

姚金晓,杨 飞,彭红坤,等. 冬瓜幼苗对高温胁迫的响应及其耐热性评价[J]. 江苏农业科学,2021,49(13):121–125.  
doi:10.15889/j.issn.1002–1302.2021.13.024

# 冬瓜幼苗对高温胁迫的响应及其耐热性评价

姚金晓<sup>1</sup>, 杨 飞<sup>1</sup>, 彭红坤<sup>2</sup>, 虞梦艳<sup>1</sup>, 严中琪<sup>1</sup>, 王呈阳<sup>1</sup>

(1. 舟山市农业科学研究院, 浙江舟山 316000; 2. 浙江省舟山市嵊泗县农业农村局, 浙江嵊泗 202450)

**摘要:**以 12 份冬瓜为试验品种,经(50±1)℃/(30±1)℃(昼/夜)高温胁迫 5 d 后,测定相关的热害指数、形态学指标、生理生化指标,研究冬瓜幼苗对高温胁迫的响应,并利用这些指标对 12 份冬瓜品种进行综合评价。结果表明,不同冬瓜品种幼苗在耐高温性上表现不同,12 份冬瓜品种大体分为 3 类:强耐热型、中耐热型、弱耐热型;高温胁迫后,处理组的各个指标与对照相比,株高、茎粗、叶长、地上鲜物质量、地上干物质量、SOD 活性、APX 活性、CAT 活性都呈下降趋势;通过综合评价,筛选到强耐热品种 2 个,为夏冠 1 号和玲珑节瓜。

**关键词:**冬瓜;高温胁迫;形态学指标;生理生化指标;聚类分析

**中图分类号:** S642.301 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002–1302(2021)13–0121–04

随着全球气候变暖,1951—2014 年近 60 年来长三角地区极端高温事件呈现一定的上升趋势,严重影响该区域的蔬菜生产<sup>[1]</sup>。为了解决蔬菜高温生长难题,一些学者开展了一系列的相关研究。植物生理生化指标的变化较为复杂,赵勇俊等研究发现,番茄叶片受到高温胁迫后,丙二醛(MDA)含量上升幅度大,超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)活性则总体表现为先升后降<sup>[2]</sup>。张力等研究表明,高温胁迫后西瓜幼苗的生长受到抑制,SOD 活性均出现不同程度的下降,相对电导率、MDA 含量和 POD 活性均呈现不同程度的上升<sup>[3]</sup>。刘忠国研究发现,高温胁迫下黄瓜幼苗内 SOD、POD、CAT 活性呈现先上升后下降的现象,但是耐热品种比敏感品种持续时间要长<sup>[4]</sup>。

由于植物的耐热性是一个复杂的生理过程,通过某一方面性状的测定,很难准确地反映出不同种质间的耐热性差异<sup>[5]</sup>,目前多采用综合评价法分析植物耐热性。国内对于冬瓜耐热研究较少,仅有朱白婢等从农艺性状进行了研究,发现死秧率、长势及白粉病可作为粉皮冬瓜耐热性鉴定的主要性状指标<sup>[6]</sup>,但是采用综合评价法对冬瓜苗期耐热种质的筛选和评价尚无报道。为此,本试验通过人工模拟自然高温环境,对胁迫的 12 份冬瓜品种进行苗期

形态和生理生化指标测定,并结合热害系数、聚类分析对其耐热性进行综合评价,旨在筛选耐热性强的冬瓜种质,为冬瓜耐热新品种选育提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验于 2020 年 7—8 月在舟山市农业科学研究院试验室人工气候箱中进行。供试品种的名称、来源见表 1。

表 1 供试冬瓜品种及来源

品种编号	名称	来源
1	绿美 518	南宁桂研种业有限责任公司
2	旺家碧玉	南宁桂研种业有限责任公司
3	碧玉节瓜	南宁桂福园农业有限公司
4	碧绿翡翠	广东省良种引进有限公司
5	绿童 8 号	南宁桂研种业有限责任公司
6	绿甜 519	南宁桂研种业有限责任公司
7	碧冠 9 号	南宁桂研种业有限责任公司
8	舟节 1 号	舟山市农业科学研究院
9	舟节 2 号	舟山市农业科学研究院
10	玲珑节瓜	广东科农蔬菜种业有限公司
11	夏冠 1 号	广东科农蔬菜种业有限公司
12	粤广节瓜	广东科农蔬菜种业有限公司

