



光周期对人参菜开花和品质的调控作用

严文一¹, 贺忠群^{1*}, 王一鸣², 谢永东¹, 仰路希¹, 姜微秀³

(1 四川农业大学 园艺学院, 成都 611130; 2 四川省内江市农业科学院, 四川内江 641000; 3 西藏林芝市巴宜区农业农村局, 西藏林芝 860100)

摘要:为筛选促进人参菜品质形成的最佳光周期, 通过盆栽试验, 研究了不同光周期对人参菜生长和品质的影响, 以及人参菜开花过程中生理特性的变化规律。结果表明: (1) 延长光周期不仅有利于人参菜的生长还能促进其营养品质的形成。 (2) 在光周期为 14 h/10 h (昼/夜) 时, 人参菜的株高、茎粗、根长、叶面积以及地上部分干鲜重均优于其他处理, 长势最佳, 人参菜叶片中纤维素、V_C、齐墩果酸、类黄酮、总酚以及游离氨基酸含量最高, 品质最佳。 (3) 在光周期为 14 h/10 h 时, 人参菜叶片的可溶性糖、可溶性蛋白以及 Ca 含量在花期均呈先上升后下降的趋势。研究认为, 光周期为 14 h/10 h 对人参菜生长及品质的提升效果最好, 其开花过程可能与可溶性糖、可溶性蛋白以及 Ca 的代谢有关。

关键词: 人参菜; 光周期; 开花; 品质; 调控

中图分类号: Q945.43; Q945.79

文献标志码: A

Regulation of Photoperiod on Flowering and Quality of *Talinum crassifolium* (Jacq.) Gaertn.

YAN Wenyi¹, HE Zhongqun^{1*}, WANG Yiming², XIE Yongdong¹, YANG Luxi¹, JIANG Weixiu³

(1 College of Horticulture, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China; 2 Neijiang Academy of Agricultural Sciences, Neijiang, Sichuan 641000, China; 3 Agriculture and Rural Affairs Bureau of Bayi District, Linzhi City, Tibet, Linzhi, Tibet 860100, China)

Abstract: In order to screen the best photoperiod to promote the quality of *Talinum crassifolium* (Jacq.) Gaertn., we conducted pot experiment to study the influence of different photoperiods on the growth and quality of *T. crassifolium*, as well as the changes of physiological characteristics during the flowering process. The results showed that: (1) the extension of photoperiod was not only beneficial to the growth of *T. crassifolium*, but also promoted the formation of its nutritional quality. (2) Under the photoperiod of 14 h/10 h (Day/night), the plant height, stem diameter, root length, leaf area and dry and fresh weight of shoots in *T. crassifolium* were better than other treatments, and the growth was the best. The contents of cellulose, V_C, oleanolic acid, flavonoids, total phenol and free amino acid in *T. crassifolium* were the highest. (3) The contents of soluble sugar, soluble protein and Ca in *T. crassifolium* leaves increased at first and then decreased at 14 h/10 h photoperiod. In conclusion, 14 h/10 h photoperiod was the best for the growth and quality of *T. crassifolium* and its flowering process may be related to the metabolism of soluble sugar, soluble protein and Ca.

收稿日期: 2020-02-24; 修改稿收到日期: 2020-07-28

基金项目: 雅安市市校合作项目

作者简介: 严文一 (1995—), 女, 在读硕士研究生, 主要从事野生蔬菜栽培和育种研究。E-mail: 549645103@qq.com

* 通信作者: 贺忠群, 教授, 硕、博士生导师, 主要从事生理研究和环境调控。E-mail: hzqun328@163.com

Key words: *Talinum crassifolium* (Jacq.) Gaertn.; photoperiod; flowering; quality; regulation

光是高等植物进行生命活动的重要基础,光质、光强和光周期对植物的生长发育均有显著的调控作用^[1-2]。研究表明光周期途径是植物成花的关键途径,人为控制光周期可以有效调控植株提前或延迟开花,被广泛应用于杂交育种和观赏园艺中^[3-4]。开花是植物生活史上的一个质变过程,它标志着植物由营养生长向生殖生长转变,需要大量营养物质的协同作用。可溶性糖和可溶性蛋白作为植物的主要有机物和细胞结构物质,与植物的开花存在紧密联系^[5-6]。邬奇等^[7]的研究发现随着光周期的延长,黄瓜和番茄幼苗的可溶性糖及可溶性蛋白含量均表现出先升高后降低的趋势。而刘莎莎等^[8]指出增加日照时间不仅能够促进菠菜提前抽薹,还有利于其可溶性糖和可溶性蛋白的积累。这些研究暗示了光周期调控蔬菜开花的机制可能与植物可溶性糖及可溶性蛋白的含量有关。

