

不同光周期对黑籽南瓜幼苗生长及开花习性的影响

郑姗姗, 李新苗, 段佳怡, 翟于菲, 杨帆, 姜立娜, 周俊国

(河南科技学院园艺园林学院 河南新乡 453000)

摘要: 探究调控黑籽南瓜的生长发育所需的光照条件, 明确其在北方地区完成繁育所需要的光周期时间, 便于其在不同区域尤其是在北方地区南瓜的遗传改良和育种利用。对黑籽南瓜幼苗采用不同光周期处理, 研究其对壮苗指数、根冠比、可溶性蛋白含量、叶绿素含量及后期开花习性等方面的影响。结果表明, 长日照 16 h 对照组黑籽南瓜壮苗指数最高, 短日照 8 h 30 d 处理下可溶性蛋白含量最高, 短日照 8 h 20 d 处理显著提高叶绿素含量, 中日照 12 h 20 d 处理促进黑籽南瓜雌花和雄花的发育。综上, 长日照有利于培育黑籽南瓜壮苗, 中、短日照则有利于黑籽南瓜花器官形成和发育, 以每天光照 12 h 处理 20 d 最优。

关键词: 黑籽南瓜; 光周期; 幼苗; 开花习性

中图分类号: S642.1

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2024)12-074-07

Effects of different photoperiod on growth and flowering habits of *Cucurbita ficifolia* seedlings

ZHENG Shanshan, LI Xinmiao, DUAN Jiayi, ZHAI Yufei, YANG Fan, JIANG Li'na, ZHOU Junguo

(College of Horticulture and Landscape Architecture, Henan University of Science and Technology, Xinxiang 453000, Henan, China)

Abstract: To investigate the light conditions required for the growth and development of *Cucurbita ficifolia* and clarify the photoperiod required for its reproduction in northern regions, this study aims to facilitate its genetic improvement and breeding utilization in different regions, especially in northern regions. In this study, different photoperiod treatments were applied to *C. ficifolia* seedlings to investigate their effects on the strong seedling index, root-to-shoot ratio, soluble protein content, chlorophyll content, and late flowering habits. The results showed that the *C. ficifolia* seedlings in the 16 h long-day group had the highest strong seedling index. The soluble protein content was highest in short-day treatment of 8 h and 30 d. Short day treatment of 8 h and 20 d significantly increased the chlorophyll content, medium day treatment of 12 h and 20 d promoted the development of female and male flowers of *C. ficifolia*. In summary, long-day treatment is beneficial for cultivating strong seedlings of *C. ficifolia*, while middle-day and short-day treatments are beneficial for the formation and development of the flower organs. The optimal treatment is 12 h of light per day for 20 d.

Key words: *Cucurbita ficifolia*; Photoperiod; Seedlings; Flowering habit

黑籽南瓜 (*Cucurbita ficifolia*) 为葫芦科南瓜属蔓生草本植物, 具有抗旱、抗寒、抗病和耐瘠薄等优良性状^[1], 是葫芦科作物嫁接栽培中的重要砧木。黑籽南瓜对日照要求严格, 在 13 h 以上的光周期下难以形成花芽^[2], 在北方长日照地区难以对黑籽南瓜进行自交留种和杂交育种利用, 因此有必要探究调控黑籽南瓜生长发育所需的光照条件, 明确其在

北方完成繁育所需要的光周期时间, 对黑籽南瓜在不同区域尤其是在北方地区的利用有一定的理论和实践意义。

光周期是白天和黑夜的相对长度, 对植物的生长有重要影响, 是影响植物开花和性别表达的主要环境因素^[3]。Jackson^[4]认为, 光周期作为一个可靠指标, 可以检测自然环境变化, 协调植物生长发育和

收稿日期: 2024-07-25; 修回日期: 2024-10-23

基金项目: 河南省科技攻关计划(232102110192, 232102110233, 222102110394)

