

# 长白山三种橐吾光适应性的初步研究

赵国禹, 董 然, 王守海, 庄倩倩

(吉林农业大学 园艺学院, 吉林 长春 130118)

**摘 要:**以长白山蹄叶橐吾、复序橐吾、狭苞橐吾为试材, 对其不同遮荫条件下的形态指标、叶绿素含量、光合形态指标及叶绿素荧光参数等进行测定, 并根据其叶绿素含量、光合速率和叶绿素荧光参数来探讨3种橐吾的耐荫性。结果表明: 在50%遮荫下的狭苞橐吾、复序橐吾和在70%遮荫的蹄叶橐吾, 其形态、叶绿素含量、净光合速率、日均净光合速率、原初光能转化效率( $F_v/F_m$ )和光化学淬灭系数( $qP$ )达最大, 叶绿素  $a/b$  值最低, 但非光化学淬灭系数( $NPQ$ )随遮荫度增加而降低。因此, 狭苞橐吾和复序橐吾适宜生长在50%遮荫环境下, 蹄叶橐吾适宜生在70%遮荫环境下; 3种橐吾品种为耐荫性植物, 其中蹄叶橐吾耐荫性最高, 狭苞橐吾和复序橐吾次之。

**关键词:** 橐吾; 遮荫; 叶绿素荧光; 耐荫性

**中图分类号:** S 681.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2011)05-0004-05

橐吾属植物(*Ligularia* Cass.)为菊科多年生草本植物, 全世界约129种, 中国约有112种, 集中分布于秦岭-大巴山-横断山-喜马拉雅山区域, 长白山区是橐吾属植物的次生分布中心之一<sup>[1]</sup>, 其中, 蹄叶橐吾(北方居群)(*L. fischeri*), 别名马蹄叶, 山紫菀, 叶片肾形或马蹄形,

苞叶呈舟状抱茎, 冠毛浅棕色, 多生于林下或林缘荫湿草地; 复序橐吾(*L. jaluensis* Kom.), 别名多序橐吾, 叶心状肾形或肾状三角形, 有白色蛛丝状毛, 冠毛白色, 多生于海拔450~1000 m沼泽草甸及林缘湿草地, 为东北特有种<sup>[2]</sup>; 狭苞橐吾(*L. intermedia* Nakai), 叶片肾状心形或心形, 苞叶线形, 冠毛棕褐色, 野外调查发现其仅生于海拔900~1900 m的高山、亚高山岳桦林下草甸或林缘, 是亚高山草原或草甸的优势种, 在长白山区及全国分布广泛<sup>[3]</sup>。其中复序橐吾和蹄叶橐吾的嫩叶是延边地区著名的出口野菜和饲料植物, 具有典型的民族地域特色<sup>[4]</sup>, 同时3种橐吾也是朝鲜族及吉林省民间草药, 其根及根茎可入药, 具有止咳化痰、祛风除湿等功效<sup>[5]</sup>, 此

**第一作者简介:** 赵国禹(1985-), 男, 吉林通化人, 在读硕士, 研究方向为长白山野生植物的引种驯化。E-mail: zhaoguoyuwangy@163.com。

**通讯作者:** 董然(1966-), 女, 博士, 教授, 现主要从事长白山野生植物引种驯化工作。E-mail: dongr999@163.com。

**基金项目:** 吉林省科技厅科技支撑资助项目(20060222-2)。

**收稿日期:** 2010-12-27

[13] 郭荣君, 李世东, 张晶, 等. 基于营养竞争原理的大豆根腐病生防芽孢杆菌的筛选及其特性研究[J]. 植物病理学报, 2010(3): 307-314.

[14] 裴孝伯, 李世诚, 张福壤, 等. 温室黄瓜叶面积计算及其与株高的相关性研究[J]. 中国农学通报, 2005, 21(8): 80-82.

性研究[J]. 中国农学通报, 2005, 21(8): 80-82.

[15] 李洪莲, 徐敬友. 农业植物病理学实验实习指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 83.