### 1.2 试验处理

冬瓜种子先在 28℃ 恒温箱内催芽,待发芽时,将种子播种到 32 孔穴盘中,正常管理。当冬瓜幼苗长至 2 叶 1 心时,选取形态及长势基本一致的幼苗直接放入人工气候箱中进行高温胁迫处理。昼/夜

收稿日期:2020–10–14

基金项目:浙江省舟山市科技局公益类科技项目(编号:2018C31087)。

作者简介:姚金晓(1984—),男,山东临沂人,硕士,农艺师,主要从事冬瓜蔬菜育种和基础研究。E-mail: yjx241@126.com。

温度为(50±1)℃/(30±1)℃,连续处理5 d,每个品种处理8株,另外各个品种设对照组,对照组在自然环境下生长。

1.3 指标测定

1.3.1 热害指数的测定 在高温胁迫结束后,参照韩瑞宏等的标准<sup>[7]</sup>,并进行调整,分为5级,分别为0级(植株正常,无任何损伤)、1级(植株稍有萎蔫,老叶边缘发黄或轻微失水)、2级(植株部分叶片干枯)、3级(植株叶片全部干枯,茎仍保持绿色)、4级(整个植株干枯死亡,茎失去绿色)。统计8株苗受伤程度,测定每个品种的热害指数。

1.3.2 形态指标的测定 每个品种随机测量5株,用直尺测株高、叶长。用游标卡尺测定靠近茎底部的茎粗。用千分之一电子天平测定地上鲜物质量。各项数据均取平均值。

1.3.3 生理生化指标的测定 每个品种随机取3株幼苗,混合后用来测定生理生化指标。SOD、抗坏血酸过氧化物酶(APX)、CAT活性采用苏州科铭生物技术有限公司的试剂盒进行测定。运用SPSS 19.0软件分析,并用系统聚类法进行聚类分析,结果用树状图表示。

2 结果与分析

2.1 不同冬瓜品种间幼苗热害指数的差异

由表2可知,高温胁迫对不同品种冬瓜幼苗热害指数表现不一。本试验中,将热害指数<2.2的品种定为强耐热型,热害指数为2.2~3.0的品种定为中耐热型,热害指数>3.0的品种定为弱耐热型。

表2 12份冬瓜品种的热害指数及耐高温性分析		
品种编号	热害指数	类型
11	1.75	强耐热型
10	2.13	强耐热型
3	2.50	中耐热型
8	2.63	中耐热型
12	2.63	中耐热型
9	2.75	中耐热型
5	3.00	中耐热型
4	3.63	弱耐热型
6	3.63	弱耐热型
2	3.75	弱耐热型
7	3.75	弱耐热型
1	3.88	弱耐热型

2.2 高温胁迫对冬瓜幼苗形态指标的影响

如图1至图5所示,12份冬瓜品种在高温胁迫

后,各品种的5个形态指标处理组与对照组相比均呈下降趋势,不同品种下降幅度不一致,耐热品种下降幅度较小,敏感品种变化较大。根据各指标处理组与对照组差值大小,12份冬瓜品种大体可以划分为3类:强耐热型、中耐热型、弱耐热型。指标不同,耐热品种的排序也不一致。从株高指标来看,编号为10、6、11、8的品种属于强耐热型品种,编号为1、4、3、12、7的品种属于弱耐热品种;从茎粗指标来看,编号为12、1、5、8、10、7的品种属于强耐热型品种,编号为3、11、2、4的品种属于弱耐热品种;从叶长指标来看,编号为11、9、12、8、10的品种属于强耐热品种,编号为4、7、3、1的品种属于弱耐热品种;从地上鲜物质量指标来看,编号为11、2、9、3、1的品种属于强耐热品种,编号为5、4、12、7的品种属于弱耐热品种;从地上干物质量指标来看,编号为3、1、2的品种属于强耐热品种,编号为9、11、4、10、12的品种属于弱耐热品种。