作者简介: 郑姗姗, 女, 在读硕士研究生, 研究方向为蔬菜种质资源与遗传育种。E-mail: 179235825@qq.com

通信作者: 翟于菲, 女, 讲师, 研究方向为蔬菜种质资源与遗传育种。E-mail: zhaiyufei2012@163.com

姜立娜, 女, 副教授, 研究方向为蔬菜种质资源与遗传育种。E-mail: 15090327732@163.com

周俊国, 男, 教授, 研究方向为蔬菜种质资源与遗传育种。E-mail: junguo1020@163.com

代谢,应对外界环境变化,提高生物的应对能力。植物的生长和发育受到光周期的影响,可分为长日照、中日照和短日照植物。通过大量试验得出,长日照促进甜椒^[5]、番茄^[6]、烟草^[7]和冰菜^[8]等农作物的生长和商品品质的改善,且长日照还有利于黄瓜^[9]、西葫芦^[10]、有棱丝瓜^[11]和西瓜^[12]等瓜类作物培育壮苗及提高可溶性蛋白含量,短日照则有效促进黄瓜雌花的分化^[13]。花是植物进行繁育的重要器官,若植株不开花或开花较少,则难以繁殖留种,因此植物开花的多少在生产上有着至关重要的影响^[14]。多种蔬菜作物的开花对光周期极为敏感,且光周期对植物性别的表达和生理生化反应有很大影响,从而利用光周期去调节幼苗生长发育及植株开花和休眠^[15]。

黑籽南瓜作为一种短日照植物,前人研究发现其在北方露地种植难以正常开花和结实,必须通过提早育苗、采用小拱棚覆盖栽培技术才能获得花芽^[2]。笔者对黑籽南瓜进行不同光周期处理,研究其对南瓜幼苗生长和开花的影响,探究调控黑籽南瓜生长发育所需的光照条件,为培育健壮幼苗和良种繁育提供理论和实践依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试材料为黑籽南瓜,由寿光优禾种业科技有限公司提供。

1.2 设计

试验于2023年2—6月在河南科技学院实验室及温室内进行。选取整齐、饱满的黑籽南瓜种子进行温汤浸种,萌发后播于塑料穴盘中,待长出子叶后放入光照培养室的培养架内,分区进行光照时间调控和遮光处理,后续常规管理。待子叶展平时进行光周期处理,26~28℃常温培养。笔者采用3种光照处理:8 h·d⁻¹(短日照),12 h·d⁻¹(中日照),16 h·d⁻¹(长日照30 d,CK),中、短日照分别持续处理10、20和30 d,处理结束后转到16 h·d⁻¹光环境下继续培养,各处理如表1所示。各处理3次重复,每个处理15株幼苗,30 d后选取生长一致的7株幼苗测定生长指标,然后将剩余的8株幼苗移植到温室进行开花习性观察。

1.3 试验指标测定

1.3.1 黑籽南瓜幼苗生长指标的测定 用游标卡尺测量茎粗,直尺测量株高,然后将植株冲洗干净并吸干表面水分,切分成地上部和地下部分别称鲜

表1 黑籽南瓜幼苗的不同光周期处理

Table 1 Different photoperiodic treatments of *C. ficifolia*

		seedlings		
光周期类别 Photoperiod categories	处理 Treatment	光照处理时间 Light processing time/(h·d ⁻¹)	处理时间 Processing time/d	光照累积时间 Light accumulation time/h
长日照 Long-day	L16(CK)	16	30	480
		12	10	440
中日照 Neutrophilous	L12D10	12	20	400
		12	30	360
		8	10	400
短日照 Short-day	L12D20	8	20	320
		8	30	240
		8	30	240

质量,105℃杀青10 min,80℃烘干后分别称干质量。统计壮苗指数和根冠比。壮苗指数=茎粗/株高×植株干质量;根冠比=地下部鲜质量/地上部鲜质量^[8]。

1.3.2 黑籽南瓜幼苗叶绿素含量的测定 处理30 d后,取不同处理的功能叶片,避开叶脉剪碎,测定叶片叶绿素含量。用分光光度计在波长649和665 nm下比色,分别计算叶绿素a、叶绿素b和总叶绿素含量^[16]。

1.3.3 黑籽南瓜幼苗可溶性蛋白含量的测定 处理30 d后,分别取不同处理的幼苗功能叶片,采用考马斯亮蓝G-250染色法测定叶片的可溶性蛋白含量^[17]。

1.3.4 黑籽南瓜开花习性情况的调查 黑籽南瓜幼苗处理30 d后,每处理各8株移栽到河南科技学院温室种植,植株生长60 d左右开始有花陆续开放,调查成花情况,从开花到结束共观察38 d。对不同处理的黑籽南瓜植株的开花情况进行调查,记录雌花和雄花的开放数,并计算平均单株开花数。同时采集当天盛开的雄花,用扫描电镜观察花粉粒的形态。

