

密度对大豆群体叶面积指数及干物质积累分配的影响

张晓艳,杜吉到,郑殿峰,宋春艳,陆旺,宋丽萍

(黑龙江八一农垦大学 农学院,黑龙江 大庆 163319)

摘 要:在大田条件下,以垦农4号为材料,研究了大豆在5种密度条件下的叶面积指数及干物质积累分配规律。结果表明:叶面积指数在一定密度范围内随密度增加呈增加趋势,R5期叶面积指数主要集中在冠层中上部;干物质阶段积累量、日积累量以及阶段积累量占总积累量的比例,均呈单峰曲线变化。干物质阶段积累量随密度的增加而增加,单株干物质日积累量随密度的增加而降低;单位面积株重、茎重、叶重、叶柄重及荚重均随着密度增加呈增加的趋势,R5期干物重主要集中在冠层中下部,并随着密度的增加干物重的重心有上移的趋势;随种植密度增加,群体内单株的荚数、粒数和粒重逐渐减少。种植密度对叶面指数、干物质积累分配及产量影响显著。种植密度为36万株·hm⁻²时,群体产量最大。

关键词:大豆;叶面积指数;干物质积累;产量

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2011)01-0096-05

Effect of Density on Leaf Area Index, Dry Matter Accumulation and Distribution in Soybean Population

ZHANG Xiao-yan, DU Ji-dao, ZHENG Dian-feng, SONG Chun-yan, LU Wang, SONG Li-ping

(College of Agronomy, Heilongjiang August First Land Reclamation University, Daqing 163319, Heilongjiang, China)

Abstract: Five planting density of Kennong 4 were set, plants were sampled at V4, R1, R3, R5, R6 stage and the change law of leaf area index (LAI) and dry matter (DM) accumulation and distribution in five soybean populations were determined. LAI increased with the increase of planting density at a certain range. LAI at R5 stage concentrated in the upper and middle canopy. DM phase accumulation, daily accumulation and of total accumulation showed a single peak curve. DM phase accumulation increased with increase of planting density and daily accumulation decreased with increase of planting density. Whole plant, stem, leaf, petiole and pod weight of unit area increased with the increase of planting density. Dry weight at R5 stage concentrated in the bottom and middle canopy, and the center of dry weight increased with the increase of planting density. The pods number, seeds number and seed weight of single plant increased as the density decreased. The planting density had significant effects on leaf area index and dry matter accumulation and distribution and yield. The yield was the highest at the planting density of 3.6×10^5 plants · ha⁻¹.

Key words: Soybean; Leaf area index; Dry matter accumulation; Yield

叶面积指数是群体的总绿色叶面积与该群体所占的土地面积的比值(绿色叶面积/土地面积),它是群体组成大小和植株繁茂程度的重要参数。大豆群体各层的粒重与叶面积具有明显的叶-荚对应关系^[1-2]。叶面积指数与产量呈抛物线关系,正相关性达显著水平,表明合理的调控叶面积指数,可以提高大豆产量^[3]。孙贵荒等研究表明,始花期叶面积指数与产量呈显著相关,结荚鼓粒期叶面积指数与产量呈极显著相关。最大叶面积指数出现在始花-盛花期,且与经济产量呈显著正相关^[4]。在适宜叶面积指数基础上,通过增加单位叶面积的粒数,提高籽粒重是实现高产的关键^[5]。

大豆产量形成的物质基础是干物质的积累,干物质的积累及分配状况直接影响着大豆的产量。干物质在整个生育期内积累动态呈“S”型曲线^[6]。干物质分配开花期以前以叶为主,花期以茎为主,花期后生长中心开始转移到豆荚中^[7]。何天祥等研究证实,攀西地区秋大豆品种以鼓粒期积累的干物质最多,达50%以上,分配到荚果中的有机物质也是以鼓粒期较多^[8]。毕远林认为,大豆干物质积累量在始花期至盛花期和结荚期至鼓粒期出现2次高峰,分别占总积累量的23.91%和47.39%^[9]。而何桂红等认为,不同品种、不同施肥水平和不同种植密度间的籽粒干物质积累状况均存在较大差

