

12个黄瓜品种(系)芽期和苗期耐湿冷性比较

王 波, 秦玉红, 李 磊, 张守才, 张功臣

(青岛市农业科学研究院 山东青岛 266100)

摘 要: 低温高湿是设施黄瓜秋冬季栽培的重要限制因子, 为探明不同黄瓜品种(系)的耐湿冷特性, 通过人工模拟低温高湿条件对 12 个黄瓜品种(系)进行耐湿冷性综合比较。结果表明, 低温高湿条件下, 12 个黄瓜品种(系)的相对发芽率、相对发芽势和相对发芽指数存在一定差异, JY1 的相对发芽指数显著高于其他品种(系)。苗期耐湿冷比较结果表明, 湿冷条件下黄瓜幼苗的生长受到抑制, 不同品种(系)间抗氧化酶活性和丙二醛含量存在显著差异。综合评价结果表明, QY30 和 JY1 的 D 值相对较高, 分别为 0.942 和 0.774, 而 QY20 和 QD29 的 D 值相对较低, 分别为 0.218 和 0.217。相关性分析结果表明, 各品种的 D 值与湿冷伤害指数呈极显著负相关。综上, QY30 和 JY1 的苗期耐湿冷性相对较强, 而 QY20 和 QD29 的耐湿冷性相对较弱。研究结果为后续耐湿冷种质资源利用和基因挖掘奠定了基础。

关键词: 黄瓜; 耐湿冷性; 抗氧化酶活性; 相对发芽指数; 苗期

中图分类号: S642.2

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2025)03-082-06

Comparison of combined high humidity and chilling tolerance for twelve cucumber varieties (lines) at the germination and seedling stage

WANG Bo, QIN Yuhong, LI Lei, ZHANG Shoucai, ZHANG Gongchen

(Qingdao Academy of Agricultural Sciences, Qingdao 266100, Shandong, China)

Abstract: Low temperature and high humidity are limiting factors for the autumn-winter cultivation of cucumber in solar and tunnel greenhouse. To explore the wet-chilling tolerance of different cucumber varieties (lines), twelve varieties (lines) were comprehensively compared under controlled conditions. The results showed that obvious differences had been observed in relative germination rate, relative germination potential, and relative germination index among twelve materials at 15 °C. The cultivar JY₁ exhibited significantly higher relative germination index than other varieties (lines). The identification of wet-chilling tolerance during the seedling stage showed that the growth of cucumber seedlings was significantly inhibited under wet and chilling conditions, and the antioxidant enzyme activity and malondialdehyde content varied greatly among different varieties (lines). Comprehensive evaluation results showed that QY30 had the highest D value of 0.942 and JY1 ranked second with a D value of 0.774. The D values of QY20 and QD29 were 0.218 and 0.217, respectively. Correlation analysis showed that the D value was extremely significantly negatively correlated with the wet-chilling damage index. The wet-chilling resistance of varieties (lines) JY1 and QY30 was relatively high, while the relatively wet-chilling resistance of lines QY20 and QY29 was relatively low. These results can provide the basis for utilization of cucumber wet-chilling resistant germplasm and wet-chilling resistant gene mining.

Key words: Cucumber; Wet-chilling tolerance; Antioxidant enzyme activity; Relative germination index; Seedling stage

黄瓜(*Cucumis sativus* L.)起源于喜马拉雅山南麓的热带雨林, 是典型的喜温性蔬菜, 生育界限温度为 10~30 °C, 10 °C 以下生理活动失调^[1]。据联合国粮农组织统计(FAOSTAT), 2022 年我国黄瓜种植面积 130.94 万 hm²、产量 7 725.83 万 t, 生产规模

位居世界第一^[2]。我国北方秋冬季黄瓜生产中夜间普遍存在长期亚低温(12~15 °C)和短期临界低温(5~10 °C)的问题, 且棚内相对湿度超过 90%^[3]。低温和高湿都不利于黄瓜的生长发育。低温胁迫在黄瓜不同生长发育阶段都会产生不同程度的危害,

