

黄瓜耐弱光性鉴定指标研究及其苗期与成株期的相关分析

王海涛¹ 秦智伟^{1*} 李丹丹² 周秀艳¹ 辛明¹

(¹东北农业大学园艺学院, 黑龙江哈尔滨 150030; ²黑龙江八一农垦大学农学院, 黑龙江大庆 163319)

摘要: 以4份黄瓜品系为试验材料, 通过测定不同弱光处理下叶片叶绿素含量随时间变化的情况, 探索黄瓜苗期耐弱光性鉴定的最适宜光照强度与最佳鉴定时期, 同时对黄瓜苗期耐弱光性进行鉴定, 并对黄瓜苗期的叶片叶绿素含量降低率与成株期的产量降低率、植株干质量降低率进行相关性分析, 探究黄瓜苗期与成株期耐弱光性的相关性。结果表明: $20 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 弱光胁迫 20 d 的幼苗叶片叶绿素含量降低率可以作为黄瓜苗期耐弱光筛选的快速鉴定指标。成株期产量的降低率与植株干质量的降低率均能反映成株期品种间耐弱光性的差异。苗期叶片叶绿素含量降低率与成株期的产量降低率呈显著正相关, 不同品种在苗期和成株期的耐弱光性表现一致。 W_{25} 的耐弱光性较强, W_5 的耐弱光性较差。

关键词: 黄瓜; 耐弱光性; 鉴定指标; 苗期; 成株期; 相关性

在我国北方地区, 黄瓜 (*Cucumis sativus* L.) 大多以保护地栽培为主, 冬季和早春光照不足是影响黄瓜生长的主要限制因子之一, 弱光可致使黄瓜叶片光合速率下降、植株生长停滞、叶片反卷、沤根, 严重时造成绝产 (许勇和王永健, 1995; 马德华等, 1997; 高丽红和张福墁, 2000)。黄瓜耐弱光性是受多基因控制的数量性状 (Bohn et al., 1996), 耐弱光胁迫途径比较复杂, 对黄瓜品种耐弱光性进行鉴定需要严格的鉴定条件和可靠的鉴定指标。早在 20 世纪 80 年代已有相关研究 (Wehner et al., 1984; Aoki et al., 1988), 但都是与低温相结合的鉴定方法研究, 有关单一弱光胁迫下的鉴定体系研究甚少。近年来, 人们也探索了一些在单一弱光胁迫下的黄瓜苗期耐弱光性鉴定方法 (陈青君等, 2003; 王美平, 2003; 张峰等, 2006; 米国全等, 2011), 对黄瓜育种具有重要的参考价值。然

而, 有的指标虽然简单、便捷, 但由于受自身材料等方面的限制, 例如, 供试材料的小众化、指标的应用范围有限等, 没有被育种学家广泛应用。有的则采用多指标综合评价体系 (李丹丹等, 2009), 但其准确性受人为主观影响较大, 同时也费工费时, 难以应用于育种实践。总之, 到目前为止, 关于黄瓜耐弱光性鉴定, 缺乏标准的数量化的指标, 尚未有一个完整的评价体系。关于黄瓜成株期对弱光的响应虽有研究 (王兴银和张福墁, 2000; 韩丽平, 2006), 但对黄瓜苗期和成株期耐弱光的相关性研究尚未见报道。

本试验旨在寻找一个标准化的黄瓜苗期耐弱光筛选条件, 并且探索一个快速、操作方便的黄瓜耐弱光性苗期鉴定方法。同时对苗期与成株期重要的鉴定指标进行相关性分析, 以期探明苗期和成株期耐弱光性的相互关系, 为耐弱光黄瓜种质资源的筛选和利用, 以及培育耐弱光黄瓜新品种提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选择4份黄瓜自交系 W_5 、 W_{25} 、 W_{31} 、 W_{44} 作为试验材料, 由东北农业大学黄瓜课题组前期鉴定试验可知, W_{25} 和 W_{44} 为耐弱光品系, W_5 和 W_{31} 为不

王海涛, 男, 硕士研究生, 专业方向: 黄瓜分子遗传育种, E-mail: wht_1101@126.com

* 通讯作者 (Corresponding author): 秦智伟, 教授, 博士生导师, 专业方向: 黄瓜遗传育种, E-mail: qzq303@126.com