收稿日期:2010-11-07

基金项目:国家“十五”科技攻关资助项目(2004BA907A26—0206)。

第一作者简介:张晓艳(1980-),女,博士,研究方向为大豆产量和品质的生理生态。E-mail: zhangxylibin@163.com。

通讯作者:郑殿峰(1969-),男,教授,博士生导师,主要从事大豆栽培和作物化学控制研究。E-mail: dqzdf@163.com。

异。群体不同冠层籽粒干物质积累与产量分布呈正相关^[10]。该研究探讨了 5 种密度下大豆群体的叶面积指数及干物质积累分配,为选择适合大庆地区的大豆种植密度,进一步提高大豆的生产潜力提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2006 年在林甸县黑龙江八一农垦大学大豆试验田进行。试验地平整,肥力均匀,土壤类型为草甸黑钙土;供试品种为黑龙江八一农垦大学选育的双高大豆品种垦农 4 号。该品种生育期 120 d 左右,需 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 2 400 ~ 2 500 $^{\circ}\text{C}$;株高 80 ~ 90 cm;白花、尖叶、灰毛、亚有限结荚习性;籽粒脂肪含量 22.03%、蛋白质含量 41.25%;秆强,喜肥水,中抗灰斑病;适宜在黑龙江省第二积温带中部平原区及东部低湿区种植。

试验设 12、24、36、48 和 60 万株 $\cdot \text{hm}^{-2}$ 共 5 个密度,分别用 D1、D2、D3、D4 和 D5 表示。随机区组排列,采用垄作方式,6 行区,垄宽 65 cm,行长 5 m,小区面积 19.5 m^2 ,3 次重复。播前机械统一施肥,人工精量点播,真叶期人工定苗,常规田间管理。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 干物重、叶面积指数 干物重采用烘干法,分别在 V4、R1、R3、R5 和 R6 期,每次取 20 株,选有代表性的 10 株将根、茎、叶、柄和荚分开,鲜样在 105 $^{\circ}\text{C}$ 烘箱中杀青 30 min,65 $^{\circ}\text{C}$ 烘干、称重,然后计算单位面积的茎、叶、柄和荚干重。

叶面积采用打孔称重法,分别在 V4、R1、R3、R5 和 R6 期,选有代表性的植株 10 株,将所有叶片用打孔器打小叶,烘干。

叶面积指数 = 单位土地上的总叶面积/单位土地面积。

在 R5 期采用大田切片法,从子叶节向上每 10 cm 为 1 层次,每层面积为 0.325 m^2 ,茎、叶、叶柄和荚分开,将每一层叶片用打孔器打小叶,鲜样在 105 $^{\circ}\text{C}$ 烘箱中杀青 30 min,65 $^{\circ}\text{C}$ 烘干、称重,然后分别计算冠层不同层次为单位面积干物重和叶面积指数。

1.2.2 产量及产量构成因素 收获时,每区选取符合试验设计密度的植株 30 株进行测产,从中选取具有代表性的植株 10 株进行室内常规考种。

1.3 数据分析

用 Excel 进行数据处理及图表的绘制,用 DPS v3.01 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 叶面积指数

叶面积指数是反映叶部性状素质的重要指标,

适当增加叶面积指数有利于产量的提高^[11]。如图 1 所示,V4 ~ R6 期,叶面积指数随着生育时期的变化呈增加的趋势,R6 期达最大值;不同密度条件下,各生育时期叶面积指数随着密度增大呈增加趋势,V4 ~ R1 期各群体之间变化的幅度不大,R1 期以后各群体之间变化较为明显,D1 群体显著低于其它群体,但在 R3 期以后 D4 群体略高于 D5 群体,这可能是由于群体密度过大,冠层底部叶片过早脱落造成的。