1.3.5 黑籽南瓜花粉量测定 参考李文海等^[18]的方法略有改变,采集黑籽南瓜雄花的花蕊,30℃烘干,放入2 mL的离心管中加入1 mL 20%六偏磷酸钠溶液,振荡摇匀,将样品溶液放入血细胞计数板,在普通光学显微镜下观察计数,并计算平均单花花粉量。

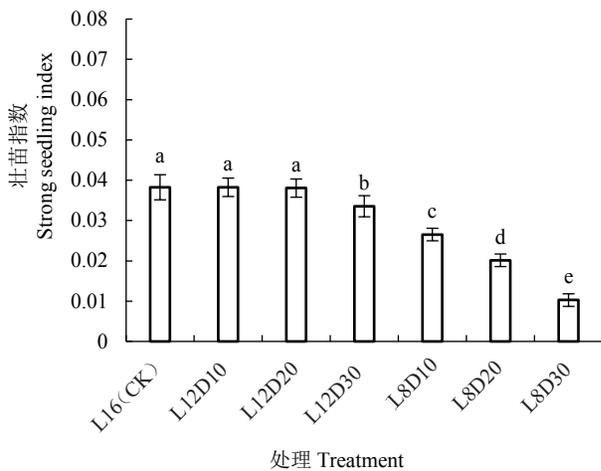
1.4 数据分析

采用Excel软件对试验数据进行统计,不同处理间使用DPS(9.50)软件对数据进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同光周期处理对黑籽南瓜幼苗壮苗指数的影响

由图 1 可知,不同光周期处理的黑籽南瓜幼苗随着光周期的缩短,壮苗指数呈现下降的趋势,其中长日照(L16)和中日照光照累积时间 400 h 以上的处理(L12D10、L12D20)壮苗指数较大,且不同处理间差异不显著,而光照累积时间低于 400 h (L12D30)和短日照处理间差异显著。由此可以看出,光周期越长,壮苗指数越高,长日照有利于培育黑籽南瓜壮苗。



注:不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著。下同。

Note: Different lowercase letters indicate significant difference between different treatments at 0.05 level. The same below.

图 1 不同光周期处理的黑籽南瓜幼苗的壮苗指数
Fig. 1 Strong seedling index of *C. ficifolia* seedlings treated with different photoperiods

2.2 不同光周期处理对黑籽南瓜幼苗根冠比的影响

根冠比反映植物生物量在地上部和地下部的分配比例。根冠比较高,植物的根系较发达,其吸收养分的能力也较强,适应环境能力强,抗病性和抗旱性也较强。由图 2 可知,光周期处理能改变干物质在地上部和根系之间的分配,使根冠比发生变化。对照组 L16 处理下的根冠比最高,且显著高于其他处理;中日照不同处理间的根冠比差异不显著;短日照不同处理间根冠比差异显著,随着光照累积时间的缩短根冠比逐渐降低,L8D30 处理下根冠比最低。因此长日照处理根系粗壮、抗性高,有利于壮苗,短日照处理有利于幼苗地上部的生长,但根系不发达。

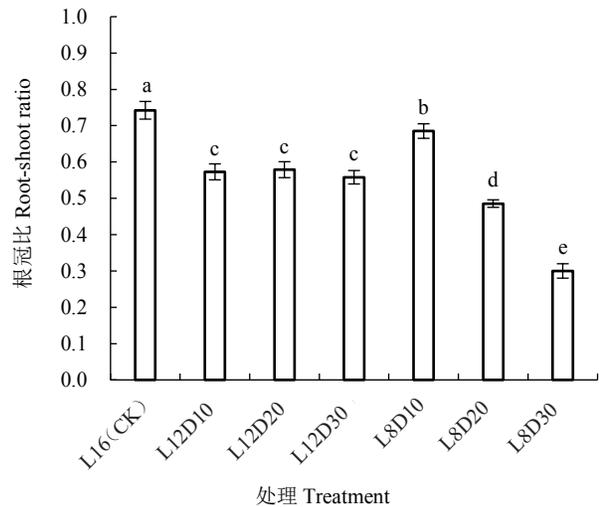


图 2 不同光周期处理的黑籽南瓜幼苗的根冠比

Fig. 2 Root-shoot ratio of *C. ficifolia* seedlings treated with different photoperiods

