

甜瓜萌芽期耐低温种质资源的筛选

韦小敏¹, 徐文龙¹, 尚建立², 周 丹²

(1. 河南牧业经济学院畜产品质量安全技术研究院 郑州 450046; 2. 中国农业科学院郑州果树研究所 郑州 450009)

摘 要: 为了探索出一种甜瓜耐低温的高效筛选方法, 快速筛选出耐低温甜瓜种质资源并利用, 先用 7 份具有耐低温性差异的甜瓜资源, 确定了 17 °C 为甜瓜萌芽期低温筛选的最佳温度; 再用 17 °C 对 268 份甜瓜资源进行鉴定筛选, 获得极耐和极不耐低温的资源; 最后挑选出极耐低温和不耐低温的甜瓜资源各 5 份测定光合速率。结果表明, 在萌芽期耐低温性较好的甜瓜资源在低温处理下的光合速率也更高。试验选出极耐低温的资源 11 份, 可被直接或间接用于耐低温育种。

关键词: 甜瓜; 种质资源; 萌芽期; 耐低温

中图分类号: S652

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2025)08-095-06

Study on screening cold-tolerant germplasm resources of melon at germination stage

WEI Xiaomin¹, XU Wenlong¹, SHANG Jianli², ZHOU Dan²

(1. Institute of Animal Product Quality and Safety Technology, Henan University of Animal Husbandry and Economy, Zhengzhou 450046, Henan, China; 2. Zhengzhou Fruit Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450009, Henan, China)

Abstract: To establish an efficient screening method for cold tolerance in melon and rapidly identify/utilize cold-tolerant germplasm resources, this study first used 7 melon accessions with different cold temperature tolerance, and determined 17 °C as the optimal temperature for low temperature screening during the germination stage. Subsequently, 268 melon accessions were evaluated at 17 °C to identify extreme cold-tolerant and cold-sensitive materials. Further analysis selected five highly tolerant and five highly sensitive materials to determine their photosynthetic rate. The results showed that the accessions with strong cold tolerance during germination maintained higher photosynthetic rate under low-temperature stress. This study ultimately identified 11 highly cold-tolerant accessions suitable for direct or indirect use in low-temperature tolerance breeding.

Key words: Melon; Germplasm resources; Germination stage; Cold tolerance

甜瓜(*Cucumis melo* L.)作为葫芦科重要的经济作物之一, 因其丰富的营养价值、独特的风味和广泛的适应性, 在全球范围内具有重要的经济价值和市场需求。然而, 甜瓜作为一种喜温作物, 其生长发育对温度变化极为敏感, 尤其在萌芽期和幼苗期, 低温胁迫会显著抑制种子萌发、根系发育及光合作用效率, 进而影响植株的生长发育、产量和品质^[1-2]。我国作为甜瓜生产与消费大国, 其主产区多分布在北方温带及亚热带地区, 早春和秋冬季节的低温冷害问题尤为突出。传统应对措施如覆盖保温、加热补温等虽有一定效果, 但成本较高。因此, 从遗传改良角度出发, 挖掘耐低温种质资源并培育

适应性强的品种, 成为解决这一问题的根本途径。

目前, 针对甜瓜耐低温性的评价主要集中于萌芽期、幼苗期和成株期, 其中萌芽期因操作简便、表型易观测而被广泛采用。甜瓜的最佳萌发温度范围在 25~35 °C, 常用催芽温度为 33 °C, 低于 15 °C 多数品种的种子可能无法萌发^[3-5]。因此, 甜瓜萌芽期低温处理常用温度为 15~18 °C。例如, 蒋雪君等^[6]、周峰^[7]均将 15 °C 作为甜瓜萌芽期耐低温筛选温度; 武雁军^[8]认为, 16 °C 是鉴定厚皮甜瓜萌芽期抗寒性的适宜温度; 黄超等^[9]、孙玉宏^[10]、姚雪^[11]则认为 18 °C 处理下的发芽指数等数据作为甜瓜耐冷性评价指标更为合适。张梦益^[12]、周亚峰等^[13]均使用

