

黄瓜核心种质低温耐受性的田间评价

程嘉琪 沈 镒 李锡香 王海平 邱 杨 宋江萍

(中国农业科学院蔬菜花卉研究所 北京 100081)

摘要: 在自然低温条件下, 利用幼苗存活率、冷害指数、叶片数、株高及叶绿素含量 5 个指标对 303 份黄瓜核心种质进行了低温耐受性评价。结果表明: 5 个指标基本符合正态分布的特点, 幼苗存活率和冷害指数均有明显向低值和高值区域偏离的趋势。相关分析结果显示冷害指数与幼苗存活率、叶片数、株高及叶绿素含量 4 个指标呈极显著负相关。通过隶属度函数综合评价群体的低温耐受性, 共筛选获得 28 份耐低温种质, 为黄瓜耐低温的品种选育及进一步深入挖掘低温耐受性相关基因奠定了基础。

关键词: 黄瓜; 核心种质; 低温耐受性; 冷害指数; 田间评价

Field Evaluation of Resistances to Low Temperature in Core Collections of Cucumber Germplasm

CHENG Jia-qi, SHEN Di, LI Xi-xiang, WANG Hai-ping, QIU Yang, SONG Jiang-ping

(Institute of Flowers and vegetables, Chinese Academy of Agricultural Science, Beijing 100081)

Abstract: Under the natural condition of cold stress, 5 indexes including chilling injury index, seedlings surviving rate, number of leaves, plant height and chlorophyll content were chosen to evaluate the tolerance to low temperature of 303 cucumber core collections. Results showed that the five indexes generally accorded to a normal distribution while the seedling surviving rate and chilling rate significantly deviated to low value and high value area. Correlation analysis revealed a significantly negative correlation between the chilling index and the other four indexes including seedling surviving rate, number of leaves, plant height and chlorophyll content. Using membership function to comprehensively evaluate the tolerance to low temperature of core collections, 28 different cucumber germplasm resources with high tolerance to low temperature were screened out, which set the foundation both for breeding and excavate elite genes related with tolerance to low temperature further in cucumber.

Key words: Cucumber; Core collections; Tolerance to low temperature; Chilling injury index; Field evaluation;

近年来, 随着我国蔬菜保护地生产的迅速发展, 黄瓜已成为我国设施栽培的主要蔬菜种类^[1-2]。但冬春季节保护地栽培黄瓜正值我国北方广大地区温度最低、光照最弱的时期, 冷害及光照不足现象普遍发生, 低温弱光逆境成为限制设施黄瓜生产的主要逆境因子^[3]。

黄瓜为喜温性蔬菜作物, 适宜生长温度为 20 ~ 30℃。低温弱光逆境胁迫下, 黄瓜植株生长发

育迟缓, 叶色趋黄, 坐瓜率明显下降, 畸形瓜增多, 产量及品质受到严重影响^[4]。因此, 选育耐低温弱光品种成为黄瓜优异种质创新的重要指标之一, 筛选耐低温弱光优异基因源是开展相关研究的重要基础。

2010 年春季, 北京地区突遇 20 年来罕见低温并伴随少量阴雨天气, 棚外温度最低已达 -1℃, 光照强度与同期相比明显下降。这种天气状况持续了

收稿日期: 2011-09-10

基金项目: 农业部资源保护项目(NB09-2130135-3, NB10-2130135-3); 农业部园艺作物遗传改良重点开放实验室项目

作者简介: 程嘉琪, 硕士研究生, 从事蔬菜种质资源研究。E-mail: chengjiaqi314@126.com

通讯作者: 沈镒, 博士, 副研究员, 从事蔬菜种质资源研究。E-mail: shendi@mail.caas.net.cn

近两周才逐渐回温。本试验利用此次自然低温环境条件,采用冷害指数、幼苗存活率、叶片数、株高及叶绿素含量 5 个指标对黄瓜核心种质进行了低温耐受性的田间评价,旨在探讨黄瓜低温耐受性的不同评价指标,筛选不同类型的耐低温种质,为黄瓜耐低温的品种选育及进一步深入挖掘低温耐受性相关基因奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

