

吕彬洋,王 威,陈清西. 遮阴处理对炮仗花植株生长发育的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(20):152-156.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.20.034

# 遮阴处理对炮仗花植株生长发育的影响

吕彬洋,王 威,陈清西

(福建农林大学,福建福州 350002)

**摘要:**为探究不同光照度对炮仗花(*Pyrostegia venusta*)的生长及其生理状况的影响,采用遮阳网并设置 3 个处理 [A(CK),100% 全光照;B,50% 光照;C,25% 光照],以期寻找最适宜炮仗花生长的光照度。结果表明,随着遮阴程度的加重,炮仗花叶面积、枝蔓长度、节间长度、叶绿素含量逐步增加,花径、花朵长度也较全光照处理有显著增加。但炮仗花的花序数、花量、比叶重、蔓粗、地径、叶片中可溶性糖含量则遮阴程度的加重而逐渐减少。叶片中蛋白质含量和抽梢数则随遮阴程度的加重表现出中、低、高的变化趋势。此外,全光照植株在试验过程中因日灼、强风、寒冷等原因生长势较另外 2 组弱,25% 光照下植株表现出徒长现象,说明光照度过高或过低都不适宜炮仗花生长。故在生产应用过程中应适当遮阴,这样有利于促进植株健壮生长。

**关键词:**炮仗花;遮阴;生长发育;形态指标;生理指标;光合色素;可溶性糖;蛋白质

**中图分类号:** S685.99 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)20-0152-04

炮仗花(*Pyrostegia venusta*)为紫葳科炮仗花属常绿木质藤本,喜阳,光照度对其生长起着极为重要的调节作用,是影响植物生长的主要环境因子。植物在弱光环境中,为了适应光照不足的环境,会改变其形态,增大比叶面积、叶面积,促进营养生长,同时会减小叶片厚度、比叶重,从而减少能量和物质的消耗,使植株可以维持自身的正常生长<sup>[1-4]</sup>。三叶崖爬藤植株在 15% 和 10% 光照条件下,生长速度显著高于 30% 光照环境<sup>[3]</sup>,通过改变光照度成功实现了调节三叶崖爬藤生长的目的。但鲜有学者对炮仗花与光照的关系进行针对性的研究,现有的研究中对全光照和适当遮阴哪种条件更有利于其生长也存在着争议<sup>[5-6]</sup>。同时,炮仗花作为一种观赏性常绿藤本植物,因冬季不落叶、春季大量开花、观赏性强而在我国南方得到广泛应用。但其移栽缓苗期间,生长速度较慢,无法在短期内形成较大叶面积,覆盖建筑物外立面,限制了其大规模应用。本试验通过遮阴处理,调节移栽缓苗期炮仗花生长的光照环境,探究光照度对其生长发育的影响,促进炮仗花快速生长,解决城市建筑物外立面植物快速覆盖的问题,提高炮仗花的观赏效益和经济效益,具有现实意义和理论价值。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地为福建省厦门市忠仑公园,地理位置 118°08'E、24°52'N,为亚热带海洋性季风气候,年均降水量约 1 300 mm,年均气温为 22 ℃,冬季均温在 14 ℃以上,全年无霜。

收稿日期:2018-08-03

基金项目:福建农林大学科技创新专项(编号:CXZX2017186)。

作者简介:吕彬洋(1992—),男,陕西西安人,硕士研究生,主要从事花卉生长调控研究。E-mail:2602985289@qq.com。

通信作者:陈清西,博士,教授,博士生导师,主要从事园艺植物栽培生理的教学和科研工作。E-mail:cqx0246@163.com。

### 1.2 试验材料和处理

选取生长良好、无病虫害、长势一致的 2 年生炮仗花盆栽苗为试材,株高(150±5) cm,地径(11.6±0.2) mm。试验于 2017 年 10 月 24 日至 2018 年 1 月 18 日于室外进行,采用不同密度的遮阳网设置 3 种光照度对植株进行遮阴处理,具体处理为:A(CK),100% 全光照;B,50% 光照;C,25% 光照。每个处理 9 株,重复 3 次。采样日期为 2017 年 10 月 24 日、11 月 3 日、11 月 10 日、11 月 19 日、11 月 30 日、12 月 12 日、12 月 30 日及 2018 年 1 月 18 日。选取粗度相近的枝条自顶端向下的 9~12 节的成熟叶片为试样,用于相关指标测定。每株采集 12 张叶片,剪碎混匀。