收稿日期: 2025-03-18; 修回日期: 2025-06-05

基金项目: 国家园艺种质资源库西瓜、甜瓜分库(NHGRC2024-NH00-3)

作者简介: 韦小敏, 女, 高级实验师, 研究方向为作物遗传育种。E-mail: xmwei1969@sina.com

通信作者: 周 丹, 女, 助理研究员, 研究方向为西瓜甜瓜种质资源。E-mail: zhoudan@caas.cn

4℃对甜瓜幼苗进行低温处理来鉴定不同种质资源的耐冷性。综合前人研究发现,针对甜瓜耐低温性评价处理温度的选择缺乏统一标准,导致结果可对比性差;大规模种质资源筛选时,多指标的比较和统计耗时耗力,亟待开发高效、可靠的早期筛选技术。

本研究的开展主要是为了明确甜瓜萌芽期耐低温筛选的最佳温度,并基于该温度指标对268份甜瓜资源的萌芽期耐低温性进行鉴定,旨在构建快捷精准的耐低温评价体系,以期能够快速大批量鉴定优异耐低温甜瓜种质资源;同时筛选出一批极耐低温的种质,用于品种选育或作为杂交亲本,为深入挖掘甜瓜优良耐低温种质资源和培育耐低温新品种提供理论基础和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 甜瓜耐低温差异温度的筛选

1.1.1 材料 试验于2022年3—6月在中国农业科学院郑州果树研究所国家西瓜甜瓜种质资源库实验室进行。取7份在田间具有耐低温差异的甜瓜资源,每份资源选取10粒饱满度一致、形态完整且无病虫害的种子。所用甜瓜资源由中国农业科学院郑州果树研究所国家西瓜甜瓜种质资源中期库(郑州)提供(下同)。

1.1.2 试验设计 利用培养箱模拟室外低温环境,分别设置15、16、17℃对参试品种进行催芽,每天记录每个品种的发芽个数,直到试验品种出现发芽差异甚至完全发芽,总试验时间为5 d。试验设计3次重复。

1.2 甜瓜耐低温种质资源的筛选

1.2.1 材料 试验材料共268份甜瓜资源(表2),主要为薄皮甜瓜和厚皮甜瓜类型,材料编号为MT001~MT270(无MT114、MT231,因种子量少而剔除)。每份材料取15粒饱满度一致、形态完整且无病虫害的种子。

1.2.2 试验设计 将选好的种子用发芽布包好,20℃浸种24 h,分别在17℃和33℃(对照)下催芽3 d,试验设计3次重复。统计每份资源的发芽数,计算发芽率及芽率差,方法如下:

发芽率/%=当天发芽数/参试种子总数×100;

芽率差=对照组发芽率-处理组发芽率。

参考韩德志等^[14]及贺玉花等^[15]的耐冷分级方法,以20%芽率差值作为一个分级,同时为了将极端耐低温和极端敏感的资源筛选出来便于后续利用,将甜瓜资源耐低温性划分为7个等级:极耐(0)、高耐(0<芽率差<20%)、耐(20%≤芽率差<

40%)、中耐(40%≤芽率差<60%)、不耐(60%≤芽率差<80%)、高不耐(80%≤芽率差<100%)、极不耐(100%)。

1.3 低温对不同抗性甜瓜资源叶片光合作用的影响

1.3.1 材料 选取上述资源中表现极耐低温和不耐低温的资源各5份。

1.3.2 试验设计 参考测定氧气释放速率-叶圆片上浮法测定低温处理下不同种质资源的光合作用速率^[16]。用打孔器取每份甜瓜资源5个叶圆片,通过抽真空排除叶肉细胞间隙的空气,使叶圆片沉于50 mL的纯水中,放入17℃的光照培养箱,观察记录叶圆片上浮情况。

