

种植密度对大豆光合生理及产量的影响

于洪久

(黑龙江省农业科学院 农村能源研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:采用二因素裂区试验,以9个大豆稳定品系为材料,研究了种植密度对大豆光合生理及产量的影响。结果表明:种植密度影响大豆的光合特性及干物质积累,最终影响产量,种植密度在36~50万株·hm⁻²范围内,随着密度的增加,大豆的光合生理指标提高,进而增加了大豆的产量,但当密度增加到50万株·hm⁻²时,大豆的增产幅度降低。

关键词:大豆;种植密度;光合生理;产量

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2009)06-1115-04

Effects of Plant Density on Photosynthetic Characteristics and Yield of Soybean

YU Hong-jiu

(Rural Energy Research Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, Heilongjiang, China)

Abstract: Reasonable close planting was the premise to optimize group structure and increase high yield of soybean. In this experiment, nine soybean genotypes were researched to find out the response of photosynthetic physiology and yield of soybean to different density, through the split plot design for two factors. The results showed plant density had certain influences on photosynthetic characteristics, dry matter accumulation and yield of soybean. Under planting density of $3.6 \times 10^5 \sim 5 \times 10^5$ plant · hm⁻², the photosynthetic indexes and yield of soybean were increased with the increasing density. But when the planting density was up to 5×10^5 plant · hm⁻², the yield increasing range of soybean was lower.

Key words: Soybean; Density; Photosynthetic; Yield

大豆是靠群体生产来提高产量的作物,不同的群体密度对大豆个体的生长、发育和产量影响不同。种植密度通过影响大豆的株型、营养面积进而影响群体的光合生理指标,从而影响产量。通过合理化大豆的种植密度,来调控大豆的产量构成因素对影响和发掘大豆产量潜力至关重要。自20世纪中期以来,常耀中等对大豆群体合理摆布和行株距进行了研究^[1-2]。Purcell等^[3-10]对大豆的种植密度展开了广泛的研究,指出合理种植密度能协调好个体生长和群体生长的关系,充分发挥个体生产潜力,提高大豆单位面积产量,增加单位面积荚数、粒数和粒重。该试验在探讨种植密度影响光合生理及产量的基础上,重点分析了光合速率、蒸腾速率、叶绿素含量以及干物质积累对不同密度大豆群体的响应,为大豆株型育种、高光效育种、高产栽培及优化大豆群体结构提供一定理论参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料

材料来自黑龙江八一农垦大学科研所大豆室选育的9个稳定大豆品系:农大25775、农大25788、农大15404、农大96104、农大25898、农大96065、农大15067、农大25284、农大15064。

1.2 试验设计

试验于2008年在哈尔滨糖业研究所试验田进行。在小双密栽培模式下,采用裂区设计,3次重复,种植密度分低(36万株·hm⁻²,以LD表示)、中(43万株·hm⁻²,以MD表示)、高(50万株·hm⁻²,以HD表示),3个处理,6行区,10m行长,垄距45cm,小区面积为27m²,以黑农科有机无机复混肥作底肥,N:P₂O₅:K₂O=1:2:0.75。5月4日播种,生育期间管理一致,收获时每小区取中间4行,每行取5m长,测产面积为9m²,折算成公顷产量。

收稿日期:2009-05-20

基金项目:黑龙江省农业科学院青年基金资助项目(2008年)。

作者简介:于洪久(1981-),男,研究实习员,研究方向为能源植物。E-mail:yhj3130618@126.com。

1.3 测定项目和方法

1.3.1 光合特性测定 采用 CB-1101 型光合、蒸腾作用测定仪进行田间活体测定。测定时间在 R5 期晴天上午 9:00 ~ 11:00, 每个处理测定第 3、4 行中间大豆各 5 株, 选取植株主茎倒 4 叶的中间小叶, 测定其净光合速率 (Pn) 和蒸腾速率 (E)。

1.3.2 叶绿素含量测定 采用 SPSAD-502 叶绿素仪, 于 R1、R2、R3、R4、R5、R6 进行田间活体测定。测定时间在上午 9:00 ~ 11:00, 测定叶位选取主茎最上位第 3 ~ 4 片完全展开叶, 叶片被测部位均在叶片的基部最宽处, 并且避开中脉, 3 次重复, 以叶绿素含量的相对值 (SPAD 值) 表示。

1.3.3 植株干重的测定 于 R1、R2、R3、R4、R5、R6 各进行 1 次田间取样, 在各小区中选取长势均匀的植株 10 株, 将植株地上部分 (子叶节以上) 放在 105℃ 下杀青 30 min 后, 置于 80℃ 下烘干至恒重, 冷却后称重。