### 1.3 形态指标测定

在遮阴处理期间,用卷尺(精确度 1 mm)、游标卡尺(精确度 0.1 mm)于采样日期对选定的炮仗花枝蔓进行长度和粗度的测量,采用纸片法<sup>[7]</sup>在选定的枝蔓上第 10 节至第 12 节的成熟叶片,测量叶面积,并统计新蔓抽梢数和花序数,在遮阴处理结束时测量地径,对选定的枝蔓在其距先端的第 9 节测量节间长度,植株进入盛花期测量花径和花管长度。

### 1.4 生理指标测定

于每次采样后测定叶片比叶重、叶绿素含量、可溶性糖含量、蛋白质含量。其中,蛋白质含量采用考马斯亮蓝 G-250 法<sup>[8]</sup>测定;可溶性糖含量采用苯酚-硫酸法<sup>[8]</sup>测定;比叶重采用赵世杰的方法<sup>[9]</sup>;叶绿素含量采用高俊凤的乙醇-丙酮浸提法<sup>[10]</sup>。

### 1.5 数据处理

将得到的数据取平均值,用 Excel 2013 绘制相应的图表。再用 SPSS 22.0 进行 ANOVA 分析,采用 Duncan's 法进行单因素比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 遮阴处理对炮仗花植株形态指标的影响

遮阴处理能促进炮仗花植株节间增长,枝蔓生长,叶面积

增加,但不利于蔓粗、地径和比叶重的增加。从表 1、图 1、图 2 可以看出,随着遮阴程度的加重,炮仗花蔓长和叶面积表现为 25% 光照 > 50% 光照 > 全光照。其中,50% 光照、25% 光照的蔓长分别为全光照的 107.80%、157.72%,较全光照差异极显著( $P < 0.01$ );叶面积因遮阴的加重而逐渐增大,50% 光照和 25% 光照的叶面积分别是全光照的 611.84%、1 106.58%,与全光照差异极显著( $P < 0.01$ )。25% 光照的抽梢数分别为全光照和 50% 光照的 139.14%、216.34%,较其他 2 组差异极显著( $P < 0.01$ )。蔓粗表现为全光照 > 50% 光照 > 25% 光照,50% 光照、25% 光照的蔓粗分别为全光照的 60.44%、45.05%,显著低于全光照( $P < 0.05$ )。比叶重表现

表 1 遮阴处理对炮仗花植株形态指标的影响

处理	蔓长 (cm)	蔓粗 (cm)	节间长 (cm)	抽梢数 (个)	地径 (cm)	叶面积 (cm <sup>2</sup> )	比叶重 (mg/cm <sup>2</sup> )
全光照	39.12 ± 3.47B	0.91 ± 0.13a	0.32 ± 1.02c	47.67 ± 3.06B	1.61 ± 0.13a	0.76 ± 0.10C	2.94 ± 0.11a
50% 光照	42.17 ± 1.82B	0.55 ± 0.22b	0.94 ± 0.46b	30.66 ± 3.51C	1.26 ± 0.02b	4.65 ± 0.34B	2.43 ± 0.09b
25% 光照	61.70 ± 4.39A	0.41 ± 0.17c	2.61 ± 1.34a	66.33 ± 2.52A	1.09 ± 0.13b	8.41 ± 0.40A	2.51 ± 0.14b

注:表中数字为 3 次生物学重复的“平均值 ± 标准差”,不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ ),不同大写字母表示差异极显著( $P < 0.01$ )。下表同。

