

砧用南瓜种质资源耐热性鉴定及形态指标选择

李鹤¹, 郭世荣^{1,2}, 高攀¹, 邢雯雯¹, 束胜¹, 孙锦^{1,2}

¹南京农业大学园艺学院/农业部南方蔬菜遗传改良重点开放实验室/江苏省现代设施农业技术与装备工程实验室, 南京 210095;

²南京农业大学(宿迁)设施园艺研究院, 江苏宿迁 223800

摘要: 高温是制约黄瓜生产的重要非生物胁迫因子之一。黄瓜 (*Cucumis sativus* L.) 嫁接苗能够有效缓解高温胁迫危害, 但目前黄瓜嫁接砧木品种并不多。为此, 本研究收集了国内外 48 份砧用南瓜种质, 对萌发期和幼苗期进行高温处理 (38℃ 和 42℃), 通过 UPGMA 聚类分析, 鉴定其耐热性, 并筛选适宜的形态指标。共测定了 10 个性状 (发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数、株高、茎粗、全株鲜重、全株干重、壮苗指数、热害指数) 指标。结果表明, 48 份砧用南瓜种质耐热性在萌发期及幼苗期都可以分为 4 类。在 2 个时期皆表现出较耐高温的种质为日本绿霸和日本强力士; 对高温敏感的种质有 11 份。种子相对发芽势、相对发芽指数、相对活力指数以及幼苗相对干重可作为砧用南瓜种质资源耐热性鉴定的可靠指标。

关键词: 砧用南瓜; 耐热性; 种质; 形态指标

Identification for the Thermotolerance of Rootstock-used Pumpkin Germplasms and Selection for the Morphological Indexes

LI He¹, GUO Shi-rong¹, GAO Pan¹, XING Wen-wen¹, SHU Sheng¹, SUN Jin²

¹College of Horticulture, Nanjing Agricultural University/Key Laboratory of Southern Vegetables Genetic Improvement of Ministry of Agriculture/The Jiangsu Province Modern Agricultural Technology and Equipment Engineering Laboratory, Nanjing 210095;

²Facility Horticulture Institute, Nanjing Agricultural University (Suqian), Suqian Jiangsu 223800

Abstract: The rising global temperature has posed serious threat to the production of cucumber. Although cucumber grafted seedlings can reduce high temperature stress, there are not enough rootstocks of cucumber. In a search for thermotolerance and morphological indexes, we collected 48 specimen rootstock-used pumpkins from different regions. Those germplasms were treated with high temperatures (38°C and 42°C) at germination and seedling stages, respectively, and screened for thermotolerance using UPGMA cluster analysis. Ten indexes (i. e., germination rate, germination potential, germination index, vigor index at germination stage, plant height, stem thickness, fresh biomass, dry biomass, seedling index and heat injury index at seedling stage) were evaluated. The results showed that the thermotolerance of 48 accessions of rootstock-used pumpkin germplasm could be divided into 4 types at germination stage and seedling stage. In both development stages there were 2 moderately heat susceptible cultivars (samples Lvba and Qiang Lishi from Japan) and 11 heat sensitive cultivars. The relative value of germination potential, germination index, vigor index, dry biomass were credible indexes for identification.

Key words: rootstock-used pumpkin; thermotolerance; germplasm; morphological index

近年来, 随着温室效应日益加剧, 大气温度逐年升高, 高温已成为不利于植物生长发育的主要环境

因素之一^[1]。过高的温度会降低作物种子活力, 减慢或完全抑制发芽^[2], 限制植株的生长^[3], 甚至导

收稿日期: 2014-01-09 修回日期: 2014-02-21 网络出版日期: 2014-10-13

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20141013.2030.017.html>

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项资金资助 (CARS-25-C-03); 江苏省农业三新工程项目 (SXGC[2013]331)

第一作者主要从事蔬菜生理及设施园艺方面的研究。E-mail: 2012804143@njau.edu.cn

通信作者: 孙锦, 主要从事蔬菜生理及设施园艺方面的研究。E-mail: jinsun@njau.edu.cn

致死亡^[4]。黄瓜 (*Cucumis sativus* L.) 是葫芦科 (*Cucurbitaceae*) 的重要蔬菜作物, 原产于温暖地区, 喜温暖而不耐高温, 生长适宜温度为 25 ~ 30℃^[5], 夏季高温会使黄瓜幼苗的光合能力下降^[6]、花器官发育不良^[7]等。有研究表明, 利用嫁接栽培的方式能够提高黄瓜在高温环境中的生长适应性^[8-9], 如选用南瓜 (*Cucurbita moschata*) 作砧木进行黄瓜嫁接栽培, 可以显著提高黄瓜嫁接苗的抗高温能力^[10]。前人研究表明, 嫁接苗的高温耐性介于砧木与接穗之间^[11], 砧木的耐热性很大程度上决定着嫁接苗的耐热性^[12]。因此, 选择耐热砧木是嫁接苗在高温胁迫下生长良好的前提。

我国黄瓜嫁接绝大多数是选用南瓜作砧木^[13], 也许是因为南瓜作砧木的黄瓜嫁接苗的亲合性高于葫芦作砧木的黄瓜嫁接苗^[14], 产量高于瓠瓜作砧木的黄瓜嫁接苗^[15]。目前, 关于砧用南瓜种质鉴定的

研究多集中于高产^[16]和抗病^[17]方面, 李欣等^[18]发现白籽南瓜嫁接的黄瓜比黑籽南瓜嫁接的黄瓜产量高, Q. S. Al-Mawaali 等^[17]对砧用南瓜资源进行人工接种枯萎病菌试验, 筛选出 2 个抗猝倒病的品种。有关砧用南瓜耐热性研究的报道却很少。因此, 本试验搜集了国内外 48 份砧用南瓜种质材料, 通过测定高温胁迫下萌发期及幼苗期的性状指标, 鉴定其耐热性, 并筛选适宜的性状指标, 为黄瓜嫁接栽培中砧木的选择提供试验依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

