

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

于晓波^{1,2}, 张明荣¹, 吴海英¹, 杨文钰²

(1. 南充市农业科学院, 四川 南充 637000; 2. 四川农业大学 农学院, 四川 雅安 625014)

摘要: 选用耐荫性不同的3个大豆品种, 研究其在单作和大豆玉米套作条件下的农艺性状及产量分布情况。结果表明, 与单作相比, 套作增加大豆株高和底荚高, 分枝减少, 茎粗减小, 产量降低, 耐荫品种变幅均为最小, 不耐荫品种变幅最大。套作大豆产量垂直方向分布向上移动, 耐荫大豆以20~40 cm产量最高, 20~60 cm产量所占比重最大; 不耐荫品种以40~60 cm产量最高, 且40 cm以上产量所占比重最大。与单作相比, 套作下大豆产量分布向分枝集中, 耐荫大豆分枝产量高于主茎; 不耐荫大豆主茎产量高于分枝, 且主茎产量所占比重明显高于单作。

关键词: 大豆; 耐荫; 套作; 产量分布

中图分类号: S565.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-9841(2012)05-0757-05

Agronomic Characters and Yield Distribution of Different Shade Tolerance Soybean under Monoculture and Relay Strip Intercropping Systems

YU Xiao-bo^{1,2}, ZHANG Ming-rong¹, WU Hai-ying¹, YANG Wen-yu²

(1. Nanchong Institute of Agricultural Sciences, Nanchong 637000, Sichuan; 2. College of Agronomy, Sichuan Agricultural University, Yaan 625014, Sichuan, China)

Abstract: To study the agronomic characters and yield of different soybean varieties under monoculture and relay strip intercropping systems, three different shade tolerance varieties were planted. The results showed that compared with monoculture, the plant height and first pod height increased, the branch numbers and stem diameter decreased in relay-cropping. The variation range of soybean with good shade tolerance was smaller than the sensitive cultivar. The vertical distribution of yield ascended in relay-cropping system, soybean with better shade tolerance had the highest yield in 20-40 cm, and the highest ratio in 20-60 cm. Soybean sensitive to shade had the highest yield in 40-60 cm, and the highest ratio in above 40 cm. The horizontal distribution of yield centralized to the branches, and the yield in the branches of shade tolerant soybean was higher than the stem. In verse, the yield in the stem of shade sensitive soybean was higher than the branches and the ratio of stem yield was higher than monoculture.

Key words: Soybean; Shade tolerance; Relay-cropping; Yield distribution

间套作是一种在时间和空间上实现种植集约化的栽培方式, 能立体而充分地利用空间资源, 提高光能、土壤养分和水分的利用率, 从而提高单位面积的产出效率^[1]。豆科作物与禾本科作物的间套作, 对于粮食生产的可持续性以及粮食安全具有重要意义^[2]。大豆作为豆科作物的代表物种, 常与其它禾本科作物进行间套作^[3-4]。近年来, 发展我国南方套作大豆, 已经成为振兴我国大豆产业的重要途径。

大豆的生长发育主要受遗传基因控制, 同时也受到栽培措施和环境因素的制约。玉/豆套作下大豆作为增效和改善土壤环境的核心作物, 因受到玉米对光照、水分、养分的竞争而处于生长劣势, 生长发育受到严重影响, 造成藤蔓或者倒伏, 分枝和结荚减少, 严重影响了大豆的产量形成^[5]。张正翼^[6]

研究了套作下不同密度和田间配置下的大豆产量, 表明套作适宜密植能提高大豆群体产量, 稀植则能增加单株荚数、粒数和单株产量; 雍太文等^[7]通过调控玉米的播期和密度, 改善玉/豆模式下大豆所处的环境, 影响了大豆产量的垂直分布; 研究表明套作下大豆有效荚数对产量形成的贡献最大, 不同熟期的大豆品种间产量差异显著^[8-10]; 大豆植株结荚和粒重均以上、中层为多, 不同品种和密度下大豆各节位的荚数、粒数和粒重对产量贡献不同^[11-12]。

为此, 本试验选用耐荫性不同的大豆品种, 通过研究不同层高以及主茎和分枝的产量, 探讨套作大豆的产量构成和分布, 为筛选适宜套作的品种, 实现套作大豆高产提供了一定的理论依据。

