

DOI: 10.16861/j.cnki.zggc.2025.0470

61 个不同生态型黄瓜品种耐湿冷性的鉴定评价

丁圆圆, 潘玉朋, 刘汉强, 孟焕文, 程智慧

(西北农林科技大学园艺学院 陕西杨凌 712100)

摘要: 为明确黄瓜品种耐湿冷特性, 采用湿冷害指数和耐湿冷值预测方程两种方法分别对 3 个生态型 61 个黄瓜品种进行耐湿冷性鉴定。结果表明, 61 个品种湿冷害指数最大值为 0.950, 耐湿冷值最小值为 0.127, 均为华北型品种津冬 102; 湿冷害指数最小值为 0.103, 耐湿冷值最大值为 1.408, 均为欧洲温室型品种迷你 3 号。湿冷害指数均值为 0.579, 变异系数为 67.88%; 耐湿冷值均值为 0.578, 变异系数为 51.43%。湿冷害指数越大, 耐湿冷值越小, 品种耐湿冷性越差。两种方法鉴定的量化结果高度一致, 从不同角度反映了品种的耐湿冷特性。按照湿冷害指数和耐湿冷值定性分类, 均可把 61 个品种分为湿冷敏感型、弱耐湿冷型、中耐湿冷型和强耐湿冷型 4 类, 湿冷害指数各类分别有 8、32、14 和 7 个品种, 耐湿冷值各类分别有 9、36、10 和 6 个品种, 结果基本一致。黄瓜品种耐湿冷特性与生态型有关, 欧洲温室型和华北型中不同程度耐湿冷性品种均有, 但欧洲温室型黄瓜中耐和强耐湿冷型品种比例较高, 华南型均为湿冷敏感型和弱耐湿冷型。本研究结果可为黄瓜耐湿冷育种和栽培中品种选择提供依据。

关键词: 黄瓜; 生态型; 耐湿冷性鉴定评价; 湿冷害指数; 耐湿冷值

中图分类号: S642.2

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2026)01-062-08

Wet-cold tolerance identification and evaluation of 61 cucumber cultivars with different eco-types

DING Yuanyuan, PAN Yupeng, LIU Hanqiang, MENG Huanwen, CHENG Zhihui

(College of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling 712100, Shaanxi, China)

Abstract: To clarify the wet-cold tolerance of cucumber, different cultivars from three eco-types were identified by the wet-cold hurt index and wet-cold tolerance value prediction equation method, respectively. The results showed that in the 61 cultivars, the maximum wet-cold hurt index was 0.950 and the minimum wet-cold tolerance value was 0.127, both refer to cultivar JD102; the minimum wet-cold hurt index was 0.103 and the maximum wet-cold tolerance value was 1.408, both refer to cultivar MN3. The greater the wet-cold hurt index, the smaller the wet-cold tolerance value, and the poorer the wet-cold tolerance of the cultivar will be. The quantitative results identified by the two methods were highly consistent, reflecting the wet-cold tolerance of the cultivars from different perspectives. Based on the quantitative identification results of both wet-cold hurt index and wet-cold tolerance value, all 61 cultivars can be qualitatively classified into four categories: Wet-cold sensitive type, wet-cold weak tolerant type, wet-cold medium tolerant type and wet-cold strong tolerant type. There were 8, 32, 14 and 7 cultivars of the corresponding types for wet-cold hurt index classification, and 9, 36, 10 and 6 cultivars for wet-cold tolerance value classification, respectively. The two qualitative classification was basically consistent. The wet-cold tolerance of cucumber cultivars was related to their eco-types. In both the European greenhouse type and the North China type, there were cultivars with varying degrees of wet-cold tolerance. However, in the former, the proportion of medium tolerant and strong tolerant cultivars were relatively high. In the South China type, all were wet-cold sensitive or weak tolerant. The research results can provide a basis for the cultivar selection in cucumber cultivation and the wet-cold tolerant breeding.

Key words: Cucumber; Eco-type; Identification and evaluation of wet-cold tolerance; Wet-cold hurt index; Wet-cold tolerance value

收稿日期: 2025-06-28; 修回日期: 2025-09-15

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFD0100701); 国家自然科学基金(32202493)

