

甜瓜种质资源苗期耐低温弱光性评价与筛选

陈莹¹, 王永卓¹, 程竞卉², 张金鹏¹, 金鑫¹, 赵艳菲¹, 迟翔丹¹

(1. 吉林省蔬菜花卉科学研究院 长春 130033; 2. 延边州种子管理站 吉林延吉 133000)

摘要: 为明确甜瓜种质资源苗期耐低温弱光性差异并筛选优质抗(耐)逆材料, 以 22 份不同遗传背景的甜瓜种质为试验材料, 通过人工模拟低温弱光环境(15 °C/5 °C, 60 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), 测定株高、茎粗、叶面积等表型指标及叶绿素含量、过氧化氢酶(CAT)活性、丙二醛(MDA)含量等生理指标, 并结合伤害指数分级与聚类分析, 综合评价各甜瓜种质的耐低温弱光能力。结果表明, 22 份甜瓜种质在低温弱光胁迫后, 其株高、茎粗和叶面积明显减小; 大部分甜瓜种质的叶绿素含量和 CAT 活性降低, MDA 含量升高; 结合伤害指数分级与生理指标聚类分析, 最终筛选出 23-99、21-227 和 23-128 等 3 份耐低温弱光性较强的甜瓜资源。本研究结果为甜瓜耐低温弱光育种提供了重要的理论依据和优异的亲本材料。

关键词: 甜瓜; 种质资源; 低温弱光; 耐性筛选

中图分类号: S652

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2026)06-071-06

Evaluation and screening of melon germplasm resources for tolerance to low temperature and weak light at seedling stage

Chen Ying¹, Wang Yongzhuo¹, Cheng Jinghui², Zhang Jinpeng¹, Jin Xin¹, Zhao Yanfei¹, Chi Xiangdan¹

(1. Jilin Academy of Vegetable and Flower Sciences, Changchun 130033, Jilin, China; 2. Yanbian Prefecture Seed Management Station, Yanji 133000, Jilin, China)

Abstract: To clarify the differences in low temperature and weak light tolerance among melon germplasm resources at the seedling stage and screen high-quality resistant materials, 22 melon germplasm lines with different genetic backgrounds were used as experimental materials. Artificial simulation of low temperature and weak light stress (15 °C/5 °C, 60 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) was applied, and phenotypic traits such as plant height, stem diameter, and leaf area, as well as physiological indicators including chlorophyll content, catalase (CAT) activity, and malondialdehyde (MDA) content, were measured. Combined with injury index grading and cluster analysis, the low temperature and weak light tolerance of each melon germplasm was comprehensively evaluated. The results showed that after exposure to low temperature and weak light stress, plant height, stem diameter, and leaf area of the 22 melon germplasm lines were significantly reduced. For most melon germplasm lines, chlorophyll content and CAT activity decreased, while MDA content increased. Based on the injury index grading and cluster analysis of physiological indicators, three melon materials, including 23-99, 21-227, and 23-128 were ultimately selected as having strong tolerance to low temperature and weak light stress. The findings of this study provide an important theoretical basis and excellent parental materials for breeding melon varieties with tolerance to low temperature and weak light.

Key words: Melon; Germplasm resource; Low temperature and weak light; Tolerance screening

甜瓜(*Cucumis melo* L.)为葫芦科黄瓜属一年生蔓生植物,起源于非洲、中亚和西亚等大陆性气候区,在全球范围内广泛种植^[1]。作为世界性重要果蔬作物,甜瓜在我国设施农业生产中占有重要地位。近年来,随着设施栽培面积的不断扩大,甜瓜

的栽培模式已从传统的露地生产逐步转向设施栽培,以实现反季节生产和周年供应。然而,在北方反季节早春或者秋冬保护地生产以及寒冷地区栽培过程中,设施环境内部常常出现持续低温弱光逆境^[2]。甜瓜作为喜温喜光作物,其生长发育对温度