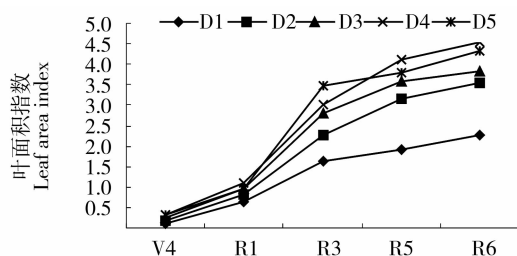


图 1 种植密度对叶面积指数的影响

Fig.1 Effect of plant density on leaf area index of soybean

如图 2 所示,R5 期从冠层底部至顶部,各群体叶面积指数主要分布在冠层 40 ~ 100 cm,占整个叶面积指数的 87.43% ~ 92.96%,由于冠层底部叶片大部分已脱落,所以叶面积指数的差异主要是由冠层顶部和中部叶面积差异所致。各群体最大值出现的层次不一致,D1、D2、D3 和 D4 群体出现在冠层 60 ~ 70 cm,D5 群体出现在冠层 70 ~ 80 cm,表明高密度群体为获得光能,叶片密集点有上移趋势,这可能是由群体中个体自身调节引起的。不同密度条件下,0 ~ 70 cm 冠层 D4 群体叶面积指数高于其它群体,70 ~ 100 cm 冠层,叶面积指数随密度的增加呈增加的趋势。

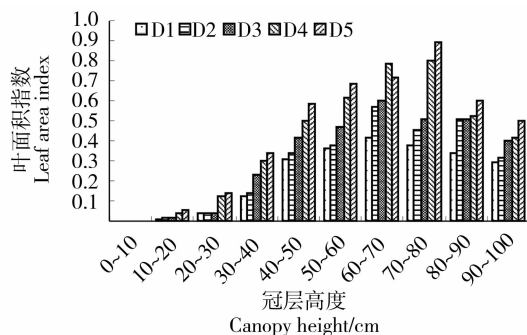


图 2 种植密度对冠层叶面积指数的影响

Fig.2 Effect of plant density on leaf area index of canopy

2.2 干物质积累与分配

2.2.1 干物质积累 不同大豆群体不同生育阶段的干物质积累量见表 1。就整个生育期来说,各群体的阶段积累量、日积累量以及占总量(阶段积累量/总积累量),均呈单峰曲线,其峰值出现在 R5 ~ R6 期,R6 期以后由于下部出现黄叶积累开始下降。不同密度条件下,群体的阶段积累量以及占总量,

在各生育时期随着的密度的升高呈增加的趋势,但 R6 期有所下降,各群体下降的幅度以 D5 最小 (14.60%),D1 最大 (28.87%),高密度群体下降的

幅度低于低密度群体;但群体中单株日积累量在各生育时期随着密度增加而下降,表明群体中个体的生长发育受密度影响较大。

表 1 大豆不同群体不同生育期干物质积累

Table 1 Dry matter accumulation of soybean under different population in different development stages

生育时期 Growth stage	项目 Item	密度 Density				
		D1	D2	D3	D4	D5
V4	阶段积累 Phase accumulation/kg · hm ⁻²	88.37	136.94	191.23	222.00	279.48
	占总量 Percent of total /%	1.81	2.27	2.91	3.07	3.89
	日积累量 Daily accumulation/g · plant ⁻¹ · d ⁻¹	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
R1	阶段积累 Phase accumulation/kg · hm ⁻²	512.69	560.40	713.23	727.79	787.64
	占总量 Percent of total /%	10.49	9.28	10.85	8.67	8.18
	日积累量 Daily accumulation/g · plant ⁻¹ · d ⁻¹	0.25	0.14	0.12	0.08	0.06
R3	阶段积累 Phase accumulation/kg · hm ⁻²	1 263.61	1 375.15	1567.19	1 665.31	2 180.34
	占总量 Percent of total /%	25.86	22.78	23.84	23.00	30.36
	日积累量 Daily accumulation/g · plant ⁻¹ · d ⁻¹	0.62	0.34	0.26	0.20	0.21
R5	阶段积累 Phase accumulation/kg · hm ⁻²	1 765.71	2 239.90	2 353.18	2 584.76	2 661.82
	占总量 Percent of total /%	36.14	37.10	35.79	35.69	37.06
	日积累量 Daily accumulation/g · plant ⁻¹ · d ⁻¹	0.87	0.55	0.38	0.32	0.13
R6	阶段积累 Phase accumulation/kg · hm ⁻²	1 256.01	1 724.38	1 749.28	2 141.66	2 273.25
	占总量 Percent of total /%	25.70	28.56	26.61	29.57	31.65
	日积累量 Daily accumulation/g · plant ⁻¹ · d ⁻¹	0.75	0.51	0.35	0.32	0.33