收稿日期: 2012-05-11

基金项目: 现代大豆产业技术体系专项(CARS-04-CES25)。

第一作者简介: 于晓波(1985-), 男, 在读博士, 研究方向为作物高产优质高效栽培理论与技术。E-mail: bo0524@163.com。

通讯作者: 张明荣(1964-), 男, 研究员, 主要从事大豆育种与栽培研究。E-mail: zhangminron@126.com。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2011 年在四川省南充市农业科学院濛溪试验基地(东经 106°02', 北纬 30°52', 海拔 297 m)进行。试验土壤有机质 21.77 g·kg⁻¹, 全氮 1.47 g·kg⁻¹, 全磷 0.62 g·kg⁻¹, 全钾 27.33 g·kg⁻¹, 速效氮 182.76 mg·kg⁻¹, 速效磷 37.25 mg·kg⁻¹, 速效钾 133.68 mg·kg⁻¹。选用 3 个耐荫性不同的夏大豆中晚熟品种:耐荫性较强的南豆 12(ND)、对荫蔽敏感的华夏 5 号(HX)和中间型桂夏 1 号(GX)。南豆 12 由四川省南充市农业科学院提供, 华夏 5 号由华南农业大学农学院提供, 桂夏 1 号由广西玉米研究所提供。

1.2 试验设计

试验设计采用二因素裂区设计, 3 次重复, 小区长 8 m, 宽 4 m, 小区面积 32 m²。主因素为种植方式:套作、单作;副因素为品种:南豆 12(ND)、桂夏 1 号(GX)、华夏 5 号(HX)。套作大豆与玉米幅宽均为 1 m, 大豆种植 2 行(单作大豆种植 4 行), 行距 0.50 m, 株距 0.38 m, 穴播, 每穴留苗 2 株。套作玉米品种为川单 418(株型半紧凑、株高 2.69 m), 密度为 4.5 万株·hm⁻², 株距 0.45 m, 行距 0.50 m。大豆在玉米吐丝期套种, 玉米收获时大豆处于花期。以 78.2 kg·hm⁻² 尿素、525 kg·hm⁻² P₂O₅、87.5 kg·hm⁻² K₂O 为大豆底肥, 常规田间管理。

1.3 测定项目与方法

于大豆成熟期每小区随机取 10 株进行考种, 测定株高、茎粗、分枝数、主茎节数和结荚高度;调查单株荚数、单株粒数和百粒重等产量构成;调查每 20 cm 株高的单株荚数、单株粒数和单株粒重等产量构成的层高分布;调查主茎和分枝的单株荚数、单株粒数和单株粒重等产量构成的水平分布。

1.4 数据分析

利用 Excel 2003 和 SPSS 17.0 软件进行数据统计分析。用 LSD 法测定差异显著性。

2 结果与分析

2.1 套作对不同耐荫性大豆品种农艺性状的影响

由表 1 可知, 与单作相比, 套作处理下大豆平均茎粗极显著降低, 分枝数极显著减少, 降幅分别为 32.4% 和 25%; 大豆平均株高和底荚高极显著增加, 较单作分别增加 45.8% 和 24.4%。不同种植方式下 3 个品种农艺性状表现不同。单作下, 茎粗 ND 极显著高于 GX, 显著高于 HX, GX 显著高于 HX; 分枝数 ND 极显著高于 GX, 显著高于 HX, HX 显著高于 GX; 品种间株高、主茎节数和底荚高差异不显著。套作下, ND 的茎粗和分枝数均极显著高于 GX 和 HX, 株高和底荚高极显著低于 HX, 显著低于 GX; GX 茎粗极显著高于 HX, 株高和底荚高分别显著和极显著低于 HX。

表 1 不同大豆品种的农艺性状

Table 1 Agronomic characters of different soybean varieties

种植方式 Cropping system	品种 Cultivar	株高 Plant height/cm	底荚高 First pod height/cm	主茎节数 Main stem node No.	分枝数 Branch No.	茎粗 Stem diameter/cm
单作 Monoculture	ND	66.4Aa	18.7Aa	12.4Aa	5.8Aa	8.84Aa
	GX	64.3Aa	20.6Aa	12.8Aa	3.9Bc	8.26ABb
	HX	69.7Aa	19.8Aa	11.7Aa	4.7ABb	7.71Bc
	平均值 Mean	66.8Bb	19.7Bb	12.3Aa	4.8Aa	8.27Aa
套作 Relay intercropping	ND	84.1Bc	20.9Bc	12.9Aa	4.7Aa	6.48Aa
	GX	95.7ABb	23.8Bb	12.5Aa	3.1Bb	5.62Bb
	HX	112.5Aa	27.7Aa	13.4Aa	3.1Bb	4.66Cc
	平均值 Mean	97.4Aa	24.5Aa	12.9Aa	3.6Bb	5.59Bb

同列数值后大小写字母分别表示 1% 和 5% 的显著水平, 下同。

Values in a column followed by capital and lowercase letters represent the significance probability levels at 0.01 and 0.05 level, respectively. The same below.