收稿日期: 2025-09-15; 修回日期: 2026-01-12

基金项目: 吉林省财政厅项目(sc20250016); 吉林省现代农业产业技术体系(JLARS-2025-12308)

作者简介: 陈莹,女,研究员,研究方向为西瓜、甜瓜新品种选育。E-mail: 56429596@qq.com

通信作者: 赵艳菲,女,助理研究员,研究方向为西瓜、甜瓜新品种选育。E-mail: 15354599963@163.com

迟翔丹,女,研究实习员,研究方向为西瓜、甜瓜新品种选育。E-mail: 939375151@qq.com

和光照要求较高。低温弱光环境已成为影响设施甜瓜生产的主要障碍因子之一,不仅显著抑制甜瓜幼苗生长,更导致植株生理代谢紊乱、生长发育迟缓、抗逆性下降,最终严重制约产量形成与品质提升^[3]。因此,深入解析甜瓜响应低温弱光胁迫的生理机制,并选育具备优良耐低温弱光特性的甜瓜品种,对突破反季节及寒冷地区甜瓜生产的瓶颈、提升产业效益具有重要的现实意义。

研究表明,低温弱光胁迫会对甜瓜植株生长产生一系列不利影响^[4]。在生理层面上,胁迫会导致光合能力下降、活性氧大量积累、膜脂过氧化损伤等^[5-6]。在形态上,则表现为植株生长减缓、发育不良、出现生理伤害,长期低温弱光环境下,甜瓜幼苗会出现叶色变黄和沤根等情况。为解决这一问题,选育耐低温弱光品种已成为国内外甜瓜育种的主要目标。耐低温弱光性鉴定是植物抗性机制研究和筛选耐低温弱光材料的基础,而选用科学准确的鉴定指标则是对品种抗性进行正确评价的关键。

目前,国内外学者在甜瓜耐低温弱光鉴定方面已开展了大量研究^[7-10]。高青海等^[11]通过测定株高、地上部干质量、根长等 12 个表型指标,建立了甜瓜幼苗期耐低温弱光评价方程;李静^[12]指出叶绿素和

丙二醛含量在品种间差异明显,可作为重要的鉴定指标。然而,现有研究仍存在不足:一是多数研究集中于少数种质或单一指标,缺乏对不同遗传背景甜瓜种质的系统对比;二是较少建立“表型指标-生理指标-统计验证”的多维度评价体系,导致评价结果的可靠性与应用价值受限。

鉴于此,笔者通过人工模拟设施低温弱光逆境条件,结合多指标鉴定与统计分析,对收集的 22 份甜瓜种质(11 份自交系、6 份杂交种、5 份地方品种)进行苗期耐低温弱光鉴定与评价,旨在筛选具有优异耐低温弱光性能的甜瓜种质资源,为后续耐性品种选育、遗传解析及分子机制研究奠定坚实的种质基础。同时,通过建立可靠的评价体系,为甜瓜耐低温弱光育种提供有效的鉴定方法和技术支持。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于 2024 年 4 月在吉林省蔬菜花卉科学研究院 B3 温室进行,共选取 22 份甜瓜材料,详见表 1,供试材料由吉林省蔬菜花卉科学研究院提供。

