

大豆苗期茎秆相关性状对荫蔽的响应

武晓玲, 谭千军, 陈钊杰, 吴雨珊, 刘卫国, 佘跃辉, 杨文钰

(四川农业大学农学院, 成都 611130)

摘要: 通过设置自然光照和遮荫环境 2 个处理, 对 51 份大豆种质资源的苗期茎秆相关性状进行研究。结果表明: 大豆茎秆相关性状在自然光照和遮荫环境下的变异系数分别为 8.40% ~ 78.06% 和 11.27% ~ 84.68%, 除第 1、2 节节间长度外, 其他各性状在荫蔽环境下的变异系数均高于在自然光照下的变异系数。苗期荫蔽胁迫导致大豆株高、最低分枝高度、各节间长度极显著增加 ($P < 0.01$), 而茎粗、分枝数、主茎节数极显著降低。对 2 种光照环境下的株高指数进行分析发现, 株高指数 IL 以及 I_2 、 I_4 和 I_6 在 2 种光照环境下差异达到显著水平 ($P < 0.05$)。相关分析表明, 在荫蔽环境下, 除第 1 节外, 大豆株高与各节间长度呈显著或极显著正相关, 与主茎节数相关性不显著。通径分析表明, 自然光照下, 第 10(0.752)、11(0.736) 节对株高的正向作用最大, 而在荫蔽环境下, 第 7(0.752)、10(0.732) 节对株高的正向效应较大。在筛选的材料中, 有 6 份材料的株高在 2 种光照环境下差异不显著, 可为套作大豆品种选育奠定基础。

关键词: 大豆; 株高; 节间长度; 主茎节数; 荫蔽

Study on Response of Soybean Stem Characters to Shading at Seedling Stage

WU Xiao-ling, TAN Qian-jun, CHEN Fan-jie, WU Yu-shan,

LIU Wei-guo, SHE Yue-hui, YANG Wen-yu

(College of Agronomy, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130)

Abstract: Stem characters of 51 soybean materials were studied under normal light and shading conditions at seedling stage. The results showed that the coefficient of variation (CV) of soybean materials based on stem characters under normal light and shading were 8.40% - 78.06% and 11.27% - 84.68%, respectively. Except the first and second internode length, CV s for other stem characters under shading condition were higher than that under normal light. Plant height, height of lowest branch and internode length were very significantly raised ($P < 0.01$), while stem diameter, branch number and nodes of main stem were very significantly decreased under shading condition. Plant height index (IL), internode length index (I_2 , I_4 and I_6) were significant between normal light and shading condition ($P < 0.05$). Correlation analysis showed that plant height was significantly positively correlated with every internode length except first internode length, and was not significantly correlated with nodes of main stem under shading exclusion. Path analysis indicated that the positively contribution of tenth, eleventh internode length to plant height was the largest under normal light, and that of seventh, tenth internode length to plant height was the largest under shading condition. Plant heights of six soybean materials were not significantly different in two different light environments. Therefore, these results might play important role in soybean breeding of intercropping system.

Key words: soybean; plant height; internode length; nodes of main stem; shading

收稿日期: 2014-08-12 修回日期: 2014-11-03 网络出版日期: 2015-08-04

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20150804.1327.026.html>

基金项目: 现代农业产业技术体系专项(CARS-04-PS19); 四川省科技厅育种攻关(2011NZ20098-4); 四川农业大学科研兴趣培养计划(04050894)

第一作者主要从事大豆遗传育种研究。E-mail: wuxl2014@163.com

通信作者: 杨文钰, 主要从事大豆栽培生理研究。E-mail: wenyu.yang@263.net

在我国南方,大豆经常与高秆作物(玉米、高粱、甘蔗、木薯等)进行间套作^[1]。带状套作大豆就是在此基础上创新发展而来的,既可充分利用自然资源、培肥地力,又可成倍提高土地产出率,有效增加大豆供给^[2-3]。然而,在带状套作环境下,大豆苗期受高秆作物如玉米的荫蔽较大,大豆株高、节间伸长,茎粗降低,主茎长/茎粗增大^[4-7],而且遮荫程度越大,茎粗降低越明显,导致主茎柔弱,易倒伏,严重影响大豆的产量与品质^[8]。茎秆作为植物地上部的支柱,也是株型的重要组成部分,影响植株的冠层结构和生理生化机能,进而影响植株的抗倒伏能力^[9-12]。多数研究表明大豆株高、主茎节数、茎粗以及分枝数与产量呈正相关^[13-14]。本试验拟通过对不同光照环境下大豆苗期茎秆相关性状的研究,了解荫蔽下大豆苗期主茎节数、茎粗、分枝数、各节间长度与株高的关系以及株高构成指数情况,以期在带状套作下大豆合理株型的选育提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料及设计

