

# 苗期遮荫对大豆茎秆形态和物质积累的影响

吴其林,王 竹,杨文钰

(四川农业大学农学院,雅安 625014)

**摘要** 麦/玉/豆套作模式下,玉米的株型直接关系着低层大豆前期生长的荫蔽程度。采用室外盆栽模拟试验,设置遮荫 35%、45%、55% 三个处理,以不遮荫为对照,研究了苗期不同遮荫程度对大豆茎秆形态和物质积累的影响。结果表明,遮荫 35% 可能是贡选 1 号盆栽条件下茎正常生长的临界光强。苗期遮荫程度越大,干物质在茎中的积累速率越快,向茎中的分配比例越大,但基部节间(子叶节、基部第一节、基部第二节)单位干重增长越慢。V9 期恢复自然光照后,苗期遮荫的影响逐渐减弱,干物质在茎中的积累速率及在茎中的分配比例、基部节间单位干重增长速率均逐渐恢复到对照水平,且子叶节、第一节单位干重的增长在 R4 ~ R6 期出现补偿效应。在苗期遮荫条件下,茎粗、茎干重、茎(主茎、基部节间)单位干重、主茎纤维素含量与倒伏率显著负相关,主茎木质素含量与倒伏率极显著负相关。可见,苗期遮荫显著影响了大豆茎秆的形态发育和物质积累,荫蔽程度小,大豆茎秆发育良好,不易倒伏。在实际生产中,应选择株型较为紧凑的玉米品种,以减缓大豆生长过程中的弱光胁迫。

**关键词** 大豆;苗期遮荫;茎;形态建成;物质积累

**中图分类号** S565.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-9841(2007)06-0868-05

## SEEDLING SHADING AFFECTS MORPHOGENESIS AND SUBSTANCE ACCUMULATION OF STEM IN SOYBEAN

WU Qi-lin, WANG Zhu, YANG Wen-yu

(College of Agronomy, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014)

**Abstract** The plant-type of maize shows direct relation with the early growth of soybean under wheat/maize/soybean relay-cropping pattern. The effects of seedling shading (0, 35%, 45%, 55% shading) on morphogenesis and substance accumulation of soybean's stem were studied by the outdoor simulation pot experiment. The results showed that 35% shading maybe the critical light intensity to maintain the growth of stem for Gongxuan 1. The larger the shading intensity, the more greatly the dry matter partitioned to stem, but the weight per unit length of basal internodes (cytledon node, first internode and second internode) increased slowly. When transferred to natural light after V9 stage, the effects of seedling shading became insignificant. The accumulation rate and distributive rate of dry matter in stem and the increase of the weight per unit length of basal internodes returned to the level of check. And the weight per unit length of cytledon

收稿日期:2007-05-10

基金项目:四川省教育厅重点项目(2005A010)

作者简介:吴其林(1984-),女,硕士,主要从事大豆生理生态研究。E-mail:qilin1252000@yahoo.com.cn

通讯作者:杨文钰,教授,博士生导师。Tel: 0835-2882612; E-mail:wenyu.yang@263.net

node and the first internode increased rapidly during the period of R4 ~ R6 stage, resulting in compensation effect. After seedling shading, stem diameter, stem dry weight, stem (main stem and basal internodes) weight per unit length and the content of cellulose in main stem showed significant negative correlation with lodging rate at 5% level, and the content of lignin in main stem at 1% level. In conclusion, lower seedling shading intensity is benefit for the growth and lodging resistance of soybean's stem. Hence, the upright-leaf maize should be chosen to reduce the shading stress on soybean in production.