2.3 不同光周期处理对黑籽南瓜幼苗叶片叶绿素含量的影响

叶片中叶绿素含量的多少反映了叶片光合能力的强弱。由图 3 可知,不同光周期处理对黑籽南瓜幼苗总叶绿素含量有显著影响。其中,L8D20 处理的总叶绿素含量显著高于其他处理,L12D10 处理的总叶绿素含量显著低于其他处理。

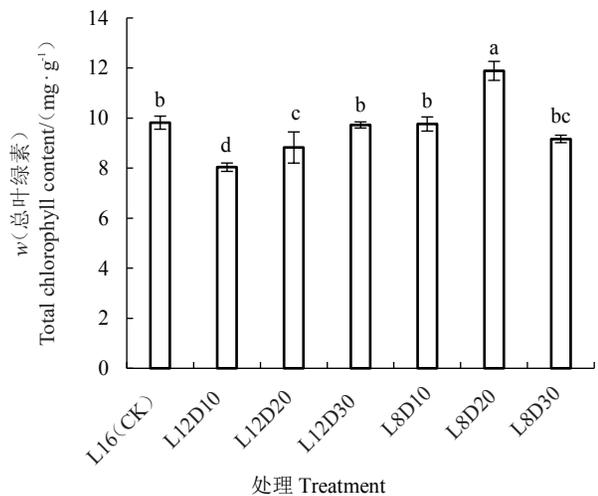


图 3 不同光周期处理的黑籽南瓜幼苗叶片中总叶绿素含量

Fig. 3 Total chlorophyll content in leaves of *C. ficifolia* seedlings treated with different photoperiods

2.4 不同光周期处理对黑籽南瓜幼苗叶片可溶性蛋白含量的影响

不同光周期处理对黑籽南瓜幼苗叶片中可溶性蛋白含量有一定的影响。由图 4 可知,L8D30 处理的幼苗叶片中可溶性蛋白含量最高,显著高于其

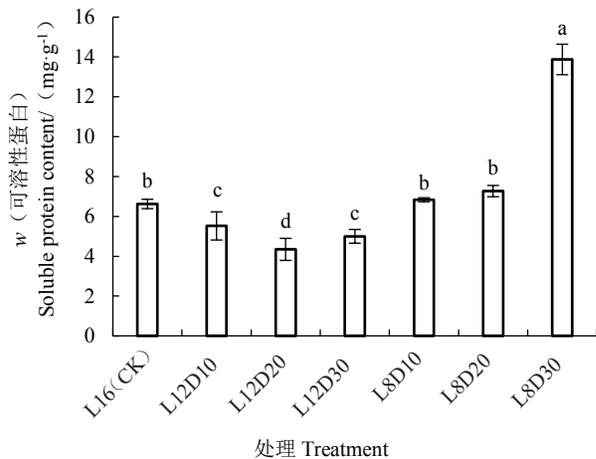


图4 不同光周期处理的黑籽南瓜幼苗叶片中可溶性蛋白含量

Fig. 4 Soluble protein content in leaves of *C. ficifolia* seedlings treated with different photoperiods

他处理,中日照 12 h 各处理下的幼苗可溶性蛋白含量均显著低于对照,且 L12D20 处理的幼苗叶片可溶性蛋白含量最低。

2.5 不同光周期处理对黑籽南瓜开花的影响

不同光周期处理对黑籽南瓜植株的花器形成及进一步发育有一定的影响。如表 2 和表 3 所示, L16(CK), L8D30 和 L12D30 处理下没有盛开的花朵,后期对每株南瓜仔细观察发现都有小花蕾出现,但是均为畸形没有发育的花(图 5-E~H)。其中 L16(CK)处理下的花蕾较小且为畸形。L12D20 处理下盛开的雌花最多,其次是 L8D20 处理,二者差异不显著,但与其他处理相比差异显著(表 2)。L12D10、L12D20、L8D10 和 L8D20 处理下有雄花

表 2 不同光周期处理下黑籽南瓜雌花开花情况

Table 2 Flowering of female flowers of *C. ficifolia* under different photoperiod treatments

处理 Treatment	畸形雌花数 Number of malformed female flowers	盛开雌花数 Number of female flowers in full bloom	总雌花数 Total number of female flowers
L16(CK)	0 c	0 b	0 c
L12D10	0.33±0.36 c	0 b	0.33±0.34 c
L12D20	3.33±0.34 a	1.33±0.36 a	4.67±0.34 a
L12D30	0.33±0.33 c	0 b	0.33±0.36 c
L8D10	1.33±0.33 b	0 b	1.33±0.35 b
L8D20	3.33±0.36 a	1.00±0.00 a	4.33±0.36 a
L8D30	1.33±0.34 b	0 b	1.33±0.34 b

注:不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著。下同。

Note: Different small letters indicate significant difference among different treatments at 0.05 level. The same below.