另外,光周期还可以影响农作物的生长发育及品质形成。研究表明,延长光周期不仅可以提高油菜芽苗菜的子叶面积,还可以促进其蔗糖、淀粉以及维生素 C 的积累^[9]。Ail 等^[10]对 5 种蔬菜进行不同光周期处理后发现在光照时间为 12 h 时,蔬菜叶片的甜菜苷、叶绿素、总多酚和抗氧化活性均达到最大值。吕兵兵等^[11]发现苦蕒芽菜的黄酮醇及花青素的相关合成基因具有强烈的光诱导特性,在光周期为 16/8 h 时可以显著促进其花青素、可溶性糖以及芦丁的积累和鲜重的增加。以上研究表明适宜的光周期具有促进蔬菜生长和营养物质积累的作用。

人参菜 [*Talinum crassifolium* (Jacq.) Gaertn.], 是马齿苋科土人参属多年生草本植物,原产热带美洲,在中国主要分布于中部和南部地区^[12]。人参菜作为一种新型野菜,有补气润肺、止咳、调经等功效,广泛受到人们的喜爱^[13]。但笔者野外调查发现人参菜的营养生长时期较短,这可能会影响其营养期的营养体构建,导致营养物质积累不充分^[14]。故本试验探究了不同光周期对人参菜开花、品质以及开花过程中生理特性变化规律的影响,以期筛选出既能促进人参菜生长又能提升其品质的最佳光周期,为人参菜的栽培提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料及试验处理

供试人参菜由四川农业大学科研基地提供,试

验于 2019 年 3 月至 8 月在四川农业大学成都校区人工气候室进行。

挑选饱满的人参菜种子在 10% H_2O_2 溶液中消毒 10 min 后,均匀播撒于穴盘中进行育苗。待人参菜 3 片真叶展开时,选择长势一致的幼苗移栽至营养钵(直径 12 cm×高 12 cm)中,每钵 1 株,营养土配比为腐殖质:珍珠岩:蛭石=3:1:1(V:V:V),并置于人工气候室进行不同光周期处理。试验共分为 5 个处理,光周期(昼/夜)分别设定为 8 h/16 h,10 h/14 h,12 h/12 h,14 h/10 h 和 16 h/8 h,每个处理 10 株,重复 3 次,共 150 株。人工气候室温度为 28 °C/22 °C(昼/夜),光照强度为 240 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,每天浇水,采用土壤三参数仪(WET-2)测量土壤湿度,保持土壤湿度为 70%。待到植株露苞时进行采样,测定生长、开花及品质指标。

筛选出适宜人参菜生长的最佳光周期后,重新培育幼苗,并在该光周期条件下,分别采样测试花芽分化前、花芽开始分化时期、始花期以及凋谢期人参菜叶片的生理指标。

1.2 方 法

1.2.1 生长指标测定 待到植株露苞时,每个处理选取 10 株植株,用毫米刻度尺测定株高以及根长,游标卡尺测定茎粗。每个处理选取 10 片相同部位的功能叶,LA-S 系列植物根系分析仪扫描叶片,WinRHIZO 根系扫描分析软件计算叶片面积。待到形态指标测定完毕后,每个处理选取 3 株测量鲜重,重复 3 次。然后 105 °C 杀青 30 min 后 75 °C 恒温烘干至恒重,测定其干重。

1.2.2 开花时间测定 参考赵家昱等^[15]对花期的划分方法加以修改,以始花期(10%的花开放)为准记录每个处理的开花日期。

1.2.3 光合色素含量测定 叶绿素 a、叶绿素 b 以及胡萝卜素含量采用 80% 的丙酮浸泡法测定^[16]。

1.2.4 糖类化合物指标测定 叶片可溶性糖,蔗糖,果糖含量均参考张志良等的方法^[17];叶片还原糖含量采用二硝基水杨酸法^[18]

1.2.5 品质指标测定 叶片类黄酮含量采用亚硝酸钠-硝酸铝比色法^[19];叶片总酚含量采用福林酚法^[20];叶片齐墩果酸含量采用比色法测定^[21];叶片维生素 C 含量采用 2,6-二氯酚靛酚滴定法测定、叶片游离氨基酸含量采用茚三酮显色法测定,参考曹建康的方法^[22]。叶片纤维素含量采用蒽酮硫酸法测定^[23]。

1.2.6 生理特性测定 于植株花芽分化前、花芽分化时、始花期以及凋谢期分别采样,测量叶片 Ca 含量、可溶性糖含量及可溶性蛋白含量变化。可溶性糖测定方法同上,叶片可溶性蛋白采用考马斯亮蓝染色法测定^[22],Ca 含量测定参考鲍士旦的方法^[24],采用 SP-3520AA(上海光谱仪器有限公司)原子吸收分光光度计。

2 结果与分析

2.1 不同光周期对人参菜开花时间的影响

由图 1 可知,不同光周期下,人参菜开花所需时间不同。在光周期 12 h/12 h 时,开花所需天数最短,仅需 29 d。光周期 8 h/16 h 时开花所需天数最长,为 38 d。

2.2 不同光周期对人参菜农艺性状的影响

由图 2 可以看出,随着光照时间的延长,人参菜各形态指标变化基本一致,呈先上升后下降趋势。在光照时长为 8 h 时人参菜植物长势较弱,叶片稀少卷缩,颜色黄绿,当光照时长延长至 14 h 时,植物