**Key words** Soybean; Seedling shading; Stem; Morphogenesis; Dry matter accumulation

西南地区大豆主要采用间套作种植方式。在间套作模式中,由于共生期内高秆作物的遮荫作用,作物带内光照分布不均匀,从而使高层和低层作物间存在光竞争效应<sup>[1]</sup>, Kayhan 等<sup>[2]</sup>对玉米-大豆研究得出,大豆冠层的透光率随着玉米冠层的生长逐渐降低。因此,前作或同作遮荫是影响大豆生长发育、产量和品质形成最主要的因素<sup>[3-5]</sup>。

关于遮荫对大豆茎秆形态的影响,前人已有较多研究。梁镇林<sup>[6]</sup>发现,间作大豆的株高普遍高于单作大豆,陈怀珠<sup>[7]</sup>等发现,间作条件下大豆茎粗变异极显著,主茎节数变异不显著。间作条件下,光照不足,容易引起植株徒长倒伏。关于茎中物质积累与倒伏性的研究仅见 Daren 等<sup>[8]</sup>报导,间作大豆茎中中性洗涤纤维含量比单作低 0.036%,可能是该原因导致了间作大豆倒伏的增加。在套作模式中,遮荫对大豆茎秆形态和物质积累的影响研究较少。

当生长在遮荫条件下的大豆转入自然光照后,由于光强发生改变植株生长必然产生变化,而这些变化的持续效应还缺乏研究。在西南地区玉/豆模式中,玉米的株型直接关系着低层大豆前期生长的荫蔽程度,从而影响其形态建成和物质积累。据此,模拟玉/豆模式下不同株型玉米遮荫对大豆茎秆形态和物质积累的影响,以寻找利于大豆生长的玉米株型配置,为该模式在生产上的推广和应用提供理论指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

室外盆栽试验于 2006 年在四川农业大学科技园进行。供试材料为贡选 1 号,试验用土为壤土,肥力情况为:全氮 0.324%,全磷 0.312%,全钾 1.96%,有机质 3.663%。模拟玉/豆模式下不同玉米株型(紧凑型、半紧凑型、平展型)对大豆的遮荫程度,6 月中旬播种后,利用不同型号遮阳网覆盖在

距盆面 1.6 m 高的支架上,设置遮荫 35% (A1)、45% (A2)、55% (A3) 3 个透光率,以不遮荫 (CK) 为对照,V3 期(3 节期)定苗,每盆留苗 5 株。大豆 V9 期(9 节期)时去除遮阳网(此时为玉/豆模式中玉米的收获期)。每处理设 6 个重复,2 个用于形态调查及倒伏率调查,4 个用于取样。

### 1.2 测定项目与方法

1.2.1 形态指标的调查 从大豆 V3 期开始,每隔 7 d 调查 1 次株高、茎粗。于 R6 期(满粒期)时调查倒伏植株的株数,计算倒伏率(倒伏率 = 倒伏植株株数/大豆总株数 × 100%)。

1.2.2 干物质的测定 分别于 V3、V9、R2(盛花期)、R4(盛荚期)、R6 期每盆各取 1 株,叶、荚、分枝、主茎、子叶节、基部第一节、第二节及剩余主茎分装,105℃ 杀青 30 min,80℃ 烘干至恒重。称量各器官的干重,计算干物质在茎中的分配比例[ = (分枝干重 + 主茎干重)/全株总干重 × 100% ]。主茎子叶节、基部第一、二节单位节间重(g cm<sup>-1</sup>)由节间干重除以节间长度求得,主茎单位干重由主茎干重除以茎秆长度求得。取 R6 期烘干后的大豆主茎,粉碎后过 100 目筛,用于纤维素和木质素的测定。纤维素测定采用蒽酮法<sup>[9]</sup>,木质素测定采用波钦诺克<sup>[10]</sup>的方法。

### 1.3 数据处理

用 DPS 软件进行统计分析、Microsoft Excel 作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 苗期不同光照强度及光照转换对大豆茎秆形态发育的影响

2.1.1 株高 由图 1 看出,随着生育进程的推进,各遮荫处理株高均极显著地高于 CK,且 A1 > A2 > A3。就株高增长速率而言,V3 ~ V9 期最快,CK 为 0.88 cm d<sup>-1</sup>,A1、A2、A3 分别为 1.97、1.74、1.35 cm d<sup>-1</sup>;恢复自然光照后,各处理间的差异有所减小。

可见大豆茎秆的伸长对光照反应较为敏感。

2.1.2 茎粗 由图2看出,随着生育进程的推进,不同光照处理的茎粗表现为CK>A1>A2>A3。就增长速率而言,V3~V9期最大,处理间差异极显著,CK比A1、A2、A3分别高出14.1%、16.6%、44.4%;恢复自然光照后,A1与CK无显著差异。