## Study on the Growth Promoting and Disease Prevention Effect of Biological Control Fungus Applying with Organic Fertilizer to Cucumber in Greenhouse

LIU Hui-qing<sup>1</sup>, ZHANG Ai-xiang<sup>1</sup>, MA Hai-lian<sup>1</sup>, LI Shi-dong<sup>2</sup>, GUO Rong-jun<sup>2</sup>, SUN Man-hong<sup>2</sup>

(1. Department of Agriculture, Hebei North University, Zhangjiakou, Hebei 075131; 2. Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Science, Beijing 100081)

**Abstract:** Taking 'Jin You No. 2' cucumber as materials, the effects of different compound of biocontrol agents such as *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Paceliomyces lilacinus*, *Gliocladium virens* and organic fertilizer on morphological index, yield of cucumber and incidence rate of cucumber gummy stem blight were studied. The results showed that the all complex combinations can increase the leaf area, plant height, stem diameter, node numbers, increase production, enhance disease resistance. The best compound was pink *Gliocladium* 67-1 + organic fertilizer, that can increase yield 19.33%, it's on the gummy stem blight control effect of 92%.

**Key words:** biological control fungus; organic fertilizer; cucumber; growth promoting effect; disease prevention

外,3种橐吾也是长白山区夏秋旅游的主要观花植物,是难得的集食用、饲用、药用和观赏于一体的植物资源。

近年来由于当地民众连年采食及出口,致使复序橐吾和蹄叶橐吾野生资源破坏十分严重。虽然狭苞橐吾资源保存完好,但如何合理引种驯化及其开发利用已经成为保护橐吾属植物可持续发展亟待解决的问题。

近年来国内外对橐吾属植物的栽培及引种驯化相关报道较少。林夏珍<sup>[6,7]</sup>对蹄叶橐吾和窄头橐吾的研究中发现蹄叶橐吾和窄头橐吾对光照要求不高,属于耐荫植物类型,适宜在弱光环境下栽培;杨柏明<sup>[8]</sup>在对蹄叶橐吾栽培技术的研究中认为蹄叶橐吾种子宜秋播或春播,并且播前应进行低温层积处理;育苗前应将种子用水浸1~2 h,捞出自然晾干后与3倍量细沙拌匀,撒播在育苗床上,然后覆上筛过的腐殖土1~2 cm,同时保持苗床湿润,幼苗长至2~3片真叶时即可进行移栽;其株行距应保持在20 cm左右,生长期保持苗床或园中无杂草。栽植后的幼苗于每年6~7月追施腐熟农家肥1次或追施氮肥2次。栽培2 a以上的蹄叶橐吾于春、秋季便可进行分株繁殖,而狭苞橐吾和复序橐吾尚无报道。

该试验以长白山3种橐吾为材料,对其不同遮荫条件下的形态指标、光合生理指标、叶绿素、叶绿素荧光参数等指标进行测定,根据其叶绿素含量、光合速率和叶绿素荧光参数来探讨材料的耐荫性<sup>[9]</sup>,以期提供合理的光照栽培范围和引种驯化的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于吉林农业大学的园林试验基地内(125°41'E,43°80'N),该地为大陆性季风气候。平均气温4.8℃,最高气温39.5℃,最低气温-39.8℃,日照时间2 688 h。年均降水量500~615 mm。试验用土为园土:草炭:菌渣:炉灰=1:1:1:1,碱解氮138.24 mg/kg、速效磷42.37 mg/kg、速效钾262.34 mg/kg、有机质7.68 g/kg、土壤pH 6.2。

1.2 试验材料

供试植物为长白山3种橐吾:蹄叶橐吾(北方居群)(*L. fischeri*)、复序橐吾(*L. jaluensis* Kom.)、狭苞橐吾(*L. intermedia* Nakai)。

1.3 试验设计

供试材料于2008年12月初播种于温室大棚中,后进行盆栽养护,2010年5月选取生长健壮、长势一致的2 a生橐吾盆苗移至遮荫棚中,通过黑色遮阳网在2 m×2 m的遮荫棚中进行遮光处理。用ZDS-10型照度计测定后,设遮光梯度为50%、70%、0%(全光照),其中0%为对照。试验采用单因素随机区组设计,每处理小区盆苗5株,重复3次,小区间距100 cm,避免交叉遮光,各小区正常肥水管理。

