

黄瓜核心种质芽期低温耐受性鉴定评价

王红飞,李锡香,董洪霞,王海平,宋江萍,邱杨,张晓辉,沈 镝

(中国农业科学院蔬菜花卉研究所,北京 100081)

摘要:以 15℃ 为胁迫温度,以相对发芽率、相对发芽势、相对发芽指数、相对胚根长度、相对鲜重、相对干重为评价指标,对 65 份黄瓜核心种质进行芽期低温耐受性鉴定评价,结果显示,参试材料的 6 项指标差异显著,变化范围分别为 1.00% ~ 123.00%、0 ~ 112.00%、0 ~ 70%、13.00% ~ 109.00%、0 ~ 100.00%、0 ~ 101.00%。表明大部分参试材料在不同程度上受到低温条件的影响,发芽时间推迟、种子活力降低、种芽生长量减少,而少部分材料的种子活力在 15℃ 低温条件下与对照相比差异不明显。利用 6 项指标的平均隶属度、聚类分析进行综合评价,共筛选出 7 份芽期强耐冷的黄瓜材料,来源于印度、日本、匈牙利、土耳其及我国的吉林省、河北省、重庆市。

关键词:黄瓜;核心种质;芽期低温耐受性;鉴定评价

Cold Tolerance Identification at Germination Stage of Cucumber Core Germplasm

WANG Hong-fei, LI Xi-xiang, DONG Hong-xia, WANG Hai-ping,
SONG Jiang-ping, QIU Yang, ZHANG Xiao-hui, SHEN Di

(The Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081)

Abstract: 65 core germplasms were identified and evaluated under 15℃ and the indexes of evaluation including relative germination percentage, relative germination power, relative germination index, relative radicle length, relative fresh weight and relative dry weight at the stage of germination. The results showed that the difference of six indexes were significant and the range were 1.00% - 123.00%, 0 - 112.00%, 0 - 70%, 13.00% - 109.00%, 0 - 100.00%, 0 - 101.00% respectively, showing that the seeds vigor and growth ability of most materials were influenced by low temperature and just some of them expressed no obvious difference comparing with CK. 7 accessions with extremely high tolerance were screened out, deriving from India, Japan, Hungary, Turkey, Jilin province, Hebei province, Chongqing Municipality.

Key words: cucumber; core collection; cold tolerance at germination stage; identification and evaluation

低温冷害是影响农业生产持续稳定发展的主要灾害之一,严重影响了我国北方地区黄瓜等蔬菜作物的生产,培育耐低温新品种是解决冷害的主要方法。目前,大多数学者认为作物低温耐受性主要受遗传因素影响,不同品种间差异显著^[1-2]。因此,对黄瓜核心种质进行低温耐受性鉴定评价是筛选不同类型耐低温种质的有效

途径。

通过低温胁迫检测种子活力等相关指标是开展黄瓜种质资源鉴定评价及筛选耐冷种质简便、可靠的方法,在玉米、茄子、番茄等作物上均有应用^[3-5]。低温胁迫下黄瓜种子的发芽能力及种芽生长能力是评价芽期低温耐受性的重要指标^[6]。J. Lv 等^[7]对来源于中国、美国和荷兰国家种质库的 3342 份黄瓜

收稿日期:2015-01-30 修回日期:2015-03-25 网络出版日期:2015-12-09

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20151209.0924.044.html>

基金项目:“十二五”农村领域国家科技计划课题(2013BAD01B04-7);农业部园艺作物生物学与种质创制重点实验室项目

第一作者主要从事黄瓜低温耐受性相关研究。E-mail: wanghongfei0329@163.com

通信作者:沈镝,研究方向为黄瓜优异基因源挖掘及优异种质创新。E-mail: shendi@caas.cn

种质资源开展群体遗传多样性及遗传结构分析,构建了包含 115 份黄瓜材料的核心种质,并完成了全基因组重测序^[8],本研究以其试验中的 65 份黄瓜核心种质为研究对象,进行芽期低温耐受性鉴定及综合评价,以筛选不同类型的黄瓜耐低温种质,为进一步挖掘黄瓜耐冷相关基因、优异种质创新及新品种选育奠定基础。