试验于2013年在四川雅安进行。选取从四川、云南、贵州、广西、重庆、江苏6个省市搜集的51份大豆种质资源。利用遮阳网(60%遮光度)自大豆播种日开始持续遮荫,模拟玉米大豆带状套作的共生期遮荫。采用两因素裂区设计,主因素为光照,副因素为品种,试验设2个重复。大豆于6月11日播种,每个品种种2行,行长2m,行距0.5m,窝距0.2m,每窝2株。

1.2 试验方法

参照当地玉米大豆带状套作模式中的玉米收获日,于遮荫46d后每份材料取10株调查大豆株高、主茎节数、节间长度、茎粗(第1节粗度)、分枝数、最低分枝高。

1.3 数据分析

为明确不同光照环境下各节间长度对大豆株高的影响程度,采用相对值 $R = \text{节间长度} / \text{株高}$ 。

参照魏燮中等^[15]的方法计算株高指数。株高构成指数(I)为任一节间长度与该节间加其上一节间长度之和的比值:

$$I_L = (L_1 + L_2) / L$$

$$I_N = L_N / (L_N + L_{(N+1)})$$

其中 L 为株高; N 为自下而上节位; L_N 为第 N 节间长度。 I 值是相邻两节间的相对比值。

数据采用SPSS 17.0统计软件进行分析,以及

应用Origin 7.5软件进行绘图。

2 结果与分析

2.1 不同光照环境对大豆茎秆相关性状的影响

在自然光照下,株高的变化在29.6~70.0cm之间,变异系数为19.95%;而在荫蔽条件下,株高较高,变化幅度在48.8~126.6cm之间,变异系数为23.97%;说明不同大豆材料的株高对荫蔽响应差异较大,与自然光照相比,株高在荫蔽环境下增幅最小的为28.07%,增幅最大的达到251.37%。茎秆第1节粗度、分枝数、最低分枝高度在荫蔽环境下的变异系数均高于其在自然光照的变异系数。自然光照下,主茎节数的变化在10.8~15.0个之间,变化系数较小为8.92%;各节间长度的变化范围较大,节间长度最短的为0.3cm,最长的为12.0cm,其中,HL₁、HL₄~HL₈、以及HL₁₅的变异系数均在30%以下,HL₉~HL₁₄的变异系数在31.19%~78.06%之间。荫蔽环境下,主茎节数的变化在7.0~13.0个之间,变异系数为11.27%;节间长度最短的是HL₁₁,只有0.4cm,最长的是HL₇,为36.1cm,各节间长的变异系数也较高,其中,HL₁、HL₂及HL₅的变异系数在30%以下,其余节间长度的变异系数均在30%以上,最高的变异系数达到84.68%(表1)。

由表1可知,自然光照下的株高、最低分枝高度、HL₁~HL₁₂极显著或显著低于荫蔽环境;而茎粗、分枝数、主茎节数在自然光照下则极显著高于荫蔽环境。荫蔽环境下,各材料的主茎节数极显著低于自然光照下的主茎节数,而株高却极显著增加,说明在荫蔽条件下,大豆主要通过增加节间长度来增加株高。

主茎节数是大豆茎秆的重要性状之一,不同光照环境下主茎节数表现不一致,由图1可以看出,自然光照下的节间数较多,荫蔽环境下的节间数较少,其中节间数为7、8个的大豆资源分别只有1份,节间数为13个的大豆资源有2份。不管在自然光照,还是在荫蔽环境下,随着主茎节数的增加,株高也随之相应增加。

对不同光照环境下各节间长度占株高的比值进行分析表明,在2种光照环境下变化趋势表现一致(图2)。各材料第1节节间长度占株高的比值最高,第2节到第5节以及第11节节间长度占株高的比值没有显著差异($P < 0.05$)。而第6节到第11节节间长度占株高的比值在荫蔽环境下要显著高于自然光照下($P < 0.01$)。