2 结果与分析

2.1 甜瓜耐低温差异温度的筛选

由表1可以看出,不同低温条件下不同种质资源的发芽情况是不一样的。15℃低温条件处理第5天,7份资源均没有发芽,说明该温度对于参试资源来说有点偏低,不能区分资源之间耐低温性差异。16℃低温条件下处理第3天有1份资源的少量种子发芽;第4天有3份资源发芽,第5天S37的发芽率达80%,而S34、S35、S38发芽率仍为0,此时不同种质资源的耐低温性差异能够初步体现。17℃条件下第3天,S33、S34、S37这3份资源均有部分种子发芽,其他4份资源发芽率均为0,说明这3份资源耐低温性相对另外4份更好,与田间表现基本吻合。17℃第4天所有品种都有种子发芽且有2份资源发芽率在90%以上,第5天有6份种质达到完全发芽状态,另一份发芽率也达到了90%。综合来看,选择17℃发芽3 d统计发芽率可作为甜瓜资源耐低温筛选的适宜方法。

2.2 甜瓜耐低温种质资源的筛选

用33℃条件下发芽3 d的发芽率减去17℃低温条件下发芽3 d的发芽率,获得不同种质资源的芽率差(表2)。由于耐低温的资源在低温下发芽率高,芽率差就小;反之,不耐低温的资源在低温下发芽率低,芽率差就大。因此,根据芽率差的大小可以分辨出资源耐低温的强弱。由表2可以看出,不同种质资源的芽率差在0和100之间大小不等,根据耐低温性分级分别统计不同等级的资源份数,结果分别为,极耐11份,高耐19份,耐23份,中耐33份,不耐48份,高不耐91份,极不耐43份,不同抗性资源的份数基本呈正态分布,再次说明低温

表 1 7 份甜瓜种质在不同温度处理下的发芽率								
Table 1 Germination rate of the 7 melon germplasms under different temperature treatments								%
处理温度 Treatment temperature/℃	发芽时间 Germination time/d	S33	S34	S35	S36	S37	S38	S39
15	1	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0
16	1	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0
	3	7	0	0	0	0	0	0
	4	20	0	0	0	27	0	37
	5	37	0	0	73	80	0	40
17	1	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0
	3	20	10	0	0	30	0	0
	4	97	97	77	40	90	73	43
	5	100	100	90	100	100	100	100

表 2 甜瓜耐低温种质资源的筛选结果							
Table 2 Screening results of cold-tolerant melon germplasm resources							
种质编号 Germplasm number	芽率差 Germination rate difference/%	种质编号 Germplasm number	芽率差 Germination rate difference/%	种质编号 Germplasm number	芽率差 Germination rate difference/%	种质编号 Germplasm number	芽率差 Germination rate difference/%
MT001	8	MT027	93	MT053	100	MT079	42
MT002	0	MT028	90	MT054	80	MT080	55
MT003	20	MT029	93	MT055	13	MT081	40
MT004	0	MT030	95	MT056	82	MT082	53
MT005	8	MT031	95	MT057	95	MT083	75
MT006	7	MT032	90	MT058	95	MT084	35
MT007	0	MT033	100	MT059	73	MT085	100
MT008	15	MT034	100	MT060	95	MT086	93
MT009	0	MT035	53	MT061	90	MT087	67
MT010	0	MT036	42	MT062	95	MT088	35
MT011	20	MT037	93	MT063	93	MT089	33
MT012	82	MT038	80	MT064	90	MT090	22
MT013	0	MT039	55	MT065	82	MT091	75
MT014	33	MT040	82	MT066	60	MT092	68
MT015	30	MT041	7	MT067	60	MT093	85
MT016	65	MT042	90	MT068	13	MT094	70
MT017	20	MT043	100	MT069	63	MT095	53
MT018	0	MT044	100	MT070	75	MT096	95
MT019	0	MT045	100	MT071	47	MT097	47
MT020	13	MT046	95	MT072	52	MT098	83
MT021	0	MT047	93	MT073	80	MT099	100
MT022	7	MT048	60	MT074	57	MT100	95
MT023	23	MT049	95	MT075	42	MT101	95
MT024	7	MT050	95	MT076	70	MT102	100
MT025	3	MT051	90	MT077	70	MT103	100
MT026	18	MT052	73	MT078	78	MT104	78

表 2 (续)
Table 2 (Continued)