303 份黄瓜核心种质均由中国农业科学院蔬菜花卉研究所资源课题组提供。该套材料是以国家蔬菜种质资源中期库中保存的 1521 份黄瓜种质资源为基础构建核心种质,并补充部分国外资源,经多代自交纯化,获得基因型背景纯合的一套群体材料,其来源地广泛,多样性丰富。303 份材料中包括 256 份国内种质和 47 份国外种质。国内种质主要来源于我国 29 个省、市、自治区,国外种质主要来自印度、俄罗斯、美国等 22 个国家。

1.2 试验方法

1.2.1 田间试验 将 303 份种质的种子在 50℃ 温汤浸种并于 25℃ 光照培养箱中催芽,2010 年 3 月 15 日播种于 10cm × 10cm 营养钵中,在北京市昌平区中国农业科学院蔬菜花卉研究所的南口试验基地日光温室育苗,于 4 月 7 日定植于 5 个塑料大棚中。试验设置 3 次重复,每重复 10 株。定植缓苗后,各种质的幼苗生长正常。出现低温天气后,在大棚四周增加了棉被用以防寒。

1.2.2 低温耐受性评价方法 2010 年 4 月 13 日至 21 日北京地区气温骤降,明显低于常年正常温度,且出现连日阴雨天气,对大棚内的黄瓜种质造成了自然低温弱光胁迫。本试验于低温出现初期开始利用美国 HOBO 温湿度数据采集器每隔 1h 自动记录大棚内温度,并计算每日的日最高温度、日最低温度及日平均温度。

1.2.3 低温耐受性相关指标的测定方法 于 4 月 26 日至 4 月 30 日分别调查 303 份种质的幼苗存活率、冷害指数、叶片数、株高及叶绿素含量 5 个与低温耐受性相关的评价指标。

在气温基本恢复正常后 7d,即 4 月 28 日调查各种质的存活率。以幼苗新叶是否开始正常生长为标准,判定单株是否存活,分别计数各黄瓜种质每重复的存活株数,计算幼苗存活率。幼苗存活率(%) = (存活株数/总株数) × 100%。

依据表 1 所示标准将不同冷害症状划分为 6 级,分别调查不同单株的冷害级别。根据以下公式计算冷害指数:冷害指数 = $100\% \times \sum(x_i n_i) / 5N$, x_i 为各级冷害级数, n_i 为各级冷害株数, N 为调查总株数^[5]。

表 1 苗期冷害症状的分级标准

Table 1 Grading standards of cold damage to seedlings

级别 Grade	冷害症状 Symptoms of cold damage
0	子叶、真叶完好,无明显伤害症状
1	展开叶叶缘或子叶开始出现小部分黄化
2	一片真叶大面积黄化或子叶大部分黄化
3	1/2 真叶出现黄化或者轻微萎蔫或少许的脱水斑
4	植株中度萎蔫,或叶片出现大面积脱水斑
5	植株严重萎蔫、死亡

叶片数即计数完全展开叶片的总数,利用卷尺测量各单株地面至植株自然生长最高点的垂直距离即为株高。采用 SPAD-502 型叶绿素仪测定各幼苗单株展开真叶的叶绿素含量,每重复随机选取 3 个生长基本正常的单株,每个单株测 3 片已完全展开的叶片,每片叶片测量均匀分布于不同部位的 3 个点,结果取平均值。

1.2.4 数据统计与分析 数据分级采用 10 级模式分级,每级之差为 $0.5 \times \sigma$,1 级 $< X - 2 \times \sigma$,10 级 $\geq X + 2 \times \sigma$, X 为平均值, σ 为标准差。各性状基本参数的计算在 EXCEL 软件中完成。利用软件 PASW-Statistics18.0 对 5 个指标赋值后的数据进行相关性分析。

依据下列公式(1)和(2)计算与低温耐受性相关指标的具体隶属度,即幼苗存活率、冷害指数、叶片数、株高、叶绿素含量的算术平均数作为平均隶属度。由于冷害指数与幼苗存活率调查的对象为所有单株,叶片数、株高及幼苗存活率仅以存活单株作为测量对象,因此在数据处理时将死苗单株的叶片数、株高及叶绿素含量均赋值为 0。

$$X(u) = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (1)$$

$$X(u) = 1 - \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (2)$$

式中 X 为作物各品种的某一指标测定值, X_{\max} 为品种中某一指标测定值的最大值, X_{\min} 则为品种某一指标测定值的最小值。参照张文娥等^[6]的方法划分平均隶属度的级别。