1.4 数据处理

数据统计利用唐启义的 DPS 数据处理系统进行数据统计分析, 采用 Duncan 法进行均值的多重比较。

2 结果与分析

2.1 种植密度对大豆净光合速率和蒸腾速率的影响

不同种植密度下, 大豆净光合速率和蒸腾速率均表现出不同程度的变化 (表 1), 总的变化趋势为 MD > HD > LD, 方差分析表明不同密度处理间二者都达到了极显著差异 ($P < 0.01$); 且不同品种间净光合速率和蒸腾速率也存在极显著差异 ($P < 0.01$) (表 2)。表明大豆的净光合速率和蒸腾速率除受品种本身的遗传因素影响外还受环境条件的制约, 即在一定的种植密度范围内, 大豆的净光合速率和蒸

表 1 不同种植密度处理间大豆 Pn 和 E 的变化

Table 1 Variation of Pn and E of soybean under different densities

指标 Indicator	处理 Treatment		
	LD	MD	HD
Pn/mol · m ⁻² · s ⁻¹	17.58B	20.48A	19.64AB
E/mol · m ⁻² · s ⁻¹	4.45B	5.56A	5.11AB

表中数字后的小写字母标记 0.05 显著水平, 大写字母标记 0.01 显著水平, (下同)。

Different lowercase and capital letters represent significance at 0.05 or 0.01 probability levels, respectively.

表 2 不同品种间大豆 Pn 和 E 的变化

Table 2 Variation of Pn and E of soybean between different varieties

指标 Indicator	品系 Entry								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
Pn/μmol · m ⁻² · s ⁻¹	20.92A	21.09A	19.70AB	17.47AB	20.17AB	17.17B	19.28AB	19.11AB	18.20AB
E/mmol · m ⁻² · s ⁻¹	5.04ABC	5.46A	5.29AB	4.27C	4.86ABC	4.50BC	5.33AB	5.17AB	5.44A

腾速率会随着种植密度的升高而升高, 而当超出一一定的种植密度范围时, 二者反而会降低。

2.2 种植密度对大豆植株叶绿素含量的影响

不同种植密度大豆叶片中叶绿素含量的动态变化见表 3。叶绿素是作物吸收太阳光能进行光合作用的重要物质。在一定范围内, 叶绿素含量越高, 光合作用就越强。由表 3 可见, 各处理在不同生育时

期下叶绿素含量随生育进程的推进呈逐渐上升趋势, 在结荚至鼓粒期达到最高。且随着种植密度的增加, 叶绿素含量上升, 不同处理间在 R2 期达到极显著差异 ($P < 0.01$)。由此说明, 在农业生产上, 通过合理密植, 保持大豆生育后期较高的叶绿素含量, 增强其光合能力, 对增加籽粒干物质积累具有重要作用。

2.3 种植密度对大豆植株干物质积累的影响

生物产量是经济产量的基础。要获得较高的籽粒产量, 必须采取适宜栽培措施提高生物产量。研究表明, 种植密度对大豆单株干物质积累有很大影响, 大豆植株干物重随生育进程的推进而呈明显的递增趋势 (表 4)。在 3 种种植密度下, 大豆单株干物重在各生育时期中均表现为 LD > MD > HD, 而群体的干物重 (kg · hm⁻²) 在各生育时期中则与之

表 3 不同种植密度大豆叶绿素含量变化

Table 3 Chlorophyll content of soybean varieties at different stages under different densities (spad)

处理 Treatment	生育时期 Development stage					
	R1	R2	R3	R4	R5	R6
LD	40.61A	42.00B	42.75A	46.76A	47.01A	46.86A
MD	40.62A	42.09B	42.75A	47.41A	47.28A	46.97A
HD	40.65A	43.64A	42.87A	47.68A	47.62A	47.03A

表4 不同种植密度对大豆植株干物质积累的影响

Table 4 Response of soybean dry matter weight to different densities/g

处理 Treatment	生育时期 Development stage					
	R1	R2	R3	R4	R5	R6
LD	2.71aA	5.17aA	8.24aA	12.88aA	21.68aA	29.68aA
MD	2.63abA	4.93aA	7.98aA	12.08aA	20.68aA	25.91bA
HD	2.38bA	4.11bB	7.02bB	10.38bB	16.73bB	23.76bB

相反,即为 $HD > MD > LD$ 。方差分析结果表明,不同密度间差异达显著或极显著水平 ($P < 0.05$ 或 P

表5 不同种植密度对大豆产量的影响

Table 5 Response of the yields of soybean entries on different densities /kg · hm⁻²

