

密度对大豆群体冠层结构及光合特性的影响

张晓艳, 杜吉到, 郑殿峰

(黑龙江八一农垦大学农学院, 黑龙江 大庆 163319)

摘要:以垦农4号大豆为试验材料,在大田条件下,研究了密度对大豆群体植株形态特征、叶面积指数、干物质重、透光率、光能截获量、光合速率、蒸腾速率、气孔导度、比叶重及产量的影响。结果表明:群体冠层结构及光合特性存在差异,高密度与低密度群体之间差异显著;株高、平均茎长及平均柄长均随着密度的增加呈增加趋势,而节数、平均茎粗、平均柄粗及茎柄夹角均随着密度的增加呈降低趋势;不同层次叶面积指数、干物重及冠层的光合有效辐射截获量随着密度的增加而增加,叶面积指数主要集中在冠层中上部,干物重主要集中在冠层中下部。不同层次透光率、光合速率、蒸腾速率、气孔导度及比叶重随着密度增加呈递减的趋势。本试验条件下,密度为36万株/hm²(D3)时,群体产量最高。

关键词:大豆;冠层结构;光合特性;产量

中图分类号: S565.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)04-0075-06

大豆产量是指群体条件下所获得的产量,建造良好的群体冠层结构有利于大豆群体对光能的利用和群体内的气体交换,对于产量的提高非常重要^[1]。研究表明,冠层结构对其太阳总辐射和净光合效率都有显著影响,群体冠层叶片是影响冠层透光状况的决定因素^[2]。提高作物群体的光合作用效率和物质生产能力主要在于改善冠层的通风透光能力,增强群体的光合性能。在生产中常通过调整株型和叶片的方位等来影响冠层结构,从而改善光的有效截获,提高群体生产力^[3]。

光合作用是决定作物产量的最重要因素,光合能力的大小直接影响作物产量的高低。大豆主要生育时期的平均光合速率与产量呈显著正相关^[4]。在田间条件下,影响大豆群体光合速率的因素是株型、叶面积系数、冠层结构和光照强度等^[5]。冠层内光照的分布主要集中于冠层上部,中部较弱,下部更弱^[6]。增加冠层光的分布可以提高单位叶面积的光合速率^[7]。研究证实,光合有效辐射强度随着密度的增加呈递减的趋势,高密度与低密度群体之间差异显著^[8]。当光能截获量达95%时是群体产量形成的关键时期,此时群体冠层的光合速率最大^[9]。随着密度增大,大豆群体最大光截获期提前,冠层封闭早^[10]。叶面积指数在3.5~4.0之间有利于光能的截获和产量的提高^[7]。周勋波等研究表明,行距过大群体叶面积指数下降、光分布不合理,生育中后期衰老严重,从而影响大豆群体的光合能力;行距变

小透射率降低,光截获率、株粒数和百粒重上升而产量增加^[11]。刘玉平等研究表明,随着密度的增加,株高、叶面积指数呈现上升的趋势,单株干物质积累呈现下降的趋势^[12]。

大豆是全冠层具有生产力的作物,R5期是群体最郁蔽的时期,此时期的冠层结构对光合特性有明显的影响,同时也与产量形成有着密切的关系^[13,14]。本文旨在通过调查R5期不同大豆群体冠层叶面积指数、干物重、透光率、光能截获、光合速率、蒸腾速率、气孔导度、比叶重及产量的变化规律,为提高大豆群体的光合速率及产量提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

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。试验地0~20 cm土层含碱解氮178.50 mg/kg,速效磷25.40 mg/kg,速效钾257.40 mg/kg,有机质30.8 g/kg,pH值7.88;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,需大于等于10℃积温2400℃~2500℃;株高80~90 cm;白花、尖叶、灰毛、亚有限结荚习性;籽粒脂肪含量220.3 g/kg、蛋白质含量412.5 g/kg;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。

收稿日期:2010-11-23

基金项目:国家“十五”科技攻关项目(2004BA907A26-0206)