表 1 不同光照环境对大豆茎秆相关性状的影响

Table 1 Effects of different light environments on traits of soybean stem

性状 Traits	自然光照 Normal light						荫蔽环境 Shading condition					
	最大值 (cm)	最小值 (cm)	均值 (cm)	标准差	变异幅度 (%)	变异系数 (%)	最大值 (cm)	最小值 (cm)	均值 (cm)	标准差	变异幅度 (%)	变异系数 (%)
	Max.	Min.	Mean	SD	Variability	CV	Max.	Min.	Mean	SD	Variability	CV
HT	70.0	29.6	45.3 a A	9.036	40.40	19.95	126.6	48.8	89.0 b B	21.338	77.80	23.97
HS	6.2	4.0	5.3 a A	0.444	2.19	8.40	4.5	2.2	3.4 b B	0.443	2.29	13.24
BN	4.8	0	2.7 a A	0.881	4.80	33.23	4.3	0	1.8 b B	0.691	4.30	39.49
HB	25.5	5.3	16.5 a A	4.271	20.30	25.83	40.1	12.0	20.5 b B	5.346	28.10	26.12
HN	15.0	10.8	12.6 a A	1.126	4.25	8.92	13.0	7.0	10.6 b B	1.193	6.00	11.27
HL ₁	7.8	3.6	5.9 a A	0.992	4.23	16.76	17.3	7.2	10.2 b B	1.618	10.18	15.84
HL ₂	7.4	1.8	3.2 a A	1.020	5.65	31.94	9.4	1.6	5.9 b B	1.586	7.80	26.89
HL ₃	4.5	1.3	2.7 a A	0.841	3.21	31.71	19.4	2.7	6.2 b B	2.559	16.75	41.59
HL ₄	4.7	1.8	3.0 a A	0.708	2.87	23.96	12.0	2.8	6.9 b B	2.090	9.18	30.12
HL ₅	6.3	2.2	3.7 a A	0.888	4.08	24.15	11.4	4.4	7.6 b B	2.054	6.95	26.96
HL ₆	7.7	2.3	4.1 a A	0.969	5.43	23.65	17.0	2.5	9.1 b B	3.256	14.48	35.69
HL ₇	7.7	0.7	4.1 a A	1.005	6.98	24.34	36.1	3.4	10.5 b B	5.033	32.63	47.92
HL ₈	6.8	0.8	4.1 a A	1.158	6.07	28.60	19.8	0.5	10.0 b B	4.199	19.35	41.97
HL ₉	8.3	1.5	3.8 a A	1.190	6.84	31.19	21.3	0.5	9.9 b B	4.642	20.82	46.72
HL ₁₀	9.7	0.6	3.3 a A	1.453	9.10	43.67	18.7	1.6	8.7 b B	3.930	17.15	45.19
HL ₁₁	6.5	0.5	3.0 a A	1.503	5.94	50.01	20.6	0.4	6.7 b B	4.911	20.18	73.57
HL ₁₂	6.3	0.3	2.6 a A	1.211	5.94	47.20	20.7	0.8	7.1 b A	5.978	19.94	84.68
HL ₁₃	12.0	0.9	3.0 a A	2.363	11.15	78.06						
HL ₁₄	3.9	0.8	2.0 a A	0.853	3.07	42.53						
HL ₁₅	1.5	0.8	1.2 a A	0.279	0.67	23.51						

HT:株高; HS:第 1 节粗度;BN:分枝数;HB:最低分枝高;HN:主茎节数;HLn:每一节间长度,第 1 节间为 1,依次类推,均值后不同大小写字母分别代表在 0.01 和 0.05 水平差异显著,下同

HT: Plant height ,HS: Stem diameter of 1th internode,HN: Nodes of main stem, BN: Branch number; HB: Height of lowest branch, HLn: Internode length, 1th internode is 1, and so on. Values with mean followed by different capital and lowercase letters are significantly different at 0.01 and 0.05 probability level, respectively, the same as below

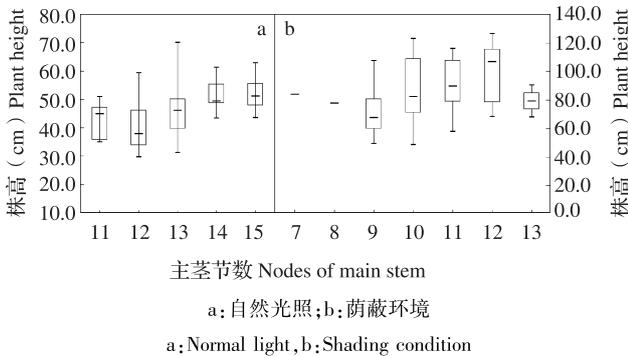


图 1 不同光照环境下主茎节数与株高相关箱式图

Fig. 1 Correlation analysis of nodes of main stem and the plant height in different light environments