表 1 核心种质材料信息

Table 1 Basic information of 65 cucumber core collections

编号 No.	种质名称 Accession name	来源地 Origin	编号 No.	种质名称 Accession name	来源地 Origin
1	A-C-3	西班牙	34	津研 2 号	中国山东
2	USM 307	印度	35	青岛秋叶儿三	中国山东
3	Tsuda	日本	36	Honshu Aibai	日本
4	Sakata Natsusango	日本	37	Sekino No. 2	日本
5	Klinsky Mestnyj	前苏联	38	秋黄瓜	中国广东
6	National Pickle	美国	39	冷露黄瓜	中国湖南
7	Spartan Garden MSU-C7-63	美国	40	71 号黄瓜	中国重庆
8	WJR2930	伊拉克	41	黄瓜	中国山东
9	TGR 580	津巴布韦	42	Nemet Kigyo	匈牙利
10	N2/81	刚果	43	Kecskemeti Hamvas	匈牙利
11	USM 414	印度	44	Altaiisky Ranny	俄罗斯
12	Small Green	印度	45	Ames 1208	土耳其
13	Poona Kheera	印度	46	8181	土耳其
14	USM 255	印度	47	Puerta-Rico #6	波多黎各
15	Kaga Fushinari	日本	48	Khiair; Badreng-i-Savareh	阿富汗
16	Cgn19828	日本	49	9748	叙利亚
17	Hok	荷兰	50	Pradesh Khira	印度
18	Vert Long de Chine	法国	51	Khira	印度
19	752	荷兰	52	大刺黄瓜	中国山西
20	Gy3 (S4)	波兰	53	版纳黄瓜 13	中国西双版纳
21	Challenger 71	美国	54	版纳黄瓜	中国西双版纳
22	Long Green	印度	55	版纳黄瓜 15	中国西双版纳
23	Yellow 1	斯里兰卡	56	白长圆黄瓜	中国西双版纳
24	13598	印度	57	白皮圆黄瓜	中国西双版纳
25	CM8537	中国吉林	58	版纳黄瓜	中国西双版纳
26	青皮八杈	中国吉林	59	圆短黄皮	中国西双版纳
27	大青 7314-2-6-1-1	中国吉林	60	版纳黄瓜 40	中国西双版纳
28	通辽密刺	中国天津	61	版纳黄瓜 53	中国西双版纳
29	辽阳叶三	中国辽宁	62	曼瓠长黄地黄瓜	中国西双版纳
30	前七里黄瓜	中国河北	63	纳京地黄瓜 1	中国西双版纳
31	大刺黄瓜	中国四川	64	纳京地黄瓜 2	中国西双版纳
32	抚松叶三	中国吉林	65	本地地黄瓜	中国西双版纳
33	叶三白	中国河北			

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为来自 19 个国家及我国 11 个省份的 65 份黄瓜核心种质,均由中国农业科学院蔬菜花卉研究所种质资源课题组提供。试验材料的种质名称、来源地等背景信息详见表 1。

1.2 试验方法

选取供试材料饱满一致的种子,在光照培养箱中严格控制温度的条件下进行。15℃黑暗条件下进行低温胁迫,常温对照为 26℃。每重复取 50 粒种子,3 次重复。每 24 h 调查 1 次发芽数。分别于处理第 9 天(低温)和 48 h(常温)量取胚根长度、称量种芽的鲜重及干重。胚根长的测量以胚根突破种皮 1 mm 为标准。根据低温处理和常温对照的各项指标测定值,计算不同材料的发芽率、发芽势、发芽指数、相对发芽率、相对发芽势、相对发芽指数、相对胚根长度、相对鲜重和相对干重^[2]。

1.3 数据处理

相对发芽率、相对发芽指数、相对发芽势、相对胚根长度、种芽相对鲜重、相对干重 6 项指标值及隶属度的计算均用 Excel 软件完成。以前 3 项指标的平均隶属度作为低温条件下种子活力参数值,为种子发芽阶段低温耐受性鉴定评价指标,以后 3 项指标的平均隶属度作为种芽生长量的参数值,为种芽生长阶段鉴定评价指标,以 6 项指标的平均隶属度作为芽期低温耐受性的综合评价指标。按以下公式计算 6 项指标的隶属度。

$$X(\mu) = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$$

式中 μ 为试验材料品种, X 为测定指标, X_{\max}

为参试材料某项指标的最大值, X_{\min} 则为相应指标的最小值。

参照齐晓花等^[9]的方法并做适当修改,依据平均隶属度将不同材料的低温耐受性分为 5 个级别: 0.81 ~ 1.00 为强耐冷(HR, high resistant); 0.61 ~ 0.80 为耐冷(R, resistance); 0.41 ~ 0.60 为中等耐冷(MR, middle resistance); 0.21 ~ 0.40 为不耐冷(LR, low resistance); 0.00 ~ 0.20 为冷敏感(S, sensitive)。