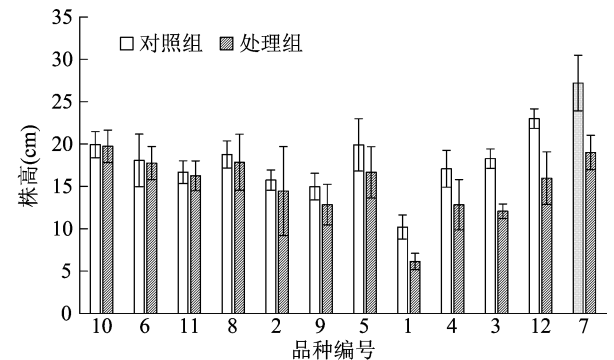


图1 高温胁迫对冬瓜幼苗株高的影响

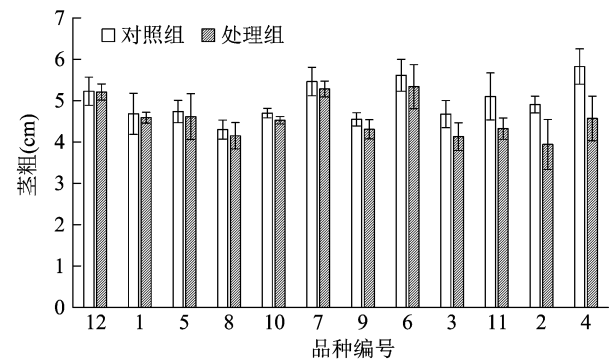


图2 高温胁迫对冬瓜幼苗茎粗的影响

2.3 高温胁迫对冬瓜幼苗生理生化指标的影响

植物体中的SOD、APX、CAT是植物体内的保护酶系统,能清除膜脂过氧化作用中的活性氧,最终达到保护膜结构的作用,与植物的耐热性有关,可以作为耐热性筛选指标<sup>[8-9]</sup>。如图6至图8所示,12份冬瓜品种在高温胁迫5 d后,各品种生理生化