作者简介:张晓艳(1980—),女,黑龙江龙江人,博士,主要从事大豆产量和品质的生理生态。E-mail: zhangxylibin@163.com。

通讯作者:郑殿峰,男,教授,博士生导师,从事大豆栽培及化控方面的教学及研究。E-mail: dqzd@163.com。

1.2 试验设计

试验设 5 个密度,分别为 D1(12 万株/hm²),D2(24 万株/hm²),D3(36 万株/hm²),D4(48 万株/hm²),D5(60 万株/hm²)。3 次重复,随机区组排列。采用垄作方式,垄宽 0.65 m,小区为 6 行区,行长 5 m,区间过道 1 m,小区面积为 19.5 m²。播前机械统一施肥,人工精量点播,真叶期人工定苗,各项田间管理同大田。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 干物重、叶面积指数及比叶重 干物重:在 R5(8 月 9 日)期采用大田切片法,从子叶节向上每 10 cm 为 1 层次,茎、叶、柄分开,鲜样在 105℃ 烘箱中杀青 30 min,65℃ 烘干、称重。

叶面积指数:采用干重法;叶面积指数(LAI)=单位土地上的总叶面积/单位土地面积。

比叶重:单位叶干重/单位叶面积。

1.3.2 透光率及光能截获量 在 R5(8 月 9 日)期采用 FG1-1 型光合有效辐射仪测定群体冠层的辐射强度和反射强度,从冠层顶部至底部,每隔 10 cm 测定一次,三次重复,在上午 10:00~12:00 天气晴朗的情况下测定。

透光率= I/I_0 ,其中, I 为在群体不同高度的辐射强度; I_0 为冠层顶部的辐射强度。

光能截获量= $I_0 - I_b$,式中 I_0 为冠层顶部的辐射强度, I_b 为冠层底部的辐射强度。

1.3.3 单株形态指标 株高、茎粗、茎长、柄长、柄粗及叶倾角采用直接测量法。

1.3.4 光合速率、蒸腾速率及气孔导度 在 R5(8 月 9 日)期,按植株平均高度将冠层由下至上每 20 cm 分一层,共 5 层,采用 ECA 光合测定仪(北京益康农科技发展有限公司)测定每一层叶片光合速率、蒸腾速率及气孔导度,每处理挂牌测定 10 株;以上指标均在上午 9:00~10:00 天气晴朗时测定。冠层每一层次光合速率、蒸腾速率及气孔导度采用的是平均值。

1.3.5 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。

1.4 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。

2 结果与分析

2.1 不同大豆群体冠层结构的变化

2.1.1 群体不同层次叶面积指数的变化 如图 1

所示,在 0~100 cm 冠层,各处理不同层次叶面积指数均呈抛物线型变化,且均在 60~80 cm 层次达最大值。在不同密度条件下,冠层同一高度叶面积指数随密度的增加呈增加趋势,既 D1<D2<D3<D4<D5。在 0~20 cm 层,各处理间相差不大,其它层次各处理间差异较为明显;60~80 cm 层,D5 比 D1, D2, D3 和 D4 分别高出 50.81%,36.41%,31.58% 和 1.55%。相关分析可知,各层叶面积指数与群体产量呈负相关,可知通过种植密度合理调配各层叶面积指数,才能达到高产的目的。

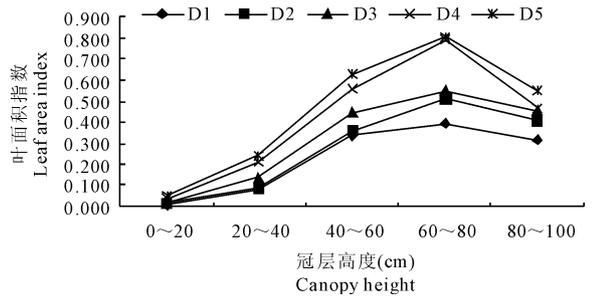


图 1 不同层次叶面积指数的变化

Fig.1 The change of leaf area index in different layers

2.1.2 群体不同层次干物重的变化 如图 2 所示,在 0~100 cm 冠层,各处理呈先增加后降低的变化趋势,至 80~100 cm 层,从低密度至高密度群体,各处理下降的幅度为 23.66%~28.34%;各处理干物重最大值均出现在 40~60 cm 层。在不同密度条件下,冠层同一高度干物重随着密度的增加呈增加的变化趋势,各处理间相差明显,40~60 cm 层,D5 比 D1, D2, D3 和 D4 分别高出 24.69 g/m², 20.54 g/m², 17.23 g/m² 和 6.62 g/m²。相关分析可知,各层干物重与群体产量负相关,均未达显著水平。