收稿日期: 2015-12-20; 接受日期: 2016-04-20

基金项目: “十二五” 国家科技支撑计划项目 (2012BAD02B03), 黑龙江省应用技术与开发计划重大项目 (GA15B103)

耐弱光品系。

1.2 黄瓜苗期耐弱光性鉴定

1.2.1 试验方法 试验于2014年12月至2015年5月在东北农业大学蔬菜育种实验室进行。采用穴盘育苗,栽培基质由营养土和草炭按1 V:1 V的比例配制,播种后7 d子叶展平时移栽到8 cm×8 cm的营养钵内,放置于人工气候箱内育苗。温度26℃/17℃(昼/夜),光照强度 $120 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,光照12 h,湿度70%。待幼苗长到两叶一心(约15 d)后,挑选生长一致的幼苗,转移至不同光照强度下进行处理,各品种每个处理15株。共设置5个不同光照强度处理:0、20、40、80、 $120 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,以光照强度 $120 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 为对照(CK)。温度26℃/17℃(昼/夜),光照12 h,湿度70%。

1.2.2 调查方法 采取固定植株跟踪法。每个处理随机选取3株生长一致、叶片颜色相当的幼苗进行

标记。整个处理过程中,跟踪这3株幼苗的叶片叶绿素的变化情况,分别于弱光处理0、10、20、30 d时测定跟踪植株的叶片叶绿素含量,根据其变化规律,确定黄瓜耐弱光筛选的最适宜处理条件。

1.2.3 指标测定 选取跟踪的3株幼苗用便携式叶绿素测定仪CCM-200 plus测定黄瓜幼苗第2片真叶的叶绿素含量,取平均值。测定时用探头夹取叶片的正中心位置,读出数值。参考数值如图1所示。

叶片叶绿素含量降低率=(对照-处理)/对照×100%

叶片叶绿素含量降低率越大,植株对弱光越敏感,耐弱光性越弱;反之,耐弱光性越强。

1.3 黄瓜成株期耐弱光性鉴定

试验于2015年5月在东北农业大学设施园艺中心大棚内进行,采用双层黑色遮阳网模拟弱光条件,每天于10:00和14:00分别测定光照强度,连续测定20 d,取均值得到处理光照强度为 $60 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,对照为 $900 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。通过通



图1 叶片叶绿素含量的参考数值

图片下方数值为叶绿素含量相对值;彩色图版见《中国蔬菜》网站:www.cnveg.org。

风方式控制温度,白天温度控制在25~30℃,夜间温度控制在15~18℃。

植株采用桶栽方式,每桶1株,待植株长至约12片真叶时进行弱光处理。试验设3次重复,每个重复3桶。弱光胁迫20 d后测定单株商品瓜产量、植株干质量。产量:每个重复取1株,共3株,用电子天平测定商品瓜质量。植株干质量:整个植株清洗干净用烘箱75℃烘干至恒重。

1.4 数据处理和分析

采用Excel软件作图,采用SPSS 21.0软件进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 不同弱光处理下黄瓜幼苗叶片叶绿素含量随时间的变化规律

由图2可以看出,随着弱光处理时间的增加,

4份黄瓜自交系的叶绿素含量总体均呈下降的趋势,不同光照处理下叶绿素含量下降的速度不同。全黑暗($0 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)处理下的叶绿素含量在0~10 d下降得最快,下降了80%以上。10 d后植株陆续死亡,叶绿素含量接近0。 $20 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 与 $40 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 处理下的叶绿素含量在整个处理期都持续下降,与对照($120 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)相比, $20 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 处理下叶绿素含量下降得较快,各品种的叶绿素含量下降幅度均在20 d时达到最大, W_5 、 W_{25} 、 W_{31} 、 W_{44} 分别降低了77%、51%、65%、63%。 $40 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 处理下的叶绿素含量下降得较慢,与对照相比,处理各阶段叶绿素含量的下降幅度远小于 $20 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的处理,表现出较大差异所需的时间较长,延长了试验周期,不能快速有效地区分品种间耐弱光性强弱。 $80 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 处理下的叶绿素含量与对照($120 \text{ mol} \cdot$