通过生产与市场调研, 选择我国黄瓜嫁接栽培中常用的 48 份砧用南瓜种质 (表 1), 种子购自砧木繁育单位。

表 1 砧木材料及其来源

Table 1 The rootstock materials, and their origins

编号 Accession	品种 Cultivar	产地 Origin	编号 Accession	品种 Cultivar	产地 Origin
1	宝尔砧木	中国北京	25	日本井田台木	中国山东
2	昌砧铁龙	中国山东	26	日本绿霸	日本
3	大维 10 号	中国辽宁	27	日本强力士	日本
4	大维 17 号	中国辽宁	28	日本青藤台木	中国山东
5	大维 3 号	中国辽宁	29	日本秀丽	日本
6	大佐台木	中国山东	30	日本雪松	日本
7	东方正大旗舰	中国甘肃	31	日本砧木王	日本
8	东洋神力	中国山东	32	神力 1 号	中国山东
9	丰亿真亮	中国辽宁	33	神砧	中国河北
10	奉煌一号	印尼	34	胜利 (黄)	日本
11	荷兰速腾	荷兰	35	胜利 (白)	日本
12	黑南瓜籽	中国山东	36	台丈夫 F ₁	中国辽宁
13	佳合台木	日本	37	卧底龙	中国辽宁
14	金刚 1 号	中国北京	38	新青砧木	中国新疆
15	金优台木	中国山东	39	一辉 F ₁ (强力土佐)	中国辽宁
16	京欣砧 5 号	中国甘肃	40	战神砧木	中国辽宁
17	昆仑	日本	41	正大魔力	印尼
18	力王台木	中国山东	42	子木川秀	中国山东
19	亮光黄瓜专用砧木	中国辽宁	43	中原冬生	中国新疆
20	强力冠军	日本	44	中原强生	中国新疆
21	强力一闪	日本	45	中原共生新一代	中国新疆
22	强势台木	中国山东	46	JAP 魔根砧木 F ₁	中国辽宁
23	日本根力神	中国山东	47	鸳鸯藤	印尼
24	日本金秀台木	日本	48	黑籽南瓜	中国山东

1.2 试验方法

1.2.1 发芽期耐热性鉴定 挑选均匀饱满的南瓜种子,置于55℃温烫水中消毒20 min,期间不断搅拌,待水温降至室温后,浸种10 h。在直径为12.5 cm的培养皿内铺放双层定性滤纸,用蒸馏水浸湿。浸种后每个品种取30粒种子平放于培养皿内,分别置于26℃(对照)和38℃(高温处理)的智能人工气候箱(RXZ,宁波江南仪器厂)内进行发芽,试验重复3次。种子发芽期间保持气候箱内黑暗,相对湿度均为80%,并不定时向培养皿内补充相同温度的蒸馏水,使滤纸始终处于湿润状态。

1.2.2 幼苗期耐热性鉴定 幼苗期耐热性鉴定试验于2013年5月在南京农业大学牌楼试验基地进行。南瓜种子在26℃下催芽后,播种在15孔穴盘内,每穴1粒,每品种播种4盘共60株。种子破土后,置于光周期为14 h(昼)/10 h(夜)、温度为25℃(昼)/15℃(夜)、光照强度为400 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 、相对湿度为70%的智能人工气候室(宁波江南仪器厂)内培养。定期用自来水补充基质水分。育苗基质为蔬菜专用,由镇江培蕾基质科技发展有限公司提供,基质的基本理化性状为:总养分含量(N + P₂O₅ + K₂O)2.8%,水分含量(游离水)30%,有机质含量(干基)28%,pH值6.4,容重0.24 g/cm³,总孔隙度65%,EC值1.6 ms/cm²。

当南瓜幼苗长至2叶1心时,将每个品种1/2的幼苗(2盘30株)移入另一人工气候室内,设置温度为42℃/32℃^[19](高温处理),另一半仍然培养在25℃(昼)/15℃(夜)的人工气候室内(对照)。除温度环境不同外,高温处理和对照的其他环境条件相同,均为光照强度为400 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 、相对湿度为70%。高温处理20 d后,取处理组和对照组幼苗统计热害指数,测定生长指标。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 发芽期测定指标及方法 每天记录发芽数,当胚根突破种皮超过2 mm时记为发芽,连续2 d种子发芽数不变时结束调查。用直尺测量胚根长度(mm),即种子尖端至芽尖的距离。计算种子发芽率、发芽势、发芽指数及种子活力指数^[20]。

1.3.2 幼苗期测定指标及方法 热害指数分级标准^[21]为0级:无热害症状;1级:1~2片叶变黄;2级:全部叶变黄;3级:1~2片叶萎蔫;4级:整株萎蔫枯死。记录每品种的主要级数即为该品种的热害

指数。

测量未死亡植株的株高、茎粗、全株鲜重、全株干重,并计算壮苗指数^[22],壮苗指数 = 全株干重 × 茎粗/株高。

1.4 数据统计与分析

采用与对照数据的相对值,可以消除种质本身的差异^[23]。因此,除热害指数外,其他各指标均按下式计算:某指标相对值 = (某指标高温处理下的数值/常温对照的数值) × 100%。所有数据利用SPSS 20.0计算平均值、标准差和变异系数,并分析数据的差异显著性($P < 0.05$)。利用NTSYSpc 2.11软件,对均值进行标准化处理,采用非加权算术平均法(UPGMA, unweight pair-group method with arithmetic means)进行聚类分析,绘制树状聚类图,并对发芽期及幼苗期形态学指标的平均分类距离矩阵的相关性进行Mantel检验,通过相关系数判定2个时期聚类结果的一致程度^[24]。