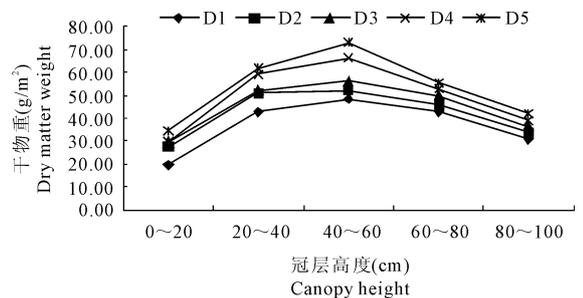


图 2 不同层次干物重的变化

Fig.2 The change of dry matter weight in different layers

2.1.3 群体中单株形态特征的变化 如表 1 所示,株高、平均茎长及平均柄长均随着密度的增加呈增加趋势,D5 比 D1 分别高出 26.14%,36.89%,13.25%;节数、平均茎粗及平均柄粗均随着密度的

增加呈降低趋势,D1 比 D5 分别高出 19.88%, 46.58%, 35.48%;方差分析知株高、平均茎长、平均茎粗、平均柄长及节数低密度与高密度间差异极显

著,而平均柄粗差异显著。茎柄夹角是决定群体透光和受光姿态的重要指标。平均茎柄夹角随着密度的增加呈降低趋势。

表 1 密度对大豆植株形态特征的影响

Table 1 Effect of density on plant type characteristics in soybean

密度 Density	株高 Plant height (cm)	节数 Node number	平均茎粗 Average stem diameter (cm)	平均茎长 Average stem length (cm)	平均柄长 Average petiole length (cm)	平均柄粗 Average petiole diameter (cm)	平均茎柄夹角 Average angle between stem and petiole (°)
D1	77.23cD	17.33aA	0.73aA	4.56dC	21.74cC	0.31aA	34.51aA
D2	80.63cCD	16.00bAB	0.65bA	5.28cC	25.62aB	0.29abA	32.48aA
D3	89.40bBC	14.89cBC	0.52cB	6.04bB	27.65abAB	0.25abcA	31.82aA
D4	98.10aAB	14.33cC	0.47cBC	6.38bB	28.76aAB	0.23bcA	29.96aA
D5	104.57aA	13.89cC	0.39dC	7.22aA	30.22aA	0.20cA	28.57aA

注:同一列不同大小写字母分别表示差异达 0.05 和 0.01 水平显著,下同。

Note: Values followed by different lowercase letters or capital letters within the same column are significantly different at 0.05 and 0.01 probability level, respectively. They are the same in the follows.

2.1.4 群体不同层次光合有效辐射透光率的变化

光合有效辐射透光率是反映冠层透光状况的指标。图 3 所示,冠层同一高度透光率的变化趋势基本一致,随着密度的增加呈递减的趋势,在冠层底部从低密度群体到高密度群体透光率的变化范围是从 12.36% 下降到 2.38%;同一群体冠层的辐射透光率由冠层顶部至底部呈递减的趋势,在冠层中部和顶部,光合有效辐射透光率较高,递减很明显,冠层底部则维持较低水平,变化不大,且低密度群体大于高密度群体。

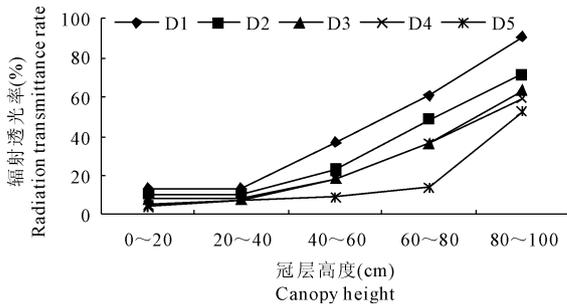


图 3 不同层次透光率的变化(%)