1.4 测定方法

形态指标测定:用直尺(精度1 mm)测量植株叶片长度和宽度,统计叶片数量;叶绿素测定采用丙酮-乙醇混合液法;光合速率日变化测定采用CIRAS-2光合测定系统仪,选择晴朗无云天气,从8:00~18:00每隔2 h测定1次,同时记录相关指标。每株选定3片中、上部叶片进行测定,每片重复3次;荧光参数的测定采用CIRAS-2荧光测定系统对暗适应30 min后的叶片进行相关指标的测定,系统脉冲光强为5 000 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>,闪光时间0.8 s,闪光间隔10 s,3次重复。

1.5 数据分析

用Spss 11.5和Excel 2003对试验数据进行计算和分析。

2 结果与分析

2.1 遮荫对3种橐吾形态指标的影响

由表1可知,遮荫处理条件下,3种橐吾形态指标均高于对照处理,从叶片长度和宽度来看,蹄叶橐吾在70%遮荫处理时显著升高外,其余2种橐吾在50%遮荫处理时已显著升高( $P<0.05$ ),随后随遮荫度的增大而显著下降( $P<0.05$ );从株高来看,3种橐吾均随遮荫度的增大而增高,但不同遮荫处理间未表现出显著差异( $P>0.05$ );狭苞橐吾叶片数在70%遮荫时达到最大值,明显高于其它处理( $P<0.05$ ),其它2种橐吾在遮荫处理时均少于对照,但未表现出显著差异( $P>0.05$ )。

表1 遮荫条件对3种橐吾形态指标的影响

Table 1 Effects of shading treatment on morphological indexes variations of three *Ligularia* Cass

项目 Item	遮荫度 Shading/ %	品种		
		狭苞橐吾 ( <i>L. intermedia</i> Nakai)	蹄叶橐吾 ( <i>L. fischeri</i> )	复序橐吾 ( <i>L. jaluensis</i> Kom.)
叶长 Leaf length/ cm	0	17.4±2.66b	18.32±2.09b	19.38±2.57b
	50	21.1±2.55a	21.8±2.93b	23.06±2.3a
	70	18.36±3.88b	22.36±3.98a	19.44±3.34b
叶宽 Leaf width/ cm	0	18.8±2.87b	20.52±3.06b	12.54±3.64b
	50	22.88±2.97a	22.84±3.65b	15.22±1.98a
	70	18.26±2.14b	26.18±3.13a	13.88±3.05b
株高 Height/ cm	0	28.24±4.12a	34.98±4.88a	33.48±5.62a
	50	28.46±6.46a	35.44±4.46a	35.4±6.67a
	70	33.28±5.19a	43.00±9.19a	35.74±3.40a
叶片数 Number of Leaf/ No.	0	3.4±0.84b	4.6±1.65a	6.4±2.37a
	50	3.9±1.59b	4.1±1.19a	5.4±1.65a
	70	4.6±0.84a	4.2±0.78a	6.1±1.45a

注:叶片长度、叶片宽度、株高各数据均为平均值±标准偏差(n=10)。  
Note: The leaf length, leaf width, plant height data were the mean±standard deviation(n=10).

2.2 遮荫对3种橐吾叶片叶绿素含量的影响

由表2可知,遮荫处理后3种橐吾叶绿素a、叶绿素b、总叶绿素量较对照有显著的升高趋势,其中总叶绿素量随遮荫度增加而升高,狭苞橐吾和复序橐吾叶绿素

a/b 值呈先降后升的趋势,说明这 2 种橐吾能适应一定遮荫下带来的变化,使叶绿素 b 合成幅度加大,从而使其吸收蓝紫光的能力增强,但随遮荫度的增加和持续时

间的延长,其叶绿素 b 合成幅度减弱,生长势减缓;蹄叶橐吾叶绿素 a/b 值随遮荫度增加而降低,3 种橐吾叶绿素 a/b 值均小于 3。

表 2 遮荫对 3 种橐吾叶片光合指标的影响

Table 2 Effects of shading treatment on the photosynthesis pigment of leaves variations of three *Ligularia* Cass