2.2 套作对大豆产量及其构成的影响

套作极显著降低了大豆单株荚数、单株粒数和单株产量, 降幅分别为 32.47%、37.47% 和 39.29%; 大豆单株粒数和百粒重在套作处理下显著下降, 降幅分别为 6.40% 和 8.94%。

如表 2 所示, 不同种植方式下 3 个品种产量及产量构成表现不同。单作下, 除单株粒数外品种间其它指标差异均不显著。套作下, ND 和 GX 的单株荚数和单株粒数均极显著高于 HX, 且 ND 显著高于 GX; 3 个品种的单株产量差异极显著, 表现为 ND >

GX>HX;ND 和 HX 的单荚粒数显著高于 GX;百粒重表现为 ND 显著高于 GX 和 HX。与单作相比,耐荫性不同品种在套作处理下产量及其产量构成的变化幅度差异明显,其中荫蔽敏感的 HX 单株产量、单株荚数和单株粒数降幅分别达 68.10%、64.84%和 66.32%,而耐荫品种 ND 仅为 19.53%、8.77%和 15.37%。

表 2 不同品种大豆产量及产量构成
Table 2 Yield and its component of different soybean varieties

种植方式 Cropping system	品种 Cultivar	单株荚数 Pod number per plant	单株粒数 Seed number per plant	单荚粒数 Seed number per pod	百粒重 100-seed weight/g	单株产量 Yield per plant/g
单作 Monoculture	ND	84.1Aa	148.3Aa	1.76Aa	18.5Aa	27.44Aa
	GX	84.5Aa	144.2Aa	1.67Ab	17.9Aa	25.82Aa
	HX	87.3Aa	154.4Aa	1.77Aa	17.3Aa	25.77Aa
	平均值 Mean	85.3Aa	149.2Aa	1.72Aa	17.9Aa	26.35Aa
套作 Relay intercropping	ND	76.7Aa	125.5Aa	1.70Aa	17.6Aa	22.08Aa
	GX	65.3Ab	102.8Ab	1.56Ab	15.9Ab	16.65Bb
	HX	33.2Bc	57.3Bc	1.67Aa	15.3Ab	8.22Cc
	平均值 Mean	58.4Bb	94.9Bb	1.63Ab	16.3Ab	15.65Bb

2.3 套作对大豆产量垂直分布的影响
由表 3 可知,除 0~20 cm 外,套作处理显著降低了大豆各层高的单株荚数、单株粒数与单株产量,均以 60 cm 以上降幅最大,分别为 72.5%、77.5% 和 77.6%;其次为 20~40 cm,分别为 32.6%、34.1% 和 44.1%。套作处理改变了各层高的产量分布,荚数、粒数和产量占整株的比重 0~20 和 20~40 cm 无明显变化,而 40~60 cm 较单作明显上升,60 cm 以上的比重则明显下降。

表 3 套作下不同品种大豆产量的垂直分布
Table 3 Vertical yield distribution of different soybean varieties(cm)