健壮,叶片平展,长势最佳,但继续延长光照时长则对植株生长有抑制作用。由表 1 可知,人参菜的干鲜重随着光照时间的延长而增加,在光周期 14 h/10 h 处理下人参菜干鲜重达到最高值,分别比光周期 8 h/16 h 时提高了 80.65% ($P<0.05$) 和 149.74% ($P<0.05$)。说明适当延长光照时间有助于人参菜生长,但光照过长其促进效果减弱。

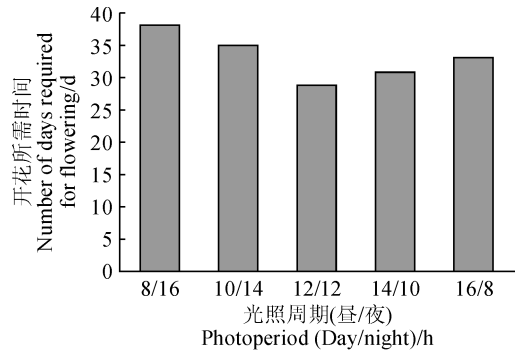


图 1 不同光周期处理下人参菜开花情况

Fig.1 Flowering of *Talinum crassifolium* (Jacq.) Gaertn. under different photoperiod treatments

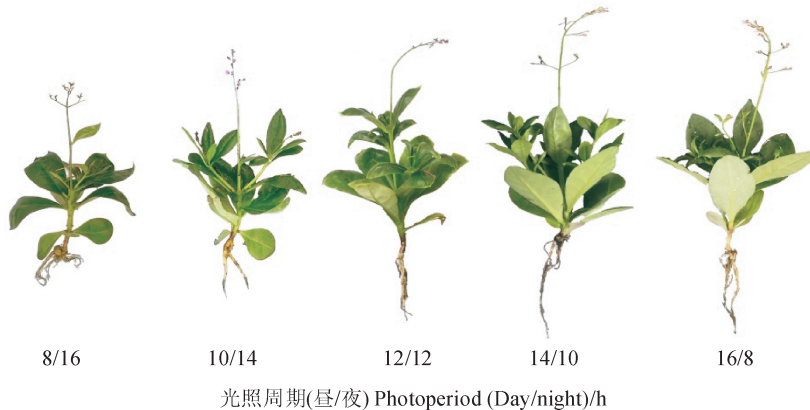


图 2 不同光周期处理下人参菜形态特征

Fig.2 Morphological characteristics of *T. crassifolium* under different photoperiod treatments

表 1 不同光周期处理下人参菜形态指标及生物量比较

Table 1 Comparison of morphological indexes and biomass of *T. crassifolium* under different photoperiod treatments

光周期 Photoperiod /h	株高 Plant height /cm	茎粗 Stem diameter /mm	根长 Root length /cm	叶面积 Leaf area /mm ²	鲜重 Fresh weight /g	干重 Dry weight /g
8/16	16.52±0.51b	3.02±0.10c	6.07±0.08d	701.40±10.63d	21.47±0.46d	1.61±0.09c
10/14	18.01±0.56b	3.18±0.20c	7.54±0.19c	910.80±21.49c	24.26±0.99c	1.72±0.05c
12/12	20.36±0.17a	3.98±0.16b	10.62±0.24b	1 055.60±27.68b	39.69±1.21b	2.25±0.08b
14/10	21.18±0.44a	4.64±0.11a	12.20±0.49a	1 376.00±73.35a	53.62±0.44a	2.90±0.02a
16/8	20.77±0.78a	4.30±0.12b	11.78±0.31a	1 305.80±58.01a	51.16±0.96a	2.79±0.05a

注:同列数据后标注不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),下表同

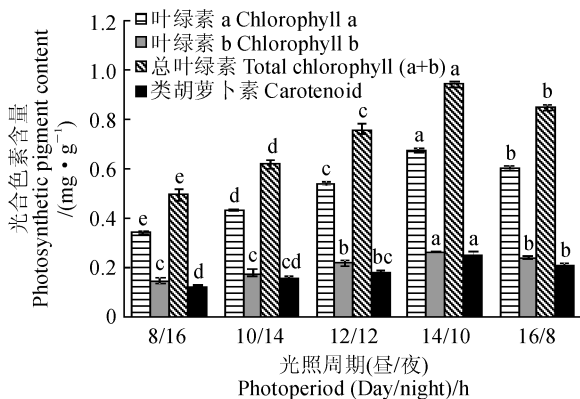
Note: Data of the same column, postscript with different lowercase letters means significant difference ($P<0.05$), as shown in the following table