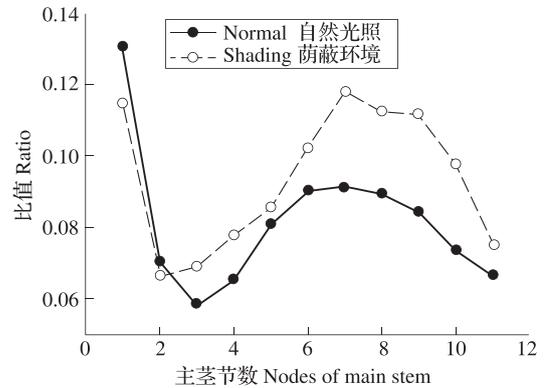


图 2 不同光照环境下各节间长度与株高比值的变化

Fig. 2 The ratio changes of internode length to plant height in different light environments

表 2 不同光照环境下茎秆各性状间的相关性

Table 2 Relationship among soybean stem traits in different light environments

	HT	HS	BN	HB	HN	HL ₁	HL ₂	HL ₃	HL ₄	HL ₅	HL ₆	HL ₇	HL ₈	HL ₉	HL ₁₀	HL ₁₁
HT	1	-0.088	-0.137	0.170	0.231	0.270	0.460**	0.312*	0.604**	0.555**	0.703**	0.587**	0.619**	0.634**	0.667**	0.498**
HS	0.591**	1	0.221	0.240	0.374**	-0.265	-0.008	-0.451**	-0.303**	-0.460	-0.184	-0.101	-0.093	-0.016	-0.095	-0.053
BN	0.145	0.136	1	-0.381**	0.233	-0.298*	-0.201	-0.404**	-0.256	-0.269	0.019	-0.097	-0.013	-0.150	-0.070	-0.188
HB	0.463**	0.218	-0.367**	1	-0.051	0.223	0.298*	0.354*	0.313*	0.079	0.040	0.306*	-0.041	0.148	-0.113	0.139

表2(续)

	HT	HS	BN	HB	HN	HL ₁	HL ₂	HL ₃	HL ₄	HL ₅	HL ₆	HL ₇	HL ₈	HL ₉	HL ₁₀	HL ₁₁
HN	0.453**	0.312*	0.470**	-0.031	1	-0.396**	-0.175	-0.459**	-0.328*	-0.376**	-0.051	-0.245	0.032	0.129	0.063	0.294
HL ₁	0.435**	0.409**	-0.076	0.321*	-0.029	1	0.233	0.660**	0.495**	0.431**	0.336*	0.301*	0.202	0.077	0.230	-0.216
HL ₂	0.265	-0.177	0.098	0.416**	-0.211	0.169	1	0.152	0.470**	0.505**	0.500**	0.321*	0.148	0.241	0.248	0.241
HL ₃	0.419**	0.106	-0.271	0.440**	-0.077	0.228	0.149	1	0.633**	0.406**	0.269	0.361**	0.220	0.224	0.214	0.188
HL ₄	0.369**	0.096	-0.332*	0.418**	-0.439**	0.337*	0.386**	0.565**	1	0.626**	0.589**	0.665**	0.449**	0.160	0.383**	0.116
HL ₅	0.264	0.099	-0.244	0.322*	-0.415**	0.501**	0.405**	0.392**	0.620**	1	0.606**	0.426**	0.450**	0.311*	0.408**	0.145
HL ₆	0.546**	0.408**	-0.126	0.440**	-0.028	0.483**	0.227	0.361**	0.580**	0.403**	1	0.557**	0.410**	0.279	0.396**	0.239
HL ₇	0.602**	0.433**	-0.112	0.319*	0.013	0.391**	0.211	0.224	0.474**	0.385**	0.428**	1	0.426**	0.273	0.448**	0.064
HL ₈	0.720**	0.417**	-0.090	0.575**	0.169	0.435**	0.381**	0.404**	0.346*	0.357*	0.577**	0.331*	1	0.370**	0.312*	-0.250
HL ₉	0.679**	0.472**	0.062	0.198	0.241	0.187	0.006	0.420**	0.360**	0.153	0.219	0.432**	0.263	1	0.317*	0.448*
HL ₁₀	0.747**	0.485**	0.170	0.124	0.404**	0.163	0.003	0.107	0.103	0.006	0.077	0.398**	0.417**	0.642**	1	0.484**
HL ₁₁	0.700**	0.539**	0.292*	0.261	0.630**	0.150	-0.078	0.067	-0.116	-0.186	0.275	0.335*	0.489**	0.321*	0.579**	1

