

# 大豆植株对单侧遮阴的形态响应特征

杨明颜, 陈慧欢, 孙 歆\*, 杨文钰\*

(四川农业大学农学院/农业部西南作物生理生态与耕作重点实验室, 四川 成都, 611130)

**摘要:** 为了解大豆对带状复合种植体系中植株两侧不同强度光照的形态响应特征, 用遮阳网对套作主推大豆品种南豆 12 植株分别进行单侧和全株遮阴, 测定遮阴 0、10、20 和 30d 时的主茎长、茎粗、主茎节数、叶面积、比叶面积和生物量积累相关指标的变化。结果显示, 与正常光照相比, 单侧及全株遮阴均使大豆植株的主茎明显伸长, 茎粗减小, 主茎节数明显减少。单侧遮阴后, 大豆叶面积和比叶面积明显增大, 且遮阴侧的比叶面积显著大于不遮阴的一侧, 但都小于全株遮阴。单侧遮阴还造成大豆植株地上部分生物量、茎生物量、叶片及叶柄生物量均显著减小, 且生物量在遮阴侧的减小幅度要大于不遮阴的一侧, 但都小于全株遮阴。从结果可以看出, 单侧遮阴会引起大豆植株明显的适应性反应, 包括遮阴的一侧和不遮阴的一侧。单侧遮阴下, 大豆植株未遮阴的一侧会补偿遮阴一侧的生长, 表现出对两侧不同光环境的整体适应。

**关键词:** 大豆; 单侧遮阴; 形态特征; 生物量

**中图分类号:** S565.101 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9084(2017)01-0060-05

## Morphological response of soybean plants to unilateral shade

YANG Ming-yan, CHEN Hui-huan, SUN Xin\*, YANG Wen-yu\*

(College of Agronomy/Key Laboratory of Crop Eco-physiology and Farming System in Southwest China (Ministry of Agriculture), Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China)

**Abstract:** In order to explore the morphological response of strip cropped soybean to different light environment on two sides, soybean cultivar Nandou 12 were shaded with shade net by one side and both sides, respectively. Main stem length, stem diameter, pitch number of stems, leaf area, specific leaf area and biomass accumulation were measured at the 0, 10<sup>th</sup>, 20<sup>th</sup>, and 30<sup>th</sup> days after shade. Results showed that elongation, thinness, and pitch number of main stems of soybean significantly decreased under unilateral shade and bilateral shade. After unilateral shade treatment, the leaf area of soybean significantly increased, so did the specific leaf area. Moreover, the specific leaf area on shaded side was larger than that on non-shaded side, but both smaller than that of bilateral shaded plants. Besides, unilateral shade treatment also caused the decline of biomass of plant, stem, leaf and petiole. And the biomass on shaded side decreased more than that on the non-shaded side, but less than that of bilateral shaded plants. In conclusion, the shade responses could be found in soybean under unilateral shade treatment, on both shaded and non-shaded side. The non-shaded side of unilateral shade treated plants displayed a compensatory effect on morphology of the shaded side, showing an overall adaption to different light environment on two sides of the plant.

**Key words:** soybean; unilateral shade; morphological characteristics; biomass

近年来, 玉米-大豆带状复合种植模式在我国大面积推广, 扩大了大豆种植面积, 一定程度上缓解

了我国大豆产量不足的现状, 该种植模式已成为振兴我国大豆产业的新途径之一。但是在带状间套作

收稿日期: 2016-06-22

基金项目: 国家自然科学基金(31371555)