收稿日期: 2024-08-02; 修回日期: 2024-12-04

基金项目: 山东省重点研发计划(重大科技创新工程)项目(2021LZGC016)

作者简介: 王 波, 男, 农艺师, 主要从事黄瓜遗传育种工作。E-mail: wangbonky@163.com

通信作者: 张功臣, 男, 副研究员, 主要从事黄瓜遗传育种和栽培技术研究。E-mail: gczhangnky@163.com

张守才, 男, 研究员, 主要从事黄瓜遗传育种工作。E-mail: zgc403@163.com

如种子发芽率降低,幼苗期叶片边缘黄化、枯斑,坐瓜期化瓜、果实发育不良等^[4]。高湿条件对黄瓜生长的不利影响主要表现为饱和湿度差降低,影响植株对水分和养分的吸收,导致钙等难以移动的元素缺乏^[5]。此外,高湿的环境有利于黄瓜病原菌产孢,干湿交替导致病害严重发生^[6]。低温高湿是冬春设施黄瓜栽培中的重要限制因子,生产中对耐低温高湿的品种有着迫切的需求。

然而,目前关于低温高湿复合胁迫对作物生长发育的影响报道较少。李淑菊等^[7]将黄瓜设施栽培中的低温高湿环境称为“湿冷”,即空气相对湿度90%以上、温度5~12℃范围的环境,并且指出湿冷环境中低温是主要致害因子。Wang等^[8]研究表明,低温高湿可通过破坏光合和呼吸系统,抑制直播早粳的幼苗生长。湿冷处理还可以改变植物内源激素的平衡,导致过氧化氢、超氧阴离子等活性氧增加,从而引起湿冷伤害^[9]。抗氧化酶活性和抗氧化物质的积累可以反映细胞对活性氧的清除能力,与植株本身的抗逆能力密切相关^[10]。丁圆圆等^[11]对湿冷处理条件下黄瓜幼苗的生长和生理指标变化

进行分析,利用相对过氧化氢酶活性、相对脯氨酸含量和相对多酚氧化酶活性建立了黄瓜苗期耐湿冷评价方程,预测方程的平均精确度可达95.9%。

为进一步研究湿冷环境对不同黄瓜品种生长和生理指标的影响,笔者利用前期自然湿冷条件下选出的12份不同生态型黄瓜材料,在人工模拟湿冷条件下对相对发芽指数、苗期生长和生理指标变化进行分析,综合比较各品种(系)间的耐湿冷性差异,以期为后续的种质资源利用和耐湿冷基因挖掘奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料

选用12个不同类型的黄瓜品种(品系)为试材,其中QY20、QY29、QY30、QY31、QY35、QYC18、QYC415、QYC576由青岛市农业科学研究院保存,津优1号购自天津科润农业科技股份有限公司,荷兰先锋购自山东寿光市洪亮种子有限公司,亚丽和绿香购自贵州洛芙特生物科技有限公司。供试材料信息见表1。

表1 供试黄瓜品种(系)名称
Table 1 Cucumber varieties (lines) used in the experiment

品种(系)名称 Variety (line) name	缩写 Abbreviation	类型 Classification	生态型 Ecotype
QY20	QY20	自交系 Inbred line	华南型 Southern China-type
QY29	QY29	自交系 Inbred line	华南型 Southern China-type
QY30	QY30	自交系 Inbred line	华南型 Southern China-type
QY31	QY31	自交系 Inbred line	华南型 Southern China-type
QY35	QY35	自交系 Inbred line	华南型 Southern China-type
QYC18	QYC18	杂交种 F ₁ Hybrid line	华南型 Southern China-type
QYC415	QYC415	杂交种 F ₁ Hybrid line	华南型 Southern China-type
QYC576	QYC576	杂交种 F ₁ Hybrid line	华南型 Southern China-type
津优1号 Jinyou No. 1	JY1	杂交种 F ₁ Hybrid line	华北型 Northern China-type
荷兰先锋 Helanxianfeng	HLXF	杂交种 F ₁ Hybrid line	华北型 Northern China-type
亚丽 Yali	YL	杂交种 F ₁ Hybrid line	华北型 Northern China-type
绿香 Lǜxiang	LX	杂交种 F ₁ Hybrid line	华北型 Northern China-type