左下角为自然光照下各性状的相关性,右上角为荫蔽环境下各性状的相关性。*和**表示相关性达0.05和0.01显著水平

The correlation coefficients of natural light is on bottom left corner, and that of shading is on top right corner. * and ** mean significant difference at the levels of 0.05 and 0.01, respectively

2.2 不同光照环境下各性状间的相关性分析

由表2可知,通过对2种光照环境下株高、茎粗、分枝数、最低分枝高、主茎节数以及HL₁~HL₁₁进行相关性分析,结果表明,在自然光照下,株高与分枝数、HL₂、HL₅相关性不显著,与茎粗、最低分枝高以及其他节间的长度呈现极显著相关性,其中,与HL₁₀的相关性达到0.747;株高与主茎节数呈极显著正相关,HL₁~HL₆与节间数呈负相关或极显著负相关。在荫蔽环境下,除HL₁以外,株高与其他节间长度呈显著或极显著正相关;株高与茎粗、分枝数、最低分枝高及主茎节数相关性不显著,HL₁~HL₇与主茎节数呈负相关或显著、极显著负相关。

2.3 不同光照环境下株高及节间构成指数分析

株高构成指数是衡量株型结构的重要指标^[15]。通过表3可以看出,除I₄、I₇以及I₉之外,在自然光照下的株高指数以及各节间构成指数值基本都高于在荫蔽环境下的指数值。其中,株高指数IL以及I₂、I₄和I₆在2种光照环境下差异达到显著水平(P<0.05)。株高指数在自然光照下显著高于荫蔽

环境,这可能由于在荫蔽环境下,大豆植株为了获得更多的光照,增加株高,导致第1、2节节间长度占全株比例降低。而I₂和I₆值在自然光照下显著高于其在荫蔽环境,说明在自然光照下,第3节和第7节节间长度要低于第2节和第6节,对降低株高有利。相反,I₄值在荫蔽环境下显著高于自然光照,这可能是由于在荫蔽环境下,大豆尽可能通过调整第5节的节间长度来降低株高。

2.4 不同光照环境大豆节间长度与株高的通径分析

为进一步明确各节间长度对株高的直接效应与间接效应,对其进行通径分析。在自然光照下(表4),各节间长度对株高都是正向效应。其中,HL₁₀对株高的直接正效应最大,为0.374,HL₁₁、HL₆次之。而对株高的间接效应较大的为HL₉(0.490)、HL₁₁(0.455)和HL₁₀(0.378)。从综合作用来看,HL₉、HL₁₀、HL₁₁对株高的正向作用最大。在荫蔽环境下(表5),各节间长度对株高也都是正向效应,从大到小顺序依次为:HL₇>HL₁₀>HL₃>HL₉>HL₁₁>HL₂>HL₈。

表3 不同光照环境下株高及节间构成指数的方差分析

Table 3 Variance analysis of plant height component index

	IL	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅	I ₆	I ₇	I ₈	I ₉
自然光照 Normal light	0.206a	0.653a	0.545a	0.464a	0.446a	0.473a	0.500b	0.510a	0.515a	0.539a
荫蔽环境 Shading condition	0.189b	0.638a	0.497b	0.455a	0.475b	0.462a	0.472a	0.511a	0.510a	0.546a