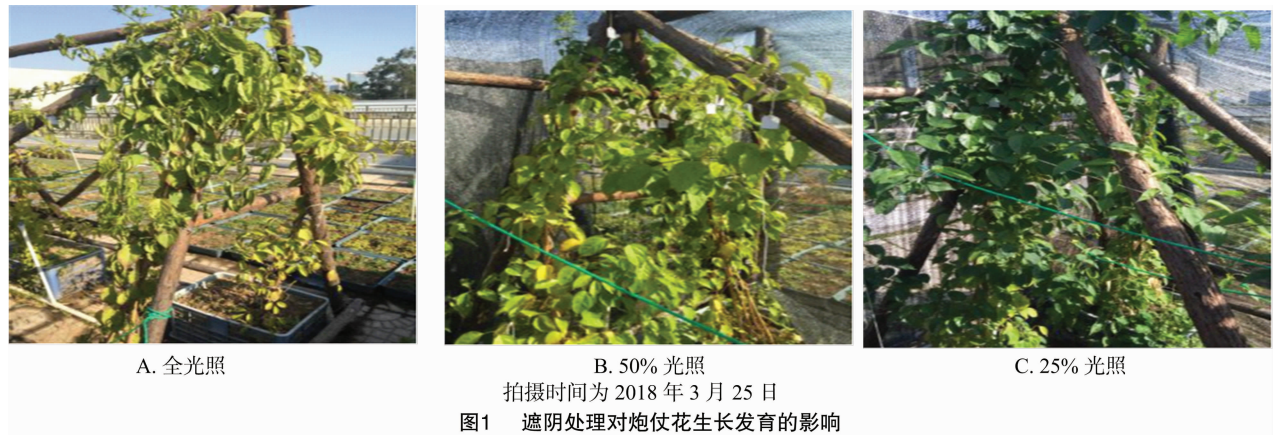


图1 遮阴处理对炮仗花生长发育的影响



图2 遮阴处理对炮仗花叶片生长的影响

遮阴处理能增加炮仗花花径和花长,但不利于花序、花朵的生长与开放,延迟并缩短花期。从表 2 看出,随着遮阴程度的加大,炮仗花花径和花长逐渐大于对照组,表现为 25% 光照 > 50% 光照 > 全光照。50% 光照、25% 光照的花径分别为全光照的 104.61%、106.45%,花长则分别为全光照的 106.35%、114.21%,全光照与 25% 光照差异显著( $P < 0.05$ )。但 25% 光照处理的花序数仅为全光照、50% 光照的 9.22%、12.28%,极显著低于全光照( $P < 0.01$ )。花量表现

为全光照 > 25% 光照 > 50% 光照,50% 光照、25% 光照的比叶重分别为全光照的 82.65%、85.37%,全光照的比叶重显著高于其他处理( $P < 0.05$ )。以上数据说明适当的遮阴有利于炮仗花快速增加受光面积,充足的光照有利于炮仗花缓苗期光合产物的积累。在弱光环境中,植物为获得足够的光能,通过增加叶片面积、延伸枝蔓等方式捕获更多光能,但也造成枝蔓生长较为瘦弱,这应该是植物在弱光环境中将能量优先供应至顶端的结果。而在未遮阴环境下,植株嫩梢掉落较多,部分嫩梢有日灼的痕迹,影响植株生长,说明炮仗花在缓苗期须要适当遮阴。

为全光照 > 50% 光照 > 25% 光照,全光照的花量分别比另外 2 组高出 143.38%、1 866.21%,差异极显著( $P < 0.01$ )。以上数据说明充足的光照不仅促进炮仗花的成花,而且在花朵发育中有利于着花<sup>[4]</sup>。A、B、C 处理的花期分别为 71、42、14 d,且初花的开放日期逐步推迟,说明光照对炮仗花的生殖生长起重要的影响,充足的光照不仅促进大量成花,而且可提前进入花期,延长花期。在光照不足条件下,植物的生长偏向于营养生长,将更多的能量分配到营养器官上,而生殖生长所分配到的能量减少<sup>[11]</sup>,导致炮仗花花量减少,花期缩短推迟<sup>[12]</sup>,这可能是植物在无法获得充足光照时为减少营养物质的损耗而作出的一种适应。