1.2 耐湿冷比较方法

试验于2023年12月至2024年6月在青岛市农业科学研究院实验室进行。

1.2.1 芽期耐湿冷性比较 参照顾兴芳等^[12]的方法进行黄瓜芽期耐湿冷性比较。挑选饱满的种子于55℃浸种处理20 min,室温浸种4 h,置于含双层滤纸的培养皿中,每个培养皿放30粒种子,然后添加3 mL灭菌去离子水以保持培养皿内湿度,试验采用随机区组设计,每个品种3次重复。种子分别置于

低温(15±0.5)℃和常温(28±0.5)℃的光照培养箱中进行暗发芽,培养皿每天补水以保持湿度。常温下于24 h后开始调查发芽情况;低温下,从出芽开始每天记载发芽情况。为消除种子自身活力差异造成的误差,结果采用相对发芽势、相对发芽率、相对发芽指数表示。发芽指数 $GI=\Sigma(Gt/Dt)$,Gt表示在第t天的发芽数,Dt为相应的发芽天数;相对发芽势/%=低温下发芽势(6 d)/常温发芽势(2 d)×100;相对发芽率/%=低温下发芽率(10 d)/常温发芽

率(5 d)×100;相对发芽指数/%=低温下发芽指数(10 d)/常温发芽指数(2 d)×100。

1.2.2 苗期耐湿冷比较 将供试种子 55℃处理 20 min,室温浸种 4 h,然后置于 28℃恒温催芽箱中,黑暗催芽至种子露白,播入含育苗基质的 50 孔穴盘,置于顶光源人工气候箱(RXZ800C-3,宁波江南仪器厂)培养。培养条件:昼夜温度 25℃/16℃,空气相对湿度 80%,光周期 14 h/10 h,光照度为 13 200 lx。

培养 22~25 d 后,当幼苗长至 1 叶 1 心时参照李淑菊等^[7]的方法进行湿冷处理:昼夜温度 10℃/5℃,相对湿度 95%,光周期 14 h/10 h,光照度 13 200 lx。试验采用随机区组设计,以昼夜温度 25℃/16℃,空气相对湿度 80%,光周期 14 h/10 h,光照度 13 200 lx 作为对照,3 次重复。每处理每个品种(系)幼苗 50 株,在处理 72 h 时取第一片真叶测定生理指标,每个品种(系)取 5 株叶片剪碎混匀,-80℃冻存。在处理 10 d 后,随机选取 8 株测量生长指标,调查湿冷伤害指数。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 形态和生理指标 分别用直尺和游标卡尺测量黄瓜幼苗的株高和茎粗。相对株高=湿冷处理 10 d 后幼苗株高/对照处理 10 d 后幼苗株高,相对茎粗=湿冷处理 10 d 后幼苗茎粗/对照处理 10 d 后幼苗茎粗。生理指标采用酶活试剂盒一分光光度法测定(北京索莱宝科技有限公司)。取约 0.1 g 叶片置于 2 mL 离心管中,加入 1 mL 提取液,采用组织研磨仪(Tissuelyser-64,上海净信)低温充分研磨后,冰浴待用。采用氮蓝四唑(NBT)比色法测定超氧化物歧化酶(SOD)活性;采用紫外吸收法测定过氧化氢酶(CAT)活性;采用硫代巴比妥酸(TBA)比色法测定丙二醛(MDA)含量。