2.2 苗期不同光照强度及光照转换对茎中物质积累的影响

2.2.1 茎中干物质的积累和干物质在茎中的分配比例 由图3看出,随着生育进程的推进,茎中干物质的积累量不断增大。从V3到R2期,干物质积累量表现为A3>A2>A1>CK,R2期后则表现出相反趋势:CK>A1>A2>A3。R6期时,CK已极显著高

于A1、A2、A3,分别高出6.4%、25.1%、35.1%。就增长速率而言,V3~R6期各处理间差异极显著,表现为:CK>A1>A2>A3,而V3~R9期、V9~R2期趋势与此相反,R2~R4期、R4~R6期与此相同。

由图4看出,随着生育进程的推进,干物质在茎中的分配比例不断增大,在R2期时达到最大值后下降。R2期前,CK干物质在茎中的分配比例极显著低于遮荫处理,V3时期仅为35.03%,A1、A2、A3达到了43.13%、41.00%、40.11%;V9期差异有所减小,到R2期时,差异已不显著。然后差异逐渐变大,R6期时,CK干物质在茎中的分配比例极显著低于各遮荫处理,仅28.09%,而A1、A2、A3分别为31.32%、31.56%、33.72%。

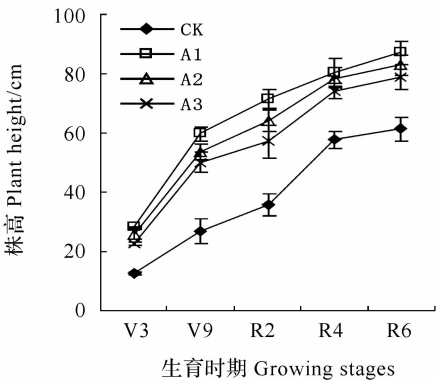


图1 不同光照强度下株高的变化  
Fig.1 Changes of plant height under different light intensities

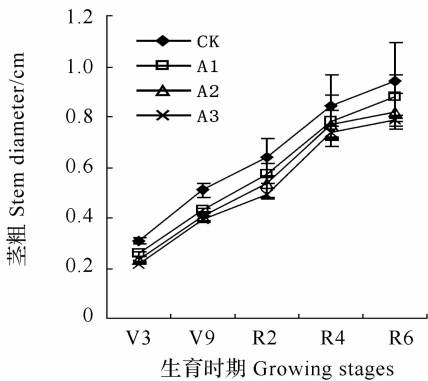


图2 不同光照强度下茎粗的变化  
Fig.2 Changes of stem diameter under different light intensities

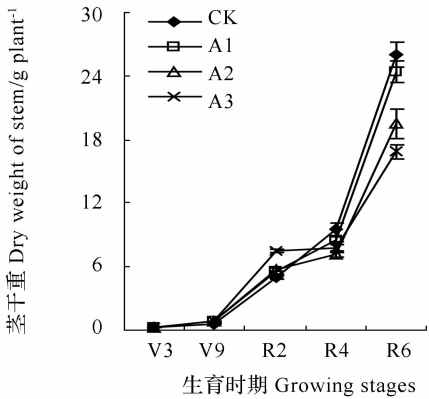


图3 不同光照强度下茎干物质积累的变化  
Fig.3 Changes of dry matter accumulation of stem under different light intensities

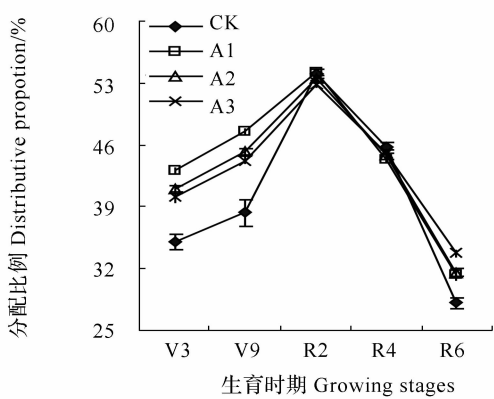


图4 不同光照强度下干物质在茎中分配比例的变化  
Fig.4 Changes of distributive proportion of dry matter in stem under different light intensities