种质编号 Germplasm number	芽率差 Germination rate difference/%	种质编号 Germplasm number	芽率差 Germination rate difference/%	种质编号 Germplasm number	芽率差 Germination rate difference/%	种质编号 Germplasm number	芽率差 Germination rate difference/%
MT105	90	MT147	28	MT188	78	MT229	82
MT106	100	MT148	22	MT189	100	MT230	47
MT107	100	MT149	67	MT190	83	MT232	68
MT108	100	MT150	75	MT191	95	MT233	67
MT109	95	MT151	0	MT192	87	MT234	100
MT110	90	MT152	90	MT193	93	MT235	65
MT111	100	MT153	55	MT194	100	MT236	78
MT112	100	MT154	52	MT195	100	MT237	35
MT113	20	MT155	60	MT196	100	MT238	80
MT115	82	MT156	87	MT197	53	MT239	75
MT116	80	MT157	100	MT198	22	MT240	13
MT117	95	MT158	100	MT199	95	MT241	0
MT118	85	MT159	42	MT200	87	MT242	67
MT119	100	MT160	48	MT201	62	MT243	87
MT120	85	MT161	52	MT202	100	MT244	82
MT121	100	MT162	100	MT203	85	MT245	70
MT122	100	MT163	100	MT204	67	MT246	80
MT123	68	MT164	60	MT205	90	MT247	55
MT124	67	MT165	85	MT206	90	MT248	95
MT125	90	MT166	95	MT207	100	MT249	60
MT126	67	MT167	40	MT208	90	MT250	22
MT127	27	MT168	100	MT209	85	MT251	17
MT128	13	MT169	100	MT210	88	MT252	85
MT129	7	MT170	95	MT211	100	MT253	33
MT130	68	MT171	90	MT212	87	MT254	60
MT131	40	MT172	95	MT213	100	MT255	67
MT132	67	MT173	93	MT214	68	MT256	5
MT133	63	MT174	93	MT215	50	MT257	43
MT134	95	MT175	95	MT216	85	MT258	42
MT135	42	MT176	82	MT217	82	MT259	8
MT136	37	MT177	83	MT218	70	MT260	100
MT137	33	MT178	67	MT219	82	MT261	100
MT138	13	MT179	85	MT220	52	MT262	100
MT139	20	MT180	73	MT221	100	MT263	88
MT140	50	MT181	48	MT222	33	MT264	77
MT141	100	MT182	63	MT223	55	MT265	85
MT142	80	MT183	87	MT224	67	MT266	100
MT143	73	MT184	100	MT225	80	MT267	90
MT144	100	MT185	100	MT226	87	MT268	90
MT145	47	MT186	100	MT227	27	MT269	95
MT146	80	MT187	47	MT228	95	MT270	95

17℃作为甜瓜耐低温的筛选温度是合适的。其中，选出的极耐冷资源分别为 MT002、MT004、MT007、MT009、MT010、MT013、MT018、MT019、MT021、

MT151、MT241，可以直接或间接转育利用。
2.3 低温对不同甜瓜资源光合作用的影响
根据萌芽期的耐低温表现，选取了 5 份极耐低

温种质(编号 MT004、MT009、MT013、MT018、MT021)、2 份极不耐低温种质(编号 MT103、MT112)和 3 份高不耐低温种质(MT117、MT267、MT269),使用叶圆片上浮法测定低温处理下的光合速率。这 10 份资源在低温处理下叶圆片上浮情况记录结果见表 3。由于光合作用产生的 O₂会引起叶圆片上浮,叶圆片上浮越早的资源光合速率越大,相对具有较好的耐低温性;反之,叶圆片上浮晚的资源即表现为不耐低温。由表 3 可知,在 17 °C 处理条件下,不同甜瓜资源叶片的光合速率差异较大。MT004、MT018 在处理 5 min 时即有叶圆片浮起,MT013、MT009 分别在处理 10、15 min 时开始有叶圆片浮起,而 MT112、MT117、MT267 在处理 60 min 后仍然没有叶圆片浮起。这说明通过低温萌发试验选出的耐低温资源在低温处理下植株叶片的光合作用速率也相对更大,耐低温性表现更好。而个别表现不一致的资源可能与资源本身的光合作用差异有关。

表 3 不同种质资源不同处理时间低温光照条件下浮起的叶片数

Table 3 The number of floating leaves of different resources under low temperature and light conditions at different time