2.3 不同光周期对人参菜光合色素的影响

如图 3 所示,随光照时间的延长,人参菜叶片光合色素含量呈先升后降的趋势。在光周期 14 h/10 h 时光合色素含量达到最大值,且显著高于其他处理,与光周期 12 h/12 h 的处理相比,叶绿素 a、叶绿素 b、总叶绿素以及类胡萝卜素分别提高了 24.95%、19.28%、23.46%和 39.13%。光周期 16 h/8 h 时,光合色素含量较光周期 14 h/10 h 处理下显著下降,但叶绿素 a、总叶绿素以及类胡萝卜素含量仍显著高于光周期 12 h/12 h。

2.4 不同光周期对人参菜糖类化合物的影响

表 2 表明,人参菜糖类化合物含量随着光照时长增加呈先增长后下降的趋势,且都在光周期 14 h/10 h 是达到最高值。光周期 14 h/10 h 处理下可溶性糖以及还原糖含量与光周期 12 h/12 h 和光周期 16 h/8 h 处理差异不显著,但显著高于光周期 8 h/16 h 和光周期 10 h/14 h。光周期 14 h/10 h 处理



图中不同小写字母表示同一指标不同光周期之间的差异显著($P<0.05$)。下同

图 3 不同光照周期下人参菜光合色素含量的差异
Different normal letters in the figure indicate significant differences ($P<0.05$) among different durations under the same index. The same as below

Fig. 3 Difference of photosynthetic pigment content of *T. crassifolium* under different light periods

后的人参菜果糖虽高于各处理,但与光周期 10 h/14 h,光周期 12 h/12 h 以及光周期 16 h/8 h 差异不显著,和光周期 8 h/16 h 相比差异显著,提高了 15.10%。人参菜蔗糖含量经过不同光周期处理后变化幅度最大,除光周期 10 h/14 h 和光周期 12 h/12 h 处理间差异不显著外,其余各处理间差异均显著。延长光照时间虽然有助于人参菜糖类化合物积累,但是光照过长,促进效果则会减弱。

2.5 不同光周期对人参菜活性物质的影响

由图 4 可以看出,适当延长光照时间能有效提高人参菜的品质,但过长时间的光照不利于活性物质的积累。光周期对人参菜叶片中纤维素、维生素 C、齐墩果酸、总酚及游离氨基酸含量的影响较大,均在光周期为 8 h/16 h 最低,随着光照时间延长,其含量逐渐提高,当光照时长达到 14 h 时,各活性物质含量均达到最大,与光周期为 8 h/16 h 时差异显著,分别提高了 57.28%、155.80%、50.71%、80.85%和 90.66%。光照时间延长至 16 h 时,尽管以上活性物质均比光照时长为 14 h 时有所下降,但仍显著高于光照时长为 8 h 的处理。类黄酮含量随光周期的变化较平稳,整体仍呈先升后降趋势,在光周期 14 h/10 h 时含量最高,但仅比光周期为 8 h/16 h 的处理提高了 14.30% ($P<0.05$),但与光周期为 12 h/12 h 和 16 h/8 h 的处理差异不显著。由此可见,光周期为 14 h/8 h 时人参菜品质最佳,在此基础上降低或延长光照时长均不利于人参菜品质的改善。

2.6 不同光周期对人参菜营养成分相关性的影响

表 3 表示不同光周期处理后人参各营养成分间均呈正相关,即随着光周期的改变,人参菜各营养成分的变化趋势一致,且相关性为显著或极显著。

2.7 14 h/10 h 光周期对人参菜花期生理特性的影响

由图 5 可知,经筛选后,光周期为之前筛选出的最佳光周期,其余条件同上,对开花各时期生理变化

表 2 不同光周期处理下人参菜糖类化合物的差异

Table 2 The difference of carbohydrate of *T. crassifolium* under different photoperiod

光周期 Photoperiod/h	可溶性糖 Soluble sugar/(mg/g)	还原糖 Reducing sugar/(mg/g)	果糖 Fructose/(mg/g)	蔗糖 Saccharose/(mg/g)
8/16	45.03±0.52b	0.49±0.02c	22.70±1.19b	4.65±0.20d
10/14	45.76±1.41b	0.52±0.02bc	23.26±0.19ab	6.62±0.31c
12/12	47.54±1.39ab	0.56±0.02ab	24.09±0.72ab	7.20±0.23c
14/10	51.35±0.97a	0.61±0.01a	26.13±1.32a	11.71±0.42a
16/8	48.07±1.41ab	0.60±0.02a	24.52±0.23ab	9.05±0.51b