作者简介: 丁圆圆, 女, 硕士, 研究方向为蔬菜生理生态。E-mail: dingyuanyuan@nwafu.edu.cn

共同第一作者: 潘玉朋, 男, 副教授, 研究方向为蔬菜生理生态与生物技术。E-mail: yupeng.pan@nwafu.edu.cn

通信作者: 程智慧, 男, 教授, 研究方向为蔬菜生理生态与生物技术。E-mail: chengzh@nwafu.edu.cn

黄瓜是全球普遍栽培的喜温果菜,逆境是其生产面临的主要问题之一。选育和选择抗性品种是抗逆栽培有效而便捷的技术途径,而种质资源和品种抗逆性鉴定评价是育种和生产中选择品种的基础和依据。黄瓜环境逆境中,针对单一逆境(低温和高温)的研究已较为系统和深入,并已建立了多种鉴定评价方法,用于对不同资源进行耐冷性^[1-3]或耐热性^[4-6]鉴定评价。在复合逆境方面,低温寡照逆境研究较多^[7-8],但品种鉴定评价较少;湿热复合逆境研究较多^[9-12],且已对不同生态型品种进行了鉴定评价^[13]。

温度低于10℃可致黄瓜发生冷害,低于5℃可致植株死亡^[14]。黄瓜一般喜较湿润的环境,在短时间相对湿度95%~100%条件下亦能正常生长,但持续高湿易引发病害和生理障碍^[15-16]。对设施黄瓜生产来说,由低温和高空气湿度构成的湿冷复合逆境是其面临的主要逆境。尽管黄瓜耐湿冷复合逆境的研究仍处于起步阶段,但在黄瓜耐湿冷特性、鉴定时期和鉴定指标等方面也取得了进展^[17-20]。笔者前期研究已建立了黄瓜2种耐湿冷性鉴定方法^[21-22],但目前尚未见不同生态型品种耐湿冷性鉴定评价的报道。鉴于此,笔者采用2种耐湿冷性鉴定方法对3个生态型61个黄瓜品种的耐湿冷性进行鉴定和评价,以期耐湿冷品种选育和耐湿冷栽培品种选择提供依据。

1 材料与方 法

试验于2020年1月至2021年4月在西北农林科技大学园艺学院蔬菜生理生态与生物技术实验室进行。

1.1 材 料

供试黄瓜栽培品种61个,包括华北型35个、华南型14个、欧洲温室型12个,均为国内有关科研院所和企业选育,种子购于种业市场。

将供试种子(有种衣剂的先洗去种衣剂)室温下浸种4h,然后放入28℃恒温箱中,黑暗环境催芽至种子露白,播入装有育苗基质的50孔穴盘,置于人工气候室培养。培养条件为:昼/夜温度25℃/18℃,空气相对湿度85%,光周期12h/12h,白天光照强度 $250\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。待子叶展开后,移栽于营养钵(8cm×8cm)中,培养至供试大小。

1.2 鉴定条件和方 法

湿冷处理在冷光源低温人工气候箱(RXD-1000D-LED型,宁波普朗特仪器有限公司)

内进行。条件为:温度9℃/5℃(昼/夜)+空气相对湿度(RH)95%,光周期12h,白天光照强度 $250\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,以25℃/18℃(昼/夜)+RH85%为对照。将各品种生长一致的2叶1心期苗分别移入湿冷和对照人工气候箱中,每个鉴定材料3穴盘(每盘50棵)作为3次重复,分别放在3个人工气候箱中。

湿冷处理3d后每处理每重复随机选取5株测定形态和生理生化指标,湿冷处理7d统计湿冷害指数。

1.3 生理生化指标测定和耐湿冷值计算

参照曹翠玲等^[23]的方法分别测定每个品种湿冷处理和对照幼苗的过氧化氢酶(CAT)活性(紫外吸收法)、多酚氧化酶(PPO)活性(邻苯二酚法)、脯氨酸(Pro)含量(酸性茚三酮比色法),并计算每个指标的相对值(处理值/对照值),最后采用本实验室建立的黄瓜耐湿冷性预测方程 $Y=0.492+0.032X_{\text{Pro}}-0.084X_{\text{CAT}}-0.029X_{\text{PPO}}$ 计算每个品种的耐湿冷值^[21]。

1.4 湿冷害指数统计和计算

根据每个品种幼苗生长点和相邻真叶对湿冷处理的反应和受害情况对每棵苗进行湿冷害分级。湿冷害从无明显症状(0级)到植株受害死亡共分为不同程度的5个级别。根据统计的每个品种各等级苗数计算湿冷害指数^[22]。湿冷害指数= $\Sigma(\text{湿冷害等级}\times\text{该等级苗数})/(\text{最高湿冷害等级}\times\text{总苗数})$ 。

1.5 数据处理与统计分析

采用Microsoft Office Excel 2010软件对试验数据进行整理和分析。

2 结果与分析

2.1 湿冷害指数鉴定评价

湿冷处理7d后调查叶片和生长点受害情况,依据前期试验建立的湿冷害指数(WCHI)鉴定法统计WCHI(表1),WCHI越低,品种耐湿冷性越强。

定性分类可将61个品种分为湿冷敏感型(I)、弱耐湿冷型(II)、中耐湿冷型(III)、强耐湿冷型(IV)4类。WCHI≤0.250为强耐湿冷型,有迷你3号、中农16号、圣优58、中农19号、津优401、中农18号、博美8号等7个品种;0.250<WCHI≤0.550为中耐湿冷型,有德瑞特8-9B、拉齐奥、津冬F6、迷你5号、绿精灵2号、津优358、碧玉、德瑞特8-9F、绿冠A6、津美365、中农28号、津美158、07-1、北京204