利用 NTSYSpc2.11 软件进行聚类分析。

2 结果与分析

2.1 种子发芽阶段相关指标的鉴定评价结果

26℃ 常温对照条件下,多数供试材料的种子活力较高,仅 32 号、34 号材料的发芽率略低,分别为 77.30%、78.70%。15℃ 低温胁迫下,65 份材料的相对发芽率、相对发芽势、相对发芽指数的变化范围分别为 1.00% ~ 123.00%、0 ~ 112.00%、0 ~ 70.00%。参试材料在不同程度上受到低温条件的影响,发芽时间推迟,大部分材料的种子活力下降。其中 7 份材料的相对发芽率低于 1.00%,8 份材料的相对发芽势低于 10.00%,明显受到低温条件影响。18 份材料的相对发芽率、相对发芽势值均高于 95.00%,受低温条件影响较小(表 2)。

表 2 参试材料种子活力指标值

Table 2 Seed vigor index values of materials

编号 No.	对照 发芽率 (%) GR _{CK}	相对 发芽率 (%) RGR	对照 发芽势 (%) GP _{CK}	相对 发芽势 (%) RGP	对照 发芽 指数 GI _{CK}	相对 发芽 指数 RGI	编号 No.	对照 发芽率 (%) GR _{CK}	相对 发芽率 (%) RGR	对照 发芽势 (%) GP _{CK}	相对 发芽势 (%) RGP	对照 发芽 指数 GI _{CK}	相对 发芽 指数 RGI
1	99.3	100	99.3	99	49.50	36	16	99.3	97	99.3	96	49.50	39
2	96.7	92	96.7	89	47.50	48	17	100.0	98	100.0	95	50.00	26
3	96.0	94	96.0	80	47.83	23	18	98.0	78	98.0	75	49.00	37
4	98.0	85	98.0	64	48.83	29	19	100.0	100	100.0	99	50.00	34
5	99.3	101	99.3	99	49.67	26	20	96.7	97	96.7	92	48.33	50
6	99.3	93	99.3	92	49.67	51	21	99.3	99	99.3	95	49.67	28
7	94.7	93	94.7	88	47.33	38	22	100.0	79	100.0	74	49.67	25
8	99.3	123	99.3	112	49.67	29	23	100.0	5	100.0	5	40.33	2
9	98.0	99	98.0	87	49.0	21	24	100.0	85	100.0	50	50.00	14
10	100.0	99	100.0	99	50.0	29	25	100.0	99	100.0	99	50.00	43
11	100.0	12	100.0	7	50.0	2	26	100.0	97	100.0	97	50.00	45
12	94.7	75	94.7	71	45.67	30	27	98.0	96	98.0	93	49.00	26
13	100.0	41	100.0	41	50.0	18	28	94.0	82	94.0	77	47.00	42
14	97.3	89	97.3	87	48.50	47	29	99.3	99	99.3	98	49.33	31
15	100.0	97	100.0	93	50.00	33	30	98.7	99	98.7	98	49.33	39

表 2(续)

编号 No.	对照 发芽率 (%) GR _{CK}	相对 发芽率 (%) RGR	对照 发芽势 (%) GP _{CK}	相对 发芽势 (%) RGP	对照 发芽 指数 GI _{CK}	相对 发芽 指数 RGI	编号 No.	对照 发芽率 (%) GR _{CK}	相对 发芽率 (%) RGR	对照 发芽势 (%) GP _{CK}	相对 发芽势 (%) RGP	对照 发芽 指数 GI _{CK}	相对 发芽 指数 RGI
31	100.0	93	100.0	61	50.00	17	49	84.7	62	84.7	50	41.72	26
32	77.3	89	77.3	69	38.67	31	50	89.3	4	89.3	4	31.94	1
33	98.7	101	98.7	99	49.33	53	51	90.7	85	90.7	75	45.33	49
34	78.7	97	78.7	65	39.33	22	52	90.0	99	90.0	87	45.00	45
35	98.7	96	98.7	93	49.33	33	53	100.0	38	100.0	35	49.83	9
36	90.7	101	90.7	90	45.00	51	54	99.3	93	99.3	92	49.50	46
37	99.3	66	99.3	58	48.67	26	55	100.0	91	100.0	89	50.00	24
38	100.0	97	100.0	91	50.00	30	56	99.3	73	99.3	59	49.67	15
39	100.0	83	100.0	73	49.83	21	57	98.7	4	98.7	1	45.50	1
40	99.3	101	99.3	100	49.67	44	58	92.0	5	92.0	0	29.17	1
41	100.0	53	100.0	50	49.83	15	59	96.7	48	96.7	37	44.00	11
42	100.0	98	100.0	97	50.00	34	60	99.3	4	99.3	3	47.83	1
43	100.0	99	100.0	99	50.00	62	61	96.7	5	96.7	2	47.33	1
44	100.0	34	100.0	11	50.00	6	62	100.0	67	100.0	63	49.61	17
45	98.0	99	98.0	97	49.00	76	63	97.3	32	97.3	27	47.00	8
46	99.3	90	99.3	89	49.67	29	64	99.3	81	99.3	77	49.17	22
47	92.7	99	92.7	91	46.33	48	65	98.0	1	98.0	1	45.11	0
48	98.0	101	98.0	98	49.00	27							