盛开,其中 L12D20 处理下盛开雄花数最多,且显著高于其他处理,其次为 L8D20 处理(表 3)。总体来说, L12D20 处理下成花数最多,其次为 L8D20 处理。

表 3 不同光周期处理下黑籽南瓜雄花开花情况

Table 3 Flowering of male flower of *C. ficifolia* under different photoperiod treatments

处理 Treatment	畸形雄花数 Number of malformed male flowers	盛开雄花数 Number of male flowers in full bloom	总雄花数 Total number of male flowers
L16(CK)	23.33±0.95 ab	0 c	23.33±0.69 d
L12D10	25.67±0.95 bc	7.67±1.48 b	33.33±1.75 b
L12D20	29.67±0.72 a	17.67±0.68 a	47.33±1.26 a
L12D30	21.67±1.46 c	0 c	21.67±0.91 d
L8D10	20.67±0.95 d	7.33±0.90 b	28.00±0.65 c
L8D20	26.67±0.34 b	7.33±0.69 b	34.00±0.89 b
L8D30	24.33±0.67 bc	0 c	24.33±0.73 cd

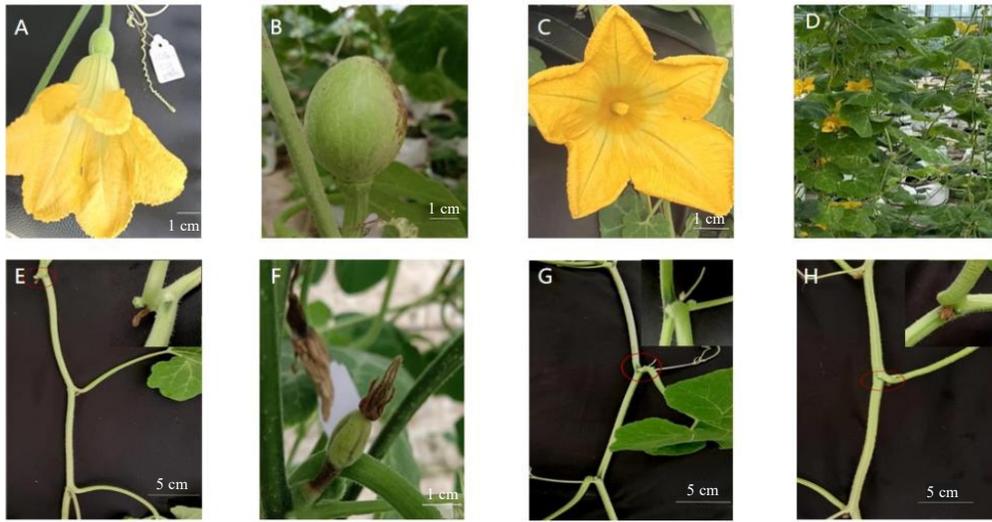
对开放雄花的花粉在扫描电镜下进行观察,如图 6 所示,盛开雄花的花粉粒大多发育完整且有明显的萌发孔,但 L8D20 和 L12D20 处理下都有少量未发育好的畸形花粉粒,且两个处理下畸形花粉粒占比无显著差异。整体来说中短日照有利于黑籽南瓜花器的形成和发育,其中以 L12D20 处理最优。

2.6 不同光周期处理对黑籽南瓜雄花花粉量的影响

如图 7 所示, L12D20 和 L8D10 处理下盛开雄花花粉量较多,而 L12D10 和 L8D20 处理下盛开雄花花粉量较少。由此可以看出,不同光周期处理对雄花的花粉量有一定影响。

3 讨论与结论

在植物的生长发育过程中,光周期与植物根茎的形成、芽的休眠、花芽的分化等都有一定的关系^[9]。笔者在本试验中用黑籽南瓜的幼苗茎粗、株高、干鲜质量数据来计算壮苗指数和根冠比,从外观形态、地上部与地下部的生物量比例分配来反映植株的生长势。根冠比越高,植物的根系越发达,其吸收养分的能力也越强,适应环境能力强,抗病性和抗旱性也较强;而根冠比越低,植物的冠层越发达,其光合作用能力越强。研究结果表明, L16 处理下壮苗指数和根冠比最高,因此长日照处理的幼苗根系粗壮,抗性强,有利于壮苗,而短日照则有利于地上部生长,这与之前在黄瓜^[9],西葫芦^[10],西瓜^[11]等方面的研究结论一致。