2 结果与分析

2.1 发芽期砧用南瓜种质耐热性鉴定

不同砧用南瓜种质之间的相对发芽率、相对发芽势、相对发芽指数和相对活力指数均存在显著差异(表2)。其中,18号种质的萌发期所有指标均显著高于其他种质,表现出极强的耐热性;而9、12、14、19、32、36、38、40、45、46、47、48号种质在38℃处理下没有萌发,表现为对高温极为敏感。除此之外,5、7、8、16、39、42号种质的相对发芽率较高,26、27、35号种质的相对发芽势较高,16、26、35、39、42号种质的相对发芽指数较高,27、39、42号种质的相对活力指数较高。发芽期的4个指标均具有较高变异系数,皆超过100%,可以表现出不同种质间耐热性的差别。其中,种子相对活力指数的变异系数最大(163.23%),说明相对活力指数在不同种质间差异较大。

高温胁迫下,萌发期各指标进行UPGMA聚类分析的结果(图1)表明,48份种质的萌发期耐热性共分为4类。I. 耐高温种质:18号;II. 较耐高温种质:26、27、35号;III. 高温较敏感种质:1、5、7、8、15、16、23、24、25、39、42号;IV. 高温敏感种质:2、3、4、6、9、10、11、12、13、14、17、19、20、21、22、28、29、30、31、32、33、34、36、37、38、40、41、43、44、45、46、47、48号。

表 2 高温处理下砧用南瓜种子发芽指标的相对值

Table 2 Relative value of the germination index under high temperature

编号 Accession	相对发芽率(%) Relative germination rate	相对发芽势(%) Relative germination potential	相对发芽指数(%) Relative germination index	相对活力指数(%) Relative vigor index
1	37.04 jk	613.64 hi	55.94 ij	84.47 def
2	7.14 lmn	53.57 tu	8.43 pq	1.53 jk
3	16.67 lmn	157.89 pq	20.56 mnop	11.87 ijk
4	37.04 jk	83.33 st	22.19 mnop	4.83 jk
5	96.67 ab	575.00 j	70.13 gh	31.34 hij
6	13.33 lmn	187.50 p	16.46 nop	6.78 jk
7	90.91 bcd	579.55 ij	87.83 e	51.16 gh
8	81.48 bcde	625.00 h	68.64 ghi	26.12 hijk
9	-	-	-	-
10	25.00 klm	150.00 pqr	30.19 lmn	10.59 ijk
11	45.00 ij	288.46 n	40.13 kl	16.92 ijk
12	-	-	-	-
13	4.17 mn	31.25 uv	5.40 pq	0.02 jk
14	-	-	-	-
15	75.00 def	710.53 f	91.21 de	59.59 fg
16	93.33 bc	750.00 e	105.33 c	31.72 hij
17	9.09 mn	68.18 tu	12.11 pq	0.32 jk
18	110.53 a	3150.00 a	174.15 a	276.59 a
19	-	-	-	-
20	25.00 klm	112.50 rs	15.20 op	2.53 jk
21	33.33 jk	259.62 no	45.28 jk	10.33 ijk
22	4.76 mn	53.57 tu	7.62 pq	0.27 jk
23	66.67 efg	500.00 k	81.30 efg	20.32 ijk
24	58.62 ghi	510.00 k	56.31 ij	43.56 ghi
25	66.67 efg	750.00 e	73.88 fgh	35.52 ghij
26	77.78 cde	1050.00 d	140.74 b	85.03 def
27	45.00 ij	1125.00 c	84.16 ef	106.49 cd
28	47.83 hij	115.38 rs	40.64 kl	17.67 ijk
29	7.14 lmn	375.00 l	12.73 pq	6.79 ijk
30	8.33 lmn	125.00 qr	16.36 nop	14.54 ijk
31	60.71 fgh	409.09 l	62.20 hi	77.41 ef
32	-	-	-	-
33	25.00 klm	375.00 l	29.92 lmn	12.82 ijk
34	25.00 klm	333.33 m	31.11 lm	26.03 hijk
35	78.57 cde	1500.00 b	104.07 cd	98.69 de
36	-	-	-	-
37	25.93 kl	138.89 qr	19.01 mnop	6.94 jk
38	-	-	-	-
39	86.67 bcd	722.22 ef	101.35 cd	125.12 c
40	-	-	-	-
41	11.11 lmn	150.00 pqr	14.32 opq	16.62 ijk
42	89.66 bcd	672.41 g	93.59 cde	150.56 b
43	26.67 kl	230.77 o	27.51 lmno	19.56 ijk
44	14.29 lmn	125.00 qr	20.24 mnop	8.52 jk
45-48	-	-	-	-
平均值 Average	33.69	367.85	39.30	31.23
标准差 SD	33.73	531.44	41.81	50.98
变异系数(%) CV	100.14	144.47	106.40	163.23

小写字母表示 $\alpha=0.05$ 水平差异显著性,下同。“-”为高温处理致使种子未萌发,未测得数据,即认定为高温敏感型品种

The small letter stands for significant difference at 0.05. The same as below. “-” is that high-temperature treatment resulted in seed not germination, data not measured, which identified as heat susceptible species