种质编号 Germplasm number	处理时间 Treatment time/min					
	5	10	15	20	30	60
MT004	1	4	4	5	5	5
MT009	0	0	2	2	2	4
MT013	0	4	4	5	5	5
MT018	2	3	4	4	4	4
MT021	0	0	0	0	0	1
MT117	0	0	0	0	0	0
MT269	0	0	0	3	3	3
MT267	0	0	0	0	0	0
MT103	0	0	0	2	2	3
MT112	0	0	0	0	0	0

3 讨论与结论

低温胁迫对作物的种子萌发、幼苗生长和产量均会造成显著抑制^[17-18]。快速准确鉴定作物的耐低温性是优异资源筛选、深入挖掘和转育利用的基础。种子萌芽期耐低温鉴定具有周期短、简便、直观等特点,在水稻、玉米、大豆、黄瓜、西瓜等作物上已广泛研究与应用^[19-24]。甜瓜萌芽期耐低温性筛选和鉴定需明确合适的处理温度,温度过高无法区分不同种质间的差异,温度过低可能导致种子失活。

臧全宇等^[25]对甜瓜不同材料萌芽期耐低温性进行评价研究,使用温度为 18 °C,但试验所用全部 28 份材料的相对发芽率均集中在 77.22%~98.98%,说明筛选的温度偏高。而已有研究表明,甜瓜种子在 15~40 °C 的温度条件下才会有活力^[26-27]。因此,笔者选择 15、16、17 °C 3 个温度处理对不同类型的甜瓜种质资源进行了萌芽期耐低温性比较,结果表明 17 °C 更适宜作为甜瓜萌芽期耐低温资源的筛选处理温度。

通过资源的抗性筛选和鉴定评价挑选出具有科研育种利用价值的种质资源是种质资源工作的一个重要组成部分。而快速简易的筛选方法是大批量资源能够同时进行有效的抗性筛选的基础。为了进一步确认上述低温筛选方法的可靠性,笔者对 268 份甜瓜种质在 17 °C 下的发芽数据进行了分析,使用芽率差作为耐低温性评价指标。根据芽率差数据分析,所用 268 份种质基本包含了从极耐低温到极不耐低温的不同类型,进一步说明 17 °C 适合作为大批量甜瓜资源萌芽期耐低温筛选的处理温度。通过芽率差数据比较,筛选出极耐低温种质 11 份。

低温胁迫对光合作用具有明显的抑制作用,会导致甜瓜叶片的光合速率显著下降,但耐低温甜瓜种质在低温条件下仍能表现较高的光合作用速率^[28]。因此,为进一步探究这些种质的耐低温性,笔者选取了部分萌芽期表现极耐低温和不耐低温的种质进行了光合速率测定。结果表明,耐低温种质在低温处理下的光合速率均能维持在较高水平。

笔者建立了一种能够快速大批量筛选甜瓜耐低温种质资源的方法,确认了甜瓜萌芽期耐低温最佳筛选温度为 17 °C,并基于此方法从 268 份甜瓜资源中筛选出了 11 份极耐低温种质,为甜瓜耐低温基础研究和育种奠定了基础。

参考文献

[1] 雷蕾,周熙荣,王伟荣,等.种子耐低温萌发生理特性及分子机制研究进展[J].植物生理学报,2024,60(4):617-634.

[2] RITONGA F N, CHEN S. Physiological and molecular mechanism involved in cold stress tolerance in plants[J]. Plants, 2020, 9(5):560.

[3] 王彬,王聪艳,冯雪.温度对二倍体甜瓜种子萌发率的影响[J].北方园艺,2009(8):101-103.

[4] EDELSTEIN M, KIGEL J. Seed germination of melon (*Cucumis melo*) at sub- and supra-optimal temperatures[J]. Scientia Horticulturae, 1990, 45(1/2):55-63.