2.2.2 干物质分配 如表 2 所示,不同大豆群体单位面积全株重、茎秆重、叶片重及叶柄重,在 V4 ~ R6 期均随着生育进程呈增加的趋势,V4 ~ R3 期叶片重高于茎秆重及叶柄重,R5 ~ R6 期叶片重低于茎秆重及叶柄重,而荚重开始增加,由此可知,V4 ~ R3 期营养物质分配主要给叶片;R3 期后茎叶的营养物质分配都有所下降,而荚占的比重开始迅速上

升,显示 R3 期营养物质分配中心已转移到荚上,R5 期的营养物质主要用于荚粒生长。不同密度条件下,V4 ~ R3 期,单位面积株重、茎重、叶重及叶柄重均随密度增加而增加,R5 ~ R6 期 D4 群体高于 D5 群体,这可能是由于群体密度过大,光照不足、营养亏缺,导致群体中个体生长不良引起的;荚重在 R5 ~ R6 期 D3 群体略高于其它群体。

表 2 不同大豆群体不同生育期干物质分配动态

Table 2 Soybean dry matter distribution under different population in different development stages(g · m⁻²)

生育时期 Growth stage	器官 Organ	密度 Density				
		D1	D2	D3	D4	D5
V4	整株 Whole plant	8.84	13.71	19.12	22.18	27.96
	茎 Stem	2.05	3.46	4.93	6.19	7.98
	叶柄 Petiole	0.73	1.06	1.55	1.97	2.46
	叶 Leaf	6.06	9.19	12.64	14.02	17.52
R1	整株 Whole plant	60.1	69.74	85.38	86.42	86.7
	茎 Stem	20.01	22.75	29.43	29.23	30.24
	叶柄 Petiole	8.77	10.08	13.18	12.96	12.6
	叶 Leaf	31.32	36.91	42.77	44.23	43.86
R3	整株 Whole plant	179.67	207.25	247.16	257.5	304.72
	茎 Stem	68.84	75.14	92.12	98.06	117.47
	叶柄 Petiole	31.98	40.82	48.31	48.57	58.68
	叶 Leaf	78.85	91.29	106.73	110.87	128.57
R5	整株 Whole plant	318.87	422.43	461.06	516.63	474.19
	茎 Stem	132.19	178.6	183.73	194.66	190.24
	叶柄 Petiole	53.91	80.6	99.84	114.09	102.1
	叶 Leaf	98.38	128.13	134.96	164.01	140.24
R6	荚 Pod	34.39	35.1	43.87	42.53	41.61
	整株 Whole plant	456.26	602.35	662.76	744.39	690.32
	茎 Stem	162.12	205.36	228.01	276.51	265.43
	叶柄 Petiole	59.46	93.36	110.91	128.49	118.43
	叶 Leaf	102.51	148.14	156.66	179.18	163.55
	荚 Pod	132.17	155.49	167.18	160.21	142.91