1.3.2 苗期湿冷伤害指数 根据黄瓜叶片湿冷伤害症状进行分级(图 1),0 级:子叶真叶无损伤,无萎蔫;1 级:仅子叶萎蔫,真叶完好;3 级:子叶萎蔫,真叶轻微卷边或水渍状;5 级:子叶萎蔫,真叶一半以上水渍状或萎蔫;7 级:植株真叶全部干枯或整株萎蔫死亡。按下列公式计算湿冷伤害指数:

湿冷伤害指数(wet-chilling injury index)=[(0×



图 1 黄瓜幼苗期(1 叶 1 心)湿冷伤害症状分级

Fig. 1 Grading of the wet-chilling injury severity of cucumber seedlings at the first true leaf stage

$S_0+1\times S_1+3\times S_3+5\times S_5+7\times S_7)/(7\times N)]\times 100$, $S_0\sim S_7$ 表示各分级对应的植株数, N 表示总株数。

1.4 数据处理及分析

为减少种子本身的差异,采用性状相对值进行耐湿冷比较。采用 Microsoft Excel 2013 计算各数据的平均值,采用 IBM SPSS Statistics 20 软件对数据进行差异显著性分析、相关性分析、主成分分析、隶属函数分析和聚类分析。

2 结果与分析

2.1 湿冷对黄瓜种子萌发的影响

湿冷处理后黄瓜种子萌发明显延迟,28℃条件下所有 12 份种子在 48 h 内均已萌发,而 15℃条件

下种子在催芽 72 h 时开始萌发,催芽 5 d 后单日萌发数达到峰值。由表 2 可知,不同品种(系)黄瓜材料在湿冷条件下的发芽能力存在显著差异,其中 JY1 的相对发芽指数显著优于其他品种(系),说明该品种芽期耐湿冷能力较强。

2.2 湿冷对黄瓜幼苗生长及生理指标的影响

由表 3 可知,在湿冷处理条件下,黄瓜幼苗生长受到明显抑制,但不同品种间存在显著差异。其中相对株高最大的为 YL,相对茎粗最大的为 QY30,说明这两份材料在低温高湿条件下生长势强。在湿冷处理条件下,不同品种(系)间 SOD 活性、CAT 活性以及 MDA 含量存在显著差异。其中 SOD 活性较高的为 QY30、JY1;CAT 活性较高的有

表2 湿冷条件下黄瓜种子的相对发芽率、相对发芽势和相对发芽指数

Table 2 Relative germination rate, germination energy and germination index of different cucumber materials under wet-chilling treatment			
品种(系) Variety(line)	相对发芽率 Relative germination rate/%	相对发芽势 Relative germination energy/%	相对发芽指数 Relative germination index/%
QY20	18.02 cd	15.40 c	5.31 cde
QYC18	0.00 e	0.00 c	0.00 f
QY30	31.43 b	28.02 ab	7.37 bc
QY35	28.12 bc	5.63 c	4.63 cde
QYC415	15.71 cd	6.74 c	2.75 def
YL	41.61 b	24.75 b	9.03 b
JY1	94.41 a	71.56 a	19.89 a
QYC576	33.33 b	10.00 c	5.89 bcd
QY29	15.69 cd	7.44 c	4.49 cde
HLXF	10.59 de	2.38 c	1.81 ef
LX	00.00 e	0.00 c	0.00 f
QY31	11.83 de	4.76 c	2.27 def

注:同列数字后不同小写字母表示差异显著($p < 0.05$)。下同。
Note: Different small letters in the same column means significant difference at 0.05 level. The same below.