2.2 遮阴处理对炮仗花叶片光合色素含量的影响  
遮阴处理促进炮仗花叶片叶绿素 a、叶绿素 b 和类胡萝卜素含量的增加,但降低了叶绿素 a/b 值。从表 3 可见,随着遮阴程度的加强,叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素含量逐渐增加,且增长趋势基本一致,表现为全光照 < 50% 光照 < 25% 光照,到处理结束时,50% 光照、25% 光照的叶绿素 a 的含量分别是全光照的 176.60%、325.53%,叶绿素 b 的含量分别是全光照的 206.67%、446.67%,叶绿素 a + b 含量分别是全光

表 2 遮光处理对炮仗花开花特性的影响

处理	花径 (cm)	花长 (cm)	花序数 (个)	成功开放的花序数 (个)	花量 (朵)	花期 (d)
全光照	2.17 ± 0.06b	5.98 ± 0.11b	72.33 ± 6.03A	56.79 ± 2.52A	1 208.00 ± 49.38A	71
50% 光照	2.27 ± 0.05ab	6.36 ± 0.14a	54.33 ± 4.51B	41.67 ± 3.51B	842.54 ± 83.01B	42
25% 光照	2.31 ± 0.30a	6.83 ± 0.09a	6.67 ± 0.57C	4.53 ± 1.15C	64.73 ± 8.07C	14

照的 182.26%、354.84%，25% 光照叶片中的叶绿素含量显著高于另外 2 组。与叶绿素含量变化趋势相反，随着遮阴程度的加深，叶绿素 a/b 值逐渐减小，表现为全光照 > 50% 光照 > 25% 光照，50%、25% 光照的叶绿素 a/b 值为全光照的

87.54%、73.80%，其中全光照与 25% 光照有着显著差异 ( $P < 0.05$ )。以上数据说明，在弱光条件下，植物通过增加叶绿素的含量尤其是叶绿素 b 的含量，增强光能捕获能力<sup>[13]</sup>，这是植物应对弱光逆境的一种适应。

表 3 遮光处理对炮仗花叶片光合色素的影响

处理	叶绿素 a 含量 (mg/g)	叶绿素 b 含量 (mg/g)	叶绿素 a + b 含量 (mg/g)	叶绿素 a/b 值	类胡萝卜素含量 (mg/g)
全光照	0.47 ± 0.04c	0.15 ± 0.01c	0.62 ± 0.05c	3.13 ± 0.05a	0.17 ± 0.01b
50% 光照	0.83 ± 0.15b	0.31 ± 0.02b	1.13 ± 0.13b	2.74 ± 0.64ab	0.22 ± 0.02a
25% 光照	1.53 ± 0.01a	0.67 ± 0.11a	2.20 ± 0.18a	2.31 ± 0.24b	0.22 ± 0.03a

2.3 遮阴处理对炮仗花叶片可溶性糖含量的影响

遮阴处理降低了叶片可溶性糖的积累。由图 3 可知，不同光照环境下，可溶性糖含量的变化一致。3 个处理可溶性糖的峰值均在 2018 年 1 月 18 日，表现为全光照 > 50% 光照 > 25% 光照，50% 光照、25% 光照的可溶性糖含量分别为全光照的 86.77%、74.07%，全光照可溶性糖的含量显著高于 25% 光照 ( $P < 0.05$ )，这说明在全光照环境中，充足的光能有助于合成碳水化合物。可溶性糖含量在 2017 年 11 月 30 日出现显著升高，这种变化可能是因为进入冬季后气温降低，植物通过将体内的淀粉和蛋白质转化为可溶性糖和氨基酸，提高了细胞液浓度，提高了植物抗寒抗冻能力<sup>[14]</sup>。