种植方式 Cropping system	品种 Cultivar	荚数 Pod number					粒数 Seed number					产量 Yield/g				
		0-20	20-40	40-60	≥60	总计 Total	0-20	20-40	40-60	≥60	总计 Total	0-20	20-40	40-60	≥60	总计 Total
单作 Nonocul- ture	ND	5.4	44.9	27.3	6.5	84.1	7.8	84.2	44.5	11.8	148.3	1.4	16.0	7.8	2.1	27.4
	GX	2.6	46.7	25.2	10.1	84.5	4.6	75.8	46.3	17.9	144.2	0.6	14.3	8.1	2.8	25.8
	HX	3.0	45.1	28.5	10.7	87.3	5.0	74.2	56.0	19.3	154.4	0.9	12.3	9.3	3.4	25.8
	平均值 Mean	3.7Aa	45.5Aa	27.0Aa	9.1Aa	85.3	5.6Aa	78.1Aa	48.9Aa	16.3Aa	149.1	1.0Aa	14.2Aa	8.4Aa	2.8Aa	26.3
	比重 Percent/%	4.3	55.4	29.7	10.6		3.9	54.3	30.8	11.0		3.7	53.9	31.9	10.5	-
套作 Relay intercrop- ping	ND	5.8	43.4	24.3	3.2	76.7	8.5	75.2	36.4	5.4	125.5	1.6	12.6	6.9	1.1	22.1
	GX	1.8	34.9	25.8	2.9	65.3	3.8	56.2	39.7	3.1	102.8	0.6	8.1	7.5	0.5	16.6
	HX	0.4	13.9	15.1	1.4	30.7	0.9	22.9	29.9	2.5	56.3	0.1	3.1	4.7	0.3	8.2
	平均值 Mean	2.7Aa	30.7Bb	21.7Bb	2.5Bb	57.6	4.4Aa	51.4Bb	34.0Bb	3.7Bb	95.5	0.8Aa	7.9Bb	6.3Bb	0.6Bb	15.7
	比重 Percent/%	4.1	53.1	38.5	4.3		4.6	52.1	38.4	3.9		4.8	50.7	40.5	4.0	-

不同大豆品种的产量在各层的分布不同,ND 和 GX 在单作和套作下的荚数、粒数与产量均以 20~40 cm 最高,其次为 40~60 cm;HX 单作下荚数、粒数与产量均以 20~40 cm 最高,而套作下以 40~60 cm 最高。不同品种的产量分布对套作处理的响应不同,ND 各层高的产量占整株的比重没有改变;GX 的 40~60 cm 所占比重增加,60 cm 以上所占比重下降,其余两层无改变;HX 的 0~20、20~40 以及 60 cm 以上所占比重均下降,40~60 cm 所占比重上升明显。

2.4 套作对大豆主茎和分枝产量的影响
套作下大豆主茎和分枝的荚数、粒数和产量均极显著下降,且主茎降幅大于分枝;同时,套作改变了大豆产量在主茎和分枝的分布,套作下大豆主茎产量占整株产量的比重下降,分枝产量所占比重上升(表 4)。这表明套作环境不利于产量的形成,且对主茎上产量形成的抑制大于分枝。

表 4 套作下不同品种大豆的主茎和分枝产量

Table 4 Horizontal yield distribution of different soybean varieties

种植方式 Cropping system	品种 Cultivar	主茎 Main stem		分枝 Branch		主茎 Main stem		分枝 Branch		主茎 Main stem		分枝 Branch	
		荚数	比重	荚数	比重	粒数	比重	粒数	比重	产量	比重	产量	比重
		Pod	Percent	Pod	Percent	Seed	Percent	Seed	Percent	Yield	Percent	Yield	Percent
		number	/%	number	/%	number	/%	number	/%	/g	/%	/g	/%
单作 Monoculture	ND	42.1	48.9	42.0	51.1	74.0	49.9	74.3	50.1	14.0	51.2	13.4	48.8
	GX	42.4	50.2	42.1	49.8	73.5	50.8	71.2	49.2	13.4	50.3	12.4	49.7
	HX	43.8	51.5	42.5	48.5	80.5	52.1	73.9	47.9	13.1	50.9	12.7	49.1
	平均值 Mean	43.4Aa	50.9	41.9Aa	49.1	76.0Aa	50.9	73.1Aa	49.1	13.3Aa	51.9	12.9Aa	48.1
套作 Relay intercropping	ND	30.2Aa	39.4	46.5Aa	60.6	49.8Aa	39.7	75.7Aa	60.3	8.9Aa	40.3	13.2Aa	59.2
	GX	30.5Aa	46.7	34.8Ab	53.3	47.1Aa	46.0	55.4Ab	54.0	8.0Aa	48.0	8.7Bb	52.0
	HX	18.4Bb	59.9	12.3Bc	40.1	30.4Bb	58.5	21.6Bc	41.5	4.9Bb	59.6	3.3Cc	40.4
	平均值 Mean	26.7Bb	46.4	30.9Bb	53.6	41.9Bb	44.9	51.4Bb	55.1	7.0Bb	44.9	8.6Bb	55.1

不同品种大豆产量在主茎和分枝的分布不同。从产量上看,单作下 3 个品种主茎和分枝无显著差异,套作下 ND 和 GX 主茎和分枝的产量均极显著高于 HX;ND 分枝的产量极显著的高于 GX,而主茎的产量差异不显著。从主茎和分枝产量占整株产量的比重看,单作下 3 个品种均表现为主茎高于分枝。套作下 ND 分枝产量所占比重明显高于主茎,且较单作有较大提高;HX 主茎产量所占比重高于分枝,这与单作下表现一致,但其主茎产量所占比重较单作有明显提高。