品种 Cultivars	遮荫度 Shading/ %	叶绿素 a Chl a /mg · g <sup>-1</sup>	叶绿素 b Chl b /mg · g <sup>-1</sup>	总叶绿素 Chl a+b /mg · g <sup>-1</sup>	叶绿素 a/b Chl a/ b
狭苞橐吾( <i>L. intermedia</i> Nakai)	0	0.614±0.007b	0.504±0.007b	1.118±0.063b	1.218±0.025a
	50	0.715±0.203a	0.900±0.049a	1.615±0.069a	0.796±0.226c
	70	0.804±0.004a	0.859±0.120a	1.663±1.188a	0.937±0.009b
蹄叶橐吾( <i>L. fischeri</i> )	0	0.461±0.005b	0.393±0.006b	0.854±0.055b	1.030±0.017a
	50	0.751±0.003a	0.732±0.014a	1.483±0.079a	1.027±0.015b
	70	0.772±0.055a	0.795±0.062a	1.567±0.067a	0.971±0.009c
复序橐吾( <i>L. jaluensis</i> Kom.)	0	0.469±0.004c	0.419±0.004c	0.888±0.044c	1.122±0.009 a
	50	0.681±0.002b	0.709±0.007b	1.39±0.034b	0.959±0.010c
	70	0.887±0.002a	0.902±0.015a	1.789±0.061a	0.984±0.015 b

注:多重比较采用邓肯氏新复极差法(SSR法)。下同。

Note: Using Duncan's multiple range test, P<0.05, the below is same

2.3 遮荫对 3 种橐吾叶片净光合速率日变化及日平均净光合速率的影响

由图 1 可知,3 种橐吾在 50%遮荫和全光照处理条件下的净光合速率呈双峰型曲线,中午有午休现象,随遮荫程度增加,狭苞橐吾和蹄叶橐吾的净光合速率日变化在 70%遮荫处理条件下由双峰曲线变为单峰曲线,复序橐吾仍为双峰型曲线,每种橐吾在不同光照条件下,峰值高低不同,在全光照下,由于光照过高,净光合速率均低于遮荫处理,其中狭苞橐吾和复序橐吾在 50%遮荫处理条件下,蹄叶橐吾在 70%遮荫处理条件下净光合速率最大,最高净光合速率可达 11.8 μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>。

由表 3 可知,在 50%遮荫条件下的狭苞橐吾和复序橐吾,70%遮荫处理条件下的蹄叶橐吾,其日平均光合速率最大,不同遮荫条件下日均光合速率差异显著。

表 3 遮荫对 3 种橐吾日均净光合速率的影响

Table 3 Net photosynthetic rate of daily average variations of three *Ligularia* Cass

品种 Cultivars	遮荫度 shading/ %		
	0	50	70
狭苞橐吾 <i>L. intermedia</i> Nakai	2.97±1.05c	5.74±4.08a	3.08±3.30b
蹄叶橐吾 <i>L. fischeri</i>	3.30±1.75b	5.1±3.23b	6.9±3.34a
复序橐吾 <i>L. jaluensis</i> Kom.	2.4±1.02c	5.57±3.03a	3.24±2.47b

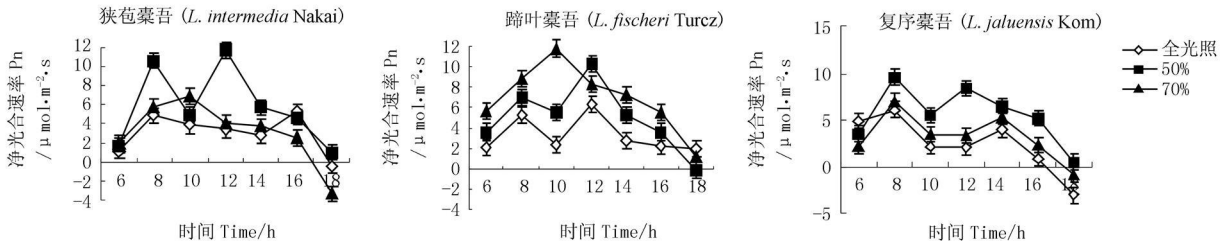


图 1 遮荫对 3 种橐吾叶片净光合速率日变化的影响

Fig. 1 Effects of different shading degree on net photosynthetic rate diurnal variations of three *Ligularia* Cass