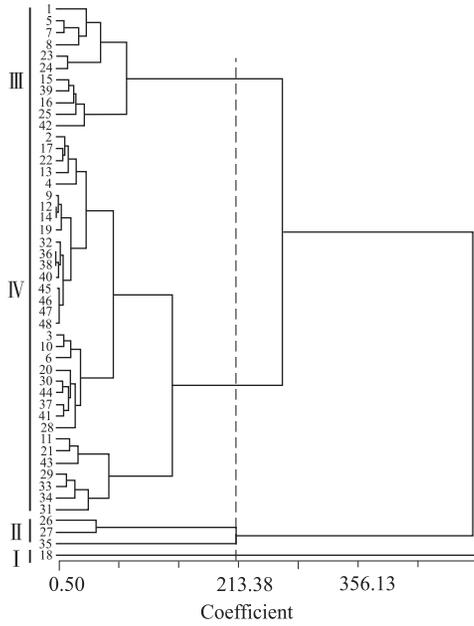


图 1 高温胁迫下萌发期的聚类图
Fig.1 Dendrogram of germination stage under high temperature

2.2 幼苗期砧用南瓜种质耐热性鉴定

表 3 表明,不同砧用南瓜种质之间的相对株高、相对茎粗、相对鲜重、相对干重、相对壮苗指数及热害指数存在明显差异。其中,5、6、9、10、11、13、14、15、16、17、20、35、36、47、48 号种质的植株在 42℃ 高温处理 20 d 后全部死亡,被认定为高温敏感型品种。另外,相对株高较大的为 23、25 号种质,相对茎粗较大的为 19、25、26、27、28、29、31、40、41、42 号种质,相对鲜重较大的为 19、23、24、25、26、27、28、29、30、31、32、41、42 号种质,相对干重较大的为 7、19、23、24、25、26、27、28、29、31、32、39、46 号种质,相对壮苗指数较大的为 7、19、27 号种质,热害指数较小的为 25、30、37、38、40、41、42、43 号种质。幼苗期耐热性鉴定的 6 个指标都低于萌发期鉴定指标的变异系数。其中,热害指数的变异系数最小(40.30%),相对壮苗指数的变异系数最大(88.64%)。

表 3 高温胁迫下砧用南瓜幼苗期生长指标的相对值

Table 3 Relative value of the indexes under high temperature at seedling stage

编号 Accession	相对株高(%) Relative plant height	相对茎粗(%) Relative stem thick	相对鲜重(%) Relative fresh biomass	相对干重(%) Relative dry biomass	相对壮苗指数(%) Relative seedling index	热害指数 Index of hot injury
1	186.44 cdefg	94.29 gh	77.59 ghij	60.42 ijkl	30.75 ijk	3 b
2	173.64 fghi	92.98 gh	54.52 ij	42.57 jkl	22.41 jk	3 b
3	180.26 defghi	95.78 fgh	33.57 j	34.68 l	18.53 k	2 c
4	157.15 hijk	92.90 gh	68.53 hij	79.85 fghijkl	48.33 fghijk	2 c
5~6	-	-	-	-	-	4 a
7	100.94 mn	112.44 cdefg	88.93 bcdefghi	121.36 abcdefgh	132.48 a	2 c
8	150.98 ijk	84.59 h	52.48 ij	67.77 hijkl	37.75 ijk	2 c
9~11	-	-	-	-	-	4 a
12	95.74 n	94.59 gh	44.46 ij	33.26 l	32.89 ijk	3 b
13~17	-	-	-	-	-	4 a
18	176.83 efghi	97.72 efgh	56.61 ij	38.03 kl	21.07 jk	3 b
19	161.49 ghijk	138.08 ab	133.53 abc	135.02 abcde	111.20 ab	2 c
20	-	-	-	-	-	4 a
21	169.43 ghi	98.62 efgh	80.48 fghi	54.53 ijkl	31.69 ijk	2 c
22	257.31 b	107.06 defgh	76.13 ghij	49.63 jkl	20.67 jk	3 b
23	275.61 a	113.96 bedefg	132.79 abc	141.21 abc	60.10 cdefghij	2 c
24	182.22 defghi	114.53 bedefg	134.07 ab	128.16 abcdef	81.00 bedefgh	3 b
25	265.92 a	130.01 abcd	129.70 abcd	108.40 abcdefghi	53.60 defghijk	1 d
26	216.24 bc	135.43 abc	123.74 abcdef	108.03 abcdefghi	67.37 cdefghi	2 c
27	186.34 defgh	143.30 a	127.11 abcde	127.48 abcdef	98.53 abc	2 c
28	197.65 cdefg	119.88 abcdef	133.50 abc	153.26 a	89.70 bed	2 c

表 3(续)

编号 Accession	相对株高(%) Relative plant height	相对茎粗(%) Relative stem thick	相对鲜重(%) Relative fresh biomass	相对干重(%) Relative dry biomass	相对壮苗指数(%) Relative seedling index	热害指数 Index of hot injury
29	202.55 bcde	129.95 abcd	110.38 abcdefgh	125.76 abcdefg	89.09 bcde	2 c
30	132.88 kl	106.42 defgh	124.41 abcdef	86.26 defghijkl	69.33 cdefghi	1 d
31	163.74 ghij	126.76 abcd	133.52 abc	121.12 abcdefgh	93.09 bed	2 c
32	187.11 edefg	116.15 bcdefg	141.80 a	137.78 abcd	87.19 bcdef	2 c
33	201.50 bcdef	97.03 efgh	86.43 defghi	67.39 hijkl	32.50 ijk	2 c
34	134.41 jkl	84.27 h	88.20 cdefghi	68.54 hijkl	42.56 hijk	3 b
35~36	-	-	-	-	-	4 a
37	165.31 ghi	100.06 efgh	70.08 hij	58.35 ijkl	35.29 ijk	1 d
38	175.17 efghi	110.67 cdefg	118.59 abcdefg	70.49 hijkl	45.81 ghijk	1 d
39	201.92 bcde	113.75 bcdefg	83.66 efghi	147.57 ab	85.13 bcdefg	2 c
40	134.35 jkl	130.87 abcd	84.57 efghi	71.83 hijkl	70.23 cdefghi	1 d
41	153.33 hijk	125.94 abcd	130.37 abcd	94.10 bcdefghij	78.20 bcdefgh	1 d
42	176.41 efghi	121.14 abcde	141.43 a	90.76 cdefghijk	62.89 cdefghi	1 d
43	105.45 mn	112.99 cdefg	89.95 bcdefghi	73.24 ghijkl	78.33 bcdefgh	1 d
44	211.11 bcd	113.70 bcdefg	113.63 abcdefgh	83.15 efghijkl	46.98 ghijk	3 b
45	123.55 lm	94.04 gh	63.36 ij	50.59 jkl	41.76 hijk	3 b
46	205.63 bcde	95.74 fgh	113.05 abcdefgh	105.80 abcdefghi	49.37 efghijk	3 b
47~48	-	-	-	-	-	4 a
平均值 Average	121.01	75.95	67.52	61.17	40.95	2.69
标准差 SD	88.73	52.86	52.52	50.63	36.30	1.08
变异系数(%) CV	73.32	69.59	77.78	82.77	88.64	40.30