3 讨 论

光在植物生长中具有特殊作用,除了作为能源用于光合作用,还以环境信号的形式参与植物生长、发育和衰老。大豆为喜光作物,在整个生育期对光照的反应都很敏感。套作下由于高位作物玉米的存在,大豆接收的光强和光质发生改变^[13],影响了大豆的形态建成。刘卫国等^[14]研究表明,荫蔽胁迫使大豆茎秆从第 4 节间开始显著伸长,顶部和基部节间均明显变细;吴其林等^[15]研究表明,套作遮荫下大豆株高增加,茎粗减小,V9 期前随着生育期的推进品种间差异增大。本试验套作处理下大豆茎粗减小,株高和节间长度增加,表现出了明显的避荫反应,但耐荫性不同的大豆品种的变异幅度差异明显。耐荫性大豆品种南豆 12 在套作下节间长度增加和茎粗减小的幅度均明显低于其它品种,并能保证一定的分枝数目,使其在套作荫蔽的环境下不易发生倒伏,保持较好的株型,有利于后期大豆产量形成。

玉/豆模式下群体透光率降低,大豆光合能力减弱,最终导致产量下降。大豆产量由单株荚数、每荚粒数、百粒重等因素构成,这些性状均属于数

量遗传性状,受环境因素影响相对较大。陈怀珠等^[16]通过设置不同的遮光处理模拟间套作的隐蔽条件,结果表明单株荚数、单株粒数和百粒重的变异程度与荫蔽极显著正相关。张正翼等^[10]通过研究 24 份品种(系)套作下的产量和产量构成发现单株荚数对大豆产量影响最大,其次为百粒重和单荚粒数。本试验研究结果表明,套作大豆单株荚数、粒数与百粒重均显著下降,导致单株产量明显降低,这与前人研究一致。耐荫性不同的大豆品种间差异明显,耐荫大豆南豆 12 的各产量构成因素的降幅明显低于其它品种,表明大豆的产量与耐荫性有密切关系。

王连铮等^[17]认为结荚上下均匀、顶部荚数多是高产大豆株型结构的特征;翟云龙等^[18]研究表明随着大豆种植密度的增加,水平方向上主茎产量所占比例逐渐增加,分枝产量逐渐减少;垂直方向上层产量所占比例增加,下层减少。本试验研究发现,套作大豆 20~60 cm 总荚数、粒数和产量所占的比重增加,60 cm 以上则明显降低;从水平分布看,主茎产量所占比例下降,分枝比例上升,与雍太文等^[8]的研究结果一致,而与翟云龙等结果相反,这一方面可能是由于大豆品种类型不同,另一方面也可能是套作的荫蔽程度高于大豆高密度种植的自身荫蔽。耐荫性不同的大豆产量分布表现不同,不耐荫品种大豆产量垂直方向的分布表现为产量上移,水平方向则表现为主茎产量所占比重高;耐荫大豆南豆 12 产量上下分布均匀,分枝产量所占比重高于主茎。

因此,套作大豆应选用株高较矮、主茎较粗、具有较强分枝能力的耐荫品种。在玉米收获后大豆能迅速的进行补偿性生长,充分利用其分枝能力,发挥边际优势,提高产量。同时应注意合理的田间