RGR,RGP and RGI indicate relative germination rate,relative germination potential and relative germination index

以 3 项指标的平均隶属度作为评价种子活力的参数值,对其耐冷级别进行了划分(图 1),低温逆境对种子发芽阶段基本未产生影响的材料有 3 份(编号为 33、43、45),分别来源于中国河北、匈牙利、土耳其。低温条件下种子活力仍较强的材料共 36 份,占参试材料的 55.00%,其中来源于中国的材料 13 份,包括 11 份华北型,2 份华南型,1 份西双版纳黄瓜。表现为冷敏感的材料共 9 份,分别来源于中国西双版纳、印度、俄罗斯和斯里兰卡。

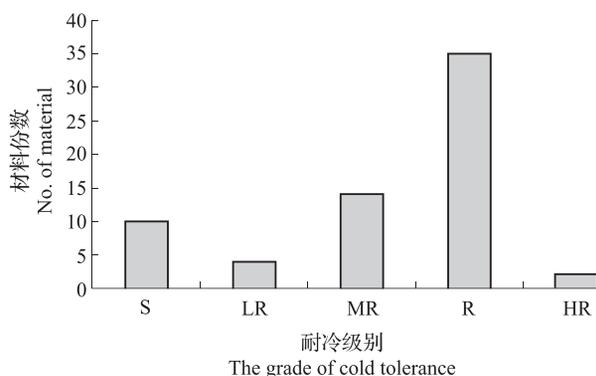


图 1 种子活力参数值

Fig. 1 Values of seed vigor

2.2 种芽生长阶段相关指标的鉴定评价

26℃ 常温条件下,参试材料的胚根长度、种芽鲜重、干重 3 项指标存在一定差异,变化范围分别为:16.40 ~ 53.10 cm、1.90 ~ 12.50 g、0.40 ~ 2.30 g。15℃ 低温胁迫条件下,参试材料胚根相对长度变化范围为 13.00% ~ 109.00%,8 份材料的相对胚根长度高于 95.00%,几乎未受低温影响。相对鲜重的变化范围为 0 ~ 100.00%,8 份材料的相对鲜重小于 10.00%,低温明显抑制了种芽生长,65 份材料中仅编号为 48 的相对鲜重值高于 95.00%,表现为强耐冷。相对干重变化范围为 0 ~ 101.00%,7 份材料受低温的影响较大,种芽相对干重小于 10.00%(表 3)。

3 项指标的平均隶属度作为种子生长量参数值,65 份材料的种芽生长量都在不同程度上受到了低温条件的影响(图 2)。表现为强耐冷的种质 20 份,其中中国材料 6 份,包括 5 份华北型、1 份华南型。表现为冷敏感的材料共 26 份,占参试材料的 39.40%。生长量较低的材料有 8 份,分别来源于中国西双版纳、印度和斯里兰卡。