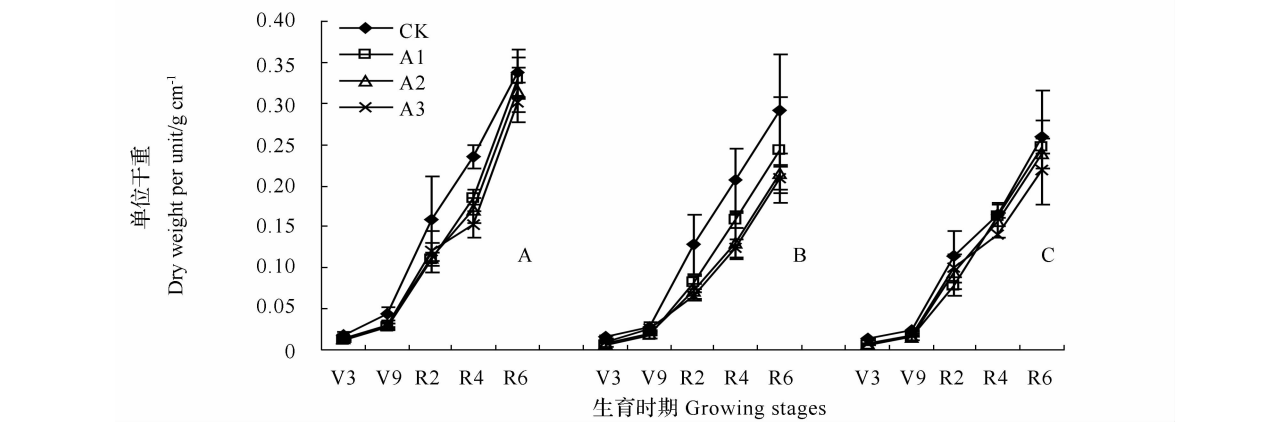
2.2.2 基部节间单位干重 由图5看出,随着生育进程的推进,子叶节、基部第一、二节单位干重不断增加,CK均极显著高于各遮荫处理。就增长速率

而言,V3~V9期最慢,V3~V9、V9~R2、R2~R4、V3~R6期遮荫处理均极显著低于于CK,且A1>A2>A3。遮荫处理的子叶节、基部第一节在R4~

R6 期存在着明显的补偿生长,该时期 A1、A2、A3 子叶节单位干重增长速率比 CK 高出 29.8%、44.3%、45.2%,基部第一节比 CK 高出 11.8%、16.6%、17.0%。而基部第二节未表现出此规律。

2.3 不同光照强度下 R6 期时植株倒伏率与茎秆各性状的相关分析

R6 期时,CK、A1、A2、A3 的倒伏率分别为 0、9.52%、22.53%、33.15%,方差分析结果表明,各处理间差异极显著。由表 1 可看出,除株高外,试验所考察的茎秆各性状均与倒伏率显著负相关,其中茎中木质素含量与倒伏率极显著负相关。



A:子叶节 Cytoledon node;B:基部第一节 First internode;C:基部第二节 Second internode

图 5 不同光照强度下基部节间单位干重的变化

Fig.5 Changes of basal internodes weight per unit length under different light intensities

表 1 R6 期时茎各性状间的相关性

Table 1 Correlation among characters of stem at R6 stage

性状 Traits	倒伏率 L	株高 PL	茎粗 ST	茎干重 SDMW	茎单位 干重 SWP	子叶节 单位干重 CNWP	第一节 单位干重 FIWP	第二节 单位干重 SIWP	茎中纤维 素含量 CCS
株高 PL	0.5149								
茎粗 ST	-0.9851 *	-0.6540							
茎干重 SDMW	-0.9925 *	-0.4347	0.9637						
茎单位干重 SWP	-0.9833 *	-0.6278	0.9946 *	0.9729					
子叶节单位干重 CNWP	-0.9958 *	-0.4346	0.9655	0.9969 *	0.9668				
第一节单位干重 FIWP	-0.9837 *	-0.5647	0.9894 *	0.9880 *	0.9969 *	0.9824			
第二节单位干重 SIWP	-0.9887 *	-0.5038	0.9751	0.9944 *	0.9884 *	0.9858	0.9969 *		
茎中纤维素含量 CCS	-0.9892 *	-0.6347	0.9996 **	0.9690	0.9937 *	0.9718	0.9905 *	0.9447	
茎中木质素含量 LCS	-0.9989 **	-0.5526	0.9915 *	0.9861 *	0.9868 *	0.9906 *	0.9917 *	0.9850 *	0.9946 *

\* 和 \* \* 分别表示在 5% 和 1% 水平上显著。 \* and \* \* indicate significant at 0.05 level and 0.01 probability level, respectively.