表 4 遮荫条件下 3 种囊吾叶绿素荧光参数比较

Table 4 Comparison of chlorophyll fluorescence variations of three *Ligularia* Cass in various shading conditions

品种	遮荫度	叶绿素荧光参数			
Cultivars	Shading/ %	Chlorophyll fluorescence parameters			
狭苞囊吾( <i>L. intermedia</i> Nakai)		Fv/ Fm	ΦPSII	qP	NPQ
	0	0.821±0.13a	0.356±0.067b	0.743±0.012c	0.831±0.003a
	50	0.827±0.026a	0.552±0.134 a	0.874±0.136a	0.727±0.036b
蹄叶囊吾( <i>L. fisheri</i> )	70	0.825±0.068a	0.414±0.007 b	0.787±0.013b	0.718±0.013b
		Fv/ Fm	ΦPSII	qP	NPQ
	0	0.817±0.017a	0.337±0.172 c	0.775±0.017b	0.817±0.073 a
复序囊吾( <i>L. jaluensis</i> Kom.)	50	0.824±0.023a	0.484±0.078 b	0.715±0.033c	0.743±0.077 b
	70	0.862±0.031a	0.517±0.024 a	0.834±0.013a	0.682±0.017 c
		Fv/ Fm	ΦPSII	qP	NPQ
	0	0.782±0.047a	0.375±0.033 b	0.812±0.037a	0.899±0.075 a
	50	0.809±0.023a	0.517±0.029 a	0.831±0.013a	0.837±0.029 b
	70	0.797±0.079a	0.334±0.130 c	0.715±0.19b	0.741±0.011 c

3 结论与讨论

3 种囊吾由于长期生长在长白山区的林下或林缘,必然具有一定的耐荫性,这也是植物长期适应环境的结果<sup>[1]</sup>。但事实上,在引种栽培时,3 种囊吾并不是在各种荫蔽环境下都能很好的生长,而何种荫蔽环境下才能使其更好的进行光合作用,为其生长、开花、繁育等生命活动提供动力是该试验的目的。通过对 3 种囊吾不同梯度的遮荫处理表明,遮荫对其生长有一定的影响,50%遮荫处理和 70%遮荫处理时分别有利于狭苞囊吾和复序囊吾、蹄叶囊吾叶片长度和宽度的生长,但 3 种囊吾植株高度在遮荫处理后并没有明显差异,这是植物株高对遮荫常表现出的一种响应机制<sup>[2]</sup>,覃凤飞<sup>[13]</sup>等认为植物株高表现出这种响应机制,说明该植物的耐荫性强,因此,表明 3 种囊吾具有较强的耐荫性,就形态指标来看,3 种囊吾的耐荫性,蹄叶囊吾最耐荫,狭苞囊吾和复序囊吾次之。

植物叶片中的叶绿素含量既取决于植物本身的遗传特性,又取决于立地的条件,而立地条件中对其影响最主要的因子是光。该研究发现遮荫使叶绿素含量随光强减弱而显著提高,这主要是由于叶绿素 a/b 的变化引起的,50%遮荫时狭苞囊吾、复序囊吾和 70%遮荫时的蹄叶囊吾的叶绿素 a/b 值显著低于其它处理,从而提高了叶绿素 b 的合成速度,使 3 种囊吾在遮荫环境中对光量子的吸收、转化及传递能力增加,这与苋菜<sup>[14]</sup>、高羊茅<sup>[15]</sup>、黑麦草<sup>[16]</sup>等多种植物的研究结果一致,研究表明 3 种囊吾都能忍耐适度的遮荫,其中狭苞囊吾和复序囊吾适宜生长在 50%遮荫条件,蹄叶囊吾适宜生长在 70%遮荫条件。该试验中,狭苞囊吾和复序囊吾随遮荫度的增加,叶绿素 a/b 值显著上升,这说明过度遮荫不利于对植物叶绿素的合成或缓解叶绿素的合成<sup>[17]</sup>。以叶绿素含量的增加及叶绿素 a/b 值的下降为指标来比较 3 种囊吾的耐荫性,则蹄叶囊吾的耐荫性高于狭苞囊吾和复序囊吾的耐荫性。