处理 Treatment	品系 Entry								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
LD	4457C	4530 B	4417 B	4390 B	4530C	4557C	4612B	4418B	4473C
MD	4685B	4697A	4600A	4672A	4835A	4917A	4835B	4967A	4712B
HD	4722A	4785A	4712A	4685A	4945A	4972A	4972A	5028A	4834A

3 结论与讨论

合理的大豆群体结构是决定大豆产量的中心,采取适宜的栽培技术是调节群体结构的重要措施。因此,从大豆群体的光合速率及叶绿素的动态变化出发,研究大豆群体的光合性能,可以深入地揭示光合源与籽粒库的关系,从而为大豆优质高产提供适宜的光合生理指标。研究表明,在3种种植密度下,大豆品系净光合速率和蒸腾速率均表现出不同程度的变化,其中以中密度处理下二者最高。在叶绿素含量的动态变化中,大豆在3种密度处理下各生育时期的叶绿素含量均随着生育进程的推进呈逐渐上升趋势,在结荚至鼓粒期达最大。且高密度处理下叶绿素含量偏高,其次为中密度处理和低密度处理。

种植密度对大豆干物质积累量有很大影响。前人研究表明^[10-11],单株干物质积累量随密度增加而减少,该试验与之结果一致。群体干物质积累总量是由单株干物质积累量和作物生长总量决定的,高密度处理下单位土地面积上植株个体多,有利于单位土地面积干物质积累量相对增加。有关单位面积干物质积累也有较多研究,目前报导的结果差异较大,孙贵荒等^[12]认为,单位面积干物质积累量与种植密度呈正相关,孙淑贤等^[13]认为,单位面积干物质积累量与种植密度无明显关系。结果表明,单位面积干物质积累量随密度增加而增加,高密度处理下群体干物质积累总量最高。

<0.01)。说明在一定的种植密度范围内,大豆单株干物重随着种植密度的升高而降低,但群体的干物质积累是随着种植密度的升高而升高的。

2.4 种植密度对大豆产量的影响

在3种种植密度下,产量随着种植密度水平的提高而增加,即 $LD < MD < HD$ (表5)。方差分析表明,不同品系在3种密度处理间产量差异达到极显著水平。在一定范围内随着种植密度的增加,不同程度的提高了大豆产量,但增加到50万株·hm⁻²时,产量提高幅度则降低。

高产一直是栽培工作者追逐的目标,历来研究较多,密度主要通过对产量构成因素^[14-16]起作用而影响产量,由于受品种、地域等的影响,结论不一。结果表明,随着密度的升高,大豆的产量升高,但与MD处理相比,当密度增加到50万株·hm⁻²时,产量提高幅度则降低。

参考文献

- [1] 常耀中. 大豆群体合理摆布与产量关系的研究[J]. 大豆科学, 1983, 2(2): 132-139. (Chang Y Z. Studies on the relationship between optimum population and yield of soybean [J]. Soybean Science, 1983, 2(2): 132-139.)
- [2] 赵荣琛. 杭州早大豆行株距试验[J]. 农业学报, 1957, 8(2): 185-195. (Zhao R C. Experiment of soybean row planting in Hangzhou city [J]. Agricultural Journal, 1957, 8(2): 185-195.)
- [3] 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.
- [4] Board J E, Harville B G. Growth dynam ice during the vegetative period affects yield of narrow-row, late-planted soybean [J]. Agronomy Journal, 1996, 88: 575-579.
- [5] Haile F J, Higley L G, Specht J E. Soybean leaf morphology and defoliation tolerance [J]. Agronomy Journal, 1998, 90: 353-362.
- [6] 张瑞忠, 田岚. 大豆植株密度试验研究[J]. 东北农学院学报, 1964(3): 1-13. (Zhang R Z, Tian L. Study on soybean plant densities experiment [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 1964(3): 1-13.)
- [7] 郭午, 张雄久, 牛裕洲. 大豆合理群体结构的探讨[J]. 吉林农业科学. 1964, 1(2): 9-18. (Guo W. Discussion of soybean reasonable population structure [J]. Jilin Agricultural Science, 1964,