1.2 试验设计

选取 22 份颗粒饱满、大小一致的甜瓜种子浸

表 1 试验材料及类型
Table 1 Experimental material and type

编号 Number	品种(系)名称 Variety(line) name	生态型 Ecological type	品种(系)类型 Variety(line)type	编号 Number	品种(系)名称 Variety (line) name	生态型 Ecological type	品种(系)类型 Variety(line)type
1	23-FY43	薄皮 Thin-skinned	自选杂交种 Self-bred hybrid	12	F2020	薄皮 Thin-skinned	自选杂交种 Self-bred hybrid
2	DSTb	薄皮 Thin-skinned	地方品种 Landrace	13	A-MM	薄皮 Thin-skinned	地方品种 Landrace
3	23-99	薄厚中间型 Intermediate rind thickness	自选杂交种 Self-bred hybrid	14	20-98	薄厚中间型 Intermediate rind thickness	自交系 Inbred line
4	BLXb	薄皮 Thin-skinned	地方品种 Landrace	15	A65-5	薄皮 Thin-skinned	自交系 Inbred line
5	20-FS11b	薄皮 Thin-skinned	自选杂交种 Self-bred hybrid	16	20-147	薄皮 Thin-skinned	自交系 Inbred line
6	20-FS16b	薄皮 Thin-skinned	自选杂交种 Self-bred hybrid	17	22-107	薄皮 Thin-skinned	自交系 Inbred line
7	20-FY16b	薄皮 Thin-skinned	自选杂交种 Self-bred hybrid	18	20-145	薄皮 Thin-skinned	自交系 Inbred line
8	23-128b	薄皮 Thin-skinned	自交系 Inbred line	19	21-230	薄皮 Thin-skinned	自交系 Inbred line
9	22-185	薄皮 Thin-skinned	自交系 Inbred line	20	19-92	薄皮 Thin-skinned	自交系 Inbred line
10	21-227	薄皮 Thin-skinned	地方品种 Landrace	21	JT3H	薄皮 Thin-skinned	地方品种 Landrace
11	GZC	薄皮 Thin-skinned	自交系 Inbred line	22	21-238	薄皮 Thin-skinned	自交系 Inbred line

种催芽,出芽后播种,采用育苗基质,品种(系)间发芽保持整齐一致。当幼苗子叶展平后在正常光温(CK, 25 °C 12 h/15 °C 12 h,光照强度为 300 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)下生长到3叶1心时,选生长一致的幼苗将其移入人工培育箱进行低温弱光处理(A, 15 °C 12 h/5 °C 12 h,光照强度为 60 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)。每份种质材料种植48株,筛选出长势一致的30株进行低温弱光处理,每个重复10株,共重复3次,试验处理时间15 d,光周期均为12 h/12 h;空气相对湿度保持在75%~80%。

1.3 测定指标与方法

表型指标:采用直尺测量基部至生长点的高度为株高;采用游标卡尺测量子叶节中部的粗度为茎粗;采用直尺测量叶长和叶宽,并计算叶面积(叶长×叶宽×校正系数),校正系数取0.75。

生理指标:采用手持叶绿素测定仪测定叶绿素含量;使用艾迪生生物科技有限公司提供的试剂盒测定过氧化氢酶(CAT)活性、丙二醛(MDA)含量。

伤害指数=[$\sum$ (各伤害级株数×各伤害级数值)/(最高级数×调查总株数)]×100^[13]。苗期根据伤害指数分为3级,耐(R):伤害指数<55;中耐(MR):55≤伤害指数<70;敏感(S):伤害指数≥70。

1.4 数据分析

采用 Microsoft Office Excel 2010 统计相关指标数据;采用 IBM SPSS 27.0 进行差异显著性分析和聚类分析。

2 结果与分析

2.1 低温弱光胁迫对甜瓜表型指标的影响

由表2可知,在CK条件下,供试甜瓜资源的株高范围为9.03~13.27 cm,茎粗变化范围为2.25~4.57 mm;经低温弱光处理后株高降至4.13~8.43 cm,茎粗减小至1.78~3.90 mm,表明低温弱光胁迫后,22份供试材料的株高均呈显著下降趋势,幼苗茎秆变细,其中编号为1、3、4、9、17的5份材料茎粗与CK差异不显著,其余17份材料均显著低

表2 低温弱光胁迫对甜瓜幼苗生长的影响

Table 2 Effects of low-temperature and weak-light stress on the growth of melon seedlings