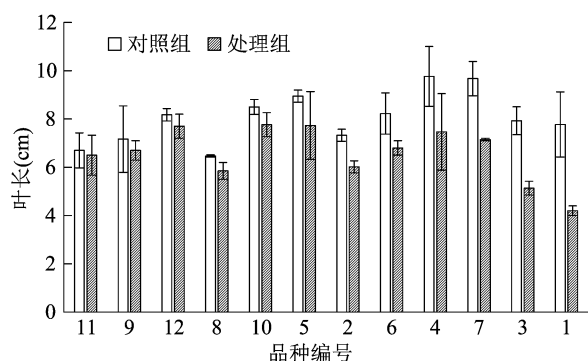


图3 高温胁迫对冬瓜幼苗叶长的影响

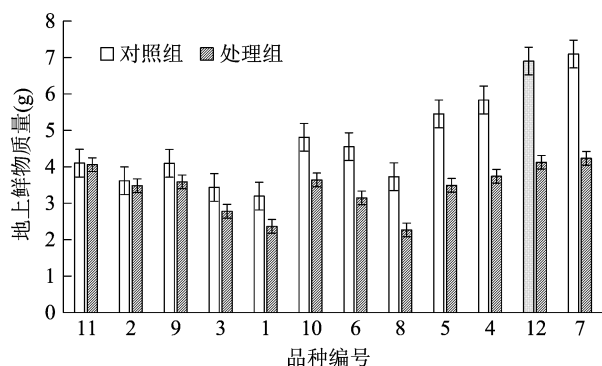


图4 高温胁迫对冬瓜幼苗地上鲜物质量的影响

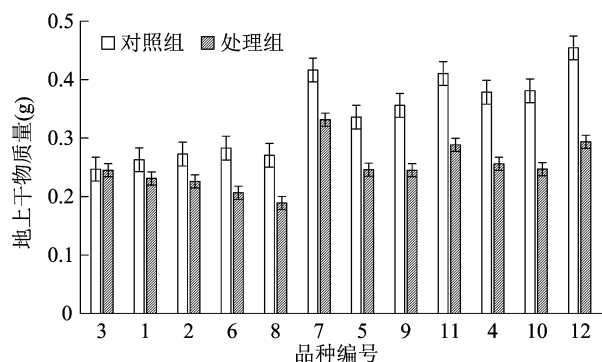


图5 高温胁迫对冬瓜幼苗地上干物质量的影响

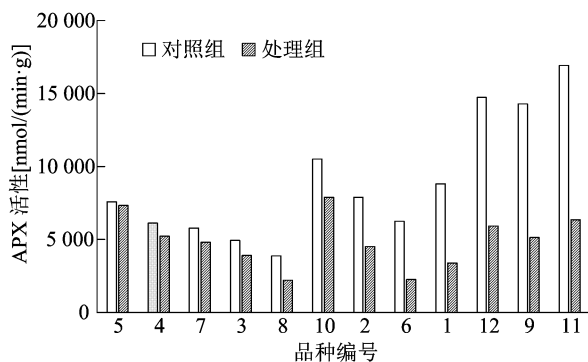


图6 高温胁迫对冬瓜幼苗 APX 活性的影响

发现,逆境条件下各种酶保持较稳定的水平,能使植物免受伤害,提高植物的抗逆性,POD、SOD 活性的下降幅度大小可以作为判断植物抗逆性强弱的指标<sup>[10]</sup>。因此 12 份冬瓜品种大体可以分为 3 类:强耐热型、中耐热型、弱耐热型。从 APX 活性指标变化幅度来看,编号为 5、4、7、3、8 的品种属于强耐热型品种,编号为 12、9、11 的品种属于弱耐热型品种;从 SOD 活性指标变化幅度来看,编号为 12、5、6、9、3、10 的品种属于强耐热型品种,编号为 2、7、4 的品种属于弱耐热型品种;从 CAT 活性指标变化幅度来看,编号为 5、6、4、2 的品种属于强耐热型品种,编号为 9、8、10、12、11 的品种属于弱耐热型品种。

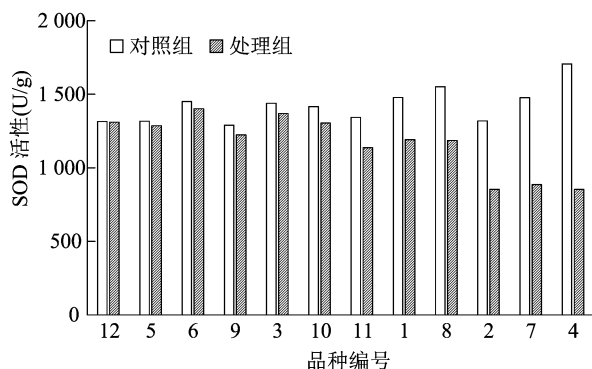


图7 高温胁迫对冬瓜幼苗 SOD 活性的影响

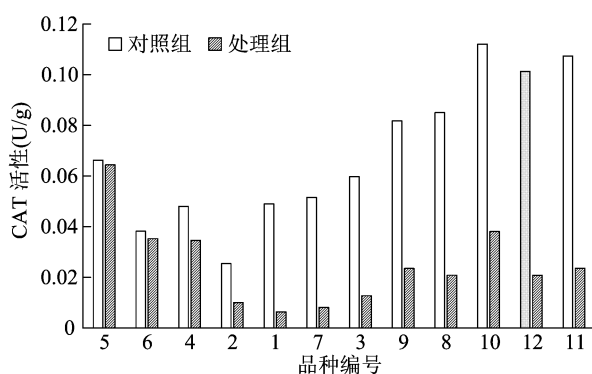


图8 高温胁迫对冬瓜幼苗 CAT 活性的影响

## 2.4 应用形态学指标对冬瓜幼苗进行耐高温评价

以每个品种对照组与处理组的形态学指标差值为聚类数据,对 12 份冬瓜品种进行耐热性分析。遗传距离为 5 时,可以将 12 份冬瓜品种分为 3 个类群。第 1 个类群 5 个品种:1、2、3、4、5,占总品种的 41.67%;第 2 个类群 4 个品种:8、9、6、7,占总品种的 33.33%;第 3 个类群 3 个品种:10、11、12,占总品种的 25.00% (图 9)。