表 4 自然光照下各节间长度与株高的通径系数

Table 4 Path analysis of nodes length and plant height in natural light

变量 Variable	综合作用 Comprehensive effect	直接作用 Direct effect	间接作用 Indirect effect								合计 Total
			HL ₁	HL ₂	HL ₃	HL ₆	HL ₉	HL ₁₀	HL ₁₁	HL ₁₂	
HL ₁	0.473	0.147		0.024	0.019	0.121	0.033	0.069	0.072	0.013	0.326
HL ₂	0.434	0.152	0.023		0.030	0.073	0.027	0.052	0.041	0.035	0.281
HL ₃	0.379	0.117	0.024	0.039		0.068	0.053	0.038	0.031	0.008	0.261
HL ₆	0.527	0.237	0.075	0.047	0.034		0.022	0.021	0.092	0	0.289
HL ₉	0.666	0.176	0.028	0.024	0.035	0.030		0.252	0.099	0.022	0.490
HL ₁₀	0.752	0.374	0.027	0.021	0.012	0.013	0.119		0.163	0.023	0.378
HL ₁₁	0.736	0.285	0.037	0.022	0.013	0.076	0.066	0.213		0.027	0.455
HL ₁₂	0.322	0.126	-0.015	0.043	0.008	0	0.031	0.068	0.062		0.196

表 5 荫蔽环境下各节间长度与株高的通径系数

Table 5 Path analysis of nodes length and plant height in shading condition

变量 Variable	综合作用 Comprehensive effect	直接作用 Direct effect	间接作用 Indirect effect							合计 Total
			HL ₂	HL ₃	HL ₇	HL ₈	HL ₉	HL ₁₀	HL ₁₁	
HL ₂	0.467	0.241		0.046	0.068	-0.034	0.025	0.050	0.071	0.227
HL ₃	0.541	0.189	0.058		0.141	0.020	0.012	0.065	0.056	0.352
HL ₇	0.752	0.304	0.054	0.088		0.148	0.031	0.110	0.018	0.448
HL ₈	0.377	0.294	-0.028	0.013	0.153		0.011	0.009	-0.075	0.083
HL ₉	0.526	0.158	0.039	0.014	0.059	0.020		0.103	0.132	0.368
HL ₁₀	0.732	0.195	0.062	0.063	0.171	0.014	0.084		0.143	0.537
HL ₁₁	0.498	0.295	0.058	0.036	0.018	-0.075	0.071	0.094		0.203

2.5 不同大豆材料在两种光照环境下株高的表现

通过对不同大豆材料在不同光照下株高的方差分析表明(表 6),在 51 份搜集的材料中,只有 6 份大豆材料的株高在 2 种光照环境下没有显著差异,

株高增幅在 50% 以下,其余 21 份大豆材料的株高在 2 种光照环境下表现为差异显著($P < 0.05$),24 份大豆材料的株高在 2 种光照环境下表现为差异极显著($P < 0.01$)。

表 6 51 份大豆材料在两种光照环境下的株高

Table 6 Plant height of 51 soybean cultivars in different light environments

材料编号 Materials number	自然光照 (cm) Normal light	荫蔽环境 (cm) Shading condition	材料编号 Materials number	自然光照 (cm) Normal light	荫蔽环境 (cm) Shading condition	材料编号 Materials number	自然光照 (cm) Normal light	荫蔽环境 (cm) Shading condition
SC0017	38.2 ± 1.1 aA	58.2 ± 7.9 aA	SC0140	43.5 ± 6.4 aA	78.1 ± 3.3 bA	SC0116	34.9 ± 1.1 aA	122.6 ± 1.6 bB
SC0112	59.3 ± 1.8 aA	84.0 ± 9.3 aA	SC0142	50.9 ± 3.7 aA	71.7 ± 4.5 bA	SC0117	41.4 ± 4.9 aA	109.6 ± 5.3 bB
SC0137	33.5 ± 1.3 aA	49.3 ± 8.7 aA	SC0145	34.9 ± 1.2 aA	59.3 ± 3.3 bA	SC0118	49.3 ± 5.3 aA	110.0 ± 3.3 bB
SC0143	46.5 ± 6.5 aA	63.4 ± 2.3 aA	SC0146	33.7 ± 3.9 aA	75.1 ± 6.0 bA	SC0119	46.9 ± 3.3 aA	107.7 ± 7.0 bB
SC0153	70.0 ± 7.7 aA	92.3 ± 5.1 aA	SC0148	48.5 ± 6.8 aA	97.6 ± 7.1 bA	SC0122	48.1 ± 1.5 aA	107.8 ± 1.3 bB
SC0157	60.7 ± 2.3 aA	77.7 ± 8.6 aA	SC0149	50.6 ± 8.2 aA	109.0 ± 5.7 bA	SC0123	37.6 ± 2.1 aA	85.4 ± 4.1 bB
SC0106	37.9 ± 1.7 aA	62.7 ± 7.8 bA	SC0151	45.8 ± 4.5 aA	78.6 ± 9.1 bA	SC0126	34.4 ± 2.1 aA	73.9 ± 4.6 bB
SC0110	49.7 ± 5.8 aA	87.3 ± 4.3 bA	SC0155	61.4 ± 3.0 aA	117.0 ± 9.9 bA	SC0127	33.8 ± 1.3 aA	72.4 ± 0.2 bB
SC0114	37.6 ± 2.8 aA	64.7 ± 2.8 bA	SC0158	55.9 ± 3.3 aA	86.5 ± 5.6 bA	SC0138	49.3 ± 1.5 aA	90.6 ± 3.9 bB
SC0120	44.8 ± 4.7 aA	93.2 ± 5.7 bA	SC0160	52.2 ± 9.4 aA	106.6 ± 8.4 bA	SC0141	46.2 ± 2.3 aA	78.9 ± 0.3 bB
SC0121	54.8 ± 2.3 aA	108.9 ± 8.7 bA	SC0104	43.4 ± 1.1 aA	68.0 ± 1.4 bB	SC0144	36.3 ± 2.4 aA	87.6 ± 0.4 bB
SC0124	31.3 ± 0.9 aA	77.2 ± 7.7 bA	SC0105	48.2 ± 2.9 aA	78.5 ± 2.3 bB	SC0147	47.5 ± 1.0 aA	112.0 ± 1.0 bB
SC0125	32.6 ± 0.4 aA	68.5 ± 5.4 bA	SC0107	45.0 ± 0.7 aA	86.2 ± 2.8 bB	SC0150	45.4 ± 1.2 aA	91.2 ± 1.3 bB