- (2):9-18.)
- [8] 刘金印,张恒善,王大秋. 大豆种植密度和群体结构的研究[J]. 大豆科学,1987,6(1):1-10. (Liu J Y,Zhang H S,Wang D Q. Studies on soybean plant density and its index of population structure [J]. Soybean Science,1987,6(1):1-10.)
- [9] 游明安,盖均镒. 大豆产量空间分布特征的初步研究[J]. 大豆科学,1993,12(1):16-21. (You M A,Gai J Y. Preliminary study on soybean yield distribution in space[J]. Soybean Science,1993,12(1):16-21.)
- [10] 张伟,张惠君,王海英,等. 株行距和种植密度对高油大豆农艺性状及产量的影响[J]. 大豆科学,2006,25(3):83-87. (Zhang W,Zhang H J,Wang H Y, et al. Effects of spacings and planting densities on agronomic traits and yield in high-oil soybeans [J]. Soybean Science,2006,25(3):83-87.)
- [11] 王程,刘兵,金剑,等. 密度对大豆农艺性状及产量构成因素空间分布特征的影响[J]. 大豆科学,2008,27(6):936-942. (Wang C,Liu B,Jin J, et al. Influences of planting density on agronomic traits and spatial distribution of yield components across main stem in soybean [J]. Soybean Science,2008,27(6):936-942.)
- [12] 孙贵荒,刘晓丽,董丽杰,等. 高产大豆干物质积累与产量关系的研究[J]. 大豆科学,2002,21(3):41-46. (Sun G H,Liu X L,Dong L J, et al. Studies on the relationship between yield and dry matter accumulation in high yield potential soybean [J]. Soybean Science,2002,21(3):41-46.)
- [13] 孙淑贤,傅艳华,逢玉兰. 密度对矮秆大豆群体生育动态的影响[J]. 作物杂志,1999(2):18-19. (Sun S X,Fu Y H,Feng Y L. The effects of density on reproductive dynamic groups of dwarf soybean[J]. Crops,1999(2):18-19.)
- [14] 焦浩,纪永民,张存岭. 种植方式和密度对大豆产量和单株性状的影响[J]. 作物杂志,2008,(5):56-59. (Jiao H, Ji Y M, Zhang C L. Effect of planting pattern and density on soybean yield and other traits[J]. Crops,2008(5):56-59.)
- [15] 董钻. 大豆株型、群体结构与产量关系的研究[J]. 大豆科学,1986,3(2):110-120. (Dong Z. Studies on relationship of soybean stature, population structure and yield[J]. Soybean Science,1986,3(2):110-120.)
- [16] 何世炜,常生华,武得礼,等. 大豆播种密度对籽实产量及其构成因素影响的研究[J]. 草业科学,2005,(5):45-49. (He S W, Chang S H,Wu D L, et al. The effect of Glycine max sowing density on seeds yield and plant morphology [J]. Acta Prataculturae Sinica,2005,(5):45-49.)

中黄 35 在新疆创大面积高产纪录

罗赓彤 (新疆农垦科学院,新疆 石河子 832000)

以王连铮为主持人的中国农业科学院作物科学研究所大豆课题组承担的科技部、农业部农业成果转化基金“高产、高油大豆中黄 35 的中间试验和示范推广”项目与新疆生产建设兵团农八师 148 团和新疆玛纳斯县合作进行中黄 35 大面积生产示范,创造了我国大豆大面积高产纪录和我国大豆单产最高纪录。

中黄 35 已连续 2 a 在新疆、陕西、甘肃、河北、内蒙古、辽宁、吉林等省市自治区进行大面积生产示范,2009 年 9 月 18-20 日,中国农业科学院与农业部科教司、科技部农村发展中心、新疆生产建设兵团科技局及新疆维吾尔自治区农业厅联合召开了“中黄 35 大面积高产示范现场会”,会议代表参观了新疆生产建设兵团农 8 师 148 团 2 连和 10 连的中黄 35 大面积大豆高产示范田和玛纳斯县的大豆高产示范田。以国家大豆改良中心邱家训教授为组长的专家组对 148 团的大豆高产示范田分别进行大面积和小面积现场测产,实收 5.79 hm^2 ,产量达 5466.9 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,创全国大豆大面积高产纪录;实收 0.09 hm^2 ,产量达 5985.0 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (水分均以 13.5% 计算)。同时,受中国农业科学院作物科学研究所委托,2009 年 9 月 25 日,新疆生产建设兵团科技局组织以新疆农业大学章建新教授为组长、以新疆农垦科学院魏建军研究员为副组长的专家组对 148 团 8 连 19 号地进行测产,实收 0.08 hm^2 ,产量达 6037.5 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

中黄 35 取得大面积高产的经验主要有:科学施肥和精细整地、覆膜精量播种、膜下节水灌溉结合施肥以及化学调控等。该项大豆栽培技术有很大创新,在有喷灌条件的地区改装成覆膜滴灌并且膜上精量播种,可大幅度提高我国大豆产量,测产专家组建议在适宜地区扩大该技术示范推广面积。