$\text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) 的叶绿素含量变化规律相似, 先呈现小幅增加, 10 d 后迅速下降, 除 W_{31} 的叶绿素含量在 20 d 时与对照差异明显外, 其余两个处理间均

未出现明显差异。综上可知, 黄瓜苗期选择用 $20 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的弱光进行处理, 可以使叶绿素含量的降低率达到最大化, 能够快速、简便、有效地区

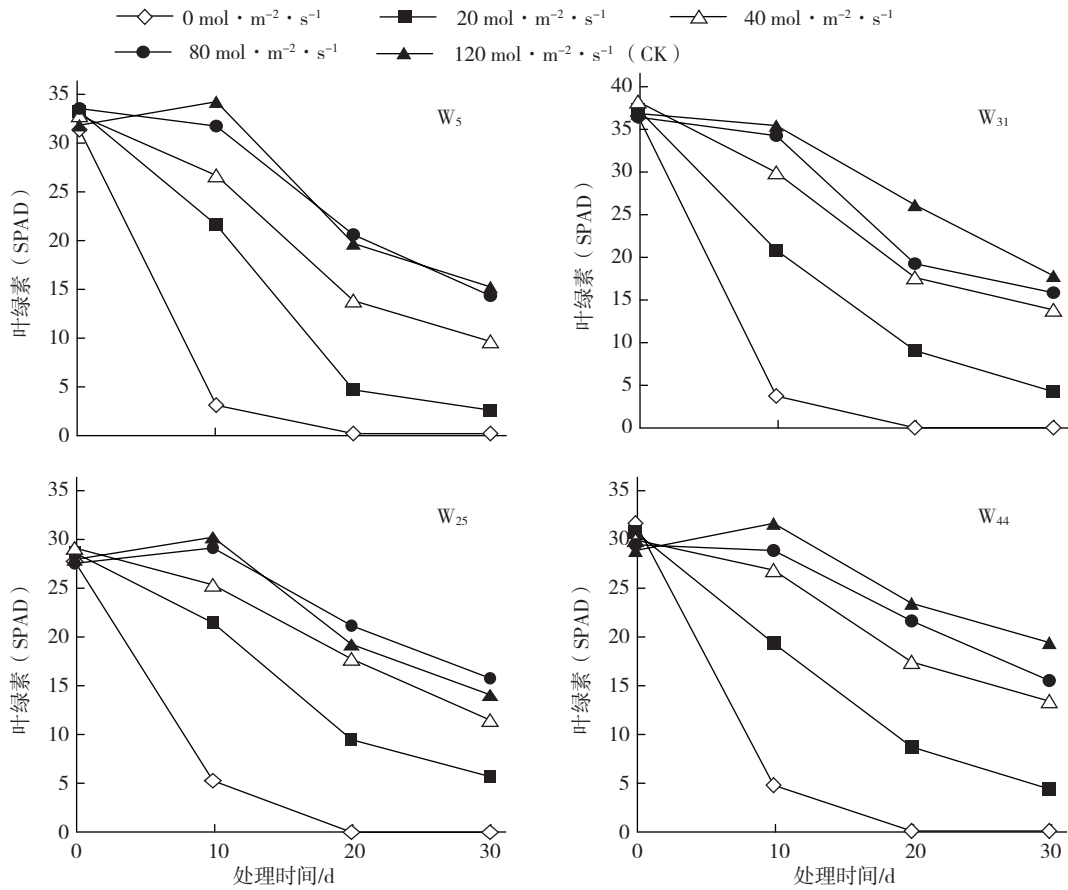


图 2 不同弱光处理下黄瓜幼苗叶片的叶绿素含量

分品种间耐弱光性的强弱。

2.2 黄瓜苗期耐弱光性鉴定

从图 3 可知, $20 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的弱光胁迫处理 20 d 时, W_{25} 的叶绿素含量降低率最小, 其耐弱光性较强。 W_5 的叶绿素含量降低率最大, 耐弱光