Fig.3 The change of radiation transmittance rate in different layers

2.1.5 群体光合有效辐射截获量的变化

光合有效辐射截获量可用冠层上下光合有效辐射量之差来计算^[15]。如图 4 所示,光合有效辐射截获量随着密度的降低逐渐降低,到 D1 达最小值。低密度群体因植株稀少,密度不足,群体内各层光强较大,露光严重,所以光能截获少。D1,D2,D3,D4 的光合有效辐射截获量比 D5 低 18.20%, 14.02%, 3.52% 和 1.49%。通过分析光合有效辐射截获量与产量的相关性可知,不同群体的光合有效辐射截获量与产量正

相关($r=0.3400$)。由此可知适当地调节群体结构,可以改善群体的透光性,提高群体的光能利用率。

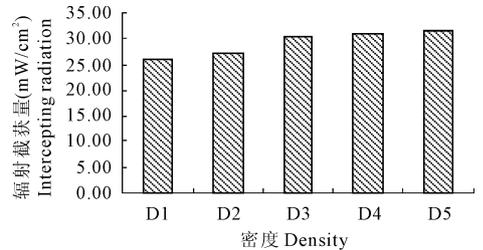


图 4 不同大豆群体光合有效辐射截获量的变化

Fig.4 The change of intercepting radiation in different soybean population

2.2 大豆不同群体光合特性的变化

2.2.1 群体不同层次比叶重的变化

如图 5 所示,各处理比叶重从冠层底部至顶部呈增加的变化趋势,至 80~100 cm 层,D1,D2,D3,D4 和 D5 分别增加了 0.62~0.72 g/dm²。在不同密度条件下,冠层同一高度比叶重随着密度的增加呈降低的变化趋势,各处理间相差明显,0~20 cm 层,D1 比 D2,D3,D4 和 D5 分别高出 10.80%, 12.57%, 17.90% 和 23.05%。相关分析可知,各层比叶重与群体产量在 40~60 cm 和 80~100 cm 层呈正相关,其余层呈负相关,均未达显著水平。

2.2.2 群体不同层次光合速率、蒸腾速率、气孔导度的变化

如表 2 所示,不同层次的光合速率从冠层顶部至底部呈逐渐降低的趋势,从 80~100 cm 至 0~20 cm 层,各处理光合速率下降的幅度为 81.09%~87.99%;在不同密度条件下,冠层同一高度光合速率随着密度的增加呈降低的趋势,低密度与高密度间差异达极显著水平,80~100 cm 层,D1 比

D2, D3, D4, D5 分别高出 22.27%, 48.59%, 52.22% 和 60.06%。说明在高密度下, 由于冠层透光率较低, 从而使光合速率下降较快, 不利于生育后期光合产物的积累。

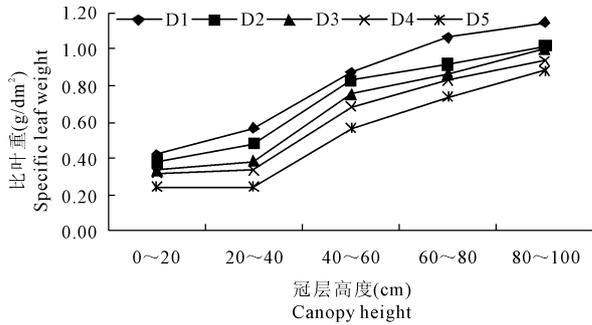


图 5 不同层次比叶重的变化

Fig. 5 The change of specific leaf weight in different layers

表 2 不同层次光合速率、蒸腾速率及气孔导度的变化

Table 2 The change of photosynthetic rate, transpiration rate and stomatal conductance in different layers