作者简介: 杨明颜(1991-), 女, 四川什邡, 研究生, 主要从事大豆光合生理研究, E-mail: 398130872@qq.com

\* 通讯作者: 孙 歆, 男, 副教授, 主要从事大豆栽培生理研究, E-mail: sunxin@sicau.edu.cn

杨文钰, 男, 教授, 主要从事大豆高产优质高效栽培技术研究, E-mail: mssiyangwy@sicau.edu.cn

模式下,高位作物玉米对低位的大豆会产生明显遮阴,成为限制间套作大豆生长发育、成熟结实的重要因素之一。遮阴条件下大豆植株生长会表现出明显的适应性反应,如主茎长增加、茎粗减小、分枝数减少<sup>[1~3]</sup>,叶片变薄、比叶重降低<sup>[3~5]</sup>,叶片解剖结构发生变化<sup>[3]</sup>,植株生物量积累和分配比例发生变化<sup>[4,5]</sup>。但与通常的遮阴不同,玉米-大豆带状复合种植模式采用宽窄行配置,玉米宽行之间种植两行大豆,这导致大豆植株两侧的光环境存在明显的差异,靠近玉米的一侧受到明显遮阴,而另一侧光照条件较好。已有的针对间套作大豆的研究多未考虑植株两侧光环境的差异,大豆植株在两侧不同光环境下的生长特征的差异有待于进一步研究。

本研究利用遮阳网对大豆植株进行单侧遮阴,对照不遮阴及全株遮阴的植株,考察单侧遮阴下大豆植株的形态变化,分析大豆对单侧遮阴的响应特征,以期从新的角度了解间套作大豆的生长规律,为进一步发展间套作大豆生产提供必要的理论基础。

## 1 材料与试验方法

### 1.1 材料与试验设计

大豆品种为南豆 12,由南充市农业科学研究所提供。

试验采用盆栽种植方式,大豆在正常光照条件下生长至具 4 片(两侧各两片)完全展开复叶时,设置 3 个光照处理,分别是:1) 植株继续处于正常光照(normal light, NL)下生长;2) 对植株进行单侧遮阴(unilateral shade, US);3) 对植株进行全株遮阴(bilateral shade, BS)。盆栽土壤在装盆之前进行混匀,保证各盆土壤条件一致,土壤含全氮  $1.78\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,全磷  $0.89\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,全钾  $24.8\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。播种前每盆施用  $0.75\text{ g}$  尿素、 $6.0\text{ g}$  过磷酸钙和  $0.6\text{ g}$  氯化钾。各处理中植株奇数片复叶的一侧记为 A,偶数

片复叶的一侧记为 B,即:NL 中 A、B 两侧均处于正常光照下;US 中对 A 侧进行遮阴,B 侧处于正常光照下;BS 中 A、B 两侧叶片均处于遮阴条件下。遮阴均用钢架和黑色遮阳网完成,处理前对设施遮阴度进行测定,控制各处理的透光率一致,维持在 40% 左右。

### 1.2 测定项目与方法

试验共取样测定 4 次,时间分别是处理后的 0d、10d、20d 与 30d。每次取样时,每个处理取 5 株用于测定植株形态和生物量积累。

1.2.1 植株形态 用刻度尺和游标卡尺分别测量每株大豆主茎长度(从土面至茎顶端)和第 1 节的茎粗。叶面积采用打孔法测定。单位重量叶面积即为比叶面积,采用打孔称重法测定。

1.2.2 生物量积累 将大豆植株的主茎、两侧叶柄及两侧叶片分别装入牛皮纸袋,  $105^{\circ}\text{C}$  杀青 1h,  $80^{\circ}\text{C}$  烘干至恒重,称重得出各处理主茎、两侧叶片与两侧叶柄生物量<sup>[6]</sup>。总和即为植株地上部分生物量,即植株生物量 = 主茎生物量 + 两侧叶片生物量 + 两侧叶柄生物量。