2 结果与分析

2.1 鉴定评价期温度的动态变化

利用 HOBO 温湿度数据采集器测定了 2010 年 4 月 13 日至 4 月 30 日间塑料大棚内的温度数据,具体结果如图 1 所示。图中数据显示 4 月 13 日大棚内的日最高温度高于 15℃,14 日至 21 日的日最高温度均在 5℃ 以下,低于黄瓜生长的低温界限。低温持续期间伴有连续阴雨,形成了自然低温弱光胁迫。22 日北京地区的气温逐步回升,光照充足,大棚内日最高温度达到近 40℃,日平均温度均在 10℃ 以上,气温基本恢复正常,为黄瓜幼苗经历低温胁迫后逐步恢复正常生长提供了一个适宜的温光条件。

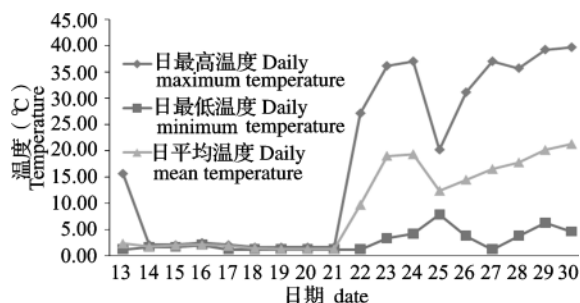


图 1 2010 年 4 月 13 日至 30 日的温度变化

Fig.1 Temperature variation from April 13rd to 30th in 2010

表 3 低温耐受性相关指标的基本分析结果

Table.3 Statistical data of relative indexes related with low temperature tolerance

调查性状 Survey traits	平均值 Average	标准差 s	变异系数(%) CV	最大值 Max	最小值 Min	极差 Range
幼苗存活率(%)	71.51	21.26	30.00	100	11.25	88.75
冷害指数(%)	29.35	20.61	70.00	89.5	0	89.5
叶片数(片)	3.99	0.77	19.00	7.22	1.63	5.6
株高(cm)	20.16	5.27	26.00	36.44	8.82	27.62
叶绿素含量(SPAD)	44.27	7.01	16.00	86.27	25.65	60.62

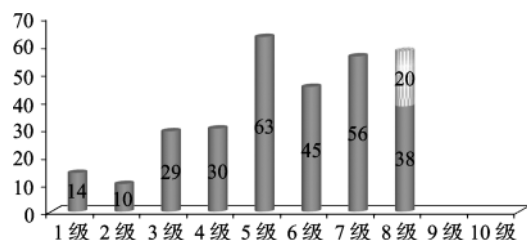


图 2 幼苗存活率的频次分布图

Fig.2 Distribution plot for number of times of the survival rate

2.2 自然低温胁迫下的低温耐受性评价

2.2.1 低温耐受性相关指标的基本数据分析

经历 7d 的自然低温及近 5d 的自然恢复期后,分别调查塑料大棚内黄瓜核心种质的幼苗存活率、冷害指数、叶片数、株高和叶绿素含量,并对数据进行统计分析,基本数据分析结果见表 3。从表中数据可见,不同种质间的幼苗存活率、冷害指数、叶片数、株高和叶绿素含量的差异均十分明显。其中冷害指数的变异系数最大,为 70.00%,其次为幼苗存活率,变异系数为 30.00%。幼苗存活率最小值为 11.25%,冷害指数的最大值为 100%,表明部分种质在自然低温胁迫下幼苗几乎全部死亡。株高的变化范围在 8.82 ~ 36.44cm 之间,2 份种质的株高达到 35cm 以上,3 份种质在低温条件下株高只有 10cm 以下。叶片数的变化范围在 1.63 ~ 7.22 片之间,叶片数最少的种质仅有不到 2 片,与定植时基本没有变化。叶绿素含量的变化范围较大,在 25.65 ~ 86.27SPAD 之间,但变异系数在 5 个测定指标中最小。