JY1、YL、QY30、QYC415;MDA 含量较低的有 YL、JY1、QYC576、QY30。QY20 的湿冷伤害指数最高,显著高于其他材料;QY30、QYC576、JY1、YL 的湿冷伤害指数较低,显著低于除 QYC18 外的其他材料。

2.3 耐湿冷指标的相关性分析、主成分分析与隶属函数分析

对黄瓜相对株高、相对茎粗、SOD 活性、CAT 活性、丙二醛含量、湿冷伤害指数进行相关性分析。结果如表 4 所示,相对株高、相对茎粗、SOD 活性和 CAT 活性与湿冷伤害指数呈负相关,其中 SOD 活性与湿冷伤害指数呈显著负相关,而 MDA 含量与湿冷伤害指数呈显著正相关。此外,相对茎粗与 SOD 活性呈显著正相关,而丙二醛含量与 SOD 活性呈显著负相关。

不同黄瓜材料耐湿冷指标的主成分分析如表 5 所示,前 3 个主成分的特征值分别为 2.605、1.297、0.534,贡献率分别为 52.092%、25.937%和 10.687%,累积贡献率为 88.716%,符合主成分分析要求。因此,选择

表3 黄瓜幼苗的生长、生理指标与湿冷伤害指数
Table 3 The growth, physiological parameters and wet-chilling injury index of cucumber seedlings

品种(系) Variety(line)	相对株高 Relative plant height	相对茎粗 Relative stem diameter	SOD 活性 SOD activity/ (U·g ⁻¹)	CAT 活性 CAT activity/ (U·g ⁻¹)	b(MDA)/ (nmol·g ⁻¹)	湿冷伤害指数 Wet-chilling injury index
QY20	0.774 ab	0.754 ab	283.854 h	398.680 ef	13.962 a	74.695 a
QY29	0.768 ab	0.729 b	284.487 h	536.104 d	13.787 a	40.062 c
QY30	0.761 ab	0.934 a	773.380 a	757.572 ab	8.291 d	7.437 g
QY31	0.713 b	0.859 ab	279.877 h	300.913 g	13.834 a	43.221 c
QYC18	0.759 ab	0.883 ab	496.180 e	247.452 h	11.239 bc	13.143 ef
QY35	0.791 ab	0.763 ab	333.050 g	382.056 f	10.823 c	60.649 b
QYC415	0.769 ab	0.837 ab	555.090 cd	720.897 b	10.685 c	15.119 e
QYC576	0.779 ab	0.750 ab	564.311 c	523.052 d	7.467 d	7.582 g
JY1	0.863 ab	0.871 ab	629.411 b	774.866 a	11.396 bc	8.140 fg
HLXF	0.754 ab	0.861 ab	520.113 de	602.719 c	11.603 bc	24.404 d
YL	0.921 a	0.805 ab	439.422 f	769.481 a	7.335 d	8.552 fg
LX	0.836 ab	0.860 ab	595.756 bc	432.803 e	12.207 b	15.244 e

表4 耐湿冷指标的相关性分析
Table 4 Correlation analysis of different wet-chilling tolerance indexes

指标 Index	相对株高 Relative plant height	相对茎粗 Relative stem diameter	SOD 活性 SOD activity	CAT 活性 CAT activity	MDA 含量 MDA content	湿冷伤害指数 Wet-chilling injury index
相对株高 Relative plant height	1.000					
相对茎粗 Relative stem diameter	-0.070	1.000				
SOD 活性 SOD activity	0.210	0.676*	1.000			
CAT 活性 CAT activity	0.511	0.203	0.568	1.000		
MDA 含量 MDA content	-0.434	-0.143	-0.591*	-0.531	1.000	
湿冷伤害指数 Wet-chilling injury index	-0.355	-0.544	-0.804*	-0.539	0.653*	1.000

注:*表示在 0.05 水平显著相关。
Note: * represents significant correlation at 0.05 level.