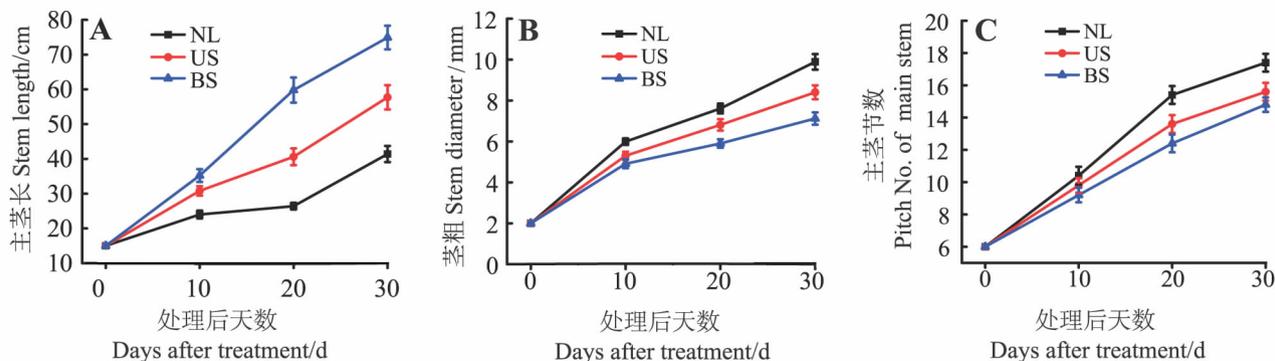
### 1.3 数据处理

使用 Microsoft Office Excel 2007、IBM SPSS Statistics 19.0 进行数据分析,Systat Sigmaplot 12.5 进行绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 单侧遮阴对大豆茎的影响

与正常光照(NL)相比,单侧遮阴(US)下大豆主茎明显伸长,茎粗明显减小,但主茎长增加幅度和茎粗减小幅度明显小于全株双侧遮阴(BS)处理(图 1A 和图 1B)。另外,US 和 BS 下大豆的主茎节数明显减少(图 1C)。由此可见,遮阴后大豆主茎的伸长不是因为节数增加,而是由于节间伸长造成的。



注:NL、US、BS 分别指正常光照、单侧遮阴和双侧遮阴。下同

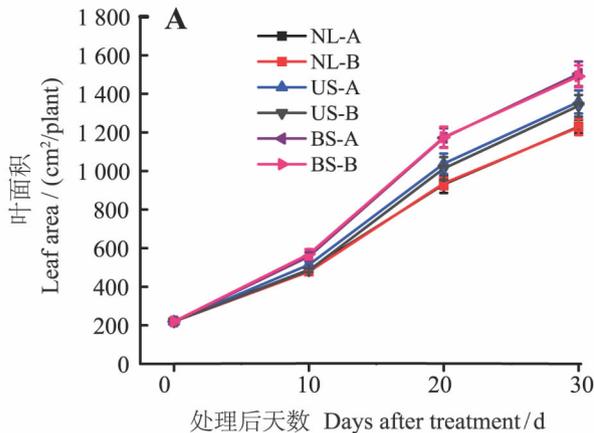
Note:NL,US and BS indicate normal light, unilateral shade and bilateral shade, respectively. Same as below

图 1 遮阴条件下大豆主茎长、茎粗和主茎节数

Fig.1 Soybean stem length, diameter and pitch number of stems under shade

## 2.2 单侧遮阴对大豆叶面积和比叶面积的影响

与正常光照下相比,遮阴后大豆叶面积明显增大。US 下两侧叶面积均显著大于 NL,但都小于 BS。而在 NL、US 和 BS 三种处理下,大豆植株两侧叶片的叶面积均未表现出显著差异(图 2A)。遮阴还明显提高了大豆叶片的比叶面积。US 下两侧叶片的比叶面积均显著大于 NL,但都小于 BS。同时,



注: -A, -B 分别为植株两侧,其中 US 处理中,A 侧为遮阴,B 侧正常光照

Note: -A and -B indicate both sides of the plant. In unilateral shade treatment (US), -A is the shaded side, -B is non-shaded side