遮荫后,狭苞囊吾和蹄叶囊吾的净光合速率日变化由双峰曲线变为单峰曲线,这与大多数植物研究的结果一致<sup>[18]</sup>。该试验中,蹄叶囊吾的净光合速率日变化并未随遮荫度的变化而改变,这与林夏珍<sup>[9]</sup>等研究的蹄叶囊吾(南方居群)结果一致,说明双峰是蹄叶囊吾的一种自身特性,其不易随遮荫、地区的变化而改变。日均净光合速率可以反映植物在不同的遮荫环境下的生长状况,日平均净光合速率高,植物生长得比较好<sup>[19]</sup>。该试验中,50%遮荫处理条件下的狭苞囊吾和复序囊吾,70%遮荫处理条件下的蹄叶囊吾,日均净光合速率显著高于其它处理,说明狭苞囊吾和复序囊吾在 50%遮荫、蹄叶囊吾在 70%环境下生长较好。

叶绿素荧光是光合作用的探针,了解光合机构内部的调节过程可以通过荧光参数进行分析,真实而准确地揭示遮荫对植物光合作用的影响。过度遮荫对植物的PSII放氧复合物可能造成损伤,从而破坏植物的光合系统<sup>[20]</sup>。该试验中,不同光照条件下,并没有引起 Fv/Fm 明显的变化。但遮荫处理后,qP、NPQ、ΦPSI等参数均有一定的变化,说明适度遮荫有利于PSII反应中心开放部分的比率的提高,从而将光能同化更多的CO<sub>2</sub>,提高光合电子传递能力,而且非光化学能量消耗的提高,也有利于消耗过剩的激发能,从而保护光合机构,防止遮光对光合机构的破坏,这与牟会荣、李霞等人的研究相一致<sup>[21-22]</sup>。该研究表明,在 50%遮荫环境下的狭苞囊吾和复序囊吾,70%遮荫环境下的蹄叶囊吾叶绿素荧光各参数均达到最优值,说明适宜的遮荫环境,不仅没有损伤其内部光合系统结构,反而更有利其光合作用。

综合上述研究结果,供试 3 种囊吾品种均为耐荫性植物类型,从该试验中各品种的研究来看,3 种囊吾在各遮荫条件下各参数均表现出较高的耐荫性,其中蹄叶囊吾耐荫性最高,狭苞囊吾和复序囊吾次之,就狭苞囊吾和复序囊吾之间耐荫性的比较还需进一步研究。

近年来,人们对 3 种囊吾食用、饲用等诸多方面的应

用已广泛开展起来, 为了使其能更好的为人类所利用, 栽培引种到当地, 从而使其大面积种植已是研究者首要的任务。据此, 通过对3种橐吾的初步研究建议, 在引种栽培时对光环境的选择中, 狭苞橐吾和复序橐吾适宜栽培于50%遮荫环境下, 蹄叶橐吾适宜栽培于70%遮荫环境下。该研究中蹄叶橐吾最适生长环境与林夏珍<sup>[9]</sup>等研究的结果不同, 这可能是由于不同地区蹄叶橐吾对环境的适宜程度不同导致的。

### 参考文献

- [1] 刘尚武, 邓德山, 刘建全. 橐吾属的起源、演化和地理分布[J]. 植物分类学报, 1994, 6(2): 514-524.
- [2] 中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 77卷, 北京: 科学出版社, 81-84.
- [3] 张继有, 严仲铠. 长白山植物志[M]. 长春: 吉林人民出版社, 1982: 1217-1218.
- [4] 柏广新, 崔成万, 王永明. 中国长白山野生花卉[M]. 北京: 中国林业出版社, 2003: 180-181.
- [5] 孙明学. 大兴安岭森林植物[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 2006: 928-929.
- [6] 林夏珍, 卢婷. 遮光对蹄叶橐吾形态及光合特性的影响[J]. 中国观赏园艺研究进展, 2008: 363-366.
- [7] 林夏珍, 卢婷. 遮光对窄头橐吾形态及光合特性的影响[J]. 浙江林学院学报, 2008, 25(5): 614-618.
- [8] 杨柏明, 李彦航, 程肖蕊, 等. 蹄叶橐吾的栽培技术[J]. 药源植物, 2002(11): 26.
- [9] 蔡永萍, 李玲, 李合生, 等. 霍山石斛叶片光合速率和叶绿素荧光参数的日变化[J]. 园艺学报, 2004, 31(6): 778-783.