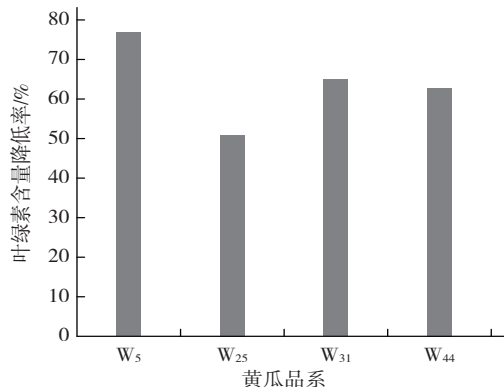


图 3 $20 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 弱光下胁迫 20 d 的幼苗叶片叶绿素含量降低率

性较弱。

2.3 黄瓜成株期耐弱光性鉴定

由表 1 可知, 与对照相比, 经弱光 ($60 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) 处理后, 各品系的黄瓜产量极显著降低,

表 1 弱光处理对成株期黄瓜各性状的影响

材料	光照强度 $\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	产量/kg	比 CK $\pm \%$	植株干质量/g	比 CK $\pm \%$
W_5	60	0.19 bB	-88.9	31.61 aA	-57.9
	900 (CK)	1.71 aA	—	13.32 bB	—
W_{25}	60	0.90 bB	-76.0	23.57 aA	-29.1
	900 (CK)	3.75 aA	—	16.71 bA	—
W_{31}	60	0.65 bB	-85.1	38.69 aA	-36.3
	900 (CK)	4.37 aA	—	24.65 bB	—
W_{44}	60	0.46 bB	-81.7	31.63 aA	-54.9
	900 (CK)	2.52 aA	—	14.28 bB	—

注: 产量为弱光胁迫 20 d 后测定的单株商品瓜产量; 表中不同材料同列数据后不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 大写字母表示差异极显著 ($P < 0.01$)。

W_5 、 W_{25} 、 W_{31} 、 W_{44} 分别降低了 88.9%、76.0%、85.1%、81.7%。植株干质量也呈现显著性降低。不同品系间产量与植株干质量的降低幅度基本一致， W_5 的降低率最大，受弱光影响最大，耐弱光性较弱； W_{25} 的降低率最小，受弱光影响最小，耐弱光性较强。

2.4 黄瓜苗期与成株期耐弱光性的相关分析

为了进一步研究黄瓜整个生育期的耐弱光性，对黄瓜苗期与成株期耐弱光性鉴定指标进行相关性分析（表 2），黄瓜苗期叶片的叶绿素含量降低率与成株期的产量降低率达到显著正相关，说明各品种苗期和成株期对弱光表现出的抗逆性相一致。因此，可以用苗期叶片的叶绿素含量降低率来快速准确鉴定黄瓜品种的耐弱光性。

表 2 黄瓜苗期与成株期的相关性分析

指标	叶绿素含量降低率	产量降低率	植株干质量降低率
叶绿素含量降低率	1		
果实产量降低率	0.983*	1	
植株干质量降低率	0.805	0.711	1

注：* 表示在 0.05 水平上显著相关。

3 结论与讨论

目前，在黄瓜耐弱光性的研究中，适宜的选择压力与适宜的处理时间的研究报道较少，并且没有得到一致的结论。陈青君（2003）认为探索耐弱光性筛选的标准条件面临两方面的困难，一方面是环境压力，即逆境胁迫强度，包括光照、光周期以及胁迫时间、处理时期的确定和稳定的调控；另一方面是评价指标体系的指标标准化。从可操作性上看，指标应尽可能地简化，有代表性。可见，找到快速、便捷、可操作性强的耐弱光鉴定指标尤为重要。本试验根据不同弱光处理条件下叶绿素含量的变化规律，初步确立了 $20 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 弱光下胁迫 20 d 的黄瓜幼苗叶片叶绿素含量降低率可以作为黄瓜苗期耐弱光筛选的快速鉴定指标。

弱光对黄瓜幼苗的光合作用有着重要影响（马德华等，1998；艾希珍等，2004；张红梅等，2006）。叶绿素在光合作用中起着吸收光能的作用，叶绿素含量的多少直接影响到植株光合作用的强弱（侯亮等，1999）。光合作用减弱导致的黄瓜真叶变黄是黄瓜幼苗在弱光胁迫下的一个重要特征。预试验结果表明，弱光胁迫 3 d，黄瓜幼苗子叶开