图 2 遮阴条件下大豆两侧叶面积和比叶面积

Fig. 2 Soybean leaf area and specific leaf area under shade

## 2.3 单侧遮阴对大豆生物量积累的影响

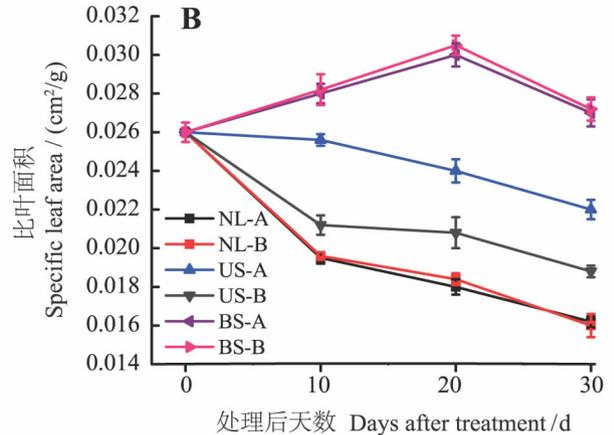
与正常光照下相比,遮阴后大豆植株、茎秆、叶片和叶柄生物量都显著减小,且 US 下减小幅度显著小于 BS(图 3)。NL 和 BS 处理下,大豆两侧的生物量积累差异不大。但是,US 下两侧叶片和叶柄生物量积累都表现出显著差异,特别是到了遮阴后期,US - A 的叶片和叶柄生物量均小于 US - B(图 3C 和图 3D)。同时,可以看到,US - A 的叶片和叶柄生物量大于 BS;而 US - B 的叶片和叶柄生物量小于 NL(图 3C 和图 3D)。由此可见,遮阴会明显干扰大豆的生长。而单侧遮阴下,未遮阴的一侧会补偿遮阴一侧的生长,使遮阴的影响得到一定程度的缓解。

## 3 讨论

光是植物赖以生存的重要环境因子,也是影响作物产量形成的重要因素之一。而很多植物在生长过程中都会受到周围环境的遮蔽。在荫蔽的环境中,植物能通过改变形态结构和调整生物量积累来适应环境<sup>[7,8]</sup>。

前人研究表明,植物在受到荫蔽时,会表现出主茎伸长,茎秆纤细等性状<sup>[9,10]</sup>,同时,叶片变薄,叶面积增加<sup>[11,12]</sup>,叶片解剖结构中海绵组织比例增

加,叶绿体数目增加<sup>[9,13]</sup>。李瑞在对大豆幼苗进行不同程度遮阴处理后发现,大豆幼苗的株高和第一分枝高明显增加,茎粗则明显减小。叶片叶面积明显增大,而比叶重明显减小<sup>[14]</sup>。与之相似,本研究发现,单侧或全株遮阴后,大豆植株都表现出主茎明显伸长,茎粗减小且主茎节数减少(图 1)的性状。这表明大豆的生长在遮阴下发生了明显的避阴反应,并且节间伸长是导致大豆植株高度在遮阴下增加的主要原因。本研究还发现,单侧遮阴会使大豆两侧叶片的叶面积和比叶面积较正常光照下都明显增加(图 2),这有利于植株受光面积的增大,适应遮阴环境。需要注意的是,不遮阴的一侧虽然有充足的光照,但也表现出了对遮阴的适应性反应;而遮阴一侧叶面积和比叶面积的增加却明显不及全株遮阴的植株(图 2)。说明遮阴的一侧和不遮阴的一侧之间存在相互的影响,大豆植株对遮阴的适应性反应是整体性的。另外,从结果还能看出,虽然遮阴一侧叶片的叶面积与不遮阴的一侧差异不大,但比叶面积却明显增大。这说明遮阴一侧的反应明显强于不遮阴的一侧。



在荫蔽环境中,植株会对生物量积累及分配进行调整<sup>[15-17]</sup>。在对旱柳(*Salix matsudana*)进行部分枝条遮阴处理后,植株遮阴部分的生长受到明显