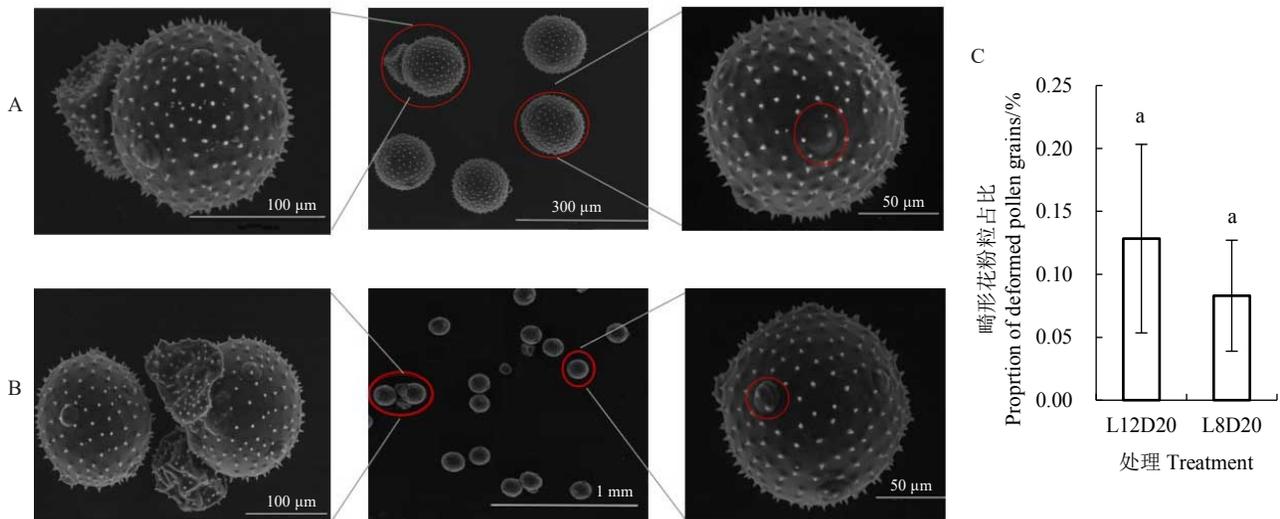


注:A 为盛开雌花;B 为授粉后膨大子房;C 为盛开雄花;D 为盛花植株;E 和 F 为畸形的雌花花蕾;G 和 H 为畸形的雄花花蕾。

Note: A is a female flower in full bloom; B is an enlarged ovary after pollination; C is a male flower in full bloom; D is a flowering plant; E and F are malformed female flower buds; G and H are malformed male flower buds.

图 5 不同光周期处理下黑籽南瓜的花器发育状态

Fig. 5 Flower organ development of *C. ficifolia* under different photoperiod treatments



注:A 为 L8D20 处理下的花粉粒形态;B 为 L12D20 处理下的花粉粒形态,单个花粉粒中圈红的为萌发孔;C 为观察后计算的畸形花粉粒占比。

Note: A is the pollen grain morphology under L8D20 treatment; B is the pollen grain morphology under L12D20 treatment, and the red ring in a single pollen grain is the treme; C is the proportion of deformities calculated after observation.

图 6 扫描电镜下不同光周期处理后黑籽南瓜开放雄花的花粉粒形态

Fig. 6 Morphology of pollen grains of *C. ficifolia* open male flowers treated with different photoperiods under scanning electron microscopy

叶绿素含量会直接影响植物的光合作用^[20]且在进行光合作用过程中具有不可替代的作用^[21]。李孟洋等^[22]对茅苍术的研究表明,缩短光周期后,叶绿素含量呈缓慢上升趋势。在本试验中,短日照 L8D20 处理下总叶绿素含量积累最多,与烟草、西葫芦的相关结果相似^[7,23]。可溶性蛋白是植物受到逆境胁迫(如干旱、高温、盐胁迫、强光或弱光等)后的应激