表6(续)

材料编号	自然光照	荫蔽环境	材料编号	自然光照	荫蔽环境	材料编号	自然光照	荫蔽环境
Materials	(cm)	(cm)	Materials	(cm)	(cm)	Materials	(cm)	(cm)
number	Normal light	Shading	number	Normal light	Shading	number	Normal light	Shading
		condition			condition			condition
SC0128	38.0 ± 0.1 aA	66.8 ± 8.5 bA	SC0108	50.5 ± 4.2 aA	123.1 ± 2.7 bB	SC0152	62.9 ± 0.4 aA	125.8 ± 2.0 bB
SC0129	35.0 ± 3.6 aA	62.8 ± 4.2 bA	SC0111	43.5 ± 3.2 aA	116.2 ± 3.4 bB	SC0154	48.7 ± 0.4 aA	111.5 ± 2.1 bB
SC0130	29.6 ± 0.8 aA	48.8 ± 2.9 bA	SC0113	53.1 ± 1.6 aA	126.6 ± 3.4 bB	SC0156	49.1 ± 1.4 aA	109.2 ± 4.2 bB
SC0139	40.2 ± 0.6 aA	81.2 ± 6.4 bA	SC0115	42.5 ± 1.4 aA	97.1 ± 2.8 bB	SC0159	55.4 ± 2.2 aA	121.7 ± 0.4 bB

3 讨论

不同环境条件对大豆材料茎秆相关性状影响较大。本研究结果表明,大豆材料在2种光照环境下的茎秆相关性状变异较大,说明各性状的变异丰富度较大。整体来看,除HL₁、HL₂在荫蔽环境下的变异系数稍低于自然光照外,其余各性状的变异系数均高于自然光照,说明不同大豆材料除第1、2节间对荫蔽反应不敏感以外,其余性状对荫蔽的响应差异较大。而且不同光照环境下各性状差异均显著,表明荫蔽对茎秆相关性状影响较大。王一等^[6]也认为前期遮荫对大豆主茎形态影响较大。

株高是大豆的重要农艺性状,也是影响抗倒性和产量的主要因素^[16]。套作下,大豆苗期受高秆作物的影响,植株高度比净作下显著增高,倒伏率增加^[17-18]。本研究也发现,荫蔽导致大豆苗期株高显著增加,茎粗显著降低,表现出明显的避荫反应,但不同材料对荫蔽的响应差异显著。在参试的51份材料中,6份材料的株高增加幅度较低,在2种光照环境下差异不显著,对荫蔽的反应不是很敏感。主茎节数和节间长度共同影响植株的高度^[19-20]。本研究发现,主茎节数在荫蔽条件下比其在自然条件下显著减小,说明大豆在荫蔽条件下,株高主要是通过增加节间长度来增加。刘卫国等^[7]研究表明荫蔽对大豆节间数没有影响,但增加了节间长度,这可能是其采用的试验材料只有2份,代表性不是很好,也说明了大豆对荫蔽响应的复杂性。