2.2.2 低温耐受性相关指标的次分布图 将 5 个指标的测定数据赋值后,分别统计各级别的种质份数,从次分布图(图 2 ~ 图 6)的分布特性看,

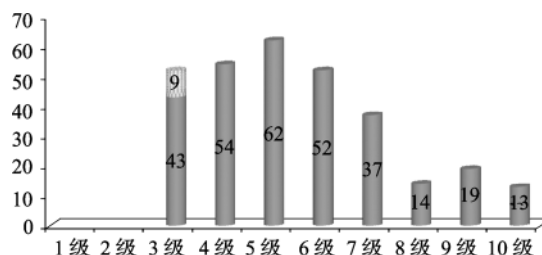


图 3 冷害指数的频次分布图

Fig.3 Distribution plot for number of times of cold damage

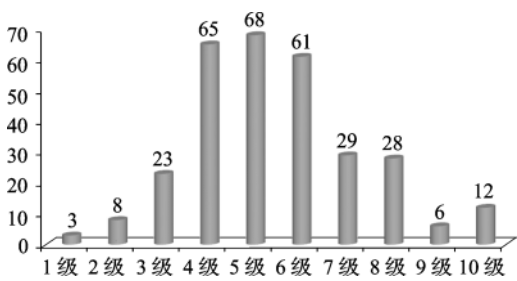


图 4 叶片数的频次分布图
Fig. 4 Distribution plot for number of times of leaves

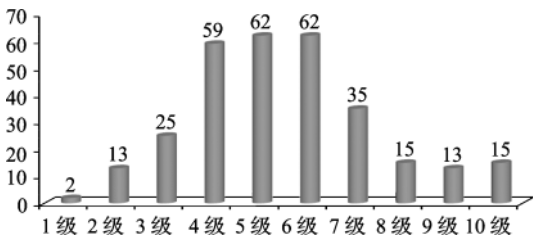


图 5 株高的频次分布图
Fig. 5 Distribution plot for number of times of plant height

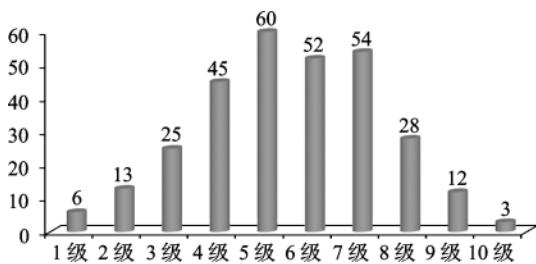


图 6 叶绿素含量的频次分布图
Fig. 6 Distribution plot for number of times of chlorophyll content

5 个指标基本符合正态分布的特点,其中幼苗存活率和冷害指数的分布图有明显向低值和高值区域偏离的趋势。17.49% 的种质的幼苗存活率小于

50.25% ,幼苗存活率达 100% 的黄瓜种质共 20 份(图 2 第 10 级灰色区域所示),其中 17 份为华南型黄瓜。84.82% 的种质的冷害指数分布在 0 ~ 49.96% 之间,9 份种质的冷害指数为 0(图 3 第 3 级灰色区域所示),即未表现出任何冷害症状,其中 8 份为华南型黄瓜。上述结果与华南型黄瓜更为适应低温弱光条件相符^[7]。从来源地的分布区域看,主要集中在辽宁、吉林、河南等地。

对同样在低温条件下存活且基本未表现出冷害症状的种质而言,幼苗在生长势上仍表现出明显差异,主要表现在叶片数和株高这两个性状。数据显示,供试群体 75.25% 的种质的叶片数分布在 1.63 ~ 4.37 片之间,74.09% 的株高分布区域集中于 8.82 ~ 22.79 cm。这表明群体内大部分植株维持一个缓慢的生长状态,只有少部分种质的植株生长正常,基本未受低温环境条件的影响,如叶片数最多的种质可达 7.22 片,而株高最高的种质可达 36.44 cm。从叶绿素含量的次数分布图中可见,6.38% 的黄瓜种质叶片的叶绿素含量小于 33.76,88.59% 的种质叶绿素含量集中在 33.76 ~ 54.78,叶绿素含量达到 58.28 以上的种质共 3 份。

2.2.3 不同低温耐受性指标的相关性分析 为了进一步研究 5 个指标间的协同变异程度,利用软件 PASWStatistics18.0 进行相关性分析。结果显示冷害指数与幼苗存活率、叶片数、株高及叶绿素含量均呈极显著负相关,其中与幼苗存活率的负相关系数的绝对值最大,为 0.918,表明冷害指数越低的种质,幼苗存活率越高,对低温的耐受性越强。幼苗存活率与叶片数、株高及叶绿素含量呈极显著正相关,表明低温耐受性强的种质不仅在田间表现为高幼苗存活率,还体现在植株的生长状况未受到明显的影响,叶片数增多、株高增加及叶绿素含量相应较高等特性(表 4)。