如图 3 所示,R5 期不同大豆群体冠层各层次干物重分布大致呈抛物线形变化,干物质主要集中在 30 ~ 70 cm,各群体最大值出现的层次不一致,D1 和 D2 群体出现在冠层 30 ~ 40 cm, D3 和 D4 群体出现在冠层 40 ~ 50 cm;D5 群体出现在冠层 50 ~ 60 cm,表明随着密度的增加干物重的重心有上移的趋势,这可能是由于密度加大,群体中个体竞争激烈,养分失调,使群体下部叶片过早脱落导致的。不同密度条件下,从冠层顶部至底部各层次干物重随着密度的增加呈增加的趋势,各群体间差异显著,高密度群体明显高于低密度群体。相关分析表明,冠层各层次干重与各层叶面积指数正相关,在 30 ~ 40 cm,60 ~ 70 cm,70 ~ 80 cm,90 ~ 100 cm 层达显著水平,40 ~ 50 cm,50 ~ 60 cm 层达极显著水平。

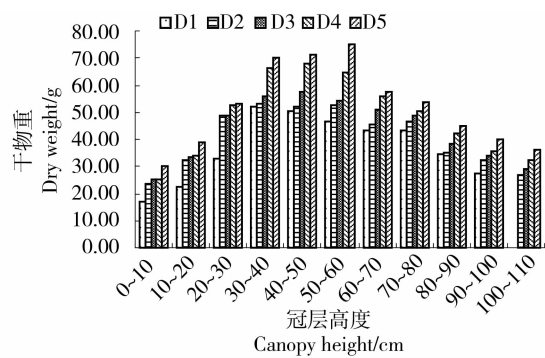


图 3 种植密度对冠层干物重的影响

Fig. 3 Effect of plant density on dry weight of canopy

2.3 叶面积指数与干物重关系

如表 3 所示,各生育时期单位面积株重、茎重、叶柄重、叶重及荚重与叶面积指数正相关;单位面积株重、叶柄重及茎重与叶面积指数在 V4,R1 期达显著水平,R3、R5 和 R6 期达极显著水平;单位面积叶重与叶面积指数在 V4 期达显著水平,R1、R3、R5 和 R6 期达极显著水平。

表 3 各生育时期干重与叶面积指数相关系数

Table 3 Coefficients of correlation between leaf area index and dry weight in different growth stage

生育 时期 Growth	干重 Dry weight				
	株重	茎重	柄重	叶重	荚重
	Plant	Stem	Petiole	Leaf	Pod
	weight	weight	weight	weight	weight
V4	0.9564 *	0.9537 *	0.9549 *	0.9555 *	
R1	0.9377 *	0.9019 *	0.9234 *	0.9602 **	
R3	0.9841 **	0.9666 **	0.9885 **	0.9895 **	
R5	0.9978 **	0.9824 **	0.9911 **	0.9653 **	0.8247
R6	0.9915 **	0.9777 **	0.9911 **	0.9896 **	0.6180

2.4 产量及产量构成因素

随着种植密度的增加,不同大豆群体的单株荚数、单株粒数、单株粒重和百粒重逐渐减少。而群

体的产量先增加后减少,当密度为 D3 (36 万株 · hm⁻²) 时,群体的产量最高,此时再增加群体的株数,产量将有所降低。D3 群体的产量比 D1、D2、D4 和 D5 群体分别高出 30.56%,15.74%,22.11% 和 30.24%。通过对不同群体条件下的产量结果进行方差分析可知,不同群体条件下,产量差异显著,即 D3 > D2 > D4 > D5 > D1 (表 4)。

表 4 不同大豆群体的产量及产量构成因素

Table 5 Yield component of different soybean populations

密度 Density	单株荚数 Pod number per plant	单株粒数 Seed number per plant	单株粒重 Seed weight per plant/g	百粒重 100-seed weight/g	产量 Yield /kg · hm ⁻²
D1	34.63	87.37	18.80	21.52	2 255.72d
D2	26.30	64.10	12.88	20.10	2 737.09b
D3	19.87	45.73	9.02	19.73	3 248.52a
D4	12.60	29.57	5.73	19.38	2 530.13c
D5	11.10	23.23	4.43	19.06	2 266.08d