抑制,生物量明显降低;而光照部分的生长得到促进,生物量增加,叶面积增大,叶片寿命增长<sup>[18,19]</sup>。

辐射松(*Pinus radiata* D. Don)在部分冠层遮阴时,遮阴部分叶片严重脱落,而光照部分的分枝数明显

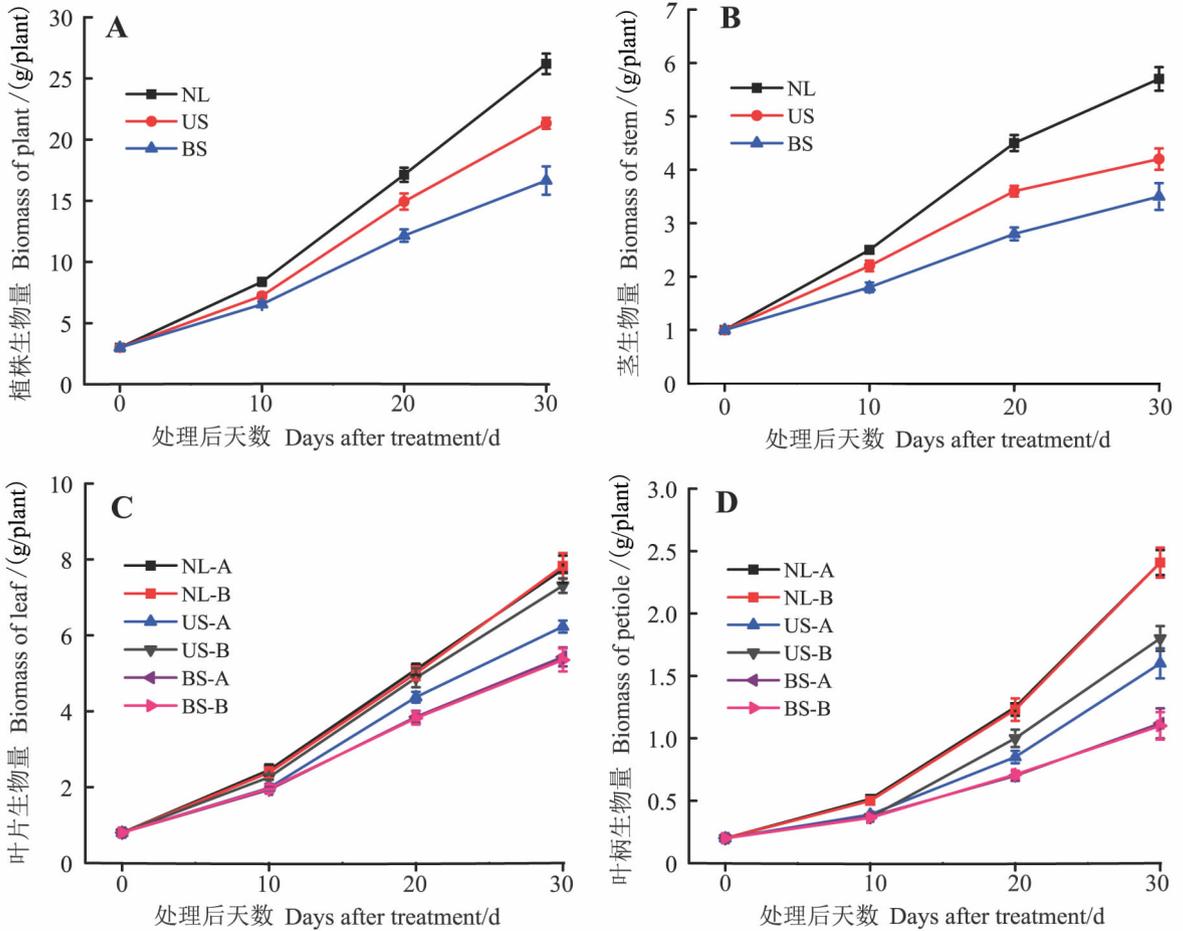


图3 遮阴条件下大豆植株、茎、叶片与叶柄的生物量  
Fig. 3 Biomass of soybean plant, stems, leaves and petioles under shade

增加,叶面积明显变大<sup>[20]</sup>。本研究发现,单侧遮阴后,大豆的叶片、茎秆、叶柄和植株生物量都明显下降,但降低幅度明显小于全株遮阴。并且遮阴一侧的叶片和叶柄生物量要小于不遮阴的一侧(图3),推测可能与遮阴一侧光合作用受限,光合产物减少有关。同时可以看出,不遮阴一侧的生物量小于正常光照下的植株;而遮阴一侧的生物量大于全株遮阴的植株(图3C和图3D)。由此可见,不遮阴的一侧对遮阴一侧的生长存在补偿,可以使遮阴的影响得到一定程度的缓解,这与以上的结果(图1和图2)也是相符的。

#### 4 结论

单侧遮阴下,大豆植株会出现明显的适应性反应,包括茎伸长、叶片变薄等,但反应程度不及全株遮阴的植株。并且,大豆植株的形态响应在光照条件不同的两侧存在明显差异。遮阴一侧的反应明显