表 4 低温耐受性指标的相关分析

Table 4 Correlation analysis of cold tolerance related indexes

调查性状 Survey traits	冷害指数 Chilling injury index	幼苗存活率 Seedling survival rate	叶片数 No. of blade	株高 Plant length	叶绿素含量 Chlorophyll content
冷害指数 Chilling injury index	1				
幼苗存活率 Seedling survival rate	-0.918 **	1			
叶片数 Number of blade	-0.381 **	0.399 **	1		
株高 Plant length	-0.401 **	0.431 **	0.435 **	1	
叶绿素含量 Chlorophyll content	-0.286 **	0.216 **	-0.049	0.085	1

** : p < 0.01

2.3 低温耐受性的综合评价

隶属函数是用来综合评价作物耐性的平均指标,可以消除个别指数带来的片面性,从而使各种质对逆境的耐受性差异更具有可比性。低温胁迫条件下 303 份黄瓜种质的低温耐受性级别划分及种质份数见表 5。表中数据显示,54.46% 的黄瓜种质为不耐冷(LR)和敏冷(S)种质,强耐冷种质占评价总份数的 9.12%,耐冷及中等耐冷种质所占比例分别为 13.86%、22.44%。

表 5 低温耐受性隶属函数的分布

Table 5 Distribution of cold tolerance membership function

抗性级别	划分范围	数量
Resistance level	Confines	Quantity
强耐冷(HR)	0.8 ~ 1.0	28
耐冷(R)	0.7 ~ 0.8	42
中等耐冷(MR)	0.6 ~ 0.7	68
不耐冷(LR)	0.4 ~ 0.6	111
敏冷(S)	0.0 ~ 0.4	54

表 6 耐低温黄瓜种质的来源地、种质名称及低温耐受性相关指标

Table 6 Origins germplasm names and tolerance index of cold tolerance cucumber germplasm

编号	来源地	种质名称	隶属度	冷害指数	幼苗存活率	叶片数	株高	叶绿素含量
No.	Origin	Germplasm name	Membership	Chilling injury index	Seeding survival rate	No. of blade	Plant length	Chlorophyll content
238	吉林	吉黄二号	0.8	0	100	3.73	26.07	52.59
105	四川	洛带镇黄瓜	0.81	11.33	86.67	5.69	27.99	45.05
269	河南	揭阳青皮大吊瓜	0.82	7.33	96.67	4.89	29.21	48.07
153	江西	苏长	0.83	0.67	96.67	4.17	31.91	43.63
141	辽宁	秋黄瓜	0.83	2.67	93.33	4.07	29.31	46.22
76	山西	短黄瓜	0.83	6	100	5.17	21.95	41.27
244	云南	昆明小黄瓜	0.83	4	96.67	4.37	29.66	45.66
12	美国	H-19	0.84	10	93.33	6.42	22.45	43.82
147	福建	旱黄瓜	0.84	0.67	96.67	3.8	29.16	49.12
230	辽宁	黄瓜	0.84	0	100	5.47	21.53	48.06
242	吉林	龙引 94-32	0.84	4	96.67	4.73	30.63	56.54
99	四川	青皮黄瓜	0.84	5.33	96.67	4.84	27.62	48.31
74	山西	地黄瓜	0.85	0.67	100	4.8	23.59	49.76
50	福建	建宁白皮黄瓜	0.85	0.67	96.67	4.63	25.8	54.4
339	丹麦	Pickling F ₁ No. 40	0.85	1.33	100	4.76	29.99	40.25
271	云南	澜沧黄瓜	0.85	4.67	96.67	4.41	36.44	50.87
321	甘肃	青白黄瓜	0.87	0	100	6	24.01	50.48
108	新疆	北培黄瓜	0.87	6.67	100	4.33	31.87	44.16
223	河南	漯河金棒槌	0.88	0	100	4.85	35.47	45.08
143	吉林	棒黄瓜	0.89	0.67	100	5.13	28.32	42.09
15	俄罗斯	—	0.89	9.33	96.67	6.01	29.77	35.27
122	山东	八杈地瓜	0.89	4.67	100	5.03	29.94	50.83
121	河南	寿皮青黄瓜	0.89	9.33	100	5.07	32.18	43.71
146	新疆	一窝蜂青皮	0.9	0	100	4.33	33.77	43.26
3	匈牙利	—	0.91	7.33	96.67	5.46	34.47	33.25
144	贵州	本地早黄瓜	0.91	0	100	4.99	32.62	49.17
21	叙利亚	99-002	0.92	1.33	90	6.18	33.78	43.79
187	云南	山黄瓜	0.92	3.33	96.67	7.22	32.27	44.6