L: Lodging rate; PL: Plant height; ST: Stem diameter; SDMW: Stem dry matter weight; SWP: Stem weight per unit length; CNWP: Cytoledon node weight per unit length; FIWP: First internode weight per unit length; SIWP: Second internode weight per unit length; CCS: Cellulose content of stem; LCS: Lignin content of stem. CCS: Cellulose content of stem; LCS: Lignin content of stem.

3 讨论

大豆为喜光作物,全生育期对光照都很敏感。苗期遮光使大豆株高增加<sup>[11-12]</sup>,且光照强度与植株高度呈负相关<sup>[13]</sup>。而本研究得出,遮荫条件下,随着光照强度的减弱植株高度逐渐降低,可能是所选用品种不同的缘故,推测遮荫 35% 可能是该大豆品

种盆栽生长的一个临界光强,过度遮荫反而抑制了植株的生长,与张学权<sup>[14]</sup>的研究中遮荫条件下扁穗牛鞭草的株高生长表现相似。苗期遮荫显著抑制大豆茎粗的生长,且遮荫程度越重茎粗生长越慢,恢复自然光照后,遮荫 35% 的处理随即恢复正常生长,进一步说明遮荫 35% 可能是该品种盆栽生长的一个临界光强。

研究得出,当所处环境光照条件不足时,植株会

加快纵向生长,茎的干物质积累加快,光合产物向茎中的分配比率增大,使茎仍保持一定的生长速度,以减少叶片间的相互遮荫,有利于获取光能。随着遮荫程度的加重,干物质积累越快,光合产物向茎中分配的比例越大,这与黄瓜<sup>[15]</sup>对弱光的反应相同。恢复自然光照后,苗期遮荫的影响逐渐减弱。子叶节、基部第一节在 R4 ~ R6 期存在补偿生长。

倒伏率表现为随遮荫程度的加重逐渐增加。除株高外,本试验所考察的茎各性状均与倒伏率显著负相关。对水稻、小麦的研究表明,植株抗倒伏能力与基部第一、第二伸长节间的单位干重呈正相关<sup>[16-18]</sup>,与茎秆贮藏的干物质含量呈正相关<sup>[16,19]</sup>;对小麦、大麦、豌豆的研究发现,纤维素、木质素含量高有利于植株的抗倒伏<sup>[20-22]</sup>。本结果与前人观点基本一致,还发现主茎中木质素的含量比纤维素对倒伏率的影响更大。

王竹等<sup>[23]</sup>在对该模式的研究中发现,田间透光率是制约大豆生长的主要因素。逢焕成等<sup>[24]</sup>认为,在间套作系统中,作物间既存在光互补又有光竞争,合理的田间配置有利于缓解光竞争矛盾,充分发挥互补效应。结果表明,遮荫程度小,植株茎秆发育良好,不易倒伏。因此在生产中,玉米应选择紧凑株型,使大豆冠层内存在一个良好的透光环境。在两种作物的选择方面,马骥<sup>[3]</sup>等提出玉米宜矮秆,大豆宜耐荫且为有限花序习性品种。因此,玉/豆套作模式中大豆耐荫品种的筛选,将是下一步工作的重点。

## 参 考 文 献

[1] 黄高宝. 集约栽培条件下间套作的光能利用理论发展及其应用[J]. 作物学报, 1999, 25(1): 16-24.

[2] Kayhan Foroutan-pour, Pierre Dutilleul, Donald Smith. Soybean canopy development as affected by population density and intercropping with corn: Fractal analysis in comparison with other quantitative approaches [J]. Crop Science, 1999, 39: 1784-1791.