强于不遮阴的一侧,但不及全株遮阴;而不遮阴的一侧虽然处在充足的光照下,也会表现出对遮阴的反应。这些结果表明大豆植株对遮阴的适应性反应是整体性的,不遮阴的一侧会对遮阴一侧产生响应,进而对遮阴一侧进行补偿,在一定程度上缓解遮阴对植株生长的影响。

#### 参考文献:

[1] Yang F, Huang S, Gao R. Growth of soybean seedlings in relay strip intercropping system in relation to light quantity and red:far - red ratio [J]. Field Crops Research, 2014, 155: 245 - 253.  
[2] 于晓波,张明荣,吴海英. 净套作下不同耐荫性大豆品种农艺性状及产量分布的研究[J]. 大豆科学, 2012, 35(5): 757 - 761.  
[3] 王竹,杨文钰,伍晓燕. 玉米株型和幅宽对套作大豆初花期形态建成及产量的影响[J]. 应用生态学报, 2008, 19(2): 323 - 329.

- [4] 陈圣伦. 玉/豆套作模式的群体配置技术及其对大豆的效应研究[D]. 成都:四川农业大学,2008.
- [5] 张正翼. 不同密度和田间配置对套作大豆产量和品质的影响[D]. 成都:四川农业大学,2008.
- [6] 崔亮,苏本营,杨峰. 不同玉米-大豆带状套作组合条件下光合有效辐射强度分布特征对大豆光合特性和产量的影响[J]. 中国农业科学,2014,47(8):1489-1501.
- [7] Motas F S, Wolfgramm R, Goncalves F V, et al. Phenotypic plasticity in response to light in the coffee tree[J]. Environmental and Experimental Botany,2009,67:421-427.
- [8] Fernando V, Ülo N. Shade tolerance, a key plant feature of complex nature and consequences[J]. Annual Review of Ecology, Evolution & Systematics,2008,39:237-257.
- [9] Deng Y M, Shao Q S, Li C C. Differential responses of double petal and multi petal jasmine to shading:II. Morphology, anatomy and physiology[J]. Scientia Horticulturae,2012,144:19-28.
- [10] Li H W, Jiang D, Bernd W. Effects of shading on morphology, physiology and grain yield of winter wheat[J]. European Journal of Agronomy,2010,33(4):267-275.
- [11] Yoshiyuki M, Shirasa T, Kihachiro K. The light environment, morphology and growth of the early successional tree species *Litsea citriodora*[J]. Forest Ecology and Management,2006,236(2-3):251-258.
- [12] Azevedo G F C, Marengo R. A. Growth and physiological changes in saplings of *Minquartia guianensis* and *Swietenia macrophylla* during acclimation to full sunlight[J]. Photosynthetica,2012,50(1):86-94.
- [13] Deng Y M, Shao Q S, Li C C. Differential responses of double petal and multi petal jasmine to shading: I. Photosynthetic characteristics and chloroplast ultrastructure[J]. Plant Physiology and Biochemistry,2012,55:93-102.
- [14] 李瑞. 不同遮阴下大豆幼苗光合特性研究[D]. 成都:四川农业大学,2014.
- [15] Li L, Li X Y, Xu X W. Assimilative branches and leaves of the desert plant *Alhagi sparsifolia* Shap. possesses a different adaptation mechanism to shade[J]. Plant Physiology and Biochemistry,2014,74:239-245.
- [16] 王俊峰,冯玉龙. 光强对两种入侵植物生物量分配、叶片形态和相对生长速率的影响[J]. 植物生态学报,2004,28(6):781-786.
- [17] Peter S, Christina L, Michael B. Biomass allocation to roots and shoots is more sensitive to shade and drought in European beech than in Norway spruce seedlings[J]. Forest Ecology and Management,2012,266:246-253.
- [18] 何维明,董鸣. 异质光环境中旱柳的光截取和利用反应[J]. 林业科学,2002,38(3):7-13.
- [19] 何维明,董鸣. 毛乌素沙地旱柳生长和生理特征对遮荫的反应[J]. 应用生态学报,2003,14(2):175-178.
- [20] Walcroft A S, Whitehead D, Kelliher F M. The effects of long-term, partial shading on growth and photosynthesis in *Pinus radiata* D. Don trees[J]. Forest Ecology and Management,2002,163(1-3):151-163.

(责任编辑:王丽芳)