反应,存在于细胞中用于调节渗透压或其他生理活动^[24]。在本试验中,短日照 L8D30 处理显著提高黑籽南瓜幼苗叶片的可溶性蛋白含量,在其他研究中发现西葫芦可溶性蛋白含量随着光周期的延长呈先上升后降低的趋势^[23]。光周期处理对黑籽南瓜可溶性蛋白含量的影响并没有呈现和西葫芦相同的趋势,光周期对葫芦科植物可溶性蛋白含量的影响

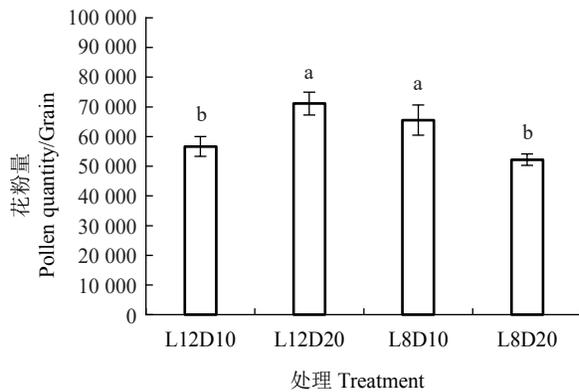


图7 不同光周期处理后黑籽南瓜开放雄花的花粉量
Fig. 7 Pollen quantity of open male flowers of *C. ficifolia* after different photoperiod treatments

机制仍需进一步深入研究。

不同光周期处理可明显改善植物的开花进程和开花性状^[25]。黑籽南瓜属于短日照植物,生长以及开花所需要的光照在13 h以下,云南最适宜黑籽南瓜生长和繁殖^[2]。光周期处理黑籽南瓜幼苗通过缩短光照时间能够有效地促进生长,增加开花数量、花粉量以及提高花粉活力,有效解决黑籽南瓜在北方不能正常开花结果的问题。前人研究表明,通过缩短光周期处理植株的幼苗,在形态、长势等方面并无不良影响且对植物的生长起到促进作用^[5]。在光周期的调控中,通过对叶片进行一段时间的光刺激后,植物光受体被激活并启动,引发生理生化反应,最终形成花器官,这也是光周期调控植物开花的主要原因^[26]。

用长日照处理短日照一品红会延迟开花,相反短日照处理长日照洋桔梗则延缓生长^[27],而长日照处理短日照黑籽南瓜,黑籽南瓜不开花结实。光周期是促进南瓜花芽分化起始的重要条件之一^[28],在本试验中,中日照(L12D20)和短日照(L8D20)条件下促进黑籽南瓜开花,但是可以明显看出,雌雄花比例差距较大,因此光周期处理对雌花和雄花发生数量有一定的影响,这与朱娇等^[29]的研究结果相符合,虽然L16(CK),L12D30和L8D30处理均为提前凋零衰败的畸形花,未形成盛开的花,但是都有花芽分化,说明不同光周期处理对黑籽南瓜开花有影响。通过扫描电镜观察,发现盛开的雄花花粉粒大部分形态较完整且有明显的萌发孔,说明适当的光周期处理有利于雄花发育且能够产生形态正常的花粉粒,但是L12D20、L8D10处理与L12D10、L8D20处理间的花粉量有显著差异,说明不同光周期处理影响雄花的花粉量。整体来说,中短日照有

利于黑籽南瓜开花,其中以L12D20处理最优。通过控制光周期,黑籽南瓜也能取得较好的种植效果,选择适当的光周期处理对黑籽南瓜在北方生长起到一定的调控作用,是农业生产中调节开花结果的重要手段。

综上所述,长日照有利于培育黑籽南瓜壮苗,中、短日照则有利于黑籽南瓜的花器形成和发育,其中以每天光照12 h、持续20 d(L12D20处理)最优,有利于黑籽南瓜的花芽分化和开花。笔者初步比较了在不同光照条件下黑籽南瓜幼苗的生长和开花情况,但不同光周期对黑籽南瓜幼苗生长和繁育特性的影响规律还需要进一步研究。