编号 Number	株高 Plant height/cm		茎粗 Stem diameter/mm		叶面积 Leaf area/cm ²	
	CK	A	CK	A	CK	A
1	10.37±0.49 bcdeA	5.47±0.61 efB	2.25±0.09 eA	2.09±0.10 efgA	19.67±1.16 cdA	14.67±0.87 bcdB
2	9.53±0.42 defA	5.20±0.61 fgB	2.53±0.53 deA	2.28±0.25 defgB	18.48±2.07 cdeA	13.15±2.36 bcdB
3	10.87±0.12 bcdA	6.73±0.50 bcdB	3.96±0.49 bA	3.90±0.13 aA	21.03±1.85 bcA	19.40±1.11 aA
4	10.67±0.61 bcdA	7.37±0.49 bB	2.34±0.03 deA	2.28±0.33 defgA	14.03±0.66 eA	9.35±0.90 eB
5	9.77±0.15 cdefA	4.13±0.12 iB	2.34±0.11 deA	2.12±0.14 efgB	15.42±0.07 deA	11.49±1.60 deB
6	10.97±0.67 bcA	6.01±0.10 defB	2.87±0.22 cdeA	2.47±0.17 defgB	19.10±0.98 cdeA	14.01±0.73 bcdB
7	9.33±0.15 efA	4.50±0.51 ghB	2.42±0.14 deA	1.78±0.38 gB	15.36±0.68 deA	11.56±0.86 deB
8	10.40±0.53 bcdeA	8.43±0.21 aB	3.06±0.22 cdeA	2.56±0.25 defgB	19.15±0.17 cdeA	17.16±0.32 abB
9	10.77±0.38 bcdA	6.63±0.15 bcdB	2.70±0.38 deA	2.62±0.15 defgA	19.75±0.35 cdA	15.86±1.85 abcB
10	12.33±0.45 aA	7.10±0.36 bcB	4.57±0.69 aA	3.61±0.33 abB	18.55±1.37 cdeA	16.88±1.84 abB
11	10.73±0.71 bcdA	6.70±0.57 bcdB	3.05±0.06 cdeA	2.72±0.25 cdefB	18.24±5.42 abcA	13.97±1.27 abcB
12	10.83±0.58 bcdA	4.47±0.15 ghB	2.59±0.22 deA	2.01±0.23 efgB	15.02±0.80 deA	13.27±0.61 bcdB
13	11.01±0.92 bcA	7.17±0.45 bcB	3.16±0.24 cdA	1.91±0.19 fgB	20.18±1.54 cdA	12.08±1.82 cdeB
14	12.49±0.50 aA	7.41±0.53 bB	3.17±0.16 cdA	2.35±0.23 defgB	18.63±2.07 cdeA	15.73±1.83 abcB
15	13.27±0.68 aA	7.20±0.61 bcB	2.98±0.11 cdeA	2.04±0.11 efgB	19.56±4.04 cdA	15.64±0.23 abcB
16	10.93±0.50 bcA	5.47±0.25 efB	3.13±0.13 deA	2.87±0.11 cdeB	25.07±1.69 abA	16.12±2.63 abcB
17	11.13±0.12 bcA	5.90±0.36 defB	2.98±0.15 cdeA	2.83±0.41 cdeA	20.28±1.78 cdA	14.53±1.04 bcdB
18	11.27±0.51 bA	6.63±0.32 bcdB	3.13±0.08 cdeA	2.42±0.26 defgB	18.80±0.45 cdeA	16.31±1.37 abcB
19	9.03±0.40 fA	6.30±0.21 cdeB	3.99±0.40 bA	2.52±0.19 defgB	18.25±3.12 cdeA	13.96±0.90 bcdB
20	9.20±0.79 efA	6.50±0.31 bcdB	3.69±0.39 bcA	3.39±0.33 abcB	20.18±2.19 cdA	15.84±1.45 abcB
21	12.57±0.40 aA	5.93±0.21 defB	3.56±0.22 bcA	3.02±0.91 bcdB	25.98±3.01 aA	17.14±1.21 abB
22	9.37±0.15 efA	5.97±0.15 defB	2.70±0.36 deA	2.36±0.28 defgB	22.71±1.12 abcA	12.98±1.89 bcdB

注:同列不同小写字母表示在0.05水平差异显著。同行不同大写字母表示同一个指标的不同处理在0.05水平差异显著。下同。

Note: Different small letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level. Different capital letters in the same row indicate significant difference between treatment and CK at 0.05 level. The same below.