表3 参试材料生长量指标值

Table 3 Growth values of materials

编号 No.	对照	相对	对照 鲜重(g) FW _{CK}	相对	对照	相对	编号 No.	对照	相对	对照 鲜重(g) FW _{CK}	相对	对照	相对
	胚根 长度 (cm) GL _{CK}	胚根 长度 (%) RGL		鲜重 (%) RFW	干重 (g) DW _{CK}	干重 (%) RDW		胚根 长度 (cm) GL _{CK}	胚根 长度 (%) RGL		鲜重 (%) RFW	干重 (g) DW _{CK}	干重 (%) RDW
1	41.6	94	9.1	82	1.2	97	34	32.7	79	6.3	69	1.1	79
2	42.0	92	8.2	93	1.3	97	35	38.5	74	9.7	71	1.9	64
3	43.3	81	8.5	79	1.1	96	36	46.7	69	7.9	82	1.3	80
4	37.9	99	10.3	62	1.3	86	37	29.8	93	5.9	56	1.3	50
5	39.8	78	9.2	90	1.3	96	38	34.7	77	8.4	75	1.6	76
6	44.6	87	9.1	76	1.2	91	39	33.5	83	9.1	58	2.2	45
7	43.9	81	10.1	76	1.3	90	40	32.8	104	9.6	91	1.8	68
8	42.6	77	9.8	63	1.3	85	41	42.3	90	10.1	35	2.3	36
9	42.1	72	6.4	69	0.8	98	42	38.5	84	8.6	83	1.2	84
10	41.8	80	10.5	78	1.5	99	43	45.2	100	12.5	92	2.0	95
11	47.3	36	9.5	8	1.4	11	44	45.8	58	9.0	19	1.2	32
12	40.4	67	6.7	83	1.0	72	45	53.1	79	10.2	81	1.5	89
13	42.8	67	8.4	42	1.2	45	46	33.4	57	6.4	69	1.0	81
14	39.1	93	6.9	74	1.2	73	47	47.4	89	8.7	78	1.3	91
15	37.9	92	9.1	79	1.2	93	48	41.1	86	9.3	100	1.6	98
16	39.4	102	8.7	93	1.2	97	49	44.8	96	8.5	51	1.3	52
17	50.9	85	8.7	81	1.1	100	50	31.8	50	5.9	5	0.9	4
18	40.6	80	9.1	56	1.3	72	51	37.9	88	8.1	73	1.3	63
19	45.8	90	9.6	86	1.3	97	52	36.6	92	7.0	83	1.2	82
20	49.5	93	9.1	75	1.2	90	53	28.6	58	8.7	23	1.7	28
21	34.8	81	10.0	73	1.4	96	54	31.6	109	7.9	62	1.3	80
22	45.3	62	9.9	49	1.3	71	55	23.1	92	6.2	58	1.0	87
23	36.1	32	7.7	5	1.1	6	56	25.9	60	6.6	39	1.1	64
24	37.2	71	7.3	56	0.9	88	57	21.8	13	6.0	2	1.0	5
25	38.4	78	8.1	86	1.3	96	58	20.1	31	4.5	2	1.1	2
26	34.4	101	9.5	78	1.3	93	59	30.0	72	6.0	33	1.1	39
27	33.1	78	8.8	65	1.3	89	60	29.2	30	6.9	2	1.0	3
28	33.3	84	7.7	64	1.0	79	61	25.9	18	6.9	3	1.3	6
29	35.4	74	9.0	85	1.4	97	62	26.9	75	6.5	44	1.0	65
30	35.6	98	8.8	88	1.2	101	63	31.2	71	7.7	23	1.2	32
31	31.1	66	6.2	57	0.8	94	64	28.2	76	5.4	56	0.7	77
32	34.3	78	5.4	65	0.8	72	65	24.5	14	6.3	0	1.0	0
33	47.0	72	10.5	78	1.4	92							

RGL, RFW and RDW indicate relative radicle length, relative fresh weight and relative dry weight

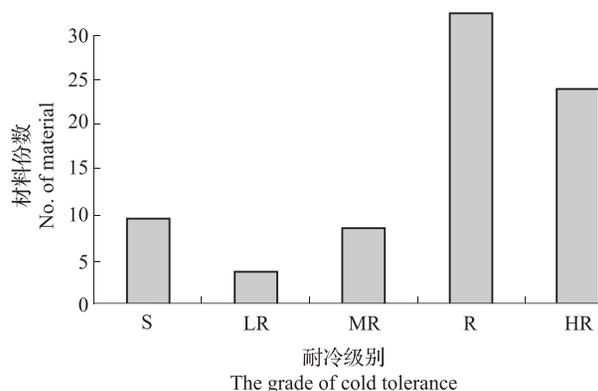


图2 生长量参数值

Fig. 2 Growth values

2.3 芽期低温耐受性综合评价

综合种子发芽阶段和种芽生长阶段的低温耐受性鉴定结果,依据6项指标平均隶属度对参试材料进行耐冷级别划分(图3),筛选出强耐冷材料7份,材料编号分别为2、16、26、30、40、43、45,来源于印度、日本、匈牙利、土耳其、中国吉林省、中国河北省、中国重庆市。其中6项指标平均隶属度最高的为编号43,在种子发芽阶段和种芽生长阶段均表现为强耐冷。65份材料中8份材料表现为冷敏感,在2个生长阶段表型一致。