始褪绿变黄，6 d 真叶开始从周围往中间变黄，处理时间越长，变化程度越大。在弱光胁迫 20 d 左右与对照的差异达到最大。叶绿素含量的变化与植物的耐弱光性有密切关系（朱龙英等，1998）。叶绿素含量会随着弱光处理时间的延长而降低，这在其他作物上也有过报道（江海东等，2000；杨渺等，2004）。叶绿素含量降低的快慢能区分品种间耐弱光性的强弱，耐弱光性较强的品种叶绿素含量降低得较慢，甚至会在处理的初期出现叶绿素含量的增加（裴孝伯等，2005），耐弱光性较弱的品种叶绿素含量降低得较快（马德华等，1998）。因此，通过研究叶绿素含量随时间的变化规律，根据其在不同时间点与对照相比的下降幅度来区分品种间的耐弱光能力，避免了人为主观意愿分级造成的误差，直观地反映了黄瓜品种耐弱光的能力。

关于苗期与成株期植株耐弱光性的相关分析，在研究作物的抗病性方面有报道，白智龙和周鸿飞（2008）的研究表明，黄瓜霜霉病苗期病情指数与成株期发病率达到显著相关，可利用苗期病情指数进行快速鉴定。翟文慧等（2010）对大白菜黑腐病的研究结果表明，苗期人工接种和成株期自然发病的病情指数间存在显著相关，苗期人工接种的鉴定方法是可靠的。本试验结果表明，苗期的叶绿素含量降低率与成株期的产量降低率呈现显著正相关，因此，利用苗期的叶绿素含量降低率对黄瓜的耐弱光性进行快速鉴定是可行的。

本试验结果表明，叶绿素含量降低率能较好地地区分黄瓜苗期品种间耐弱光性的差异。产量降低率与植株干质量的降低率能较好地反映出成株期品种间耐弱光性的差异。不同黄瓜品系的耐弱光性存在差异， W_{25} 耐弱光性较强， W_5 耐弱光性较差，不同品种在苗期和成株期表现出的耐弱光性一致。

参考文献

- 艾希珍，马兴庄，于立明，邢禹贤. 2004. 弱光下长期亚适温和短期低温对黄瓜生长及光合作用的影响. 应用生态学报, 15 (11): 2091-2094.
- 白智龙，周鸿飞. 2008. 黄瓜霜霉病苗期与成株期抗性相关分析. 安徽农业科学, 36 (16): 6837-6838, 6840.
- 陈青君. 2003. 黄瓜低温弱光耐受性评价指标体系以及弱光耐受性 QTL 定位的研究 [博士论文]. 北京: 中国农业科学院.
- 陈青君，张福曼，王永健. 2003. 黄瓜对低温弱光反应的生理特征