表 5 各主成分的贡献率和累积贡献率
Table 5 Contribution rate and accumulated contribution rate of each principal component

主成分 Principal component	特征值 Eigenvalue	贡献率 Contribution rate/%	累积贡献率 Accumulated contribution rate/%
PC1	2.605	52.092	52.092
PC2	1.297	25.937	78.029
PC3	0.534	10.687	88.716
PC4	0.413	8.268	96.984
PC5	0.151	3.016	100.000

前 3 个主成分作为有效主成分,进行隶属函数分析。计算 3 个主成分的权重和每份材料的综合评价 D 值。3 个主成分的权重分别为 58.72%、29.24% 和 12.04%。 D 值越大,说明材料的耐湿冷性越强。如表 6 所示,在所有 12 份供试材料中,QY30 的 D 值最高,为 0.931;其次是 JY1, D 值为 0.768,说明这两份材料苗期耐湿冷性较强。QY20 和 QY29 的 D 值较小,分别为 0.218 和 0.217,说明这两份材料苗期耐湿冷性较弱。对各黄瓜品种(系)的 D 值和湿冷伤害指数进行相关性分析,结果表明, D 值与湿冷伤害指数呈极显著负相关($r = -0.801^{**}, p < 0.01$)。

表 6 12 个黄瓜品种(系)的综合评价
Table 6 Comprehensive evaluation of twelve cucumber varieties(lines)

品种(系) Variety(line)	公因子得分 Component score			隶属值 Membership value			D 值 D Value	排名 Rank
	C1	C2	C3	U1	U2	U3		
QY20	-1.299	-0.540	0.441	0.022	0.417	0.693	0.218	11
QY29	-1.148	-0.869	0.340	0.074	0.319	0.668	0.217	12
QY30	1.556	1.418	-0.634	1.000	1.000	0.426	0.931	1
QY31	-1.363	1.065	0.234	0.000	0.895	0.642	0.339	9
QYC18	-0.412	1.153	-0.406	0.326	0.921	0.483	0.519	7
QY35	-0.725	-0.732	-0.698	0.219	0.360	0.411	0.283	10
QYC415	0.461	0.236	-0.097	0.625	0.648	0.560	0.624	3
QYC576	0.341	-0.693	-2.353	0.584	0.371	0.000	0.451	8
JY1	1.079	-0.142	1.679	0.836	0.535	1.000	0.768	2
HLXF	0.091	0.713	0.114	0.498	0.790	0.612	0.597	6
YL	1.216	-1.941	0.337	0.883	0.000	0.667	0.599	5
LX	0.202	0.331	1.043	0.536	0.676	0.842	0.614	4

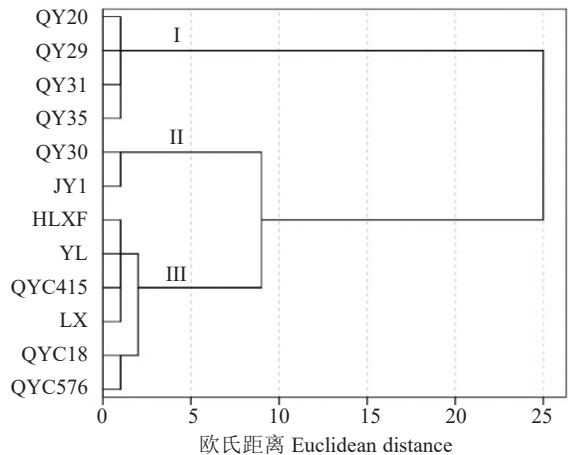


图 2 黄瓜品种苗期耐湿冷性聚类分析
Fig. 2 Cluster analysis for cucumber varieties with different wet-cold tolerance at the seedling stage

根据 D 值进行聚类分析,在欧氏距离为 5 时,可将 12 份材料聚为 3 大类(图 2)。其中,QY20、QY29、QY31、QY35 等 4 份材料耐湿冷能力相对较

弱,聚为类群 I,其 D 值均在 0.350 以下;QY30 和 JY1 耐湿冷性相对较强,聚为类群 II,其 D 值均在 0.750 以上;其他 6 份材料聚为类群 III,其 D 值范围为 0.45~0.63,耐湿冷性中等。