3 结论与讨论

不同密度下叶面积和叶面积指数的发展过程大致呈一条抛物线的单峰曲线,随着生育进程的推进,密度对单株叶面积的影响呈现显著差异^[12]。研究已证实,春大豆随着密度的增加,最大叶面积指数及光合势呈现增加的趋势^[13]。结荚鼓粒期叶面积指数与产量呈极显著相关,在此时期保证适宜的叶面积指数可以避免大豆减产^[14]。研究结果表明,V4 ~ R6 期,叶面积指数随着生育进程呈增加的趋势,V4 ~ R1 期各群体之间变化的幅度不大,R1 期以后各群体之间变化较为明显;叶面积指数在一定密度范随着密度增加呈增加趋势,R5 期叶面积指数主要集中在冠层中上部,并随密度增加叶片密集点有上移趋势。

干物质积累和分配是产量形成的基础。而干物质的生产与积累是一个复杂的动态过程。大豆生育前期生长量不足,干物质积累量过低,会影响后期灌浆物质来源;生长量过大,植株繁茂,会影响后期干物质向籽粒转移,对产量形成不利^[15]。在一定密度范围内干物质积累随密度的增加而增加,但密度过大,干物质积累量反而下降,对产量构成因素影响较大^[6]。周勋波等研究表明,改变株行距使生境发生变化,随株距减小个体间竞争激烈,营养分配失调,干物质积累中心上移^[16]。该研究表明,V4 ~ R6 期,阶段积累量、日积累量以及阶段积累量占总积累量的比例,均呈单峰曲线变化,阶段积累量随密度的增加而增加,日积累量随密度的增加而降低;单位面积株重、茎重、叶重、叶柄重及荚重均

随着密度增加呈增加的趋势,R5 期不同大豆群体冠层层次干物重的分布大致呈抛物线形变化,干物质主要集中在 30~70 cm 层,并随着密度的增加干物重的重心有上移的趋势。

叶面积指数与干物质积累有着极为密切的关系,R3 和 R5 期二者呈显著正相关,可见生育后期适当的提高群体的叶面积指数,可以增加干物质的积累量^[17]。Saratha 也认为延长叶面积的持续期,可以使干物质的积累增加^[18]。