参照黄瓜种质平均隶属度划分的耐受性级别,筛选获得 28 份低温耐受性强的黄瓜种质。其中 23 份来源于我国的 12 个省份,主要为河南、云南及吉林等省。5 份国外种质分别来源于美国、俄罗斯等国家。从生态类型划分可以看出,耐冷种质主要为华南型黄瓜,占总份数的 64.29%。筛选种质的具体来源地、种质名称等背景信息见表 6。

3 讨论

3.1 黄瓜低温耐受性的评价指标

适宜的温度是植物正常生长的必要条件,低温对大多数植物而言是较常见的逆境条件。低温胁迫可造成幼苗长势弱、叶片数较少、生长迟缓及叶绿素含量降低等症状,严重会导致死苗等。黄瓜是一种喜温性蔬菜作物,其生长的低温界限为 10 ~ 12℃,10℃ 以下生长停止,5℃ 时有受害的危险。目前,主要通过苗期逆境胁迫评价黄瓜种质的低温弱光耐受性,采用株高、叶面积指数、叶绿素含量、叶绿

素 a/b 值、冷害指数及低温下种子发芽率及胚根相对伸长率等指标^[8-11]。前人研究结果表明, 黄瓜的低温耐受性是由多基因控制的, 其生理机制复杂, 不同品种具有不同的耐冷机制, 即使同一品种不同单株或不同时期的耐冷机制都不尽相同, 利用某一指标对植物的低温耐受性进行评价有一定的片面性^[12-14]。低温可降低叶绿体色素生物合成酶活性, 从而使叶绿素含量减少^[15]。尽管叶片中叶绿素含量的绝对值能在一定程度上更能反映出材料的低温弱光的耐受性^[16], 但不同低温耐受性材料在相同的低温弱光条件下, 叶绿素含量的变化是不同的^[17]。

在本研究中, 黄瓜幼苗在低温逆境下表现出较复杂的反应, 不同指标从不同层面评价了黄瓜低温耐受能力的强弱。幼苗存活率可直观反应幼苗能否存活, 冷害指数则对幼苗低温冷害的症状进行了更详细的分级, 细化了幼苗对低温的反应级别。在低温逆境下, 幼苗除冷害症状外, 其长势差异也有明显不同, 有的材料虽遇低温仍表现出基本正常的生长势, 如节间明显伸长, 株高增加, 叶片数增加等。但有的幼苗虽未表现出明显的冷害症状, 但基本没有长势, 仍维持在定植时的两叶一心状态。不同黄瓜种质幼苗的叶绿素含量虽有一定差异, 但与低温耐受性指数等的相关性不明显。另外, 由于该数据的测定是以幼苗生长基本正常为前提, 因此, 有的材料虽然从群体水平可以明显看出不耐低温, 但存活单株的叶绿素含量仍较高。因而, 叶绿素含量不适宜为评价低温耐受性的直接指标, 只能作为辅助的生理指标评价逆境生长基本正常幼苗的叶片功能。相关性分析结果表明: 冷害指数与幼苗存活率、叶片数、株高、叶绿素含量均呈显著性负相关, 表明冷害指数是评价低温胁迫的重要指标。上述观点与前人研究结果基本一致^[18-19]。隶属函数是用来综合评价作物耐性的平均指标, 可以消除个别指数带来的片面性, 从而使各种质对逆境的耐受性差异更具有可比性。

3.2 黄瓜种质低温耐受性评价方法及耐低温种质筛选

常用于黄瓜种质资源低温耐受性鉴定的方法主要是自然低温和人工气候箱(室)内鉴定, 自然低温条件下的鉴定是根据当地的实际情况, 没有统一的标准, 其主要目的是充分利用自然低温条件来鉴定材料的低温耐受性, 特别适于大量资源和育种材料的耐冷性鉴定和筛选^[20], 不足之处在于自然低温所发生的时期和低温强度在年度间存