配置,创造良好的通风透光条件,保证大豆 20 ~ 60 cm花荚的形成与发育,为产量形成奠定基础。

参考文献

- [1] 李隆,李晓林,张福锁. 小麦-大豆间作中小麦对大豆磷吸收的促进作用[J]. 生态学报,2000,20(7):629-633. (Li L, Li X L, Zhang F S. Facilitation of wheat to phosphorus uptake by soybean in the wheat soybean intercropping [J]. Acta Ecologica Sinica, 2000,20(7):629-633.)
- [2] Watson C A, Atkinson D, Gosling P, et al. Managing soil fertility in organic farming systems[J]. Soil Use and Management, 2002, 18: 239-247.
- [3] Ghosh P K, Tripathi A K, Bandyopadhyay K K, et al. Assessment of nutrient competition and nutrient requirement in soybean/sorghum intercropping system[J]. European Journal of Agronomy, 2009, 31(1):43-50.
- [4] Maffei M, Mucciarelli M. Essential oil yield in peppermint/soybean strip intercropping [J]. Field Crops Research, 2003, 84(3): 229-240.
- [5] Franklin K A, Whitelam G C. Phytochromes and shade-avoidance responses in plants[J]. Annals of Botany, 2005, 96(2):169-175.
- [6] 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]. 雅安:四川农业大学,2008:31-35. (Zhang Z Y. Effects of different density and field distribution on yield and quality of relay-cropping soybean [D]. Yaan: Sichuan Agricultural University, 2008:31-35.)
- [7] 雍太文,杨文钰,向达兵,等. 玉/豆套作模式下玉米播期与密度对大豆农艺性状及产量的影响[J]. 大豆科学,2009,28(3):439-444. (Yong T W, Yang W Y, Xiang D B, et al. Effect of maize sowing time and density on the agronomic characters and yield of soybean in relay-planting system of maize and soybean [J]. Soybean Science, 2009, 28(3):439-444.)
- [8] 闫艳红,杨文钰,李兴佐,等. 不同品种及播期对丘区套作大豆产量的影响[J]. 大豆科学,2007,26(4):544-549. (Yan Y H, Yang W Y, Li X Z, et al. Effect of different varieties and sowing dates on the yield of relay-cropping soybean in the mound district [J]. Soybean Science, 2007, 26(4):544-549.)
- [9] 王竹,贺阳冬,杨继芝,等. 套作模式下播期对不同熟性大豆茎叶形态及产量的影响[J]. 河南农业科学,2009(8):40-45. (Wang Z, He Y D, Yang J Z, et al. Effects of different sowing date and maturing cultivars on stem and leaf morphological characters and yield of soybean under relay-cropping system [J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2009(8):40-45.)
- [10] 张正翼,龚万灼,杨文钰,等. 套作模式下不同大豆品种(系)主要农艺性状与产量的关系[J]. 大豆科学,2007,26(5):680-686. (Zhang Z Y, Gong W Z, Yang W Y, et al. Correlation between agronomic characters and yield in relay-planting soybeans [J]. Soybean Science, 2007, 26(5):680-686.)
- [11] 张伟,谢甫绶,宋显军,等. 大豆上部节位叶片生产效率的初步研究[J]. 作物学报,2007,33(5):853-856. (Zhang W, Xie F T, Song X J, et al. Grain productivity from leaves at upper nodes of soybean [J]. Acta Agronomica Sinica, 2007, 33(5):853-856.)
- [12] 李金霞,章建新,刑勇峰,等. 高产春大豆结实性垂直分布规律初步研究[J]. 新疆农业科学,2009,46(3):493-497. (Li J X, Zhang J X, Xing Y F, et al. Preliminary analysis on vertical distribution of fecundity of high-yield spring soybean [J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2009, 46(3):493-497.)
- [13] 刘卫国,宋颖,邹俊林,等. LED灯模拟作物间作套种群体内光环境的设计与应用[J]. 农业工程学报,2011,27(8):288-292. (Liu W G, Song Y, Zou J L, et al. Design and effect of LED simulated illumination environment on intercropping population [J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(8):288-292.)
- [14] 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. (Liu W G, Jiang T, She Y H, et al. Preliminary study on physiological response mechanism of soybean (*Glycine max*) stem to shade stress at seedling stage [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2011, 33(2):141-146.)
- [15] 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. (Wu Q L, Wang Z, Yang W Y. Seedling shading affects morphogenesis and substance accumulation of stem in soybean [J]. Soybean Science, 2007, 26(6):868-872.)
- [16] 陈怀珠,孙祖东,杨守臻,等. 荫蔽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. (Chen H Z, Sun Z D, Yang S Z, et al. Effect of shading on major characters of soybean and preliminary study on the identification method of soybean shade endurance [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2003, 25(4):78-82.)
- [17] 王连铮,王岚,赵荣娟. 优质、高产大豆育种的研究[J]. 大豆科学,2007,26(2):205-211. (Wang L Z, Wang L, Zhao R J. Study in soybean breeding of high quality and high yield [J]. Soybean Science, 2007, 26(2):205-211.)
- [18] 翟云龙,章建新. 密度对超高产春大豆叶粒空间分布的影响研究[J]. 新疆农业科学,2005,42(1):5-8. (Zhai Y L, Zhang J X. Study on the effect of density on the distribution in the space of the leaf and seed of super high-yield spring soybean [J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2005, 42(1):5-8.)