表1 61个不同生态型黄瓜品种的湿冷害指数与耐湿冷性定性分类

Table 1 The wet-cold harm index and wet-cold resistance classification of 61 cucumber cultivars with different eco-types

生态型 Eco-type	品种名称 Cultivar name	品种代号 Cultivar code	湿冷害指数 WCHI	定性分类 Class	
华北型 North China type	中农 6 号 Zhongnong 6	ZN6	0.806±0.023	I	
	中农 12 号 Zhongnong 12	ZN12	0.700±0.016	II	
	中农 16 号 Zhongnong 16	ZN16	0.152±0.008	IV	
	中农 18 号 Zhongnong 18	ZN18	0.250±0.014	IV	
	中农 19 号 Zhongnong 19	ZN19	0.200±0.009	IV	
	中农 20 号 Zhongnong 20	ZN20	0.752±0.025	I	
	中农 28 号 Zhongnong 28	ZN28	0.550±0.017	III	
	中农 37 号 Zhongnong 37	ZN37	0.652±0.018	II	
	中农 106 Zhongnong 106	ZN106	0.652±0.024	II	
	中农 118 Zhongnong 118	ZN118	0.601±0.037	II	
	北京 203 Beijing 203	BJ203	0.750±0.033	II	
	北京 204 Beijing 204	BJ204	0.501±0.012	III	
	北京 401 Beijing 401	BJ401	0.700±0.016	II	
	津春 4 号 Jinchun 4	JC4	0.553±0.021	II	
	津园 6 号 Jinyuan 6	JY6	0.605±0.015	II	
	津优 41 号 Jinyou 41	JY41	0.603±0.019	II	
	津优 306 Jinyou 306	JY306	0.650±0.023	II	
	津优 401 Jinyou 401	JY401	0.250±0.008	IV	
	津优 315 Jinyou 315	JY315	0.700±0.032	II	
	津优 358 Jinyou 358	JY358	0.351±0.015	III	
	津冬 F6 Jindong F6	JDF6	0.303±0.013	III	
	津冬 98 Jindong 98	JD98	0.650±0.027	II	
	津冬 102 Jindong 102	JD102	0.950±0.038	I	
	津冬完美绿星 Jindong Wanmei Lüxing	JDWL	0.658±0.025	II	
	津美 158 Jinmei 158	JM158	0.550±0.018	III	
	津美 365 Jinmei 365	JM365	0.500±0.014	III	
	博耐 35B Bonai 35B	BN35B	0.754±0.021	I	
	德瑞特 8-9B Derit 8-9B	D8-9B	0.300±0.010	III	
	德瑞特 8-9F Derit 8-9F	D8-9F	0.500±0.023	III	
	唐山秋瓜 Tangshan Qiugua	TSQG	0.750±0.036	II	
	07-1	07-1	0.506±0.011	III	
	07-3	07-3	0.700±0.017	II	
	瑞光 2 号 Ruiguang 2	RG2	0.707±0.025	II	
	绿冠 A6 Lüguan A6	LGA6	0.500±0.012	III	
	圣优 58 Shengyou 58	SY58	0.152±0.009	IV	
	华南型 South China type	蔬研 2 号 Shuyan 2	SY2	0.750±0.033	II
		蔬研 10 号 Shuyan 10	SY10	0.709±0.025	II
		蔬研 11 号 Shuyan 11	SY11	0.701±0.027	II
		京研绿玲珑 Jingyan Lülinglong	JYLL	0.700±0.018	II
		上栗早熟 Shangli Zaoshu	SLZ	0.753±0.030	I
金喜燕白 Jinxi Yanbai		JXYB	0.655±0.021	II	
燕白 Yanbai		YB	0.652±0.012	II	
燕丰 Yanfeng		YF	0.900±0.022	I	
燕丽 Yanli		YL	0.609±0.019	II	
燕青 Yanqing		YQ	0.553±0.016	II	
白皮黄瓜 Baipi Huanggua		BP	0.704±0.017	II	
张黄黄瓜 Zhanghuang Huanggua		ZH	0.750±0.014	II	
大长今 Dachangjin		DCJ	0.759±0.025	I	

表1 (续)
Table 1 (Continued)