[5] 李琼,李丽丽,侯娟,等.瓜类作物响应低温胁迫机制的研究进

- 展[J].园艺学报,2022,49(6):1382-1394.
- [6] 蒋雪君,刁倩楠,曹燕燕,等.低温处理对甜瓜种子萌发及胚根生长的影响[J].上海蔬菜,2020(6):62-64.
- [7] 周峰.甜瓜耐低温、耐弱光鉴定方法和鉴定指标研究[D].江苏扬州:扬州大学,2012.
- [8] 武雁军.厚皮甜瓜抗寒生理生化特性及其外源物质处理效应研究[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2007.
- [9] 黄超,姚雪,王学征,等.甜瓜耐冷性综合评价体系的构建[J].北方园艺,2018(22):43-51.
- [10] 孙玉宏.甜瓜耐冷(湿)性鉴定指标及耐冷(湿)性材料的筛选[D].武汉:华中农业大学,2002.
- [11] 姚雪.甜瓜种质资源耐冷性的鉴定评价及其关联分析研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2016.
- [12] 张梦益,薄永明,吕小龙,等.甜瓜耐低温胁迫 QTL 定位与 KASP 分子标记开发[J/OL].分子植物育种,1-15(2024-09-20). <https://link.cnki.net/urlid/46.1068.s.20240919.1357.004>.
- [13] 周亚峰.甜瓜幼苗耐冷性评价体系构建及耐冷性相关位点的挖掘[D].郑州:河南农业大学,2017.
- [14] 韩德志,孙如建,徐江源,等.中欧大豆种质资源耐冷性综合评价[J].植物遗传资源学报,2022,23(5):1383-1392.
- [15] 贺玉花,赵光伟,王平勇,等.甜瓜种质资源耐寒性评价[J].中国农学通报,2018,34(17):77-82.
- [16] 江月玲,刘顺枝,胡位荣,等.“环境因素影响光合作用的叶圆片上浮法”试验的改进[J].植物生理学通讯,2009,45(5):495-496.
- [17] HOU J, ZHOU Y F, GAO L Y, et al. Dissecting the genetic architecture of melon chilling tolerance at the seedling stage by association mapping and identification of the elite alleles[J]. Frontiers in Plant Science, 2018, 9: 1577.
- [18] ZHANG Q, SHAN C H, NING M, et al. Transcriptome profiling of gold queen hami melons under cold stress[J]. Russian Journal of Plant Physiology, 2020, 67(5): 888-897.
- [19] 王丽艳,唐金敏,郑桂萍,等.水稻萌芽期和幼苗期耐低温指标体系构建及综合评价[J].中国农业科技导报,2019,21(10):58-65.
- [20] 于滔,张建国,曹靖生,等.110 份玉米新材料萌发期耐低温性鉴定与评价[J].作物杂志,2024(5):18-28.
- [21] 谢路,李健平,韩德志,等.东北春大豆萌发期耐冷性综合评价及优异种质筛选[J].黑龙江农业科学,2022(7):1-7.
- [22] 王红飞,李锡香,董洪霞,等.黄瓜核心种质芽期低温耐受性鉴定评价[J].植物遗传资源学报,2016,17(1):6-12.
- [23] 彭金光,孙玉宏,师瑞红,等.不同西瓜品种萌发期耐冷性的综合比较分析[J].安徽农学通报,2006,12(11):47-49.
- [24] 周丹,王吉明,李娜,等.西瓜种子萌发期的耐冷性和耐热性[J].中国瓜菜,2018,31(11):26-30.
- [25] 臧全宇,马二磊,黄芸萍,等.甜瓜不同材料种子萌芽期耐低温性评价研究[J].宁波农业科技,2019(3):9-12.
- [26] BRADFORD K J, MAY D M, HOYLE B J, et al. Seed and soil treatments to improve emergence of muskmelon from cold or crusted soils[J]. Crop Science, 1988, 28(6): 1001-1005.
- [27] SABERALI S F, SHIRMOHAMADI- ALIAKBARKHANI Z. Quantifying seed germination response of melon (*Cucumis melo* L.) to temperature and water potential: Thermal time, hydro-time and hydrothermal time models[J]. South African Journal of Botany, 2020, 130: 240-249.
- [28] 许永安.低温胁迫对甜瓜幼苗光合能力及叶绿素荧光参数的影响[J].中国瓜菜,2020,33(2):22-26.