3 讨论与结论

在设施黄瓜秋冬季生产中,夜间低温和高湿常常相伴发生,湿冷是这一茬口黄瓜生产的重要限制因子^[7]。黄瓜的耐逆性是由多基因控制的数量性状,且不同基因型间存在较大差异^[13]。笔者通过人工模拟湿冷条件,研究了湿冷复合胁迫对黄瓜芽期和苗期生长的影响。结果表明,12 个不同生态型的黄瓜品种(系)的耐湿冷性存在明显差异,耐湿冷较强的品种(系)与耐湿冷性较弱的品种(系)相比,在相对发芽指数、株高、茎粗、抗氧化酶活性等生长和生理指标上存在显著差异,研究结果与前人的报道一致^[11]。

种子萌发阶段需要维持较高的湿度,因此黄瓜种子萌发期湿冷处理中低温是主要的致害因子。黄瓜的最低发芽温度为 13℃,且不同品种的最低发芽温度存在差异^[14]。因此通过比较低温条件下黄瓜的发芽率、发芽势、发芽指数、胚根长度等指标,可以初步预测黄瓜的耐湿冷能力^[15]。在本研究中,为避免不同品种(系)间的种子自身活力差异,采用相对发芽率、相对发芽势、相对发芽指数比较其耐湿冷特性^[10-11]。其中,QYC18和LX在低温15℃处理10d后未能萌发,而在正常温度下(28℃)发芽率分别能在90%和70%以上,这可能与种子的自身活力有关。种子的萌发需要特定的内部信号分子,如激素、活性氧等,而且依赖于水分、温度、光照等条件,本研究中过低的温度可能导致种子的萌发过程未能启动^[16]。

低温高湿条件下植株体内活性氧(ROS)大量积累,引起膜质过氧化^[17-18]。研究表明,抗氧化酶活性与植株的抗逆性密切相关,通过调控抗氧化酶活性,可以提高黄瓜幼苗的耐湿冷性^[18-20]。此外,还有研究表明,耐湿冷品种和对湿冷敏感品种间植株抗氧化酶活性存在差异^[9,18]。然而,植株抗氧化酶活性在湿冷处理后一直处于动态变化中,不同时间点的抗氧化酶活性指标,对试验结果影响较大。本研究表明,湿冷处理后0~72h黄瓜叶片SOD活性呈先下降后上升的趋势,而CAT活性呈先上升后下降的趋势(未发表),且不同品种(系)间抗氧化酶活性存在差异,与前人的研究结果一致。相关性分析表明,湿冷处理72h时SOD和CAT活性与黄瓜湿冷伤害指数呈负相关。因此,选择湿冷处理72h后的叶片抗氧化酶活性用于计算综合评价值(*D*值)。相关性分析表明,各品种(系)的*D*值与湿冷伤害指数呈极显著负相关($r = -0.801^{**}$, $p < 0.01$),说明采用*D*值比较黄瓜品种(系)间的耐湿冷性具有可行性。

黄瓜的耐湿冷性是一个受多重因素影响的数量性状,不同生长发育时期的耐湿冷性存在差异^[7]。本研究中12份黄瓜材料在芽期和苗期的耐湿冷性表现不同,如QY20在芽期表现为相对耐湿冷,而在苗期表现为相对不耐湿冷,说明黄瓜的耐湿冷性在不同生长发育阶段可能受不同的基因调控^[10]。因此,在黄瓜耐湿冷性筛选时应结合不同时期的生长发育特点,分阶段综合比较。

综上所述,笔者通过人工模拟湿冷条件对12个不同黄瓜品种(系)的芽期和苗期耐湿冷性进行比较,筛选出相对耐湿冷性品种(系)QY30和JY1,以及对湿冷相对敏感的品系QY20和QY29,研究