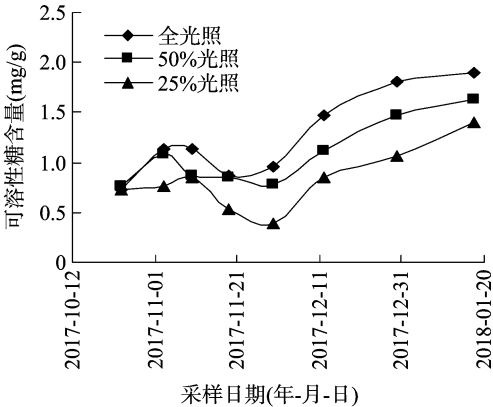


图3 遮阴处理对炮仗花叶片可溶性糖含量的影响

2.4 遮阴处理对炮仗花叶片蛋白质含量的影响

重度遮阴促进炮仗花叶片蛋白质含量的增加。从图 4 可知，3 个处理的蛋白质含量变化趋势一致，呈“M”形变化。从 2017 年 10 月 24 日到 11 月 10 日，3 个处理的蛋白质含量明显升高，各处理较处理前增加了 252.03%、276.95%、241.63%。试验结束时，蛋白质含量表现为 25% 光照 > 50% 光照 > 全光照，50% 光照、25% 光照蛋白质含量分别为全光照的 117.05%、175.91%，25% 光照的蛋白质含量与另外 2 组差异显著 ( $P < 0.05$ )。

2.5 相关性分析

对遮阴后部分指标进行相关性分析，结果(表 4)显示，遮

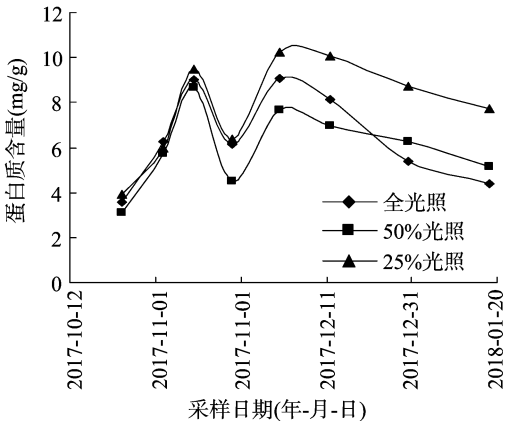


图4 遮阴处理对炮仗花叶片蛋白质含量的影响

阴后植株的蔓长与蔓粗呈极显著负相关 ( $P < 0.01$ )，与花序数和可溶性糖含量呈显著负相关 ( $P < 0.05$ )，与叶面积、蛋白质含量呈极显著正相关 ( $P < 0.01$ )，与叶绿素 a + b 含量呈显著正相关 ( $P < 0.05$ )；叶面积与花序数、可溶性糖含量呈极显著负相关 ( $P < 0.01$ )，与叶绿素 a + b 含量、蛋白质含量呈极显著正相关 ( $P < 0.01$ )；同时，蛋白质含量与可溶性糖含量呈极显著负相关 ( $P < 0.01$ )。说明炮仗花在弱光环境中为获得足够的光能，加速枝条向高空的伸长，扩大叶片面积，以期最大限度的增加捕光面积，将有限的能量优先供应至枝梢顶端和叶片。花朵等生殖生长因缺乏能量，导致开花量减少。可溶性糖的含量减少，蛋白质含量上升则表明在弱光环境中不利于碳水化合物的积累<sup>[15]</sup>。

3 讨论

光照是植物生长的重要物质基础和主要能量来源。植物在弱光环境中表现出提高相对生长速率、增大比叶重、增加比叶面积、增加叶面积等变化<sup>[16-18]</sup>，增大受光面以最大程度地提升光截获量<sup>[19]</sup>，增强在弱光环境中的适应力<sup>[20]</sup>。在弱光环境中大量的营养用于供给营养生长而影响到植物的生殖生长，导致开花少、开花晚。同时在弱光环境中，茎干皮层厚角组织减少、木质化程度降低，韧皮部和形成层较强光强环境不发达，导致植物茎干细长<sup>[21-23]</sup>。本试验结果表明，遮阴促进

表 4 炮仗花生长指标和生理指标的相关性分析

指标	相关系数						
	蔓长	蔓粗	叶面积	花序数	叶绿素 a + b 含量	可溶性糖含量	蛋白质含量
蔓长	1.00						
蔓粗	-0.67 **	1.00					
叶面积	0.90 **	0.87 *	1.00				
花序数	-0.80 *	0.93 **	-0.92 **	1.00			
叶绿素 a + b 含量	0.70 *	-0.93 **	0.83 **	-0.93 **	1.00		
可溶性糖含量	-0.77 *	0.93 **	-0.85 **	0.97 **	-0.92 **	1.00	
蛋白质含量	0.87 **	-0.88 **	0.88 **	-0.87 **	0.92 **	-0.87 **	1.00