生态型 Eco-type	品种名称 Cultivar name	品种代号 Cultivar code	湿冷害指数 WCHI	定性分类 Class
欧洲温室型 European greenhouse type	虞美人 Yumeiren	YMR	0.703±0.027	II
	迷你2号 Mini 2	MN2	0.650±0.019	II
	迷你3号 Mini 3	MN3	0.103±0.002	IV
	迷你4号 Mini 4	MN4	0.650±0.020	II
	迷你5号 Mini 5	MN5	0.350±0.010	III
	拉齐奥 Laqi' ao	LQA	0.300±0.013	III
	碧玉 Biyu	BY	0.457±0.021	III
	全雌胡瓜 Quanci Hugu	QCHG	0.708±0.033	II
	83-16	83-16	0.950±0.026	I
	寒月迷你 Hanyue Mini	HYMN	0.607±0.020	II
	绿精灵2号 Lüjingling 2	LJL2	0.350±0.014	III
	绿精灵5号 Lüjingling 5	LJL5	0.600±0.023	II
	博美8号 Bomei 8	BM8	0.250±0.014	IV

等14个品种; $0.550 < WCHI \leq 0.750$ 为弱耐湿冷型, 有北京203、唐山秋瓜、蔬研2号、张黄黄瓜、蔬研10号、全雌胡瓜、瑞光2号、白皮黄瓜、虞美人、蔬研11号、中农12号、北京401、津优315、07-3、京研绿玲珑、津冬完美绿星、金喜燕白、中农37号、中农106、燕白、津优306、津冬98、迷你2号、迷你4号、燕丽、寒月迷你、津园6号、津优41号、中农118、绿精灵5号、燕青、津春4号等32个品种; $0.750 < WCHI \leq 1.000$ 为湿冷敏感型, 有津冬102、83-16、燕丰、中农6号、大长今、博耐35B、上栗早熟、中农20号等8个品种。

品种的WCHI与其生态型有一定关系。供试61个品种中, 华北型14.3%为强耐湿冷型, 28.6%为中耐湿冷型, 45.7%为弱耐湿冷型, 11.4%为湿冷敏感型; 华南型未见强耐湿冷型和中耐湿冷型, 21.4%为弱耐湿冷型, 78.6%为湿冷敏感型; 欧洲温室型16.7%为强耐湿冷型, 33.3%为中耐湿冷型, 41.7%为弱耐湿冷型, 8.3%为湿冷敏感型。

2.2 耐湿冷值预测方程鉴定评价

湿冷处理3 d, 61个品种幼苗在形态上表现出与湿冷害指数鉴定处理7 d相似的湿冷害症状: 湿冷敏感的品种叶片受害严重, 甚至生长点受伤; 耐湿冷强的品种生长点未受伤害, 叶片湿冷害面积小; 耐湿冷较弱的品种, 生长点有一定的受害表现, 叶片受害面积也较大。将3个生理生化指标相对值代入黄瓜耐湿冷性预测方程, 计算各品种的耐湿冷值(WCTV), 结果如表2。WCTV大小表明了各品种的耐湿冷地位, WCTV越高, 品种耐湿冷性越强。WCTV最高的为1.408, 是迷你3号; 最低仅

0.127, 为津冬102。

依据WCTV大小可对61个黄瓜品种耐湿冷性进行定性分类。其中 $WCTV < 0.400$ 为湿冷敏感型, 包括津冬102、燕丰、83-16、中农6号、中农12号、博耐35B、蔬研2号、中农20号、大长今9个品种; $0.400 \leq WCTV \leq 0.599$ 为弱耐湿冷型, 包括津冬98、北京401、津优315、津优306、绿精灵5号、白皮黄瓜、蔬研10号、京研绿玲珑、绿冠A6、迷你2号、中农118、中农37、迷你4号、北京203、唐山秋瓜、津园6号、张黄黄瓜、燕丽、寒月迷你、金喜燕白、07-3、中农106、瑞光2号、津美365、津冬完美绿星、北京204、中农28、燕青、津春4号、津美158、燕白、蔬研11号、上栗早熟、虞美人、津优41、全雌胡瓜等36个品种; $0.600 \leq WCTV \leq 0.899$ 为中耐湿冷型, 包括拉齐奥、德瑞特8-9B、津冬F6、绿精灵2号、迷你5号、碧玉、津优358、博美8号、07-1、德瑞特8-9F等10个品种; $WCTV > 0.899$ 为强耐湿冷型, 包括迷你3号、中农19号、津优401、中农16号、圣优58、中农18号等6个品种。

不同品种的WCTV也与其生态型有一定关系。供试61个品种中, 华北型14.3%为强耐湿冷型, 14.3%为中耐湿冷型, 57.1%为弱耐湿冷型, 14.3%为湿冷敏感型; 华南型未见强耐湿冷型和中耐湿冷型, 71.4%为弱耐湿冷型, 28.6%为湿冷敏感型; 欧洲温室型8.3%为强耐湿冷型, 41.7%为中耐湿冷型, 41.7%为弱耐湿冷型, 8.3%为湿冷敏感型。