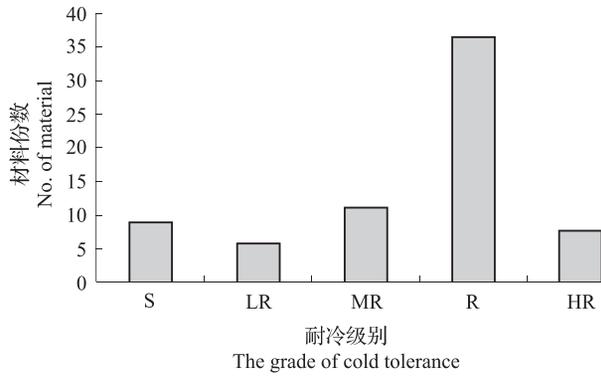


图3 参试材料耐冷级别

Fig. 3 Cold tolerance level of tested materials

依据6项指标值,对参试材料进行聚类分析(图4),在遗传距离1.05处,65份参试材料聚为4个类群,第I类群包含40份材料,5份为强耐冷材料,35份为耐冷材料。编号为43和45的材料聚为第II类群,为强耐冷材料。第III类群中的8份材料均表现为冷敏感。第IV类群的6份材料为不耐冷材料。与利用平均隶属度的综合评价结果基本一致。