项目 Items	密度 Density	冠层高度 Canopy height (cm)				
		0~20	20~40	40~60	60~80	80~100
光合速率 Photosynthetic rate [CO ₂ mg/(dm ² ·h)]	D1	4.97aA	6.21aA	10.97aA	24.57aA	26.79aA
	D2	3.94dA	5.53abA	8.40abAB	12.84bB	20.82bA
	D3	2.38cB	4.57bAB	7.35bcAB	11.97bB	13.74cB
	D4	1.91cdBC	3.18cBC	5.54bcB	10.30bB	12.80cB
	D5	1.29dC	2.37cC	4.91cB	8.81bB	10.70cB
蒸腾速率 Transpiration rate [H ₂ O mg/(dm ² ·h)]	D1	1.12aA	2.40aA	3.67aA	5.21aA	6.19aA
	D2	0.96bA	2.10aAB	3.40aA	4.73aA	5.90aA
	D3	0.62cB	1.38bBC	1.50bB	1.98bB	2.39bB
	D4	0.55cBC	0.68cCD	0.92bcB	1.20cBC	1.64cBC
	D5	0.37dC	0.52cD	0.66cB	0.82cC	1.10dC
气孔导度 Stomatal conductance [H ₂ O mol/(m ² ·s)]	D1	0.05aA	0.10aA	0.16aA	0.19aA	0.23aA
	D2	0.04bAB	0.09aA	0.14aA	0.16bA	0.20bA
	D3	0.03bcB	0.07bB	0.11bB	0.12cB	0.16cB
	D4	0.03bcB	0.04bB	0.06bB	0.08cBC	0.10cB
	D5	0.02cB	0.03bB	0.03bB	0.04dBD	0.07dB

表 3 光合速率与蒸腾速率、气孔导度、叶面积指数、干物重、比叶重及透光率的相关系数

Table 3 Correlation coefficient between photosynthetic rate and transpiration rate, stomatal conductance, leaf area index, dry matter weight, specific leaf weight and transmittance rate

项 目 Items	冠层高度 Canopy height				
	0~20	20~40	40~60	60~80	80~100
蒸腾速率 Transpiration rate	0.997**	0.989**	0.933*	0.802	0.960**
气孔导度 Stomatal conductance	0.982**	0.997**	0.961**	0.824	0.927*
叶面积指数 Leaf area index	-0.930*	-0.966**	-0.942*	-0.851	-0.939*
干物重 Dry matter weight	-0.887*	-0.994**	-0.934*	-0.820	-0.951*
比叶重 Specific leaf weight	0.953*	0.944*	0.936*	0.867	0.912*
透光率 Transmittance rate	0.979**	0.933*	0.956*	0.835	0.982**

又如表 2 所示, 不同层次蒸腾速率及气孔导度从冠层顶部至底部呈逐渐降低的趋势, 且同一层次均随着密度的增加呈下降趋势, 80~100 cm 层, 蒸腾速率及气孔导度 D1 比 D2, D3, D4, D5 分别高出 4.68%~82.22% 和 13.04%~69.57%, 低密度与高密度群体间差异达极显著水平。

2.3 冠层各指标与光合速率的相关性

如表 3 示, 不同层次叶面积指数及干物重与光合速率呈负相关, 而蒸腾速率、气孔导度、比叶重及透光率与光合速率正相关, 并均在 0~20 cm, 20~40 cm, 40~60 cm 和 80~100 cm 层达到显著或极显著水平。

2.4 群体的产量及产量构成因素

如表4所示,随着种植密度的逐渐增加,不同大豆群体的单株荚数、单株粒数、单株粒重、百粒重逐渐减少。而群体的产量呈先增加后减少,当株数达到每公顷36万株时,群体的产量最高,此时再增加群体的数量,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,产量高低顺序为D3>D2>D4>D5>D1。

表4 不同大豆群体的产量及产量构成因素

Table 4 Yield and 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	2255.72d
D2	26.30	64.10	12.88	20.10	2737.09b
D3	19.87	45.73	9.02	19.73	3248.52a
D4	12.60	29.57	5.73	19.38	2530.13c
D5	11.10	23.23	4.43	19.06	2266.08d