于 CK。此外,与 CK 相比,除编号为 3 的材料外,其他材料处理后的叶面积均显著减小。综合上述指标分析,低温弱光胁迫对甜瓜幼苗生长产生了明显的抑制作用,且不同品种(系)间、处理前后均存在显著差异。其中株高相对值最大的材料为 8 号,对照(CK)与处理间变化量最小,仅为 1.97 cm。茎粗相对值最大的材料为 3 号,仅较对照(CK)减小了 0.06 mm。表明这 2 份材料在低温弱光条件下维持了相对较强的生长势。

2.2 低温弱光胁迫对甜瓜生理指标的影响

低温弱光条件下,供试甜瓜材料的叶绿素含量、CAT 活性和 MDA 含量均存在显著差异,表明不同甜瓜种质资源的耐低温弱光能力差异较大。由表 3 可知,22 份材料在低温弱光胁迫后的叶绿素含量均显著低于 CK,其中材料 3、8 和 10 表现较为优异,下降幅度在 29.3%~39.4%,材料 7、11 和 12 尤为敏感,下降幅度在 77.8%~85.5%。低温弱光胁迫下不同甜瓜材料的 CAT 活性变化模式各异,胁迫后 CAT 活性平均下降了 17.2%,但材料 3 和 8 的 CAT 活性在胁迫后不仅没有下降,反而有所升高,表现

尤为突出。此外,低温弱光胁迫导致所有甜瓜材料的 MDA 含量均显著上升,材料 3 和 8 的 MDA 含量增加较少,材料 11、14 和 21 的 MDA 含量增加较为明显。综合以上数据结果,低温弱光胁迫显著降低大部分甜瓜材料的叶绿素含量和 CAT 活性,提高 MDA 含量,说明叶绿素含量与 CAT 活性呈正相关,与 MDA 积累量呈负相关。

2.3 低温弱光胁迫处理后 22 份甜瓜材料受伤害指数及聚类分析

根据苗期受伤害指数,可以将 22 份甜瓜材料分为不同的耐低温弱光等级。由表 4 可知,材料 6、7、11、12、13、14、15、16、21、22 表现较为敏感,受伤害指数在 72.73~87.67 之间;材料 1、2、4、5、9、17、18、19、20 表现为中等耐性,受伤害指数在 58.75~68.33 之间;材料 3、8、10 表现为耐性,受伤害指数在 28.29~35.94 之间。

通过对生理指标测量相对值进行聚类分析(图 1),在欧式距离为 10 时,可将 22 份材料分为 3 类。第 1 类包含材料 23-99、21-227 和 23-128,均为耐低温弱光类型;第 2 类包含材料 22-107、

表 3 低温弱光胁迫对甜瓜幼苗叶片生理指标的影响
Table 3 Effects of low-temperature and weak-light stress on leaf physiological indicators of melon seedlings