“-”为高温处理致使幼苗植株死亡,未测得数据,即认定为高温敏感型品种

“-” is that high-temperature treatment resulted in seedling plant death, data not measured, which identified as heat susceptible species

图 2 为高温胁迫下,幼苗期不同种质的 UPGMA 聚类图。所有种质的幼苗期耐热性同样分为 4 类, I. 耐高温种质: 7 号; II. 较耐高温种质: 19、23、24、25、26、27、28、29、30、31、32、38、39、41、42、44、46 号; III. 高温较敏感种质: 1、2、3、4、8、12、18、21、22、33、34、37、40、43、45 号; IV. 高温敏感种质: 5、6、9、10、11、13、14、15、16、17、20、35、36、47、48 号。

2.3 砧用南瓜种质发芽期与幼苗期耐热性鉴定一致性分析

通过 Mantel 检测对砧用南瓜种质发芽期与幼苗期形态学性状的平均分类距离进行相关性分析,以验证 2 个时期耐热性鉴定结果的一致性。图 3 表明,二者之间的相关系数 $r = 0.08 (P = 0.01)$, 表明 2 个时期的距离矩阵并无相关性。可见,砧用南瓜种质发芽期与幼苗期的耐热性鉴定结果并不一致。

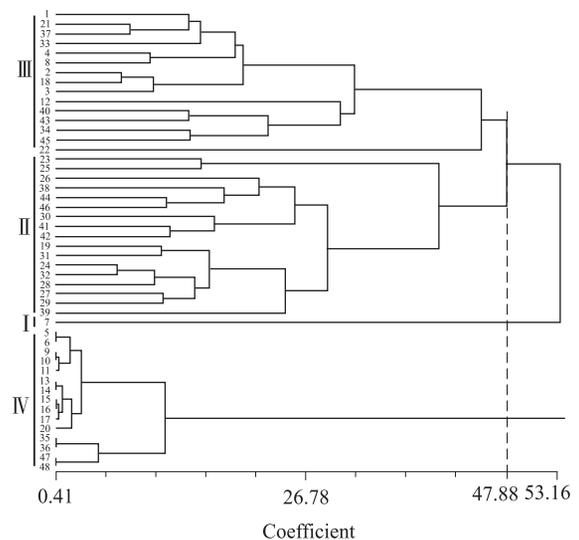


图 2 高温胁迫下幼苗期的聚类图
Fig.2 Dendrogram of seedling stage under high temperature

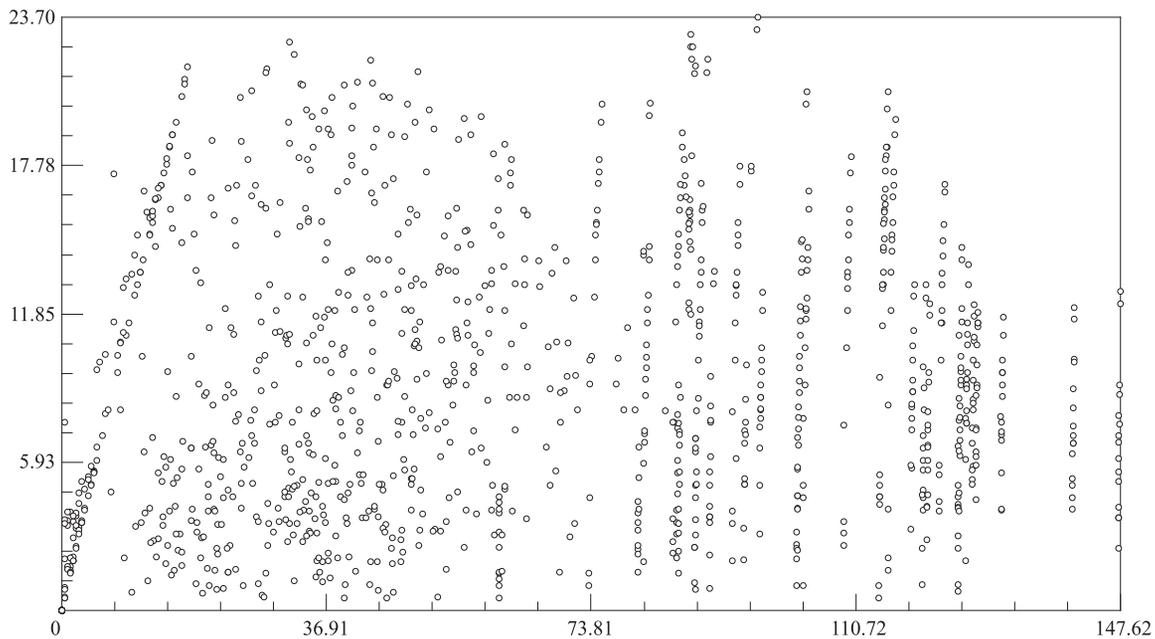


图3 幼苗期与发芽期平均分类距离矩阵的相关性

Fig.3 The correlation of DIST matrixes between seedling stage and germination stage

