芽势、芽全长的相对值也能较好地反应菜心品种的耐热性。用种子老化法测定种子的活力与品种的耐热性密切相关<sup>[2]</sup>,这在叶用莴苣的耐热性研究<sup>[7]</sup>中已得到证实。长时间老化处理后种子活力迅速下降,短时间老化处理则对种子活力影响不大<sup>[19]</sup>。

植物抗性是一个较为复杂的生物学现象,采用多个与抗性性状相关的指标进行综合评价是抗性鉴定中较为合理的方法,这已在对白三叶<sup>[20]</sup>、地被植物<sup>[21]</sup>、辣椒<sup>[22]</sup>等的研究中被证实。本试验中以菜心苗期高温下的热害指数为耐热性筛选指标,筛选

出了10个与菜心种子活力呈显著负相关的指标,由这些指标计算所得的综合隶属函数值与热害指数间的相关性达极显著( $P=0.008$ ), $33\text{ }^{\circ}\text{C}$ 是菜心种子萌发较为适合的温度,菜心种子的根重与全鲜重并不能体现菜心对高温逆境条件的适应性。6份菜心材料的耐热性可以分为3类,其中耐热性强的2份菜心品种为早熟类型,热敏性的为迟熟型,因此,耐热性较好的菜心品种选育应以早熟类型为主。

#### 参考文献:

- [1] 李植良,孙保娟,罗少波,等.高温胁迫下华南茄子的耐热性表现及其鉴定指标的筛选[J].植物遗传资源学报,2009,10(2):244-248.
- [2] 刘军,黄上志,傅家瑞,等.种子活力与蛋白质关系的研究进展[J].植物学通报,2001,18(1):46-51.
- [3] 张玉明.不结球白菜耐热性鉴定方法的研究[D].南京:南京农业大学,2000.
- [4] 苏秀红.不同紫茎泽兰种群耐旱与耐热性的评价及耐热性生理生化特性的研究[D].南京:南京农业大学,2005.
- [5] 王冬梅.番茄耐热性鉴定方法的研究及其种质资源的筛选鉴定[D].哈尔滨:东北农业大学,2003.
- [6] 李建建.高温胁迫对黄瓜幼苗生理生化特性影响及其生理机制的研究[D].兰州:甘肃农业大学,2006.
- [7] 韩良玉.叶用莴苣耐热性鉴定及鉴定指标的筛选[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2004.
- [8] 廖飞雄,潘瑞炽.热胁迫下菜心脯氨酸含量变化及其在耐热中的作用[J].华南师范大学学报:自然科学版,2001(2):45-49.
- [9] 刘燕燕,沈火林,刘以前.高温胁迫对不结球白菜幼苗生长及生理指标的影响[J].华北农学报,2005,20(5):25-29.
- [10] 贾开志,陈贵林.高温胁迫下不同茄子品种幼苗耐热性研究[J].生态学杂志,2005,24(4):398-401.
- [11] 聂文娟,孟焕文,程智慧,等.自然高温条件下黄瓜耐热性成株期鉴定技术研究[J].北方园艺,2010(20):22-25.
- [12] 徐本美.目前我国种子活力研究及应用的进展[J].种子,1986(6):8-11.
- [13] 曹帮华,翟明普,郭俊杰.不同硬实程度的刺槐种子活力差异性研究[J].林业科学,2005,41(2):42-47.
- [14] 孙群,王建华,孙宝启.种子活力的生理和遗传机理研究进展[J].中国农业科学,2007,40(1):48-53.
- [15] 顾增辉,徐本美,郑光华.测定种子活力方法的探讨:发芽的生理测定法[J].种子,1982(3):11-17.
- [16] 周爱清,罗顺.种子活力[M].北京:农业出版社,1990.
- [17] 徐本美,顾增辉,郑光华.测定种子活力方法探讨:人工加速老化[J].种子,1982(4):31-34.
- [18] 汪祖程.黄瓜耐热耐渍性指标鉴定及抗性材料筛选的研究[D].武汉:华中农业大学,2008.
- [19] 渠云芳,马金虎,贺润平,等.高温老化对两个玉米品种种子活力发芽指标影响的研究[J].中国农学通报,2006,22(2):156-159.
- [20] 张鹤山,陈明新,田宏,等.高温胁迫下白三叶种子萌发特性及耐热性研究[J].种子,2010(8):1-5.
- [21] 张朝阳,许桂芳.利用隶属函数法对4种地被植物的耐热性综合评价[J].草业科学,2009,26(2):57-60.
- [22] 徐小万,雷建军,罗少波,等.辣椒苗期耐热耐湿鉴定方法的研究[J].核农学报,2009,23(5):884-890.

责任编辑:王赛群

英文编辑:Edward ZHANG