2.3 不同鉴定方法黄瓜品种耐湿冷性评价结果的比较

湿冷害指数鉴定和耐湿冷值预测方程鉴定属

表2 61个不同生态型黄瓜品种3个鉴定指标相对值和耐湿冷值

Table 2 The relative values of three wet-cold identification index and the wet-cold tolerant values of 61 cucumber cultivars with different eco-types

生态型 Eco-type	品种名称 Cultivar name	品种代号 Cultivar code	PPO 活性 PPO activity	CAT 活性 CAT activity	Pro 含量 Pro content	耐湿冷值 WCTV	定性分类 Class
华北型 North China type	中农 6 号 Zhongnong 6	ZN6	0.428	3.032	2.235	0.296±0.011	I
	中农 12 号 Zhongnong 12	ZN12	4.368	1.270	1.329	0.301±0.010	I
	中农 16 号 Zhongnong 16	ZN16	0.538	1.241	24.744	1.164±0.022	IV
	中农 18 号 Zhongnong 18	ZN18	4.202	0.594	19.037	0.929±0.081	IV
	中农 19 号 Zhongnong 19	ZN19	0.063	0.533	26.098	1.281±0.040	IV
	中农 20 号 Zhongnong 20	ZN20	1.255	1.404	1.404	0.383±0.009	I
	中农 28 号 Zhongnong 28	ZN28	2.729	0.478	5.098	0.536±0.010	II
	中农 37 号 Zhongnong 37	ZN37	0.697	0.655	1.561	0.467±0.004	II
	中农 106 Zhongnong 106	ZN106	2.507	0.468	3.685	0.498±0.019	II
	中农 118 Zhongnong 118	ZN118	1.159	0.499	1.418	0.462±0.007	II
	北京 203 Beijing 203	BJ203	0.279	0.896	1.979	0.472±0.003	II
	北京 204 Beijing 204	BJ204	1.109	0.383	3.245	0.532±0.003	II
	北京 401 Beijing 401	BJ401	0.096	1.177	0.339	0.401±0.010	II
	津春 4 号 Jinchun 4	JC4	1.117	0.467	3.798	0.542±0.020	II
	津园 6 号 Jinyuan 6	JY6	1.088	0.772	2.581	0.478±0.005	II
	津优 41 号 Jinyou 41	JY41	0.479	1.088	5.732	0.570±0.004	II
	津优 306 Jinyou 306	JY306	0.568	1.043	1.311	0.430±0.002	II
	津优 401 Jinyou 401	JY401	0.374	0.341	25.478	1.268±0.030	IV
	津优 315 Jinyou 315	JY315	0.617	1.808	2.825	0.413±0.003	II
	津优 358 Jinyou 358	JY358	2.496	0.749	12.890	0.769±0.051	III
	津冬 F6 Jindong F6	JDF6	0.115	0.508	12.673	0.852±0.031	III
	津冬 98 Jindong 98	JD98	5.501	0.561	3.572	0.400±0.020	II
	津冬 102 Jindong 102	JD102	0.172	9.230	2.489	0.127±0.012	I
	津冬完美绿星 Jindong Wanmei Lüxing	JDWL	1.003	0.580	3.629	0.530±0.005	II
	津美 158 Jinmei 158	JM158	0.507	1.086	5.035	0.547±0.014	II
	津美 365 Jinmei 365	JM365	0.370	0.647	2.639	0.511±0.005	II
	博耐 35B Bonai 35B	BN35B	1.062	1.686	1.528	0.368±0.001	I
	德瑞特 8-9B Derit 8-9B	D8-9B	0.312	1.447	15.915	0.871±0.040	III
	德瑞特 8-9F Derit 8-9F	D8-9F	0.949	0.608	6.023	0.606±0.004	III
	唐山秋瓜 Tangshan Qiugua	TSQG	1.138	0.379	1.428	0.473±0.003	II
	07-1	07-1	1.441	0.704	8.024	0.648±0.010	III
	07-3	07-3	1.002	0.808	3.018	0.492±0.003	II
	瑞光 2 号 Ruiguang 2	RG2	2.074	0.806	4.489	0.508±0.005	II
绿冠 A6 Lüguan A6	LGA6	0.440	1.188	2.179	0.449±0.010	II	
圣优 58 Shengyou 58	SY58	0.176	1.525	20.384	1.011±0.049	IV	
华南型 South China type	蔬研 2 号 Shuyan 2	SY2	1.049	1.520	1.254	0.374±0.003	I
	蔬研 10 号 Shuyan 10	SY10	1.421	0.639	1.442	0.443±0.002	II
	蔬研 11 号 Shuyan 11	SY11	2.068	2.072	9.381	0.558±0.022	II
	京研绿玲珑 Jingyan Lülinglong	JYLL	2.475	0.213	1.289	0.444±0.004	II
	上栗早熟 Shangli Zaoshu	SLZ	1.066	0.887	5.430	0.560±0.005	II
	金喜燕白 Jinxi Yanbai	JXYB	0.837	0.274	1.456	0.491±0.011	II
	燕白 Yanbai	YB	1.208	0.922	5.557	0.557±0.007	II
	燕丰 Yanfeng	YF	0.958	3.574	1.322	0.206±0.010	I
	燕丽 Yanli	YL	1.258	0.418	2.069	0.487±0.011	II
	燕青 Yanqing	YQ	0.743	0.155	2.489	0.537±0.006	II