## 2.5 生理生化指标对冬瓜幼苗进行耐高温评价

通过对高温胁迫后得到的处理组与对照组生理生化指标差值为聚类数据,对 12 份冬瓜品种进行

指标的处理组与对照组相比,都呈下降趋势,不同的品种下降幅度不一致,说明冬瓜植株在受伤害胁迫后,各品种间耐热程度差异明显。陈火英等研究

表 3 不同耐高温评价方式结果分析

评价方式	品种编号		
	强耐高温型	中耐高温型	弱耐高温型
根据热害指数评价	11、10	3、8、12、9、5	4、6、2、7、1
根据形态学指标评价	10、11、12	8、9、6、7	1、2、3、4、5
根据生理生化指标评价	10、11、12	7、8、6、9	3、4、2、5、1

对照相比,主要表现为冬瓜幼苗的株高、茎粗、叶长、地上鲜生物量和干生物量均呈下降趋势,与一些学者对黄瓜、瓠瓜、西瓜等的研究结果<sup>[11-13]</sup>一致;一些学者对牧草、马铃薯、白菜等的研究表明,生理生化指标的变化主要分为 2 个阶段:前期上升阶段、后期下降阶段<sup>[14-15]</sup>。本研究中对冬瓜胁迫后期的生理生化指标测定发现,SOD、APX 和 CTA 活性与对照相比均呈下降趋势,这与前人的研究结果<sup>[14-15]</sup>基本一致。因此本研究中的形态指标和生理生化指标均可以作为冬瓜耐热鉴定指标。仅从某一指标去鉴定冬瓜的耐热性,仍然存在一定的缺陷。从研究结果可以发现,8 个单一指标鉴定的 12 份冬瓜耐热结果各不相同,但是采用热害指数指标评价方法、形态学指标聚类分析评价方法、生理生化指标聚类分析评价方法三者结合的方式,能够很好地筛选到耐热品种。本研究采用综合评价筛选的方式对冬瓜品种进行了筛选,并把 12 份冬瓜品种共分成 3 类:强耐热型、中耐热型、弱耐热型,从中筛选到了强耐热材料夏冠 1 号和玲珑节瓜。

本研究的结果表明,采用热害系数、形态学指标和生理生化指标相结合的方法,对冬瓜幼苗胁迫后期进行多种指标的综合评价,可以较准确、客观地评价冬瓜的耐热性,为冬瓜的选育耐热资源材料用于以后的育种工作提供了理论依据。

参考文献:

[1]彭 霞,郭冰瑶,魏 宁,等. 近 60 a 长三角地区极端高温事件变化特征及其对城市化的响应[J]. 长江流域资源与环境, 2016,25(12):1917-1926.

[2]赵勇竣,徐术菁,王 钊,等. 高温胁迫对 3 个番茄品种生长和生理指标的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(17):147-149.

[3]张 力,李桂芬,李文信,等. 高温胁迫对不同西瓜幼苗生长和生理特性的影响及综合评价[J]. 中国瓜菜,2015,28(4):13-17.

[4]刘忠国. 高温胁迫对黄瓜幼苗耐热性的研究[D]. 泰安:山东农业大学,2010.

[5]付丽军,李聪晓,苏胜宇,等. 黄瓜苗期耐热种质筛选与耐热性评价体系构建[J]. 植物生理学报,2020,56(7):1593-1604.

[6]朱白婢,胡艳平,王小娟,等. 粉皮冬瓜耐热性鉴定方法研究[J]. 农业灾害研究,2016,6(10):24-25,39.