2.4 砧用南瓜性状指标与耐热性的一致性

从表2可以看出,在38℃高温处理下,各品种的相对发芽率、相对发芽势、相对发芽指数、相对活力指数差异显著。萌发期耐热性最强的18号种质的4个指标显著高于其他品种,对高温敏感的13号种质的所有指标显著低于其他品种(不包括未萌发的品种)。然而,耐热性较强的27号种质的相对发芽率显著低于对高温敏感的部分种质;对高温较敏感的5、7、8、16、39、42号种质的相对发芽率却高于或接近3份较耐高温种质。因此,相对发芽率不宜作为砧用南瓜耐热性的鉴定指标。各品种的相对发芽势、相对发芽率、相对发芽指数的高低与耐热性鉴定结果基本一致,并且不同品种间差异显著,所以可以作为砧用南瓜耐热性鉴定的指标。

表3中,南瓜幼苗期经高温处理后,各形态指标差异显著。其中,各种质相对干重的高低与幼苗期耐热性聚类分析结果一致,是砧用南瓜种质资源耐热性鉴定的可靠指标。幼苗期耐热性最强的7号种质以及较耐高温的19、30、31、38、41、42号种质的相对株高低于部分高温较敏感种质,并且有9份种质的热害指数与耐热性结果不一致,因此,相对株高和热害指数不适宜用于南瓜耐热性鉴定指标。48份种质的相对茎粗、相对鲜重、相对壮苗指数的高低与

幼苗期耐热种质聚类分析的结果大部分是一致的,只有个别种质出现异常,说明这3个指标可作为砧用南瓜种质耐热性鉴定的参考指标。

3 讨论

近年来,温室效应导致全球气温上升,植物生产面临着高温逆境的严峻挑战^[25]。大量研究证明,嫁接是缓解高温对植物造成伤害的有效手段,并且砧木的高温耐受性会影响嫁接苗在高温逆境下的生长状况^[3]。高温同样是黄瓜生产中亟需克服的重要困难^[6]。选用抗热砧用南瓜品种,对抵御黄瓜高温逆境伤害尤为重要。

尽管目前提出了各种指标鉴定植物的耐热性^[26-27],外部形态特征观察仍然是一种直观且现实的方法^[28]。然而,本试验中选用不同性状指标的相对值来评价砧用南瓜耐热性,各种质的表现并不完全相同。如在幼苗期表现为较耐热的38号种质,具有很高的相对鲜重,但是其相对干重和相对壮苗指数的值却较低。看来以单一指标来判定种质的耐热性的可靠性并不高^[29]。UPGMA是一种较常用的聚类分析方法^[30],可综合诸多指标,对不同种质进行分类,避免了根据单一指标进行分类的片面性^[31]。前人通过对28份水稻资源的形态学指标及分子标记进行UPGMA聚类,发现籼稻的耐热性比粳稻的

强^[32];以 11 份瓠瓜种质为材料的耐热性分析中发现,通过 6 个生理生化指标的 UPGMA 系统聚类分析,可以瓠瓜种质的耐热性进行有效评价,筛选出耐热程度不同的种质^[33]。这些研究均比较全面准确地鉴定和评价了作物的耐热性,并且评价结果与实际应用具有很好的一致性。本研究也采用 UPGMA 聚类分析方法,综合评价了 48 份砧用南瓜种质的耐热性,并且将种质的耐热性在发芽期和幼苗期皆划分出 4 类,研究结果可为黄瓜嫁接栽培砧木选择提供依据。

植物种子萌发是整个生命周期中对环境胁迫极为敏感的时期^[34]。高温处理对耐热性较强品种种子的萌发能力影响不大,但显著抑制耐热性较弱品种的发芽势^[35]。不同青菜种质的发芽率在 40℃ 处理下存在较大差异,可用来区分不同品种的耐热性^[36]。范双喜等^[25]的试验结果表明,砧用南瓜品种间耐热性与胚根伸长比有明显高的相关性。张侨等^[37]的研究中发现,35℃ 下的相对发芽率、相对发芽指数和相对活力指数能很好地反映叶用莴苣品种间耐热性差异。本研究中,不同种质在高温下的相对发芽势、相对发芽指数、相对活力指数的变异系数较大,并且与耐热性鉴定结果基本一致,可以作为砧用南瓜耐热性鉴定的指标。

幼苗期的植株已开始了光合作用,光合作用是植株产量形成的基础,也是植物对高温最敏感的生理过程之一^[38]。高温胁迫也造成了茄子幼苗光系统 II 伤害和脂膜过氧化伤害,并最终影响植物的生长发育^[39]。高温环境下,甜瓜幼苗生物量的积累受到明显抑制^[40];辣椒幼苗株高、地上部和地下部干、鲜质量以及壮苗指数均显著下降^[41];番茄植株光合速率下降^[42];黄瓜生长发育迅速,然后快速衰老^[43];不同耐热性白菜的热害指数出现差异^[44]。本试验中,在高温胁迫下,大部分种质株高高于对照组(未死亡植株中只有 12 号种质的相对株高低于 100%),但所有种质的相对壮苗指数均低于 100%,超过半数种质的干物质积累下降,出现了徒长的现象。幼苗徒长对植株的生长存在明显的后效应,对植株的生殖过程也会造成不利的影^[45]。通过对本试验中幼苗期性状指标相对值的高低与聚类分析结果对比发现,相对干重可作为耐热性鉴定的可靠指标,相对茎粗、相对鲜重、相对壮苗指数可作为参考,相对株高和热害指数不适宜本试验条件下的耐热性鉴定。