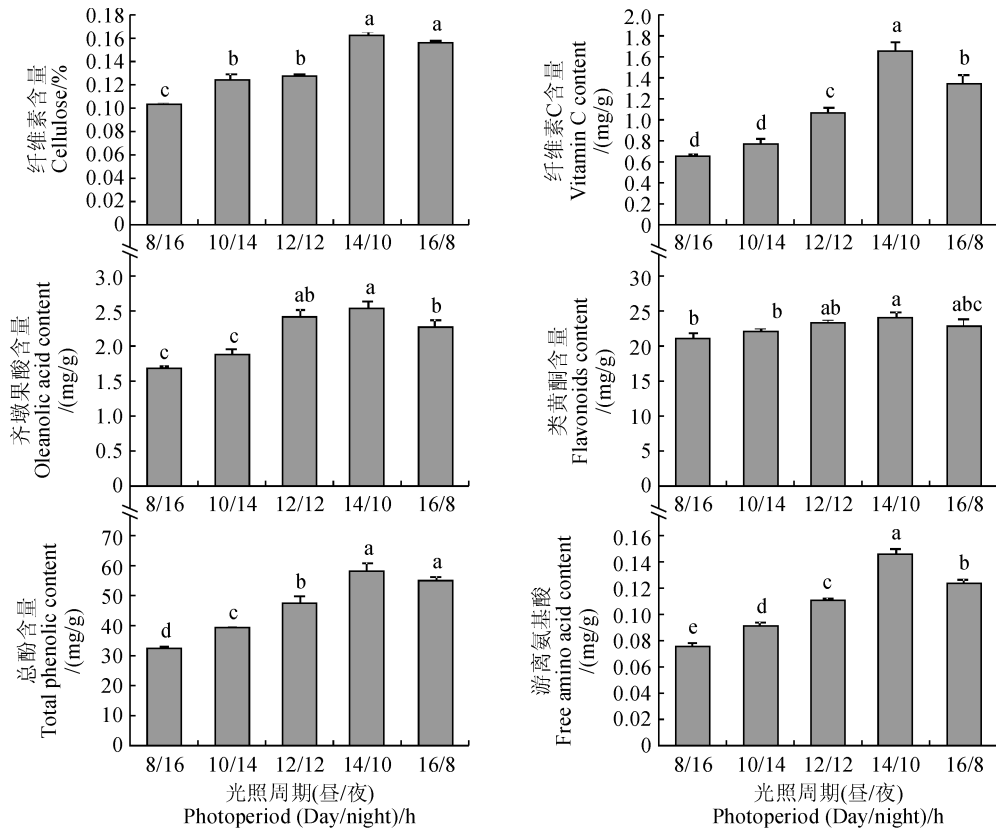


图4 不同光照周期下人参菜品质的差异

Fig. 4 The difference of quality of *T. crassifolium* under different light periods

表3 人参菜营养成分相关系数

Table 3 Correlation coefficient of nutrient composition of *T. crassifolium*

项目 Item	可溶性糖 Soluble sugar	还原糖 Reducing sugar	纤维素 Cellulose	维生素 C V _c	齐墩果酸 Oleanolic acid	类黄酮 Flavonoid	总酚 Total phenols	游离氨基酸 Free amino acid	总叶绿素 Chlorophyll (a+b)
可溶性糖 Soluble sugar	1								
还原糖 Reducing sugar	0.908*	1							
纤维素 Cellulose	0.887*	0.968**	1						
维生素 C V _c	0.975**	0.971**	0.951*	1					
齐墩果酸 Oleanolic acid	0.890*	0.910*	0.804*	0.890*	1				
类黄酮 Flavonoid	0.944*	0.914*	0.844*	0.924*	0.984**	1			
总酚 Total phenols	0.919*	0.999**	0.966**	0.973**	0.922*	0.930*	1		
游离氨基酸 Free amino acid	0.974**	0.979**	0.956*	0.994**	0.921*	0.953*	0.984**	1	
总叶绿素 Chlorophyll (a+b)	0.941*	0.992**	0.958*	0.977**	0.940*	0.956*	0.996**	0.992**	1

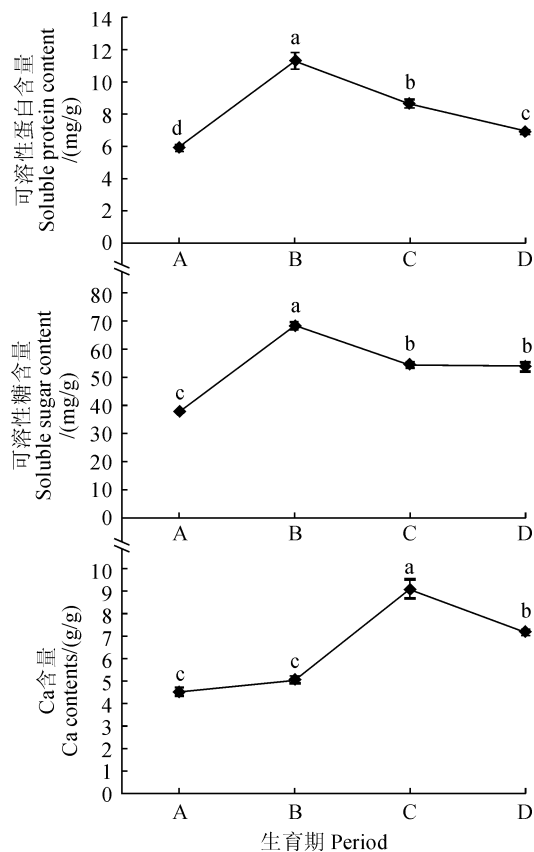
注: *. 显著相关($P<0.05$); **, 极显著相关($P<0.01$)