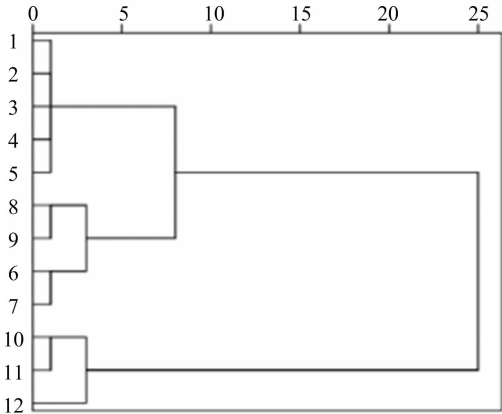


图9 形态学指标聚类分析

耐热性分析。遗传距离为 5 时,可以将 12 份冬瓜品种分为 3 个类群。第 1 个类群 5 个品种:3、4、2、5、1,占总品种的 41.67%;第 2 个类群 4 个品种:7、8、6、9,占总品种的,33.33%;第 3 个类群 3 个品种:10、11、12,占总品种的 25.00%(图 10)。

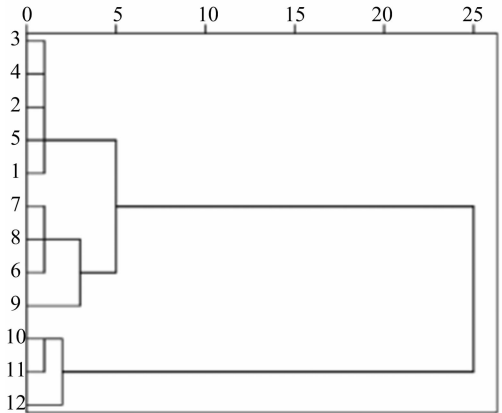


图10 生理生化聚类分析

2.6 不同耐高温评价方式结果分析

从图 1 至图 8 可以看出,虽然单一指标也能反映不同冬瓜品种的耐高温强弱,但是每个指标的结果完全不一致,因此利用多个指标的综合评价会更加精确。本试验利用不同耐高温评价方式,包括热害指数评价、形态学指标聚类分析和生理生化指标聚类。从表 3 可知,热害指数评价、形态学指标聚类评价、生理生化指标聚类评价三者比较,虽然结果有一定的差异性,但是存在相同的品种。3 种评价方式可以筛选到重合的冬瓜品种为强耐高温型品种,编号为 11 和 10。

3 讨论与结论

冬瓜苗期高温胁迫后,植株生长受到抑制,与

侯梦媛,姜琳琳.寡照胁迫对设施草莓营养生长及生殖生长的影响[J].江苏农业科学,2021,49(13):125-130.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.13.025

# 寡照胁迫对设施草莓营养生长及生殖生长的影响

侯梦媛<sup>1</sup>,姜琳琳<sup>2</sup>

(1. 山东省微山县气象局,山东微山 277600; 2. 宁夏气象科学研究所,宁夏银川 750000)

**摘要:**以草莓品种明晶为试验材料在日光温室对草莓进行寡照胁迫试验,设置 6 个寡照胁迫处理,分别为遮阴持续 1(T<sub>1</sub>)、3(T<sub>2</sub>)、5(T<sub>3</sub>)、7(T<sub>4</sub>)、10(T<sub>5</sub>)、15 d(T<sub>6</sub>),以不遮阴处理为对照(CK),探讨草莓营养生长及生殖生长特性对不同寡照胁迫时间的响应。结果表明,草莓花器官对弱光较为敏感,寡照日数达 3 d 即可使草莓的开花数及开花率降低,开花的始盛点、高峰点、盛末点提前,且最大生长速率降低 7.14%~17.86%。寡照 7 d 以上会使草莓坐果数及坐果率降低,且坐果及产量的始盛点、高峰点、盛末点均表现出推迟的趋势。当寡照日数达 10 d 时,草莓的株高、茎粗、叶柄长、叶面积及叶片数也会受到显著抑制。但草莓能够适应短期的弱光条件,寡照处理 1 d 能够使草莓开花的盛末点推迟 6.56 d,同时使产量的最大生长速率提高 18.67%。