参考文献

- [1] 王继安,王金阁.大豆叶面积垂直分布对产量及农艺性状的影响[J].东北农业大学学报,2000,31(1):14-19. (Wang J A, Wang J G. Effect of leaves distribution on vertical to the yield and agronomic characters in soybean[J]. Journal of Northeast Agricultural University,2000,31(1):14-19.)
- [2] Aile F J, Higley L G, Specht J E, et al. Soybean leaf morphology and defoliation tolerance[J]. Agronomy Journal, 1998, 90: 353-362.
- [3] 赵聪慧,张淑娟,王凤花,等.春大豆叶面积指数与产量的空间变异性及相关分析[J].农机化研究,2010(9):162-164. (Zhao C H, Zhang S J, Wang F H, et al. Spatial variability and correlation of spring soybean LAI and yield[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2010(9):162-164.)
- [4] 孙贵荒,刘晓丽,董丽杰.大豆叶面积指数消长与产量关系的研究[J].辽宁农业科学,2003(4):13-14. (Sun G H, Liu X L, Dong L J. Studies on the relationship between yield and growth and decline of leaf area index[J]. Liaoning Agricultural Sciences, 2003(4):13-14.)
- [5] 刘建国,帕尼古丽,董志新,等.单位叶面积负荷量对大豆源库调节效应的研究[J].石河子大学学报(自然科学版),2003,7(4):260-263. (Liu J G, Pa N G L, Dong Z J, et al. Regulation effect study of unit-leaf-area load on source and sink activity in soybean[J]. Journal of Shihezi University (Natural Science), 2003,7(4):260-263.)
- [6] 刘丽君,祖伟,张瑞忠.大豆窄行平播密植条件下的干物质积累规律[J].东北农业大学学报,2000,31(1):26-31. (Liu L J, Zu W, Zhang R Z. Dry matter accumulation of soybean under the condition of narrow row solid seeding[J]. Journal of Northeast Agricultural University,2000,31(1):26-31.)
- [7] 蔡柏岩,祖伟,葛菁萍.磷素水平对不同基因型大豆干物质积累与分配的影响[J].大豆科学,2004,23(4):274-280. (Cai B Y, Zu Wei, Ge J P. Influence on phosphorus amount to dry matter accumulation and distribution of different soybean cultivars[J]. Soybean Science,2004,23(4):274-280.)
- [8] 何天祥.攀西地区秋大豆干物质积累与分配规律的研究[J].大豆科学,2001,20(3):216-220. (He T X. Study on accumulation and distribution of dry substances of autumn soybeans in Panxi[J]. Soybean Science,2001,20(3):216-220.)
- [9] 毕远林.大豆干物质积累与氮、磷、钾吸收与分配的研究[J].大豆科学,1999,18(4):332-335. (Bi Y L. Study on dry matter accumulation and dynamics and models of N, P, K absorption and partition in soybeans[J]. Soybean Science,18(4):332-335.)
- [10] 何桂红,吕国华,吴奇峰.新疆绿洲高产大豆籽粒干物质积累与产量的关系研究[J].陕西农业科学,2005(1):11-14. (He G H, Lv G H, Wu Q F. Studies on the relationship between yield and dry matter accumulation in soybean of Xinjiang Xoasis[J]. Shanxi Journal of Agricultural Sciences,2005(1):11-14.)
- [11] Westgate M E. Managing soybeans for photosynthetic efficiency[M]. In H E Kauffman (ed.) World Soybean Research Proceedings,1999:223-228.
- [12] 翟云龙,章建新,薛丽华,等.密度对超高产春大豆农艺性状的影响[J].中国农学通报,2005,21(1):109-111. (Zhai Y L, Zhang J X, Xue L H, et al. Study on the effect of plant density on the agronomic characters of super-high yield spring soybean[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2005,21(1):109-111.)
- [13] 章建新,翟云龙,薛丽华.密度对高产春大豆生长动态及干物质积累分配的影响[J].大豆科学,2006,25(1):1-5. (Zhang J X, Zhai Y L, Xue L H. Effect of plant density on growth tendency, dry matter accumulation and distribution in high yield spring soybean[J]. Soybean Science,2006,25(1):1-5.)
- [14] Board J E. Soybean cultivars differences on light interception and leaf area index during seed filling[J]. Agronomy Journal,2004,96:305-310.
- [15] 陈艳秋,宋书宏,张立军,等.夏播菜用大豆生长动态及干物质积累分配的研究[J].大豆科学,2009,28(3):468-471. (Chen Y Q, Song S H, Zhang L G, et al. Studies on the dry matter accumulation and distribution of summer sowing vegetable soybean[J]. Soybean Science,2009,28(3):468-471.)
- [16] 周勋波,杨国敏,孙淑娟.不同株行距配置对夏大豆群体结构及光截获的影响[J].生态学报,2010,30(3):691-697. (Zhou X B, Yang G M, Sun S J. Effect of different plant - row spacing on population structure and PAR interception in summer soybean[J]. Acta Ecologica Sinica,2010,30(3):691-697.)
- [17] 张晓艳,杜吉到,郑殿峰,等.大豆不同群体叶面积指数及干物质积累与产量的关系[J].中国农学通报,2006,22(11):161-163. (Zhang X Y, Du J D, Zheng D F, et al. Studies on the relationship between yield and leaf area index and their dry matter accumulation dynamic in different population[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2006,22(11):161-163.)
- [18] Saratha K D, Kumudini S, Hume D J, et al. Genetic improvement in short season soybeans I Dry matter accumulation, partitioning anleaf area duration[J]. Crop Science,2001,41(2):391-398.