表2 (续)
Table 2 (Continued)

生态型 Eco-type	品种名称 Cultivar name	品种代号 Cultivar code	PPO 活性 PPO activity	CAT 活性 CAT activity	Pro 含量 Pro content	耐湿冷值 WCTV	定性分类 Class
	白皮黄瓜 Baipi Huanggua	BP	0.058	1.122	1.368	0.440±0.002	II
	张黄黄瓜 Zhanghuang Huanggua	ZH	0.676	1.095	3.256	0.485±0.007	II
	大长今 Dachangjin	DCJ	4.744	0.625	2.664	0.387±0.005	I
	虞美人 Yumeiren	YMR	1.116	0.509	4.557	0.563±0.020	II
欧洲温室型 European greenhouse type	迷你2号 Mini 2	MN2	1.801	1.227	3.557	0.451±0.014	II
	迷你3号 Mini 3	MN3	0.219	0.151	29.221	1.408±0.161	IV
	迷你4号 Mini 4	MN4	1.899	0.479	2.187	0.467±0.022	II
	迷你5号 Mini 5	MN5	0.032	2.310	15.893	0.806±0.060	III
	拉齐奥 Laqi'ao	LQA	1.034	0.782	14.264	0.875±0.001	III
	碧玉 Biyu	BY	0.075	1.334	12.948	0.792±0.027	III
	全雌胡瓜 Quanci Hugu	QCHG	0.735	0.495	4.836	0.584±0.003	II
	83-16	83-16	1.105	5.738	8.038	0.235±0.027	I
	寒月迷你 Hanyue Mini	HYMN	0.657	0.488	1.783	0.489±0.002	II
	绿精灵2号 Lujingling 2	LJL2	0.029	1.964	16.327	0.849±0.024	III
	绿精灵5号 Lujingling 5	LJL5	2.215	7.865	20.987	0.439±0.032	II
	博美8号 Bomei 8	BM8	1.552	0.248	9.068	0.716±0.012	III

于不同的定量评价方法,评价指标不同,但都可以定量评价黄瓜品种的耐湿冷特性,且对61个不同生态型品种的定量评价结果高度一致(相关系数 $r=-0.9124^{***}$)。

对两种评价结果进行定性分类,都可将61个品种分为强耐湿冷型、中耐湿冷型、弱耐湿冷型及湿冷敏感型4类,且绝大多数品种的分类一致。个别品种归类虽有出入,但也都在相邻组群内。如湿冷敏感型品种,湿冷害指数鉴定有8个,耐湿冷值鉴定有9个,且二者有7个品种重合;弱耐湿冷型品种,湿冷害指数鉴定有32个,耐湿冷值鉴定有36个,且湿冷害指数鉴定结果有30个品种与耐湿冷值鉴定结果重合;中耐湿冷型品种,湿冷害指数鉴

定有14个,耐湿冷值鉴定有10个,且有9个品种与前者重合;强耐湿冷型品种,湿冷害指数鉴定有7个,耐湿冷值鉴定有6个,且均与前者品种重合。

2.4 不同黄瓜品种不同耐湿冷指标的特征参数

不同类型黄瓜品种不同耐湿冷指标的特征参数见表3。可以看出,61个黄瓜品种的湿冷害指数和耐湿冷值的极差和变异系数都较大,说明黄瓜品种耐湿冷性的丰富性。相对而言,湿冷害指数的变异系数更大,说明该指标更有利于区分不同品种的耐湿冷性。

不同生态型品种2个耐湿冷鉴定指标的特征参数有一定差异,反映了不同生态型品种耐湿冷性分布的丰富性。相对而言,华北型品种2个耐湿冷

表3 61个不同生态型黄瓜品种2个耐湿冷性鉴定指标的特征参数

Table 3 The characteristic parameters of two wet-cold tolerant identification indexes in 61 cucumber cultivars with different eco-types