前人研究表明,萌发期和幼苗期是评价蔬菜作

物耐热性的有效时期^[46],并且选用这 2 个时期可以大大缩短品种筛选的周期。对 38 份黄瓜种质资源耐热性鉴定的研究中,发现种子萌发期和幼苗期的鉴定结果基本一致,均可用作黄瓜耐热性的鉴定^[47]。然而,徐小万等^[29]在辣椒种质耐热性的研究中提出,对于辣椒耐逆性的研究应结合不同生育期下多项形态、生理指标及农艺性状进行。本研究的结果表明,砧用南瓜种质的萌发期与幼苗期的耐热性鉴定结果并不一致,这可能是由于植物在不同生长发育阶段及不同组织器官应对高温胁迫的机理是不同的^[48]。A. Wahid 等^[2]认为,植物的耐热性是一个极其复杂的生理现象,同一作物的不同品种间往往表现出很大的差异,即使是同一品种,耐热性也会随着生育期的不同而发生变化。因此,对砧用南瓜种质资源耐热性的鉴定,也应综合发芽期与幼苗期的结果。在发芽期和幼苗期,均表现出较耐高温特征的种质为日本绿霸和日本强力士,对高温敏感的种质有 11 份,其他种质的耐热性不稳定。

参考文献

- [1] Kurek I, Chang T K, Bertain S M, et al. Enhanced thermostability of *Arabidopsis* Rubisco activase improves photosynthesis and growth rates under moderate heat stress[J]. *Plant Cell*, 2007, 19: 3230-3241
- [2] Wahid A, Gelani S, Ashraf M, et al. Heat tolerance in plants: an overview[J]. *Environ Exp Bot*, 2007, 61: 199-223
- [3] Yamori W, Hikosaka K, Way D A. Temperature response of photosynthesis in C3, C4, and CAM plants: temperature acclimation and temperature adaptation [J]. *Photosynth Res*, 2014, 119: 101-117
- [4] Kranner I, Minibayeva F V, Beckett R P, et al. What is stress? Concepts, definitions and applications in seed science [J]. *New Phytol*, 2010, 188(3): 655-673
- [5] 杨寅桂, 李为观, 娄群峰, 等. 黄瓜耐热性研究进展[J]. *中国瓜菜*, 2007(5): 30-34
- [6] Caldwell C R. Estimation and analysis of cucumber (*Cucumis sativus* L.) leaf cellular heat sensitivity [J]. *Plant Physiol*, 1993, 101: 939-945
- [7] 张俊环, 黄卫东. 植物对高温逆境的交叉适应性及其机制研究进展[J]. *中国农学通报*, 2003, 1(2): 95-100
- [8] 缪旻珉. 黄瓜 (*Cucumis sativus* L.) 热伤害与热适应生理机制及耐热栽培技术研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2000
- [9] Schwarz D, Rouphael Y, Colla G, et al. Grafting as a tool to improve tolerance of vegetables to abiotic stresses: Thermal stress, water stress and organic pollutants [J]. *Sci Hort*, 2010, 127(2): 162-171
- [10] 张珂珂, 罗庆熙, 杨萍. 高温胁迫对嫁接黄瓜幼苗生长的影响[J]. *长江蔬菜*, 2010(2): 22-25
- [11] 于昌贤, 邢禹贤, 马红, 等. 黄瓜嫁接苗抗冷性研究[J]. *园艺学报*, 1997, 24(4): 348-352
- [12] 张珂珂. 嫁接黄瓜幼苗对高温、干旱的生理反应及适应性研究[D]. 重庆: 西南大学, 2010
- [13] 李国强, 刘爱群, 张赓红, 等. 黄瓜砧木选育及嫁接栽培技术研究[J]. *安徽农业科学*, 2008, 36(14): 5859-5860
- [14] 饶贵珍, 彭士涛, 王宝剑. 不同砧木嫁接白皮黄瓜的综合效应研究[J]. *中国农学通报*, 2003, 19(5): 150-153