注: \* 表、\*\* 表示显著、极显著相关。

炮仗花蔓长、节间长和叶片面积的增长,而蔓粗、地径的生长受抑制。说明炮仗花在弱光环境中通过增加叶片的受光面积<sup>[24]</sup>,保证光合作用的进行。此外,还发现 50% 光照下,炮仗花花量虽不及全光照环境,但可有效避免日灼、强风、冬季寒冷等原因导致嫩梢与花序损伤。炮仗花虽是喜阳植物,但对弱光环境具有一定的适应性,在缓苗期一定的遮阴可在植株生长不受抑制的情况下,在较短的时间内形成一定的枝叶生长量,同时具有较好的开花效果。

叶绿素的含量和比例直接影响到植物对光能的利用情况。遮阴环境以散射光为主,蓝光占比提高<sup>[15]</sup>。植物为了捕获更多的光能,增大叶片内囊体片层的垛叠程度,增加叶绿体内的基粒厚度和数量来提高对光能的捕获能力。光合色素含量上升,特别是叶绿素 b 的含量显著上升,有效吸收蓝光,提高捕光能力。本试验结果表明,遮阴处理使叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素 a + b 的含量提高,但叶绿素 a/b 的值逐渐降低。说明炮仗花为了获得更多的光能,在增加叶绿素含量的同时提高叶绿素 b 在叶绿素总量中的比例,提高光合能力与效率,从而适应弱光环境。

线粒体在蓝光中暗呼吸得到加强,产生的有机酸可为合成氨基酸提供碳架,促进蛋白质的合成<sup>[13]</sup>,遮阴减少了叶绿体内的磷酸丙糖,从而降低可溶性糖的合成速度与含量<sup>[25-29]</sup>。另外遮阴改变了小环境,在冬季遮阳网内的温湿度高于外部环境,缓解了植物受到的逆境胁迫,植物合成较少的可溶性糖就可满足抵御逆境的需要,本试验可溶性糖变化的结果与以上理论一致。而 3 个遮阴处理的蛋白质含量则表现为 25% 光照 > 100% 全光照 > 50% 光照,上述理论和部分学者的研究结果<sup>[16]</sup>总体一致。

#### 4 结论

在弱光环境中,炮仗花通过增加蔓长、节长、叶面积的生长量,提高叶绿素含量,尤其是叶绿素 b 含量,以最大限度地增加捕光面积,提高光能的利用效率。但由于遮阴处理,造成红光、蓝光比例变化,叶片蛋白质含量随之提升,可溶性糖含量降低,导致植株茎干粗度、花量减小等,对弱光环境一定的适应现象。

综上所述,炮仗花作为阳生植物,弱光环境不易于其生长,适宜在较强的光强环境中生长,但缓苗期适当的遮阴有利于营养生长。若要炮仗花在较短的时间内形成一定的枝叶生长量,可在炮仗花的缓苗期和营养生长期加盖遮阳网适当遮阴,促进枝叶生长。在 11 月花序抽生期撤除遮阳网给予其