**关键词:**设施草莓;寡照;营养;开花;坐果;产量

**中图分类号:**S668.401 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2021)13-0125-06

草莓(*Fragaria ananassa* Duch.)属于蔷薇科草莓属多年生宿根性草本植物,在园艺学上属浆果类水果<sup>[1]</sup>。20 世纪 80 年代以来,我国草莓种植面积不断扩大,草莓产量居世界首位。草莓是喜光植物,生长过程中的充足光照能够促进植株生长及产量积累,光照不足时其生长发育受阻<sup>[2]</sup>。因此,研究寡照对设施草莓的影响对于我国设施作物发展具有重要意义。

国内外对寡照胁迫对作物生长发育的影响进行了大量研究。一般而言,寡照首先影响作物的营养生长情况,株高、茎粗、叶片数、叶面积等指标均

受到抑制<sup>[3-7]</sup>,且抑制程度随寡照胁迫程度的不同而呈现一定差异。但也有研究发现,一定程度的弱光能够减轻作物叶片的光抑制效应,反而能够促进植株生长,如烤烟、臭椿等在 50% 以上的弱光处理下表现出株高增加、叶面积变大、叶片数增多等现象<sup>[8-9]</sup>。

营养生长状况直接影响到植株光合产物的积累,因此在寡照环境下作物开花坐果等生殖生长特性也有一定改变。Rylski 等研究发现,弱光使辣椒花粉活力下降,不但降低了其落花率、坐果数量及产量,还改变了辣椒的坐果位置<sup>[10]</sup>。鲁福成等研究发现,弱光影响下的番茄植株开花期显著推迟,果实生长期缩短,快速生长期内的生长量累积减少<sup>[11]</sup>。Lv 等通过 3 种遮阴处理发现棉花棉铃数和铃质量随寡照胁迫程度增加而减小,产量显著降低<sup>[12]</sup>。朱雨晴等进一步研究发现,遮阴 3 d 以上增加了番茄的落花率、畸形果和病果数量,遮阴 6 d 以

收稿日期:2021-01-15

基金项目:济宁市气象局气象科学技术研究项目重点课题[编号:2019JNZL03(重点)]。

作者简介:侯梦媛(1992—),女,山东济宁人,硕士,助理工程师,主要从事农业气象灾害研究。Tel:(0537)8221279, E-mail:910435883@qq.com。

[7]韩瑞宏,高桂娟.秋眠级不同的紫花苜蓿苗期耐热性评价[J].畜牧与饲料科学,2009,30(6):158-159,180.

[8]吴斌,蒋秋玮,顾婷婷,等.高温胁迫下不同耐热性萝卜幼苗生理响应分析[J].中国蔬菜,2010(10):25-28.

[9]李忠光,龚明.抗氧化系统在热诱导的玉米幼苗耐热性形成中的作用[J].云南植物研究,2007,29(2):231-236.

[10]陈火英,张建华,汪隆植.萝卜幼苗耐热性与过氧化物酶和超氧化物歧化酶关系的研究[J].上海农学院学报,1990,8(4):265-269.

[11]韩毅科,杜胜利,张桂华,等.黄瓜苗期耐高温性鉴定[J].中国

瓜菜,2009,22(3):1-4.

[12]吴晓花,周雯,汪宝根,等.高温胁迫下 6 份瓠瓜材料的耐热性分析[J].浙江农业科学,2017,58(7):1169-1173.

[13]张力.西瓜耐热性指标鉴定及材料筛选研究[D].南宁:广西大学,2014:4-6.

[14]李龙兴,王志伟,陈莹.高温胁迫对 5 种牧草生理生化特性的影响[J].草原与草坪,2019,39(4):107-111.

[15]戴鸣凯.高温胁迫对马铃薯幼苗生长和生理的影响及相关耐热基因分析[D].福州:福建农林大学,2018:8-11.