品种类型 Cultivar type	鉴定指标 Identification index	均值 Mean	标准差 Standard deviation	变异系数 CV/%	最大值 Maximum	最小值 Minimum	极差 Range
全部品种 All cultivar	湿冷害指数 Wet-cold harm index	0.579	0.393	67.88	0.950	0.103	0.847
	耐湿冷值 Wet-cold tolerant value	0.578	0.297	51.43	1.408	0.127	1.281
华北型 North China type	湿冷害指数 Wet-cold harm index	0.556	0.462	83.18	0.950	0.152	0.798
	耐湿冷值 Wet-cold tolerant value	0.588	0.506	85.96	1.281	0.127	1.154
华南型 South China type	湿冷害指数 Wet-cold harm index	0.707	0.081	11.43	0.900	0.553	0.347
	耐湿冷值 Wet-cold tolerant value	0.467	0.098	21.05	0.563	0.206	0.357
欧洲温室型 European greenhouse type	湿冷害指数 Wet-cold harm index	0.498	0.237	47.65	0.950	0.103	0.847
	耐湿冷值 Wet-cold tolerant value	0.676	0.305	45.18	1.408	0.235	1.173

性指标的变异系数最大,华南型品种最小,欧洲温室型品种居中。说明华北型品种耐湿冷性变异更丰富,存在不同类型耐湿冷性材料;华南型品种耐湿冷性变异狭窄,耐湿冷性较单一;欧洲温室型品种耐湿冷性变异较丰富,有不同耐湿冷性类型的材料。

3 讨论

3.1 耐湿冷性鉴定为黄瓜耐湿冷品种选育和湿冷环境下载培品种选择提供了依据

湿冷是黄瓜生产面临的主要复合逆境之一,但黄瓜耐湿冷性研究滞后,积累薄弱^[17],生产中栽培品种选择一般主要参考耐冷性鉴定评价和经验。已有研究分析了黄瓜对湿冷胁迫的生理和分子响应机制^[18-19],筛选了鉴定时期和指标^[20],并建立了不同的耐湿冷性鉴定方法^[21-22],但对黄瓜品种耐湿冷性的系统评价尚未见报道。笔者采用耐湿冷值预测方程^[21]和湿冷害指数^[22]2种方法同时对3个生态型61个黄瓜品种的耐湿冷性进行鉴定,并且基于定量鉴定结果分别进行定性分类和评价,可为黄瓜耐湿冷品种选育和湿冷环境下载培品种选择提供依据。

3.2 不同鉴定方法相互印证了不同黄瓜品种耐湿冷性的定量地位和定性评价

植物抗逆性鉴定方法多种多样,从技术手段来说,有形态学鉴定、组织细胞学鉴定、生理生化鉴定、分子生物学鉴定等;从鉴定条件来说,有自然条件下鉴定和人工环境鉴定;从鉴定时期来说,有芽期、苗期等早期鉴定和成株期鉴定^[23]。人工环境鉴定条件稳定易控,不受季节和自然条件的影响,结果重现性好。

笔者采用人工环境下2种不同的苗期鉴定方法,分别从基于湿冷伤害的形态学分类分级(湿冷害指数法)和基于湿冷胁迫响应的生理生化指标预测耐湿冷性(耐湿冷值)对3个生态型61个黄瓜品种耐湿冷性进行鉴定和评价。两种方法定量鉴定的结果高度相关,定性评价结果也基本一致。个别品种(如中农12、中农28、北京204、津美158)两种定性分类虽现差异,但其定量鉴定值也多处于定性分类的两临界类的分类值附近。当然,不同鉴定方法所用鉴定指标不同,侧重点有所不同,鉴定结果出现差异也反映了黄瓜品种耐湿冷性机制的多样性,说明了差异品种的耐湿冷背景与表现更具复杂性。

3.3 不同生态型黄瓜品种的抗逆和耐湿冷特性

品种生态型是指同一物种的植物或作物在特定生态区域内,通过自然选择与人工选育形成的遗传稳定且适应当地环境及生产需求的品种类型。我国栽培的黄瓜品种主要有华北生态型、华南生态型和欧洲温室生态型3种类型^[14]。不同生态型的黄瓜品种具有不同的形态特征,也具有不同的生态要求或适应性。如华北型黄瓜一般较耐寒,华南型黄瓜较耐热,欧洲温室型黄瓜更能适应温室环境和长季节栽培^[14]。研究表明,黄瓜耐湿冷特性与品种生态型有关,华南型黄瓜中耐湿热品种较多,而华北型和欧洲温室型中耐湿热品种相对较少^[13]。笔者采用2种方法对3个生态型61个品种鉴定的结果表明,黄瓜品种耐湿冷性与生态型有关,不同生态型品种耐湿冷性遗传变异丰度存在差异。华北型35个品种耐湿冷性变异更丰富(标准差和变异系数都最大),定性分类有4种不同类型的耐湿冷性材料,表明本研究供试材料的广泛性和其耐湿冷性遗传资源的丰富性。华南型14个品种耐湿冷性变异狭窄(标准差和变异系数都最小),耐湿冷性较单一,定性分类缺乏强耐湿冷型和中耐湿冷型品种,以湿冷敏感型品种为主;因14个品种已具有一定的代表性,所以该结果表明,华南生态型黄瓜耐湿冷资源相对较短缺。欧洲温室型仅12个品种,耐湿冷性变异却较丰富(标准差和变异系数都较大),定性分类有4种类型的耐湿冷性材料,说明该生态型耐湿冷性遗传变异丰富,育种利用潜力较大。