综合以上分析结果可以看出,印度黄瓜材料类型较为丰富,包含强耐冷和冷敏感类型,西双版纳黄瓜多为冷敏感类型。

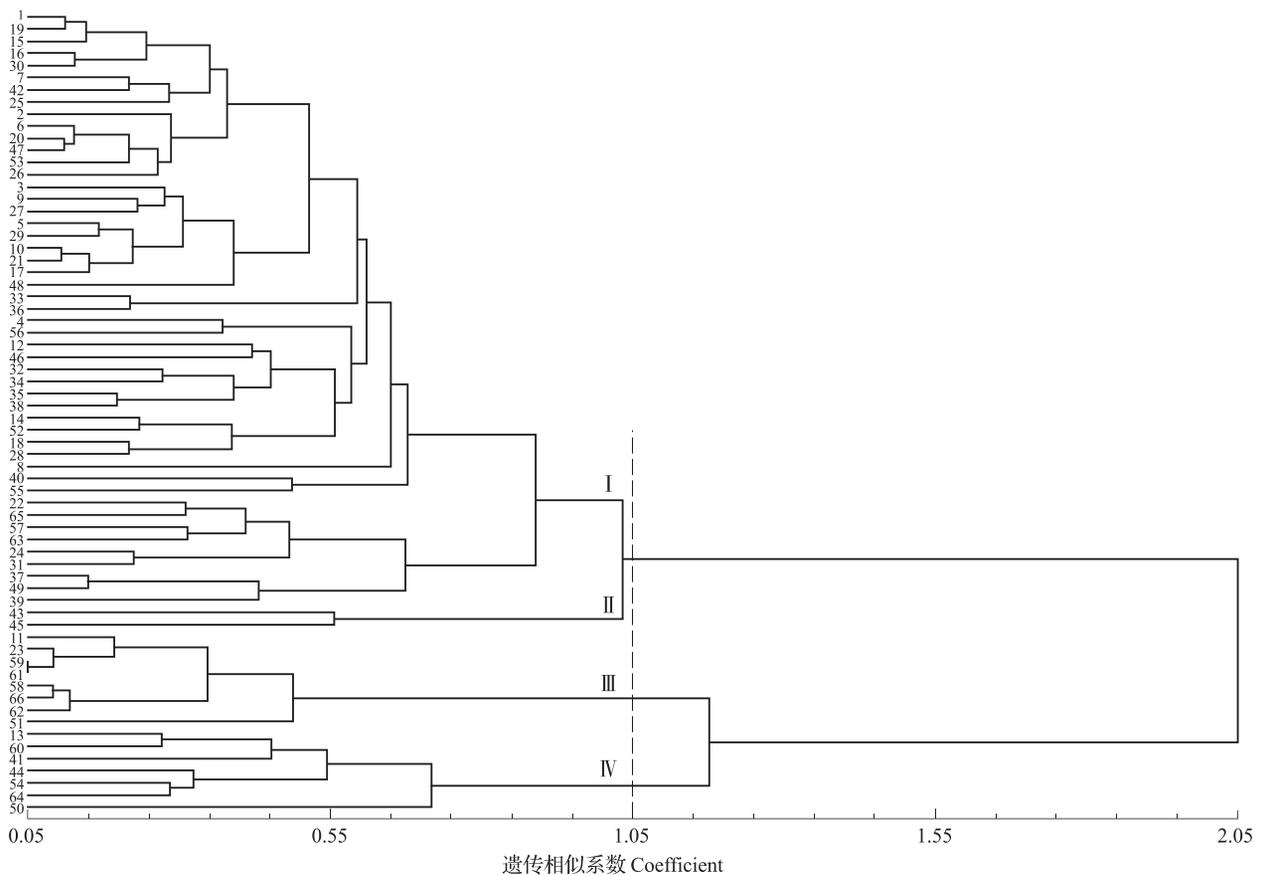


图4 参试材料芽期低温耐受性聚类图

Fig. 4 Cluster analysis for cold tolerance at germination stage

3 讨论

黄瓜的遗传背景相对狭窄,育种亲本趋于单一化^[10]。目前,关于黄瓜种质资源耐低温鉴定评价方面的研究报道较少。齐晓花等^[9]对6个生态类型的22个品系的黄瓜种质,分别进行芽期和苗期低温耐受性鉴定,以2个生长时期的隶属函数值综合评价其低温耐受性,鉴定出2个低耐受性极强的品系,3个低温敏感品系。程嘉琪等^[11]利用自然低温胁迫,

以冷害指数、叶片数、株高等指标,评价了303份黄瓜种质的苗期低温耐受性,筛选到低温耐受性极强的种质28份。本研究对来自19个国家的65份黄瓜核心种质进行芽期低温耐受性鉴定评价,初步明确了上述材料的芽期耐低温特性,共筛选到7份强耐冷材料。

低温会降低种子的发芽率、推迟发芽时间^[12],不同材料对低温逆境的抵御能力主要体现在种子活力上。作物的低温耐受能力受基因和环境的双重影

响^[13],在开展低温耐受性鉴定评价及遗传机制相关研究中不能采用单一的鉴定评价指标^[14]。目前学者们多选择以多项指标的平均隶属度作为评价指标^[9,15]。但进行低温耐受性鉴定评价时引入的评价指标过多,会减少变量的自由度,增大试验误差^[16]。此外,不同作物品种及其不同生长阶段的低温敏感温度均不同。尹延旭等^[16]研究辣椒芽期特性与抗寒性相关关系时,15℃低温条件下,材料间差异不显著,21℃为合适的鉴定评价温度。韩龙植等^[17]在进行水稻芽期低温耐受性相关研究时,对幼芽进行5℃低温胁迫,认为芽期耐冷性由多基因控制,为数量性状。齐晓花等^[9]在15℃低温条件下发芽,测定发芽率和胚根长度,作为芽期低温耐受性评价指标。与前人研究方法相比,本研究增加了种芽生长阶段的相对鲜重和相对干重2项指标,分别评价了种子发芽阶段和种芽生长阶段低温耐受性。下一步继续对上述材料进行苗期低温耐受性的鉴定评价,为进一步挖掘黄瓜耐低温优异基因奠定基础。

参考文献

- [1] 许勇,王永健. 黄瓜耐低温研究中几个问题的讨论[C]//中国科学技术协会第二届青年学术年会园艺学论文集. 北京:北京农业大学出版社,1995:439-444
- [2] 刘建辉. 黄瓜耐低温性鉴定方法[J]. 北方园艺,2005(4):62-63
- [3] 张雪峰,张立军,胡滨. 玉米萌发期种子耐低温鉴定指标的筛

- 选[J]. 辽宁农业科学,2011(1):25-30
- [4] 刘冰,杜永臣,王孝宣,等. 利用高代回交群体定位醋栗番茄发芽期与幼苗期耐冷 QTL[J]. 园艺学报,2010,37(7):1093-1101
- [5] 井立军,王利英,石瑶,等. 不同温度条件下茄子发芽率与其低温耐性关系初探[J]. 园艺学报,2004,31(3):387-388
- [6] 庞金安,沈文云,马德华. 黄瓜幼苗耐低温指标研究初报[J]. 天津农业科学,1998(2):53-56
- [7] Lv J, Qi J, Shi Q X, et al. Genetic diversity and population structure of cucumber (*Cucumis sativus* L.) [J]. PLoS ONE 2012,7(10):1-9
- [8] Qi J, Liu X, Shen D, et al. A genomic variation map provides insights into the genetic basis of cucumber domestication and diversity [J]. Nat Genet,2013(45):1510-1518
- [9] 齐晓花,陈嵘峰,徐强,等. 黄瓜种质资源苗期耐冷性鉴定研究初探[J]. 中国蔬菜,2011(4):23-28
- [10] 程嘉琪,沈镛,李锡香,等. 黄瓜核心种质低温耐受性的田间评价[J]. 植物遗传资源学报,2012,13(4):660-665
- [11] 程嘉琪. 黄瓜核心种质的遗传多样性分析及白粉病抗性和低温耐受性评价[D]. 北京:中国农业科学院,2011
- [12] Sharifi P. Evaluation on sixty-eight rice germplasms in cold tolerance at germination stage[J]. Rice Sci,2010,17(1):77-81
- [13] 杨从党,周能,袁平荣. 水稻结实率和若干生理因素的品种间差异及其相关研究[J]. 中国水稻科学,1998,12(3):144-148
- [14] 游俊梅,阮仁超. 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] 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
- [16] 尹延旭,巩振辉,陈儒钢,等. 辣椒种子芽期特性与抗寒性的相关性研究[J]. 西北农业学报,2009,18(4):306-309
- [17] 韩龙植,乔永利,曹桂兰,等. 水稻生长早期耐冷性 QTL 分析[J]. 植物遗传资源学报,2004,5(2):122-126