Note: * means significant correlation, ** mean extremely significant correlation

进行分析。花芽分化后,人参菜叶片可溶性糖、可溶性蛋白及 Ca 含量均显著高于花芽分化前。在花芽未分化至花凋谢,三者含量均呈先增后降趋势。可溶性糖和可溶性蛋白含量在花芽开始分化时达到峰值,而 Ca 含量则在始花期最高,三者含量最高时均显著高于其他时期,且均约为花芽未分化时的 2 倍。

3 讨论

光周期不仅能够调节结实器官的分化形成,还对植物的成花具有关键的调控作用。研究表明,随着光周期的延长,人参菜的开花时间出现先降低后增加的趋势,这与前人的研究结果不同^[2],可能与



A. 花芽分化前;B. 花芽开始分化;C. 时花期;D. 凋谢期

图 5 光周期(14 h/10 h)下人参菜不同生育期生理特性的变化

A. Before flower bud differentiation; B. Flower bud differentiation;
C. First-flowering dates; D. Fade period

Fig. 5 The changes of physiological characteristics of *T. crassifolium* under different light periods

植物的遗传背景存在差异有关。其次,本试验结果表明不同光周期对人参菜的农艺性状具有不同影响,随着光周期的延长,人参菜株高、茎粗、根长、叶面积以及地上部分干鲜重均呈先上升后下降的趋势,并在光周期为 14 h/10 h 时达到最大值。这可能是由于光周期的延长虽然有利于植物生长,但长时间光照可能会造成光能过剩,叶绿体的光合机构受到破坏,进而对人参菜的生长发育产生不良影响^[25]。光照对植物叶绿素的合成/降解具有直接影响。本试验表明适当延长光照时间能够促进人参菜叶片光合色素的积累,使叶片增绿,并在光周期为 14 h/10 h 时,人参菜叶片的光合色素含量最高。而当光照时间过长,叶绿体内的光合产物达到饱和并

产生负反馈作用^[26],进而抑制了人参菜叶绿素的合成。

在本研究中,人参菜叶片中糖类化合物、纤维素、V_C、齐墩果酸、类黄酮、总酚以及游离氨基酸含量均随光照时间的延长表现出先上升后下降的趋势,这表明适当延长光照时间具有提高人参菜品质的作用,但在较长光照条件下这种促进作用受到抑制。这可能是由于在短日照条件下,植物营养物质的相关合成酶活性较低^[27],导致人参菜营养物质的积累缓慢,而过长的光照条件可能造成植物细胞内部的代谢紊乱^[28],进而对人参菜品质的形成产生负面作用。另外,本试验发现人参菜各营养成分间均呈显著或者极显著正相关,这说明光周期对人参菜各营养物质的影响效果相似,有利于人参菜最佳品质的鉴定和筛选。

蛋白质和可溶性糖作为重要的代谢基础物质和能源物质,在花芽分化前大量积累有利于营养生长向生殖生长的过渡,因此在 14 h/10 h 光周期下人参菜叶片可溶性蛋白和可溶性糖在花芽开始分化前有一个积累的过程,并在花芽开始分化时达到峰值。而在花芽分化过程中,叶片需要不断向花芽输送能量物质以供其膨大生长^[29],同时花色素苷的形成需要消耗大量可溶性糖^[30],使人参菜可溶性蛋白和可溶性糖含量表现出下降的趋势。而开花后,人参菜叶片的可溶性蛋白及可溶性糖含量持续降低,可能与叶片的衰老有关^[31]。另外,本研究发现人参菜叶片中的 Ca 含量在始花期大量积累,随后呈下降趋势,这与赵巧苓等^[32]的研究结果一致,暗示了 Ca 可能参与了人参菜的开花过程,相关机制有待进一步研究。

综上所述,延长光周期可以促进人参菜开花,但超过 12 h/12 h 后这种促进效果受到抑制。在光周期为 14 h/10 h 时,人参菜的可溶性糖、可溶性蛋白以及 Ca 含量在花期均表现出先上升后下降的趋势,说明人参菜的开花过程可能与其可溶性糖、可溶性蛋白以及 Ca 的代谢有关。另外,光周期的延长不仅有利于人参菜的生长还能促进其营养品质的形成,并在光周期为 14 h/10 h 时最佳,可为人参菜的栽培提供理论依据。

参考文献:

- [1] 潘瑞炽. 植物生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2012.
- [2] 毛洪玉, 顾钊宇, 祝朋芳. 不同光周期处理对菊花 C029 花芽分化及开花的影响[J]. 西北植物学报, 2010, **30**(10): 2 074-2 080.
MAO H Y, GU Z Y, ZHU P F. Effects of different photoperiods on floral bud differentiation and flowering of *Chrysanthemum* 'C029'[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2010, **30**(10): 2 074-2 080.
- [3] 王 伟, 宋光丽, 杨万年, 等. 光周期对穗花狐尾藻生长、开花与种子形成的影响[J]. 水生生物学报, 2007, **31**(1): 107-111.
WANG Y, SONG G L, YANG W N, *et al.* Effect of different photoperiods on growth, flowering and seed production of *Myriophyllum spicatum* L[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2007, **31**(1): 107-111.
- [4] DIGBY J, DYSON P. A comparison of the effects of photoperiod, and of a growth retardant (CCC) on the control of stem extension in potato [J]. *Potato Research*, 1973, **16**(2): 159-167.
- [5] 王小红, 周祖基. 水竹开花期间碳氮代谢特性[J]. 林业科学, 2008, **44**(4): 35-44.
WANG X H, ZHOU Z J. Characteristics of carbon and nitrogen metabolism of *Phyllostachys heteroclada* at flowering stage[J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2008, **44**(4): 35-44.
- [6] 吴学红, 高 杰. 洋葱春花处理及可溶性糖和可溶性蛋白质变化规律的研究[J]. 新疆农业科学, 2013, **50**(2): 294-299.
WU X H, GAO J. Research into the change rule about soluble sugar and soluble protein of the bolting onions and the normal ones by means of vernalization[J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2013, **50**(2): 294-299.
- [7] 邬 奇, 苏娜娜, 崔 瑾. 不同光周期下黄瓜和番茄幼苗生长与 ZT 和 IAA 的相关性[J]. 园艺学报, 2013, **40**(4): 755-761.
WU Q, SU N N, CUI J. The correlation between endogenous ZT and IAA contents with the growth of cucumber and tomato seedlings under different photoperiod[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2013, **40**(4): 755-761.
- [8] 刘莎莎, 魏佑营, 王军伟, 等. 光周期对菠菜抽薹特性及可溶性糖和可溶性蛋白含量的影响[J]. 山东农业科学, 2009, **41**(10): 29-31, 34.
LIU S S, WEI Y Y, WANG J W, *et al.* Effects of photoperiod on spinach bolting and contents of soluble sugar and soluble protein[J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2009, **41**(10): 29-31, 34.
- [9] 张 欢, 章丽丽, 李 薇, 等. 不同光周期红光对油菜芽苗菜生长和品质的影响[J]. 园艺学报, 2012, **39**(2): 297-304.
ZHANG H, ZHANG L L, LI W, *et al.* Effects of photoperiod under red LED on growth and quality of sunflower sprouts [J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2012, **39**(2): 297-304.
- [10] ALI B, KHANDAKER L, OBA S. Comparative study on functional components, antioxidant activity and color parameters of selected colored leafy vegetables as affected by photoperiods[J]. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 2009, **7**(3): 392-398.
- [11] 吕兵兵, 姚攀峰, 王官凤, 等. 光周期对苦荞芽菜生长与品质的影响[J]. 西北植物学报, 2019, **39**(10): 1 785-1 794.
LÜ B B, YAO P F, WANG G F, *et al.* Effect of photoperiod on growth and quality of tartary buckwheat sprouts[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2019, **39**(10): 1 785-1 794.
- [12] 《全国中草药汇编》编写组. 全国中草药汇编彩色图谱[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1996.
- [13] 蓝晓玉. 广西常见中草药土人参的研究进展[J]. 中国民族民间医药, 2012, **21**(18): 42-43.
- [14] 沈韫毓, 郭双生. 受控环境下光周期对小麦生长发育、产量及营养品质的影响[J]. 麦类作物学报, 2015, **35**(1): 64-70.
SHEN Y Z, GUO S S. Effects of photoperiod on growth, development, yield and nutritional quality of wheat in controlled system[J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2015, **35**(1): 64-70.
- [15] 赵家显, 潘远智, 李永红. 外源 ABA 对叶子花不开花及内源 ABA 合成关键酶的影响[J]. 园艺学报, 2014, **41**(10): 2 085-2 093.
ZHAO J Y, PAN Y Z, LI Y H. Effects of abscisic acid on flowering and some key enzymes of *Bougainvillea glabra* [J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2014, **41**(10): 2 085-2 093.
- [16] 朱广廉. 植物生理学实验[M]. 北京: 北京大学出版社, 1990: 51-52.
- [17] 张志良, 瞿伟菁. 植物生理学实验指导(第三版)[M]. 高等教育出版社, 2003
- [18] KUMAR S S, GIRISH PATIL B G, GIRIDHAR P. Mucilaginous polysaccharides from vegetative parts of *Bixa orellana* L.: Their characterization and antioxidant potential[J]. *Journal of Food Biochemistry*, 2018, **43**(2): e12747.
- [19] CSEPREGI K, KOCIS M, HIDEG É. On the spectrophotometric determination of total phenolic and flavonoid contents [J]. *Acta Biologica Hungarica*, 2013, **64**(4): 500-509.
- [20] 郭丽萍, 王志英, 杨润强, 等. 西兰花种子发芽过程中生理活性物质含量的变化[J]. 中国食品学报, 2016, **16**(3): 160-167.
GUO L P, WANG Z Y, YANG R Q, *et al.* Changes in the contents of bioactive compounds in germinating broccoli seeds and sprouts[J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2016, **16**(3): 160-167.
- [21] 李西腾, 张 嫚, 张佳佳. 响应面法优化超声辅助提取养心菜芥嫩果酸工艺研究[J]. 食品工业, 2017, **38**(11): 16-18.
LI X T, ZHANG M, ZHANG J J. Optimized ultrasonic-assisted extraction process of oleanolic acid from *Sedum aizoon* by response surface methodology[J]. *The Food Industry*, 2017, **38**(11): 16-18.
- [22] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007.
- [23] 王学奎, 黄见良. 植物生理生化实验原理与技术[M]. 北京:

- 高等教育出版社, 2015.
- [24] 鲍士旦. 土壤农化分析. 3 版[M]. 中国农业出版社, 2000.
- [25] 周娜娜, 冯素萍, 高新生, 等. 植物光合作用的光抑制研究进展[J]. 中国农学通报, 2019, **35**(15): 116-123.
ZHOU N N, FENG S P, GAO X S, *et al.* Photoinhibition of plants photosynthesis: research progress[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2019, **35**(15): 116-123.
- [26] 王 峰, 闫家榕, 陈雪玉, 等. 光调控植物叶绿素生物合成的研究进展[J]. 园艺学报, 2019, **46**(5): 975-994.
WANG F, YAN J R, CHEN X Y, *et al.* Light regulation of chlorophyll biosynthesis in plants[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2019, **46**(5): 975-994.
- [27] BIAN Z H, YANG Q C, LIU W K. Effects of light quality on the accumulation of phytochemicals in vegetables produced in controlled environments: a review[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2015, **95**(5): 869-877.
- [28] 安彦君, 饶本强, 郑春杰, 等. 光周期对葛仙米生长和光合系统活性的影响[J]. 信阳师范学院学报(自然科学版), 2016, **29**(4): 528-533.
AN Y J, RAO B Q, ZHENG C J, *et al.* Effect of photoperiod on growth and activity of photosystem of *Nostoc sphaeroides* Kutzing[J]. *Journal of Xinyang Normal University (Natural Science Edition)*, 2016, **29**(4): 528-533.
- [29] 蒋 政, 孙李勇, 刘 旭, 等. 常春二乔玉兰春夏季开花节律及营养效应研究[J]. 植物研究, 2019, **39**(2): 192-199.
JIANG Z, SUN L Y, LIU X, *et al.* Nutritional effect and rhythm of spring and summer flowering in *Magnolia soulangeana* 'Changchun' [J]. *Bulletin of Botanical Research*, 2019, **39**(2): 192-199.
- [30] 程 怡, 张云婷, 王清明, 等. 月季花发育过程中花色变化的生理生化研究[J]. 西北植物学报, 2014, **34**(4): 733-739.
CHENG Y, ZHANG Y T, WANG Q M, *et al.* Correlation analysis of flower color during flower development of *Rosa hybrida* [J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2014, **34**(4): 733-739.
- [31] DIAZ C, LEMAÎTRE T, CHRIST A, *et al.* Nitrogen recycling and remobilization are differentially controlled by leaf senescence and development stage in *Arabidopsis* under low nitrogen nutrition[J]. *Plant Physiology*, 2008, **147**(3): 1 437-1 449.
- [32] 赵巧琴, 徐永清, 周 晶, 等. 黑龙江 4 个地区鲁梅克斯新品种不同生长年限营养价值分析[J]. 草业学报, 2019, **28**(3): 175-183.
ZHAO Q Q, XU Y Q, ZHOU J, *et al.* Nutritional value of new *Rumex* varieties in stands of differing age in four ecological areas of Heilongjiang Province[J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2019, **28**(3): 175-183.

(编辑:潘新社)

封面植物介绍——印度蛇菰

印度蛇菰 [*Balanophora indica* (Arn.) Griff.] 隶属于蛇菰科蛇菰属, 是一种寄生植物。根状茎黄橙色到棕色, 表面粗糙并具有星状疣; 分枝近球形, 直径 0.5~5.6 cm, 很少圆筒状。雄花序红色, 卵球形椭圆形, (5~10) cm×(2~6) cm。雄花: 略带红色, 辐射对称, 每朵被一个粗壮的截形苞片包围。花被裂片 4~6, 椭圆形披针形, (3~7) mm×(1~2.5) mm, 聚药雄蕊椭圆形卵形, 长 2.5~5 mm, 具柄; 花药 4 或 5, U 形, 纵向开裂。雌花序球状, 直径 3~5 cm。附属体棍棒状, 长约 2 mm, 顶端 1/2~1/3 椭圆状倒卵球形。雌花生于花序基部和主轴上。花期 10~12 月。

印度蛇菰广布于东南亚国家, 在中国仅见于云南、广西和海南, 由于其具有寄生的特性, 而且茎叶退化, 只有在花期才能一睹芳容。

(图文由西双版纳热带植物园朱仁斌博士提供)