3 讨论

合理的群体结构是提高农田光能利用率获得高产的重要条件,开花后维持较大的光合面积是高产农田群体结构的重要特征之一^[16]。James研究表明,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^[17]。章建新等研究表明,随着密度的增加,叶面积指数及光合势呈增加的趋势^[18]。叶面积指数与干物质积累有着极为密切的关系,生育后期适当提高群体的叶面积指数,可以增加干物质的积累量^[19]。叶面积指数相同的两个作物群体,若叶倾角和叶片在空间分布的均匀程度不同,群体内的光分布不同,可能导致冠层的光合速率不同,结果单位时间内群体生产的干物质不同^[20]。而Singh等认为,株高、干物质和叶面积指数与光合有效辐射截获率密切相关^[21]。王竹等研究表明,株高随密度增加而增加,茎粗随密度增加而降低^[22]。本研究表明,R5期株高、平均茎长及平均柄长均随着密度的增加呈增加趋势,而节数、平均茎粗、平均柄粗及茎柄夹角均随着密度的增加呈降低趋势,高密度与低密度群体间差异达极显著水平,说明随着密度的增加群体中的个体为了获得较多的光能,通过自身的调节促使生长加快,株型紧凑;不同层次叶面积指数、

干物重及冠层光合有效辐射截获量均随着密度的增加而增加,而不同层次的透光率随着密度的增加呈递减的趋势。叶面积指数主要集中在冠层中上部,干物重主要集中在冠层中下部,高密度与低密度群体间差异达极显著水平。

良好的冠层结构可改善大豆植株群体的透光性和叶面积的空间分布,提高群体光能利用率^[23],冠层通过对光合有效辐射的截获和吸收而影响作物光合作用。光合速率是光合作用的量度,光合速率与产量之间存在显著的相关性^[24]。分枝期群体的光合速率主要决定于种植密度,开花结荚期群体光合速率与种植密度呈抛物线关系^[5]。Thompson等研究表明,比叶重与光合速率及产量均存在显著的相关性,且植株中上部的比叶重高于下部^[25]。郑宝香等研究表明,大豆光合速率与蒸腾速率、气孔导度的相关性较大^[26]。张晓艳等研究表明,随种植密度的增加叶片光合速率、蒸腾速率及气孔导度呈逐渐下降趋势,且光合速率与蒸腾速率及气孔导度正相关^[27]。而段巍巍等研究表明,在生育前期,种植密度对叶片光合速率、叶绿素含量的影响差异不显著,在后期随着种植密度的增加而增加,达到一定种植密度后随密度的增加而降低^[28]。本研究表明不同层次光合速率、蒸腾速率、气孔导度及比叶重均随着密度的增加而降低,高密度与低密度群体间差异达极显著水平;不同层次叶面积指数及干物重与光合速率负相关,而蒸腾速率、气孔导度、比叶重及透光率与光合速率正相关。说明高密度群体内光分布不合理,易导致光合性能降低。

参考文献:

- [1] 王永锐.作物高产群体生理[M].北京:科学技术文献出版社,1991.
- [2] Mathew J P, Herbert S J, Zhang S H, et al. Differential response of soybean yield components to the timing of light enrichment [J]. *Agronomy Journal*, 2000, 92: 1156—1161.
- [3] Maddonni G A, Otegui M E, Cirilo A G. Plant population density, row spacing and hybrid effects on maize canopy architecture and light attenuation [J]. *Field Crops Res*, 2001, 71: 183—193.
- [4] 康建宏,周续莲,郭瑞英.春大豆三个品种光合速率的初步研究[J].宁夏农学院学报,2000,21(3):25—28.
- [5] 傅金民.夏大豆群体光合特性的研究[J].大豆科学,1994,13(1):17—21.
- [6] 林蔚刚.大豆群体冠层叶粒与光照垂直分布规律的初步分析[J].黑龙江农业科学,1996,(3):2—4.
- [7] Westgate M E. Managing soybeans for photosynthetic efficiency [C]// Kauffman H E. World soybean research Proc. Chicago: Superior Print Campaign, IL, 1999: 223—228.