[3] 马骥, 马淑云, 程寅生, 等. 玉米大豆间作效应分析[J]. 西南农业大学学报, 1994, 22(4): 80-84.

[4] 刘鸿雁, 赵敏, 王有荣, 等. 麦肥地玉米大豆间作不同处理效应研究[J]. 中国农学通报, 2001, 17(3): 41-13.

[5] 梁慕勤, 朱元适, 潘世元, 等. 大豆耐荫性的研究 II. 大豆、玉米间作对蛋白质含量、脂肪酸组分的影响[J]. 贵州农业科学, 1989, 3: 17-21.

[6] 梁镇林. 单间作条件下大豆经济性状的变异及相关分析[J]. 山地农业学报, 1999, 18(5): 277-282.

[7] 陈怀珠, 孙祖东, 杨守臻, 等. 荫庇对大豆主要性状的影响及大豆耐荫性鉴定方法研究初报[J]. 中国油料作物学报, 2003, 25(4): 78-82.

[8] Daren D Redfearn, Dwayne R Buxton, Tom E Devine. Sorghum in tercropping effects on yield, morphology, and quality of forage soybean[J]. Crop Science, 39: 1380-1384.

[9] 王晶英, 敖红, 张杰, 等. 植物生理生化实验技术与方法[M]. 哈尔滨: 东北农业大学出版社, 2003: 16-18.

[10] 波钦诺克. 植物生物化学分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1976: 178-180.

[11] 李初英, 孙祖东, 陈怀珠, 等. 不同遮光胁迫对大豆生长发育进程及形态性状的影响[J]. 中国农学通报, 2006, 22(9): 170-173.

[12] Umezaki T, Yoshida T. Effect of shading on the internode elongation of late maturing soybean[J]. Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University, 1992, 36: 267-272.

[13] Bedhairy T G. Effect of intercropping patterns on soybean growth and photosynthetic apparatus [J]. Journal of Physiological Sciences, 1994, 18(1): 168-178.

[14] 张学权, 胡庭兴, 叶充, 等. 模拟林(竹)种植模式遮荫对扁穗牛鞭草的光合速率、生长的影响及经济效益分析[J]. 草业学报, 2006, 15(2): 54-59.

[15] 王兴银, 张福媛. 弱光对日光温室黄瓜光合产物分配的影响[J]. 中国农业大学学报, 2000, 5(5): 36-41.

[16] 张秋英, 欧阳由男, 戴伟民, 等. 水稻基部伸长节间性状与倒伏相关性分析及 QTL 定位[J]. 作物学报, 2005, 31(6): 712-717.

[17] 李金才, 卫尹君, 魏凤珍. 播种密度对冬小麦茎秆形态特征和抗倒指数的影响[J]. 作物学报, 2005, 1(5): 662-666.

[18] 王勇, 李斯深, 李安飞, 等. 小麦种质抗倒性的评价和抗倒性的相关与通径分析[J]. 西北植物学报, 2000, 20(1): 79-85.

[19] 黄金堂. 二棱大麦茎秆性状与抗倒性关系的研究[J]. 麦类作物学报, 2004, 24(3): 49-52.

[20] 李寒冰, 白克智, 匡廷云, 等. 粗秆高产小麦茎结构特性分析[J]. 植物学报, 2000, 42(12): 1258-1262.

[21] Akira Kokubo, Susumu Kuraishi, Naoki Sakurai. Culm strength of Barley: correlation among maximum bending stress, cell wall dimensions, and cellulose content [J]. Plant Physiology, 1989, 91: 876-882.

[22] Banniza S, Hashemi P, Warkentin T D. et al. The relationships among lodging, stem anatomy, degree of lignification, and resistance to mycosphaerella blight in field pea (Pisum sativum) [J]. Canadian Journal of Botany, 2005, 83(8): 954-967.

[23] 王竹, 杨文钰, 吴其林. 玉/豆套作荫庇对大豆光合特性与产量的影响[J]. 作物学报, 2007, 33(9): 1502-1507.

[24] 逢焕成, 陈阜, 张明亮. 玉米大豆间作复合群体广效应特征研究[J]. 耕作与栽培, 1995, 4: 4-6.