参考文献

- [1] 马海龙,智海英,岳青.黑籽南瓜种间杂交研究[J].中国农学通报,2011,27(19):176-180.
- [2] 丁玉梅,谢俊俊,张杰,等.黑籽南瓜的利用与研究进展[J].中国蔬菜,2019(2):17-28.
- [3] 曹雄军,韩佳宇,成果,等.光照时数及强度对‘阳光玫瑰’葡萄产量形成的影响[J].园艺学报,2023,50(8):1739-1746.
- [4] JACKSON S D. Plant responses to photoperiod[J]. The New Phytologist,2009,181(3):517-531.
- [5] 董秀霞,刘瑞岭,安林林,等.不同光周期对甜椒幼苗生长的影响[J].农业科技通讯,2023(1):111-113.
- [6] 魏守辉,肖雪梅,钟源,等.日光温室不同时段补光对番茄果实品质及挥发性物质的影响[J].农业工程学报,2020,36(8):188-196.
- [7] 徐超华,李军营,崔明昆,等.延长光照时间对烟草叶片生长发育及光合特性的影响[J].西北植物学报,2013,33(4):763-770.
- [8] 赵明伟.不同温度、光质和光照时间对冰菜生长及品质的影响[D].新疆石河子:石河子大学,2020.
- [9] 李海云,韩国徽,任秋萍,等.不同光周期对黄瓜幼苗生长的影响[J].西北农业学报,2009,18(3):201-203.
- [10] 李海云,李长新,张复君,等.不同光周期对西葫芦幼苗生长的影响[J].北方园艺,2009(5):17-19.
- [11] 胡祥红.苗期不同光周期处理对有棱丝瓜花性分化的影响[D].南宁:广西大学,2008.
- [12] 黄雯,魏猷刚,甘小虎,等.弱光条件下不同光周期对西瓜幼苗生长发育的影响[J].上海蔬菜,2021(4):86-87.
- [13] 马刘峰,易海艳,易霞,等.不同光周期和温度处理对黄瓜花芽分化的影响[J].北方园艺,2012(21):25-26.
- [14] 解秉源,黄建国,吕点元.黑籽南瓜在北方的栽培与繁育[J].蔬菜,1994(5):7.
- [15] 齐振宇,王婷,桑康琪,等.设施番茄不同叶位补光对植株形态、光合及激素合成的影响[J].园艺学报,2021,48(8):1504-1516.
- [16] 陆思宇,杨再强,杨立,等.不同光周期对菊花生生长发育及内源激素的影响[J].华北农学报,2021,36(6):106-115.
- [17] 邹琦.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [18] 李文海,黄远,赵露,等.不同甜瓜品种花粉特性及泌蜜量的研

- 究[J].中国蜂业,2013,64(增刊4):34-37.
- [19] 闫秋洁,彭兰,李建华,等.不同光照时间对航天诱变凤仙花 SP5 和 SP8 代幼苗生长的影响[J].北方园艺,2018(2):104-110.
- [20] 朱红菊,刘文革,赵胜杰,等.NaCl 胁迫对不同倍性西瓜幼苗叶片叶绿素含量的影响[J].中国瓜菜,2015,28(5):5-7.
- [21] 汪玉洁,郑胤建,苏蔚,等.不同光质对豌豆芽苗菜生长和品质的影响[J].广东农业科学,2013,40(24):32-34.
- [22] 李孟洋,韩怡,王玉卓.缩短光周期对茅苍术生理生化指标的影响[J].北方园艺,2021(14):122-127.
- [23] 吴雪霞,尚静,张圣美,等.苗期不同光周期处理对西葫芦幼苗生长、碳氮代谢关键酶活性和激素含量的影响[J].江西农业学报,2019,31(9):36-39.
- [24] 陈冰星,王晓倩,刘涛,等.不同光质光周期对樱桃萝卜生长发育及营养品质的影响[J].西北植物学报,2020,40(1):77-86.
- [25] DORDEVIC M, VUJOVIC T, CEROVIC R, et al. *In vitro* and *in vivo* performance of plum (*Prunus domestica* L.) pollen from the anthers stored at distinct temperatures for different periods[J]. Horticulturae, 2022, 8(7):616.
- [26] 尹晓翠,岳中辉,张艳.光周期对植物开花调控的研究概述[J].生物学教学,2023,48(11):90-92.
- [27] ISLAM N, PATIL G G, GISLEROD H R, et al. Effect of photoperiod and light integral on flowering and growth of *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn[J]. Scientia Horticulturae, 2005, 103:441-451.
- [28] MATSUO E. Studies on the photoperiodic sex differentiation in cucumber, *Cucumis sativus* L. :I. Effect of temperature and photoperiod upon the sex differentiation[J]. Journal of the Faculty of Agriculture, 1968, 14(4):483-506.
- [29] 朱娇,张永春,周琳,等.不同光周期对西红花开花和花丝品质的效应比较[J].西北植物学报,2021,41(3):431-438.