- [8] 杜吉到, 张晓艳, 李建英, 等. 密度对大豆群体冠层微气象特征及产量的影响[J]. 中国油料作物学报, 2010, 32(2): 245—251.
- [9] Wells R, Meredith WR Jr, Willford JR. Canopy photosynthesis and its relationship to plant productivity in near isogonics cotton lines differing in leaf morphology [J]. Plant Physiol, 1986, 82: 635—640.
- [10] 赵双进, 张孟臣. 栽培因子对大豆生长发育及群体产量的影响 I. 播期、密度、行株距(配置方式)对产量的影响[J]. 中国油料作物学报, 2002, (4): 29—32.
- [11] 周勋波, 孙淑娟, 陈雨海, 等. 株行配置对夏大豆光利用特性、干物质积累和产量的影响[J]. 中国油料作物学报, 2008, 30(3): 322—326.
- [12] 刘玉平, 李志刚, 李瑞平. 密度与施肥对春大豆农艺性状及产量的影响[J]. 大豆科技, 2009, (2): 24—26.
- [13] 董振国. 农田作物层环境生态[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1994: 4—320.
- [14] Purcell L C, Ball R A, Reaper J D, et al. Radiation use and biomass production in soybean at different plant population densities [J]. Crop Science, 2002, 42: 172—177.
- [15] Callo KP, Daughtry CST. Techniques for measuring intercepted and absorbed photosynthetically active radiation in canopies [J]. Agron. Journal, 1986, 78: 752—756.
- [16] 董振国主编. 农田作物层环境生态[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1994.
- [17] James E Board. Soybean Cultivars Differences on Light Interception and Leaf Area Index during Seed Filling [J]. Agron J, 2004, 96: 305—310.
- [18] 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.
- [19] 张晓艳, 杜吉到, 郑巅峰, 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.
- [20] Wells R, Burton JW, Kilen TC. Soybean Growth and Light Interception to Differing Leaf and Stem Morphology [J]. Crop Sci, 1993, 33: 520—524.
- [21] Gan Y, Stulen I, Keulen HV, et al. Physiological Response of Soybean Genotypes to Plant Density [J]. Field Crop Research, 2002, 74: 231—241.
- [22] 王竹, 杨文钰. 不同种植密度对套作大豆茎叶形态及产量的影响[J]. 安徽农业科学, 2009, (5): 103—106.
- [23] 王景文. 大豆株型数学模型与冠层中光的垂直分布[J]. 东北农学院学报, 1982, (3): 24—26.
- [24] 刘建国, 李俊华, 张煌新, 等. 大豆群体冠层结构及光合特性的研究[J]. 石河子大学学报(自然科学版), 2003, 7(3): 189—190.
- [25] Thompson JA, Nelson RL, Schweitzer LE. Relationship among specific leaf weight photosynthetic rate and seed yield in soybean [J]. Crop Sci, 1995, 35: 1537—1581.
- [26] 郑宝香, 满为群, 杜为广, 等. 高光效大豆光合速率与主要光合生理指标及农艺性状的关系[J]. 大豆科学, 2008, 27(3): 398—401.
- [27] 张晓艳, 李建英, 郑巅峰, 等. 不同密度下大豆单株和群体的光合特性[J]. 大豆科学, 2010, 29(4): 638—640.
- [28] 段巍巍, 李慧玲, 肖凯, 等. 密度对玉米光合生理特性和产量的影响[J]. 玉米科学, 2007, 15(2): 98—101.

Effect of density on canopy structure and photosynthetic characteristics in soybean population

ZHANG Xiao-yan, DU Ji-dao, ZHENG Dian-feng

(College of Agronomy, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China)

Abstract: With Kennong 4 as the experimental material, we analyzed the effect of density on plant type characteristics, leaf area index, dry weight, radiation transmittance rate, intercepting radiation, photosynthetic rate, transpiration rate, stomatal conductance, specific weight, and yield of soybean in the field condition. The results indicated that there were different soybean canopy structures and photosynthetic characteristics. There was significant difference between high density and low density. Plant height, average stem length and average petiole length increased with the increase of density, while node number, average stem diameter, average petiole diameter and average angle between stem and petiole decreased with the increase of density. Leaf area index, dry weight of different layers and total canopy intercepting radiation increased with the increase of density. Leaf area index concentrated in the upper and middle canopy and dry weight concentrated in the bottom and middle canopy. Photosynthetic rate, transpiration rate, stomatal conductance and specific weight decreased with the increase of density. The yield of 3.6×10^5 plants per hm^2 (D3) reached the highest.

Keywords: soybean; canopy structure; photosynthetic characteristics; yield