结果为后续耐湿冷种质资源利用和耐湿冷基因挖掘奠定了基础。

参考文献

- [1] 林德佩. 黄瓜植物的起源和分类研究进展[J]. 中国瓜菜, 2017, 30(7): 1-3.
- [2] 王荣, 董邵云, 刘小萍, 等. 黄瓜种质资源果实性状遗传多样性分析[J]. 中国瓜菜, 2024, 37(7): 20-28.
- [3] 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.
- [4] 李彩霞, 董邵云, 薄凯亮, 等. 黄瓜响应低温胁迫的生理及分子机制研究进展[J]. 中国蔬菜, 2019(5): 17-24.
- [5] GRANGE R I, HAND D W. A review of the effects of atmospheric humidity on the growth of horticultural crops[J]. Journal of Horticultural Science, 1987, 62(2): 125-134.
- [6] 柴阿丽, 杨红敏, 王少骅, 等. 湿度调控设施黄瓜棒孢叶斑病菌产孢和释放规律及防治技术[J]. 中国农业科学, 2023, 56(15): 2907-2918.
- [7] 李淑菊, 丁圆圆, 程智慧. 黄瓜耐冷耐湿性及其鉴定研究进展[J]. 中国蔬菜, 2020(6): 23-30.
- [8] WANG W X, CHEN L M, LIU Y Q, et al. Effects of humidity-cold combined stress at the seedling stage in direct-seeded indica rice[J]. Environmental and Experimental Botany, 2021(191): 104617.
- [9] AMIN B, ATIF M J, WANG X, et al. Effect of low temperature and high humidity stress on physiology of cucumber at different leaf stages[J]. Plant Biology, 2021, 23(5): 785-796.
- [10] 苗永美, 宁宇, 曹玉杰, 等. 黄瓜萌芽期和苗期耐冷性评价[J]. 应用生态学报, 2013, 24(7): 1914-1922.
- [11] 丁圆圆, 王曦奥, 刘策, 等. 黄瓜耐湿冷性苗期综合评价预测方程的建立[J]. 中国农业科技导报, 2022, 24(11): 87-96.
- [12] 顾兴芳, 封林林, 张春震, 等. 黄瓜低温发芽能力遗传分析[J]. 中国蔬菜, 2002(3): 5-7.
- [13] 王伟平, 宋子超, 薄凯亮, 等. 黄瓜核心种质幼苗耐低温性评价及 GWAS 分析[J]. 植物遗传资源学报, 2019, 20(6): 1606-1612.
- [14] YAGCIOGLU M, JIANG B, WANG P, et al. QTL mapping of low temperature germination ability in cucumber[J]. Euphytica, 2019, 215(4): 84.
- [15] LI C X, DONG S Y, BECKLES D M, et al. The *qLTG1.1* candidate gene *CsGAI* regulates low temperature seed germination in cucumber[J]. Theoretical and Applied Genetics, 2022, 135(8): 2593-2607.
- [16] ZHAO J, HE Y Q, ZHANG H S, et al. Advances in the molecular regulation of seed germination in plants[J]. Seed Biology, 2024, 3:e006.
- [17] HARIYADI P, PARKIN K L. Chilling-induced oxidative stress in cucumber (*Cucumis sativus* L. cv. Calypso) seedlings[J]. Journal of Plant Physiology, 1993, 141(6): 733-738.
- [18] AMIN B, ATIF M J, MENG H W, et al. Biochemical and physiological responses of *Cucumis sativus* cultivars to different combinations of low-temperature and high humidity[J]. Journal of Plant Growth Regulation, 2023, 42(1): 390-406.
- [19] ZHANG W P, JIANG B A, LI W G, et al. Polyamines enhance chilling tolerance of cucumber (*Cucumis sativus* L.) through modulating antioxidative system[J]. Scientia Horticulturae, 2010, 123(3): 428.
- [20] AMIN B, ATIF M J, MENG H W, et al. Melatonin rescues photosynthesis and triggers antioxidant defense response in *Cucumis sativus* plants challenged by low temperature and high humidity[J]. Frontiers in Plant Science, 2022, 13: 855900.