编号 Number	w(叶绿素)Chlorophyll content/(mg·g ⁻¹)		CAT 活性 CAT activity/(U·g ⁻¹)		b(丙二醛)MDA content/(μmol·g ⁻¹)	
	CK	A	CK	A	CK	A
1	49.37±1.59 bcdeA	19.93±1.10 bB	93.11±3.20 dA	89.35±2.47 abcA	3.68±0.23 efB	4.59±0.15 iA
2	47.60±0.89 deA	13.13±1.01 fgB	107.41±4.59 bA	83.17±5.12 bcdeB	3.45±0.13 fgB	5.39±0.16 fgA
3	47.23±3.09 deA	33.37±2.51 aB	86.27±3.22 defA	88.93±7.99 abcA	3.55±0.08 efgB	4.18±0.08 jA
4	40.63±1.68 fA	17.04±1.30 dB	101.14±5.51 cA	80.94±1.75 cdeB	4.57±0.29 dB	5.50±0.20 fA
5	47.97±1.46 cdeA	16.13±1.99 defB	93.79±1.04 dA	90.69±2.73 abA	3.18±0.16 gB	4.58±0.13 iA
6	59.80±1.71 aA	11.13±1.46 ghB	114.90±2.26 aA	75.15±4.32 eB	4.90±0.13 bcdB	6.97±0.15 eA
7	47.50±0.70 deA	7.10±1.08 iB	86.73±3.13 defA	80.77±1.70 cdeB	4.73±0.14 cdB	7.58±0.04 dA
8	45.50±0.96 eA	33.53±1.50 aB	81.92±2.05 fB	96.50±2.15 aA	3.56±0.14 efgB	3.99±0.10 jA
9	57.67±2.50 aA	15.40±1.08 defB	107.92±0.85 bA	78.87±1.71 deB	5.08±0.11 bcB	5.51±0.12 fA
10	51.47±0.61 bcdA	31.07±1.90 aB	89.32±2.85 defA	89.51±2.60 abcA	3.26±0.18 gB	4.28±0.05 jA
11	38.03±1.89 gA	8.43±0.40 hiB	82.41±2.05 fA	55.82±1.44 gB	5.76±0.21 aB	9.32±0.32 aA
12	59.67±1.08 aA	8.67±0.59 hiB	107.58±1.99 bA	78.50±2.09 deB	4.63±0.02 dB	7.46±0.04 dA
13	47.45±1.48 deA	16.10±1.13 defB	84.52±1.78 efA	76.31±1.67 eB	5.54±0.06 aB	8.76±0.09 cA
14	48.30±2.40 cdeA	14.53±0.76 defB	108.25±1.67 bA	89.21±5.09 abcB	5.17±0.11 bB	8.66±0.08 cA
15	51.03±2.76 bcdA	15.60±0.57 defB	112.66±3.75 abA	75.99±3.15 eB	5.69±0.23 aB	8.67±0.18 cA
16	50.93±1.29 bcdA	9.73±0.93 hiB	89.16±2.33 defA	76.67±4.13 gB	3.87±0.21 eB	7.06±0.10 eA
17	52.40±2.75 bcA	22.10±1.84 bB	90.02±2.05 deA	85.97±1.22 bcdB	3.37±0.15 fgB	4.11±0.18 jA
18	48.20±2.03 cdeA	13.93±1.51 efB	84.24±3.01 efA	65.88±2.71 fB	3.44±0.22 fgB	5.16±0.22 ghA
19	45.03±0.85 eA	16.87±0.81 deB	86.22±1.44 defA	67.12±4.33 fB	3.24±0.17 gB	5.21±0.08 fghA
20	52.90±2.76 bA	14.87±0.90 defB	91.75±2.31 deA	86.50±3.46 bcdB	3.34±0.04 fgB	5.04±0.11 hA
21	45.37±1.39 eA	9.07±1.10 hiB	91.19±3.40 deA	65.02±1.95 fB	4.86±0.18 bcdB	9.08±0.16 bA
22	41.67±0.76 fA	9.23±1.27 hiB	89.44±1.42 defA	55.09±3.82 gB	4.74±0.10 cdB	8.66±0.08 cA

表4 22份甜瓜种质资源受伤害指数及分级					
Table 4 Injury index and grading of 22 melon germplasm resources					
编号 Number	伤害指数 Injury index	伤害分级 Injury grading	编号 Number	伤害指数 Injury index	伤害分级 Injury grading
1	62.29	MR	12	84.62	S
2	66.67	MR	13	87.27	S
3	28.29	R	14	81.67	S
4	64.57	MR	15	87.67	S
5	60.08	MR	16	75.00	S
6	72.73	S	17	58.75	MR
7	84.29	S	18	66.67	MR
8	35.94	R	19	68.33	MR
9	64.54	MR	20	66.00	MR
10	30.33	R	21	75.38	S
11	84.29	S	22	78.33	S