- 研究. 中国农业科学, 36 (1): 77-81.
- 高丽红, 张福曼. 2000. 日光温室黄瓜生产中存在问题及解决途径. 沈阳农业大学学报, 31 (1): 113-116.
- 韩丽平. 2006. 弱光处理对黄瓜生长发育的影响研究 [硕士学位论文]. 重庆: 西南大学.
- 侯兴亮, 李景富, 许向阳. 1999. 番茄耐弱光性的研究进展. 中国蔬菜, (4): 48-51.
- 江海东, 孙小芳, 吴春. 2000. 光照和播种量对高羊茅生长及草坪质量的影响. 草业学报, 9 (4): 63-67.
- 李丹丹, 司龙亭, 牛海臣, 高凌娜, 金正爱. 2009. 黄瓜耐弱光性的多元统计分析. 园艺学报, 36 (4): 501-506.
- 马德华, 庞金安, 霍振荣, 李淑菊. 1997. 弱光对黄瓜幼苗某些生理特性的影响. 河南农业大学学报, 31 (3): 248-250, 254.
- 马德华, 庞金安, 霍振荣, 李淑菊. 1998. 弱光对黄瓜幼苗光合及膜脂过氧化作用的影响. 河南农业大学学报, 32 (1): 68-72.
- 米国全, 刘丽英, 金宝燕. 2011. 弱光对不同生态型黄瓜幼苗光合速率及蔗糖代谢相关酶活性的影响. 华北农学报, 26 (1): 146-150.
- 裴孝伯, 李世诚, 蔡润. 2005. 连续弱光处理对黄瓜生育及光合速率的影响. 安徽农业大学学报, 32 (3): 373-376.
- 王美平. 2003. 弱光对苗期黄瓜形态和生理生化特性的影响 [硕士学位论文]. 郑州: 河南农业大学.
- 王兴银, 张福曼. 2000. 弱光对日光温室黄瓜光合产物分配的影响. 中国农业大学学报, 5 (5): 36-41.
- 许勇, 王永健. 1995. 黄瓜耐低温研究中几个问题的讨论. 北京: 北京农业大学出版社: 439-444.
- 杨渺, 毛凯, 马金星. 2004. 遮阴生境下假俭草的形态变化与能量分配研究. 中国草地, 26 (2): 44-48.
- 翟文慧, 张涛涛, 胡俊, 张凤兰, 严红. 2010. 大白菜黑腐病鉴定的湿度试验及其苗期与成株期抗病性的相关分析. 中国蔬菜, (10): 59-63.
- 张峰, 毛爱军, 王永健, 张丽蓉, 屈广琪, 刘立功. 2006. 黄瓜自交系低温弱光耐受性快速筛选平台的建立. 长江蔬菜, (4): 39-40.
- 张红梅, 余纪柱, 金海军. 2006. 低温弱光对黄瓜植株生长、光合特性的影响. 沈阳农业大学学报, 37 (3): 339-342.
- 朱龙英, 许悌惟, 康高强. 1998. 番茄耐低温和耐弱光性能鉴定方法初探. 上海农业学报, 14 (1): 45-50.
- Aoki S, Oda M, Nagaoka M. 1988. Chilling and heat sensitive in cucumber seedlings measured by chlorophyll fluorescence. Btill Natl Res Inst Veg Plants Tea Japan A, 2: 81-92.
- Bohn M, Khairallah M M, Gonzalez de Leon D, Hoisington D A, Utz H F, Deutsch J A, Jewell D C, Mihm J A, Melchinger A E. 对 1996. QTL mapping in tropical maize: I. genomic regions affecting leaf feeding resistance to sugarcane borer and other traits. Crop Sci, 36 (4): 1352-1361.
- Wehner T C. 1984. Estimates of heritabilities and variance components for low temperature germination ability in cucumber. Horticultural Science, 109 (5): 664-667.

Studies on Cucumber Identification Index of Low Light Tolerance and Correlation Analysis between Its Seedling and Adult Plants

WANG Hai-tao¹, QIN Zhi-wei^{1*}, LI Dan-dan², ZHOU Xiu-yan¹, XIN Ming¹

(¹College of Horticulture, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, Heilongjiang, China; ²College of Agronomy, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, Heilongjiang, China)

Abstract: Taking 4 different cucumber varieties as material, this study tested chlorophyll content changes in cucumber leaves under different low light treatments, explored the most appropriate light intensity and best appraisal period for low light tolerance identification during cucumber seedling stage, and at the same time, the low light tolerance identification was conducted. Beside, this paper analyzed the reduction rate of leaves chlorophyll content during cucumber seedling stage, and the reduction rate of fruit yield in adult stage, and also the reduction ratio of plant dry weight. The paper explored the correlation between cucumber tolerance to low light in seedling stage and adult plant stage. The results showed that the reduction rate of leaves chlorophyll content during seedling stage under $20 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ light stress at 20 days could be used as indicator for rapid identification of low light tolerance. The reduction rates of both fruit yield in adult stage and plant dry weight could reflect the differences in low light tolerance between varieties during adult stage. There existed a significant positive correlation between leaves chlorophyll content reduction rate in seedling stage and fruit yield reduction rate in adult stage. Low light tolerance in seedling and adult stages of different varieties was the same. W₂₅ had strong tolerance to low light, and W₅ had poor tolerance to low light.

Key words: Cucumber; Low light tolerance; Identification Index; Seeding stage; Adult stage; Correlation