在差异, 无法进行多年多点的重复试验。反之, 室内的人工胁迫试验具有可重复性, 但供试的种质份数不宜过多。本试验充分利用了北京地区早春 20 年未见的低温天气, 对 303 份黄瓜核心种质进行低温耐受性评价, 初步筛选获得的耐低温种质可进一步进行人工低温胁迫试验, 以重复鉴定筛选种质的耐低温性。

本次试验材料是基于我国 29 个省、市、自治区收集的我国主要地方品种筛选获得, 其来源地广泛、多样性丰富, 因而筛选的 28 份材料为不同类型的耐低温种质类型。试验材料均已经多代自交纯化, 其基因型背景纯合, 可作为亲本材料直接用于耐低温黄瓜品种选育, 同时也可为深入挖掘耐低温相关基因提供丰富的材料。

参考文献

- [1] 王广印, 周秀梅, 张建伟. 不同黄瓜种子萌发期的耐盐性研究[J]. 植物遗传资源学报, 2004, 5(3): 299-303
- [2] 李天来. 我国日光温室产业发展现状与前景[J]. 沈阳农业大学学报, 2005, 36(2): 131-138
- [3] 陈青君, 张峰, 王永健, 等. 黄瓜耐低温弱光品种的评价体系与应用[J]. 中国蔬菜, 2007(1): 9-12
- [4] 王永健, 张峰, 许勇, 等. 黄瓜低温弱光耐受性机理及其应用研究的主要进展[J]. 中国蔬菜, 2005(5): 7-12
- [5] 李锡香, 朱德蔚. 黄瓜种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005
- [6] 张文娥, 王飞, 潘学军. 应用隶属函数法综合评价葡萄种间抗寒性[J]. 果树学报, 2007, 24(6): 849-853
- [7] 朱德蔚, 王德楦, 李锡香. 中国作物及其野生近缘植物蔬菜作物卷(上). 北京: 中国农业出版社, 2008, 399-443
- [8] A. P. M. Nijs & L. Smeets. Analysis of differences in growth of cucumber genotypes under low light conditions in relation to night temperature[J]. Euphytica, 1987, 36(1): 19-31
- [9] 王毅, 方秀娟, 徐欣, 等. 黄瓜幼苗低温锻炼对叶片细胞叶绿体结构的影响[J]. 园艺学报, 1995, 22(3): 299-300
- [10] 高志杰, 王国华. 黄瓜对低温反应的研究进展[J]. 华北农学报, 2002, 17(5): 29-31
- [11] 毛光志, 刘彦珍, 李建吾. 苗期黄瓜自交系耐低温弱光鉴定研究[J]. 北方园艺, 2009(8): 85-87
- [12] 闫世江, 司龙亭, 马志国, 等. 黄瓜苗期低温弱光下生长速度主基因-多基因联合遗传分析[J]. 中国农业科学, 2010, 43(24): 5073-5078
- [13] 透明辉, 姜群峰, 陈劲枫. 黄瓜的冷害及耐冷性[J]. 植物学通报, 2004, 21(5): 578-586
- [14] 游俊梅, 阮仁超, 陈惠查. 稻种资源耐冷性鉴定与评价指标分析[J]. 贵州农业科学, 2000, 28(3): 34-36
- [15] 王林闯, 贺超兴, 张志斌, 等. 番茄品种苗期耐低温性生理指标的研究[J]. 华北农学报, 2009, 24(8): 137-140
- [16] 卢建建, 龚繁荣, 李俊. 甜椒耐低温弱光材料筛选方法的研究[J]. 上海农业学报, 2007, 23(4): 67-71
- [17] 姜亦巍, 胡洽, 吴国胜, 等. 甜(辣)椒耐低温弱光品种筛选方法初探[J]. 华北农学报, 1996, 11(4): 39-42
- [18] 吴晓雷, 尚春明, 张学东, 等. 番茄品种耐弱光性的综合评价[J]. 华北农学报, 1997, 12(2): 97-101
- [19] 钱芝龙, 丁犁平, 曹寿椿, 等. 辣椒苗期耐寒性鉴定及相关性状的研究[J]. 江苏农业学报, 1995, 11(4): 55-58
- [20] 戴陆国, 叶昌荣, 工藤悟, 等. 中日合作稻耐冷性研究十五年进展概述[J]. 作物品种资源, 1998(4): 40-43