- [10] Govidjee. A role for a light-harvesting antenna complex of photosystemII in photo protection[J]. The Plant Cell, 2002(14): 1663-1667.
- [11] 翟玫瑰, 李纪元, 徐迎春, 等. 遮荫对茶花幼苗生长及生理特性的影响[J]. 林业科学研究, 2009, 22(4): 533-537.
- [12] 李军超, 苏陕民. 黄花草耐阴性的初步研究[J]. 生态学报, 1994, 14(4): 123-126.
- [13] 覃凤飞, 沈益新, 周建国, 等. 遮荫条件下9个紫花苜蓿品种苗期形态及生长响应[J]. 草业学报, 2010, 19(3): 204-211.
- [14] 隋益虎, 朱世东, 张子学, 等. 环境因子对春季大棚早熟苋菜营养生长的影响[J]. 草业学报, 2007, 16(2): 46-52.
- [15] 杨志民, 陈煜, 韩烈保, 等. 不同光照对高羊茅形态和生理指标的影响[J]. 草业学报, 2007, 16(6): 23-29.
- [16] 刘闯, 胡庭兴, 李强. 巨桉林草间作模式中牧草光合生理生态适应性研究[J]. 草业学报, 2008, 17(1): 58-65.
- [17] 夏汉平, 蔡锡安, 彭彩霞. 5种爬藤植物垂直绿化的效果比较[J]. 草业学报, 2007, 16(3): 93-100.
- [18] 高鹤, 宗俊勤, 陈静波, 等. 7种优良观赏草光合生理日变化及光响应特征变化[J]. 草业学报, 2010, 19(4): 87-93.
- [19] 王瑞, 丁爱萍, 杜林峰, 等. 遮荫对12种阴生园林植物光合特性的影响[J]. 华中农业大学, 2010, 29(3): 369-374.
- [20] 钟泰林, 李根有, 石柏林. 遮荫对南五味子光合特性的影响[J]. 中草药, 2009, 40(3): 466-469.
- [21] 牟会荣, 姜东, 戴廷波, 等. 遮荫对小麦旗叶光合及叶绿素荧光特性的影响[J]. 中国农业科学, 2008, 41(2): 599-606.
- [22] 李霞, 焦德茂. 超级杂交稻“两优培九”的光合生理特性[J]. 江苏农业学报, 2002, 18(1): 9-13.

## Study on Light-adapted of Variations of Three *Ligularia* Cass in Long White

ZHAO Guo-yu, DONG Ran, WANG Shou-hai, ZHUANG Qian-qian

(Department of Horticulture, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118)

**Abstract:** Taking *L. fischeri*, *L. jaluensis* Kom, *L. intermedia* Nakai as material, morphological indexes and the pigment content, net photosynthetic rate, and chlorophyll fluorescence of leaf under different shading treatments (0%, 50%, 70%) were investigated. The results showed that the pigment content, net photosynthetic rate, photosynthetic rate of daily average, conversion efficiency of primary light energy ( $F_v/F_m$ ) of PSII and photochemical quenching coefficient ( $qP$ ) were enhanced of treatments with shading degree at 50% of *L. jaluensis* Kom and *L. intermedia* Nakai and 70% shading treatments of *L. fischeri*, but the non-photochemical quenching coefficient ( $NPQ$ ) was decreased behind shading. Conclusion that *L. jaluensis* Kom and *L. intermedia* Nakai could adapt to treatments with shading degree at 50%, *L. fischeri* could adapt to treatments with shading degree at 70%, three variations of *Ligularia* Cass of shade plant, *L. fischeri* No. 1, *L. jaluensis* Kom and *L. intermedia* Nakai were poor than its.

**Key words:** *Ligularia* Cass; shading; chlorophyll fluorescence; shade tolerance