4 结论

笔者采用湿冷害指数和预测方程2种方法对61个不同类型黄瓜品种的耐湿冷性进行鉴定,分别用湿冷害指数和耐湿冷值明确了各品种耐湿冷性的定量地位,且2种方法定量鉴定的结果高度一致(相关系数 $r=-0.9124^{***}$)。2种鉴定方法定性分类,均可将61个品种分为湿冷敏感型、弱耐湿冷型、中耐湿冷型和强耐湿冷型4类;湿冷害指数鉴定4类品种分别有8、32、14和7个,耐湿冷值鉴定4类品种分别有9、36、10和6个,2种鉴定方法定性分类结果基本一致,从不同角度反映了不同品种的耐湿冷特性。黄瓜品种耐湿冷特性与生态型有关,总体而言,欧洲温室型的中耐和强耐湿冷型品种比例较高;华南型未见强耐和中耐湿冷型品种,均为湿冷敏感型和弱耐湿冷型品种;华北型中不同程度耐湿冷性黄瓜品种都较丰富。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 孙亚玲,臧传江,姚甜甜,等.我国黄瓜耐热性研究进展[J].中国果菜,2018,38(10):57-62.
- [5] 魏爽,张松,薄凯亮,等.黄瓜核心种质幼苗耐热性评价及GWAS分析[J].植物遗传资源学报,2019,20(5):1223-1231.
- [6] 吴红霏,施招婉,王瑞,等.瓜类作物响应高温逆境的研究进展[J].中国农学通报,2025,41(12):26-33.
- [7] 袁昌洪.低温寡照对江苏设施黄瓜生长的影响模型及风险评估研究[D].南京:南京信息工程大学,2022.
- [8] 张瑶,杨再强,姜雨函,等.低温寡照条件下黄瓜叶片光合作用减弱的机理分析[J].中国农业气象,2022,43(4):285-294.
- [9] 仝培江,程智慧,孟焕文.黄瓜幼苗对高温高湿胁迫的生理响应[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2021,49(6):85-93.
- [10] 杨立,杨再强,陆思宇,等.高温高湿胁迫对黄瓜产量形成的影响机理[J].中国农业气象,2022,43(5):392-407.
- [11] 仝培江,孟焕文,潘玉朋,等.高温和高湿环境对不同生态型黄瓜幼苗生长的影响[J].中国蔬菜,2023(3):85-91.
- [12] 仝培江,孟焕文,潘玉朋,等.黄瓜耐湿热性鉴定方程的建立[J].中国瓜菜,2023,36(6):32-36.
- [13] 仝培江,徐文俊,潘玉朋,等.黄瓜不同生态型品种资源耐湿热性鉴定[J].中国蔬菜,2024(5):98-104.
- [14] 程智慧.蔬菜栽培学各论[M].2版.北京:科学出版社,2021.
- [15] 张婷华,杨再强,李叶萌,等.相对湿度对黄瓜叶片光合特性的影响[J].气象科技,2013,41(6):1128-1133.
- [16] 王慧,李梅兰,许建平,等.基于冠层温湿度模型的日光温室黄瓜霜霉病预警方法[J].应用生态学报,2015,26(10):3027-3034.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] AMIN B, ATIF M J, PAN Y P, et al. Transcriptomic analysis of *Cucumis sativus* uncovers putative genes related to hormone signaling under low temperature (LT) and high humidity (HH) stress[J]. Plant Science, 2023, 333: 111750.
- [20] 丁圆圆,潘玉朋,刘汉强,等.黄瓜耐湿冷性鉴定时期和鉴定指标筛选[J].中国瓜菜,2025,38(7):41-48.
- [21] 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.
- [22] 丁圆圆,刘汉强,潘玉朋,等.黄瓜耐湿冷性苗期湿冷害指数鉴定方法的建立[J].中国瓜菜,2025,38(6):84-90.
- [23] 曹翠玲,麻鹏达.植物生理学教学实验指导[M].陕西杨凌:西北农林科技大学出版社,2016.