- [15] 刘芬. 黄瓜嫁接砧木的筛选及亲和性机理研究[D]. 武汉:华中农业大学,2009
- [16] Lee J M, Kubota C, Tsao S J, et al. Current status of vegetable grafting: Diffusion, grafting techniques, automation[J]. *Sci Hortic*,2010,127(2): 93-105
- [17] Al-Mawaali Q S, Al-Sadi A M, Khan A J, et al. Response of cucurbit rootstocks to *Pythium aphanidermatum* [J]. *Crop Prot*, 2012,42: 64-68
- [18] 李欣,申书兴,高彦魁,等. 不同基因型砧木嫁接黄瓜结瓜盛期光合特性的比较[J]. *植物遗传资源学报*,2007,8(2): 200-204
- [19] 田婧. 外源亚精胺缓解黄瓜幼苗高温胁迫伤害的生理调节机制和蛋白质组学研究[D]. 南京:南京农业大学,2012
- [20] Li C X, Feng S L, Shao Y, et al. Effects of arsenic on seed germination and physiological activities of wheat seedlings[J]. *J Environ Sci*,2007,19: 725-732
- [21] 尹贤贵,罗庆熙,王文强,等. 番茄抗热性鉴定方法研究[J]. *西南农业学报*,2001,14(2): 62-65
- [22] Si Y, Heins R D. Influence of day and night temperatures on sweet pepper seedling development[J]. *J Amer Soc Hort Sci*, 1996,12(4): 699-704
- [23] 顾兴芳,封林林,张春霞,等. 黄瓜低温发芽能力遗传分析[J]. *中国蔬菜*,2002(3): 5-7
- [24] Pal D, Malik S P, Kumar S, et al. Genetic variability and relationship studies of mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) using morphological and molecular markers [J]. *Agri Res*, 2013, 2(3): 236-245
- [25] 范双喜,谷建田,韩莹琰. 园艺植物高温逆境生理研究进展[J]. *北京农学院学报*,2003,18(2):147-151
- [26] Abdul-Baki A A, Stommel J R. Pollen viability and fruit set of tomato genotypes under optimum and high temperature regimes[J]. *Hort Sci*,1995,30(1):115-117
- [27] Douglas C M, Croxdale T, Markley I L. Thermal damage to chloroplast envelope membranes[J]. *Plant Physiol*,1989,90: 606-609
- [28] 刘进生,汪隆植,李式军,等. 番茄耐热品种筛选初报[J]. *中国蔬菜*,1994(6):33-35
- [29] 徐小万,雷建军,李颖,等. 基于数学模型的辣椒芽期耐高温多湿性综合评价方法[J]. *中国农业科技导报*,2013,15(6): 174-180
- [30] Romesburg H C. Cluster analysis for researchers[M]. NC Raleigh, USA: Lulu. com,2004
- [31] Peeters J P, Martinelli J A. Hierarchical cluster analysis as a tool to manage variation in germplasm collections [J]. *Theor Appl Genet*,1989,78: 42-48
- [32] 杨梯丰,张少红,王晓飞,等. 水稻抽穗开花期耐热种质资源的筛选鉴定[J]. *华南农业大学学报*,2012,33(4):585-588
- [33] 许端祥,高山,林碧英,等. 高温胁迫下 11 份瓠瓜材料的耐热性分析[J]. *福建农业学报*,2011,26(4):587-590
- [34] Cavusoglu K, Kabar K. Effects of hydrogen peroxide on the germination and early seedling growth of barley under NaCl and high temperature stresses[J]. *Eur Asia J Biosci*,2010,4:70-79
- [35] 日本农山渔村文化协会. 蔬菜生物生理学基础[M]. 北京大学,译. 北京:农业出版社,1985
- [36] 孙月芳,陆瑞菊. 预处理对青菜种子萌发阶段耐热性的影响[J]. *上海农业科技*,1998(6): 421
- [37] 张侨,韩莹琰,范双喜,等. 高温胁迫下不同品种叶用莴苣种子萌发特性[J]. *西北农业学报*,2010,19(5):171-176
- [38] 王涛,田学瑶,谢寅峰,等. 植物耐热性研究进展[J]. *云南农业大学学报*,2013,28(5): 719-726
- [39] 张雅,何勇,朱祝军. 不同茄子品种幼苗耐热性研究[J]. *中国蔬菜*,2009,24(2):30-35
- [40] 张永平,陈幼源,杨少军. 高温胁迫下 2,4-表油菜素内酯对甜瓜幼苗生理及光合特性的影响[J]. *植物生理学报*,2012,48(7):683-688
- [41] 马宝鹏,逯明辉,巩振辉. 辣椒幼苗对高温胁迫的生长生理响应[J]. *西北农林科技大学学报:自然科学版*,2013,41(10): 112-118
- [42] 齐明芳,刘玉凤,周龙发,等. 钙对亚高温下番茄幼苗叶片光合作用的调控作用[J]. *中国农业科学*,2011,44(3):531-537
- [43] Zhao X H, Nishimura Y, Fukumoto Y, et al. Effect of high temperature on active oxygen species, senescence and photosynthetic properties in cucumber leaves [J]. *Environ Exp Bot*, 2011, 70(2): 212-216
- [44] 苏小俊,袁希汉,徐海. 大白菜耐热性和过氧化物酶活性与伤害指数的相关性[J]. *江苏农业学报*,2007,23(5):456-458
- [45] 明村豪,蒋芳玲,胡宏敏,等. 幼苗徒长程度对黄瓜植株生长发育及产量品质的影响[J]. *中国蔬菜*,2011,26(4): 29-34
- [46] 杜永丽,张卫华,曹齐卫,等. 砧木南瓜耐高温理化指标的初步筛选[J]. *山东农业科学*,2009(3): 15-18,21
- [47] 车江旅,周生茂,尚小红,等. 黄瓜种质资源耐热性鉴定[J]. *浙江农业学报*,2012,24(5):808-813
- [48] Queitsch C, Hong S W, Vierling E, et al. Heat shock protein 101 plays a crucial role in thermotolerance in *Arabidopsis* [J]. *Plant Cell*,2000,12:479-492

欢迎订阅 2015 年《园艺学报》

《园艺学报》是中国园艺学会和中国农业科学院蔬菜花卉研究所主办的学术期刊,创刊于 1962 年,刊载有关果树、蔬菜、观赏植物、茶及药用植物等方面的学术论文、研究报告、专题文献综述、问题与讨论、新技术新品种以及园艺研究动态与信息。

《园艺学报》是中文核心期刊,中国科技核心期刊;被英国《CAB 文摘数据库》、美国 CA 化学文摘、日本 CBST 科学技术文献速报、俄罗斯 AJ 文摘杂志、CSCD 中国科学引文数据库等多家数据库收录。《园艺学报》荣获“第三届国家期刊奖”及“新中国 60 年有影响力的期刊”、“中国国际影响力优秀学术期刊”、“百种中国杰出学术期刊”、“中国权威学术期刊”、“中国精品科技期刊”等称号。

月刊,定价 40 元/期,全年 480 元。国内外公开发行,全国各地邮局均可订阅,国内邮发代号 82-471,国外发行由中国国际图书贸易总公司承办,代号 M448。也可直接寄款至编辑部订购。

地址:(100081)北京市海淀区中关村南大街 12 号

电话:010-82109523

E-mail:yuanyixuebao@126.com

网址:http://www.ahs.ac.cn