充足光照,保证其迅速形成一定的叶片覆盖面积,又能保证可观的花量,达到较好的景观效果。

#### 参考文献:

- [1] Gerwing J J. Life history diversity among six species of canopy lianas in an old - growth forest of the eastern Brazilian Amazon [J]. For Ecol Manage, 2014, 190: 57 - 72.
- [2] Putz F E, Chai P. Ecological studies of lianas in Lambir National Park, Sarawak, Malaysia [J]. Ecol, 2008, 75: 523 - 531.
- [3] 杨 华, 宋绪忠, 陈 磊. 不同遮阴处理的三叶崖爬藤光合作用特性 [J]. 林业科技开发, 2010, 24(5): 57 - 59
- [4] 原慧芳, 田耀华, 岳 海, 等. 不同遮阴度下土沉香幼苗的生理特性响应 [J]. 热带作物学报, 2013, 34(2): 314 - 320.
- [5] 李榕华. 炮仗花在福建省福州市园林景观中的应用及栽培 [J]. 园艺园林, 2015(4): 30 - 31.
- [6] 陈 艺, 陈少萍. 炮仗花的繁殖与栽培 [J]. 技术花卉, 2011(16): 30 - 31.
- [7] 倪纪恒. 温室番茄生长发育模拟模型研究 [D]. 南京: 南京农业大学, 2005.
- [8] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 196 - 202.
- [9] 赵世杰. 植物生理学实验指导 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2002.
- [10] 高俊凤. 植物生理学实验指导 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 74 - 76.
- [11] 何小弟, 唐红军, 田跃萍. 芍药花期调控的研究 [J]. 中国花卉园艺, 2010(1): 22.
- [12] 耿慧云. 半夏对遮阴和高温响应机理的研究 [D]. 泰安: 山东农业大学, 2012.
- [13] 胡 阳. 光强和光质对植物生长发育的影响 [J]. 内蒙古农业大学学报, 2009, 30(4): 296 - 303.
- [14] 王二欢, 刘双利, 宋 治, 等. 药用植物抗寒生理研究进展 [J]. 中国农学通报, 2014, 30(16): 79 - 84.
- [15] Deng B, Shaug X L, Fang S Z, et al. Integrated effects of light intensity and fertilization on growth and flavonoid accumulation in *Cyclocarya paliurus* [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2012, 60(25): 6286 - 6292.
- [16] Fu W, Li P, Wu Y. Effects of different light intensities on chlorophyll fluorescence characteristics and yield in lettuce [J]. Scientia Horticulturae, 2012, 135: 45 - 51.
- [17] Tsuboi H, Wada M. Chloroplasts continuously monitor photoreceptor signals during accumulation movement [J]. Journal of Plant Research, 2013, 126(4): 557 - 566.

魏启舜,赵荷娟,周 影,等. 施用羽毛生物降解液对白菜生长和基质养分的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(20):156-159.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.20.035

# 施用羽毛生物降解液对白菜生长和基质养分的影响

魏启舜,赵荷娟,周 影,黄 莹,文蔚明,王 琳

(江苏丘陵地区南京农业科学研究所,江苏南京 210046)

**摘要:**为了研究羽毛生物降解液对白菜生长的影响,在含氮量均为 0.16 g/L 氮肥水平下,以清水作为对照,比较羽毛生物降解液(YA)、商品氨基酸肥(SA)、三元素水溶复合肥(FH)处理后白菜的 SPAD 值、株高、地上部分生物量、氮肥利用率及栽培基质养分含量。结果表明,YA、SA 和 FH 处理白菜的 SPAD 值、株高、地上部分生物量均显著大于 CK 处理,YA 处理白菜的 SPAD 值、株高、单株鲜质量和氮肥利用率均显著大于 SA 处理,YA 处理白菜的 SPAD 值显著大于 FH 处理,而株高、地上部分生物量和氮肥利用率与 FH 处理没有显著差异。YA 处理的基质全氮、速效磷含量提高,而速效钾含量下降。综合分析表明,羽毛生物降解液对白菜的肥效显著,可进一步研究开发成商品肥。

**关键词:**羽毛生物降解液;白菜;生长;基质养分;氮肥利用率

**中图分类号:** S634.36<sup>+1</sup> **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)20-0156-04

随着我国农业经济的飞速发展,畜禽的规模化养殖与日俱增,因此也产生了大量的废弃物,其中家禽的羽毛仅有 20% 用于羽绒服、体育用品和工艺品上,近 80% 以上被作为废弃物处理,而禽类羽毛中含有高达 90% 的角蛋白,而角蛋白由丰富的赖氨酸、蛋氨酸、苏氨酸、色氨酸等 18 种氨基酸组成,倘若进行妥善的加工处理,能使羽毛转化为非常有价值的可再生资源,因此羽毛降解的方法一直是研究热点。目前,废弃角蛋白一般通过化学处理和热处理的方法进行降解,利用高温、高压和强酸、强碱将角蛋白分解成氨基酸,但这种传统方法不够经济、环保,而利用微生物处理角蛋白的方法具有高效、经济、生态安全的优点,成为目前角蛋白类废弃物资源化利用的最佳途径<sup>[1-5]</sup>。