目前,荫蔽对大豆苗期各节间长度的影响研究较少。刘卫国等^[7]研究表明,不管是耐荫品种还是不耐荫品种,荫蔽迫使大豆茎秆从第4节间开始显著伸长。本研究结果表明,大豆各节间长度在荫蔽环境下都显著高于其在自然光照下,从增加幅度来看,第1、2节间长度的增加幅度低于84.4%,从第3节开始,节间长度的增加幅度均在100%以上,最高达到173%。通过对各节间长度对株高的通径分析发现,大豆植株中部节间对株高的正向效

应较大,而且第6节到第10节的节间长度占整个植株的比值在荫蔽环境下高于自然光照,这可能是这些节间对光照更加敏感,伸长较长,因此可以通过控制大豆中部节间的伸长,降低大豆株高,使其形成合理的冠层分布,降低倒伏率^[9]。

参考文献

- [1] 周新安,年海,杨文钰,等.南方间套作大豆生产发展的现状与对策[J].大豆科技,2010(3):1-2
- [2] 杨文钰,雍太文,任万军,等.发展套作大豆,振兴大豆产业[J].大豆科学,2008,27(1):1-7
- [3] Wang Z, Yang W Y. New soybean planting system in South China hilly ground[J]. Crop Res, 2007, 34(1):35-38
- [4] Franklin K A, Whitelam G C. Phytochromes and shade-avoidance responses in plants[J]. Ann Bot, 2005, 96:169-175
- [5] Liu W G, Jiang T, Zhou X R, et al. Characteristics of expansins in soybean internodes and responses to shade stress[J]. Asian J Crop Sci, 2011, 3(1):26-34
- [6] 王一,杨文钰,张霞,等.不同生育时期遮阴对大豆形态性状和产量的影响[J].作物学报,2013,39(10):1871-1879
- [7] 刘卫国,蒋涛,余跃辉,等.大豆苗期茎秆对荫蔽胁迫响应的生理机制初探[J].中国油料作物学报,2011,33(2):141-146
- [8] 吴其林,王竹,杨文钰.苗期遮荫对大豆茎秆形态和物质积累的影响[J].大豆科学,2007,26(6):868-872
- [9] 富健.大豆茎节间长度的遗传及其与其他性状的关系[J].吉林农业科学,1987(4):17-22
- [10] 杨庆凯.大豆品种抗倒伏能力与产量、植株形态、茎解剖性状的相关分析[J].大豆科学,1986,5(2):113-116
- [11] 刘硕,郭勇,罗玲,等.大豆倒伏性相关QTL的整合及Overview分析[J].植物遗传资源学报,2014,15(1):137-143
- [12] 周蓉,涂赣英,沙爱华,等.大豆种质的倒伏性调查及其相关农艺性状分析[J].大豆科学,2007,12(1):41-44
- [13] 刘卫国,邹俊林,袁晋,等.套作大豆农艺性状研究[J].中国油料作物学报,2014,36(2):219-222
- [14] 胡国玉,李杰坤,黄志平,等.不同结荚习性大豆种质的农艺表现极其与产量的相关分析[J].植物遗传资源学报,2014,15(2):417-422
- [15] 魏曼中,吴兆苏.小麦植株高度的结构分析[J].南京农学院学报,1983(1):14-21
- [16] 向达兵,郭凯,雷婷,等.磷钾营养对套作大豆茎秆形态和抗倒性的影响[J].中国油料作物学报,2010,32(3):395-402
- [17] 于晓波,张明荣,吴海英,等.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,2012,31(5):757-761
- [18] Yang F, Huang S, Gao R C, et al. Growth of soybean seedlings in relay strip intercropping systems in relation to light quantity and red far-red ratio[J]. Field Crop Res, 2014, 155:245-253
- [19] 杜吉到,杜汝军,郑殿峰,等.不同密度下大豆茎部性状生长发育规律的研究[J].黑龙江八一农垦大学学报,2006,18(3):1-4
- [20] 闫昊,王博,刘宝泉.大豆主茎节数、节间长度遗传分析及与株高关系研究[J].大豆科学,2010,29(6):942-947