20- FS11、23- FY43、22- 185、BLX、19- 92、DST、20-145、21-230,均为中耐低温弱光类型;第3类包含材料 20- FS16、20- 147、JT3H、21- 238、20- 98、20-FY16、GZC、F2020、A-MM 和 A65-5,均为低温弱光敏感类型。该结果与受伤害指数定性分类的结果完全一致。

3 讨论与结论

植物幼苗生长依赖细胞分裂与伸长,以及光合产物的积累与分配,低温弱光通过破坏这两个核心过程抑制生长。笔者在本研究中发现低温弱光胁迫导致甜瓜株高、茎粗和叶面积明显减小,与王康等^[14]的研究结论一致。其中 23-128 材料在株高相对值上表现最佳,23-99 材料在茎粗相对值上最为优异,

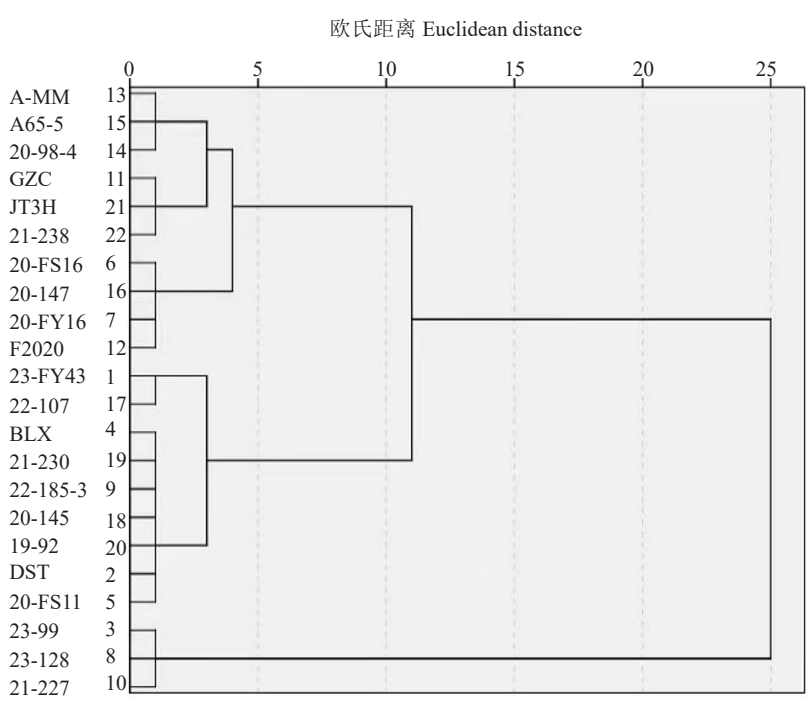


图1 22份甜瓜资源在低温弱光胁迫下生理指标聚类分析

Fig. 1 Cluster analysis of physiological indicators of 22 melon resources under low-temperature and weak-light stress

表明这些材料在逆境条件下仍能维持较强的生长势。

叶绿素是光合作用的核心色素,其含量变化直接决定光合能力。本研究中,敏感种质的叶绿素含量降幅超过 75%,而耐性种质降幅不足 40%。这与李琦^[15]的研究结果相似,说明低温弱光可能通过抑制叶绿素合成酶活性或加速叶绿体膜结构破坏,导致叶绿素降解。CAT 是植物体内重要的抗氧化酶之一,其活性变化反映植物清除活性氧(ROS)的能

力。本研究中多数种质的 CAT 活性下降,但 8、3 号种质 CAT 活性反而升高,这可能是因为其抗性强,能够快速激活转录因子,将能量资源进行倾斜,更好地适应胁迫,从而增强抗氧化酶系统活性来有效清除活性氧,减轻膜脂过氧化伤害。MDA 作为膜脂过氧化的终产物,其含量与细胞膜损伤程度呈正相关。本研究中耐性种质 MDA 含量增幅仅 12.1%~14.9%,而敏感种质增幅超过 60%,表明耐性种质细胞膜完整性更好,这与王婕^[13]在甜瓜上发现耐低温