收稿日期:2018-07-30

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号: CX(17)3017];江苏省自然科学基金(编号: BK20170113);江苏省南京市生态循环农业项目(编号: NYSTXH[2017]1)。

作者简介:魏启舜(1973—),男,江苏南京人,副研究员,主要从事农业废弃物综合利用研究。E-mail: hhxz.w@163.com。

通信作者:王 琳,博士,副研究员,主要从事农业有机废弃物资源化利用研究。E-mail: wanglin0421nj@163.com。

近来江苏丘陵地区南京农业科学研究所经试验筛选后获得一批高效降解羽毛角蛋白的常温菌和嗜热菌,通过发酵条件优化,进一步提高羽毛的降解效率和氨基酸转化率,这些微生物具有很高的实用价值。羽毛降解后的溶液中含有丰富的氨基酸,施用氨基酸肥在土壤中不累积无机氮,氮循环的效益更显著,并且能避免化肥带来的潜在环境隐患<sup>[6]</sup>,生态效益十分明显。因此,氨基酸肥作为一种新型肥料已经逐渐得到认可,但国家标准要求氨基酸必须螯合多种微量元素后才能成为商品肥料进入市场流通,许多研究报道中的试验材料基本为螯合了微量元素后的商品氨基酸肥,而羽毛降解后的氨基酸混合溶液作为肥料直接使用对植物生长的影响鲜有报道。本试验是在等氮素水平下,以上述微生物降解羽毛后的氨基酸混合液和商品氨基酸肥、三元素水溶复合肥进行的肥效试验,用白菜作为载体,初步探索羽毛生物降解液对白菜 SPAD 值、株高、地上部分生物量及栽培基质中养分含量的影响,以期对羽毛生物降解液的肥料化利用提供理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验栽培白菜品种为暑优,采购于南京金盛达种子有限公司。栽培基质为丹麦品氏育苗基质,粒径为 0~10 mm,采

[18]王满莲. 槐树幼苗对光强的形态和生理适应[J]. 东北林业大学学报,2012,40(5):13-21

[19]岳 桦,时春红. 芍药‘粉玉奴’与野生种主要光合特性的比较[J]. 北方园艺,2010(6):127-130.

[20]吕晋慧,李艳锋,王 玄,等. 遮阴处理对金莲花生长发育和生理响应的影响[J]. 中国农业科学,2013,46(9):1772-1780.

[21]Ahmad P, Jaleel C A, Salem M A, et al. Roles of enzymatic and nonenzymatic antioxidants in plants during abiotic stress [J]. Critical Reviews in Biotechnology, 2010, 30(3):161-175.

[22]赵则海,陈雄伟. 遮阴处理对四种草本植物生理生化特性的影响[J]. 生态环境,2007,16(3):931-934.

[23]王 艺,韦小丽. 不同光照对植物生长、生理生化和形态结构影

响的研究进展[J]. 山地农业生物学报,2010,29(4):353-359.

[24]崔海岩,靳立斌,李 波,等. 遮阴对夏玉米茎秆形态结构和倒伏的影响[J]. 中国农业科学,2012,45(17):3497-3505.

[25]郭巧生,王艳茹,张贤秀. 光强对药用白菊花营养期生理生化特性的影响[J]. 中国中药杂志,2010,35(5):561-564.

[26]周曙光,孔祥生,张妙霞,等. 遮光对牡丹光合及其他生理生化特性的影响[J]. 林业科学,2010,46(2):56-60.

[27]放艳萍. 秋枫幼苗耐荫性及光合特性研究[D]. 南宁:广西大学,2013.

[28]钱萍仙,李学孚,吴月燕,等. 遮阴对樟叶槭容器苗生长和生理特性的影响[J]. 江苏农业学报,2015,31(3):667-672.

[29]方 苏,闫兴富,杜 茜,等. 合欢种子萌发对不同光强遮阴处理的响应[J]. 湖北农业科学,2010(4):895-897.