(上接第5页)

参考文献

- [1] 刘旭. 新时期我国粮食安全战略研究的思考[J]. 中国农业科技导报,2013,15(1):1-6
- [2] Doebley J F, Gaut B S, Smith B D. The molecular genetics of crop domestication[J]. Cell,2006,127(7):1309-1321
- [3] Li Y, Ma X L, Wang T Y, et al. Increasing maize productivity in China by planting hybrids with germplasm that responds favorably to higher planting densities [J]. Crop Sci, 2011, 51(6):2391-2400
- [4] Li Y X, Li Y, Ma X L, et al. Contributions of parental inbreds and heterosis to morphology and yield of single-cross maize hybrids in China[J]. Crop Sci,2014,54(1):76-88
- [5] 刘志斋,吴迅,刘海利,等. 基于40个核心SSR标记揭示的820份中国玉米重要自交系的遗传多样性与群体结构[J]. 中国农业科学,2012,45(11):2107-2138
- [6] Yang X H, Gao S B, Xu S T, et al. Characterization of a global germplasm collection and its potential utilization for analysis of complex quantitative traits in maize[J]. Mol Breeding,2011,28(4):511-526
- [7] Wu X, Li Y X, Shi Y S, et al. Fine genetic characterization of elite maize germplasm using high-throughput SNP genotyping[J]. Theor Appl Genet,2014,127(3):621-631
- [8] 乔治军,刘龙龙,南晓洁,等. 180份玉米自交系亲缘关系的分子评价[J]. 植物遗传资源学报,2011,12(2):211-215
- [9] 李永祥,王阳,石云素,等. 玉米籽粒构型与产量性状的关系及QTL作图[J]. 中国农业科学,2009,42(2):408-418
- [10] Peng B, Li Y X, Wang Y, et al. QTL analysis for yield components and kernel-related traits in maize across multi-environments[J]. Theor Appl Genet,2011,122(7):1305-1320

- [11] Zhang Z H, Liu Z H, Hu Y M, et al. QTL analysis of kernel-related traits in maize using an immortalized F₂ population[J]. PLoS One, 2014,9(2):e89645
- [12] Liu Y, Wang L W, Sun C L, et al. Genetic analysis and major QTL detection for maize kernel size and weight in multi-environments [J]. Theor Appl Genet,2014,127(5):1019-1037
- [13] Yu Y, Wang R, Shi Y, et al. Genetic diversity and structure of the core collection for maize inbred lines in China [J]. Maydica, 2007,52(2):181
- [14] Li Y, Shi Y S, Cao Y S, et al. Establishment of a core collection for maize germplasm preserved in Chinese National Genebank using geographic distribution and characterization data [J]. Genetic Resour Crop Ev,2005,51(8):845-852
- [15] Ihaka R, Gentleman R. R: a language for data analysis and graphics [J]. J Comput Graph Stat,1996,5(3):299-314
- [16] Gentry L F, Ruffo M L, Below F E. Identifying factors controlling the continuous corn yield penalty [J]. Agron J,2013,105(2):295-303
- [17] 陈红,张志良,王克晶,等. 重庆地区野生大豆资源区域居群表型多样性初步分析[J]. 植物遗传资源学报,2010,11(5):573-577
- [18] 张向歌,王彬,袁亮,等. 基于单片段代换系玉米子粒性状的QTL定位[J]. 玉米科学,2013,6(6):35-40
- [19] 李玉玲,吕德彬,王延召,等. 利用SSR标记研究爆裂玉米自交系的遗传变异及其与普通玉米的遗传关系[J]. 中国农业科学,2004,37(11):1604-1610
- [20] 刘宗华,汤继华,王庆东,等. 河南省主要玉米品种杂种优势利用模式分析[J]. 中国农业科学,2006,39(8):1689-1696