品种的MDA含量变化趋势相一致。

与前人的研究方式不同之处在于,本研究侧重耐逆性评价结合多指标综合分析,采用“伤害指数分级+生理指标聚类”的双重验证方法,两种分类结果完全一致,验证了多指标联合评价体系的可靠性^[6]。选择这种联合评价体系是因为,伤害指数通过整合表型指标的相对变化,能够量化种质的综合损伤程度,且基于生理指标相对值的聚类分析,消除了种质自身遗传背景的影响,更能真实反映耐逆能力。

综上所述,笔者以22份甜瓜种质为试验材料,通过人工模拟低温弱光胁迫环境,系统分析甜瓜幼苗期株高、茎粗、叶面积等表型指标及叶绿素含量、过氧化氢酶(CAT)活性、丙二醛(MDA)含量等生理指标的变化规律,结合伤害指数分级与聚类分析,明确甜瓜种质耐低温弱光性差异。最终发现23-99、21-227和23-128等3份种质在低温弱光胁迫下表现出较强的耐逆性,表现为株高和茎粗相对值高,叶绿素降解少,CAT活性稳定,MDA积累量低,可作为甜瓜优异杂交材料和耐低温弱光育种的核心亲本资源进一步应用。本研究结果不仅为甜瓜耐低温弱光种质资源创新提供了理论依据,也为设施甜瓜抗逆育种提供了重要材料和技术支撑。

参考文献

- [1] 林德佩. 中国栽培甜瓜植物的起源、分类及进化[J]. 中国瓜菜, 2010, 23(4): 34-36.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 李鹏飞. 温光对厚皮甜瓜生长发育及产量和品质的影响[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2010.
- [5] 韦小敏, 徐文龙, 尚建立, 等. 甜瓜萌芽期耐低温种质资源的筛选[J]. 中国瓜菜, 2025, 38(8): 95-100.
- [6] Guo X, Yu X H, Lin C Y, et al. Down-regulation of MeMYB2 leads to anthocyanin accumulation and increases chilling tolerance in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) [J]. The Crop Journal, 2023, 11(4): 1181-1191.
- [7] Meng L, Qingjie D, Juanqi L, et al. Genome-wide identification and chilling stress analysis of the *NF-Y* gene family in melon[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2023, 24(8): 6934.
- [8] 范家萌, 张雨, 汪文杰, 等. 不同西瓜甜瓜品种苗期的耐低温弱光初步鉴定[J]. 现代园艺, 2025, 48(11): 27-30.
- [9] Zheng Z D, Wen Y S, Yuan L Q, et al. Genome-wide identification, characterization, and expression analysis related to low-temperature stress of the *CmGLP* gene family in *Cucumis melo* L. [J]. International Journal of Molecular Sciences, 2022, 23(15): 8190-8190.
- [10] 张健, 田佳星, 张国裕, 等. 瓜类作物耐低温弱光研究进展[J]. 中国瓜菜, 2020, 33(10): 1-8.
- [11] 高青海, 王亚坤, 郭远远. 薄皮甜瓜种质资源苗期耐低温弱光鉴定及形态指标选择[J]. 浙江农业学报, 2016, 28(8): 1360-1367.
- [12] 李静. 低温弱光胁迫对甜瓜幼苗生长及生理指标的影响[J]. 河南农业科学, 2012, 41(5): 106-109.
- [13] 王婕. 不同甜瓜种质对低温胁迫的生理响应及耐寒性综合评价[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2023.
- [14] 王康, 闫洪朗, 王曼曼, 等. 低温弱光对甜瓜种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 安徽农业科学, 2022, 50(7): 46-47.
- [15] 李琦. 低温弱光对甜瓜幼苗生理特性的影响[D]. 武汉: 华中农业大学, 2012.
- [16] Wang J Y, Li P L, Asad R, et al. Physiological response and evaluation of melon (*Cucumis melo* L.) germplasm resources under high temperature and humidity stress at seedling stage[J]. Scientia Horticulturae, 2021, 288: 110317.