

## 半矮秆大豆窄行密植超高产生长发育动态研究

张敬涛<sup>1,2</sup>, 郑殿峰<sup>2</sup>, 申晓慧<sup>1</sup>, 王谦玉<sup>1</sup>, 刘忠堂<sup>3</sup>, 贾会彬<sup>1</sup>, 刘峰<sup>3</sup>, 杜吉到<sup>2</sup>, 赵桂范<sup>1</sup>, 宋英博<sup>1</sup>

(1. 黑龙江省农业科学院 佳木斯分院, 黑龙江 佳木斯 154007; 2. 黑龙江八一农垦大学 植物科技学院, 黑龙江 大庆 163319; 3. 黑龙江省农业科学院, 黑龙江 哈尔滨 150086)

**摘要:**为探索寒地超高产大豆生长发育及产量形成机理, 采用3个基因型品种, 2种栽培模式, 共设3个处理研究半矮秆大豆窄行密植超高产生长发育动态。结果表明: 在窄行、密植、高肥水条件下, B45处理由于采用半矮秆品种, 尽管单株干物重、叶面积显著低于对照, 但群体干物重显著增加, LAI早于G70对照8 d达到峰值, 最高为8.081, 在8月11日前 LAI长时间保持在7.0以上, 各生育时期叶绿素含量、净光合速率明显高于对照, 均为光合产物积累及4 895.7 kg·hm<sup>-2</sup>的产量形成奠定了基础; Z45处理虽然选用亚有限秆强品种, 随着密度增加倒伏严重; G70处理应用高秆品种稀植栽培, 个体发育较好, 但群体性状较差。

**关键词:**半矮秆大豆; 窄行密植; 超高产; 生长发育动态

**中图分类号:** S565.1      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-9841(2009)05-0842-04

## Soybean Population Growth Dynamic under the Super-high Yield Cultivation Mode with Narrow Row and Dense Seeded Semi-dwarf Cultivar

ZHANG Jing-tao<sup>1,2</sup>, ZHENG Dian-feng<sup>2</sup>, SHEN Xiao-hui<sup>1</sup>, WANG Qian-yu<sup>1</sup>, LIU Zhong-tang<sup>3</sup>, JIA Hui-bin<sup>1</sup>, LIU Feng<sup>3</sup>, DU Ji-dao<sup>2</sup>, ZAO Gui-Fan<sup>1</sup>, SONG Ying-bo<sup>1</sup>

(1. Jiamusi Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Jiamusi 154007, Heilongjiang; 2. College of Plant Science, Heilongjiang August First Land Reclamation University, Daqing 163319; 3. Agricultural Sciences of Heilongjiang Province, Harbin 150086, Heilongjiang, China)

**Abstract:** In order to clarify the mechanism of the growth and development of the super yield soybean in the cold region, field experiments were conducted with three cultivation patterns, they were B45 (semi-dwarf variety He 98-1667 planted with row space of 45 cm and density of  $41.5 \times 10^4$  plants·ha<sup>-1</sup>), G70 (tall stalk variety Longxuan 1 planted with row space of 70 cm and density of  $30.5 \times 10^4$  plants·ha<sup>-1</sup>, CK<sub>1</sub>) and Z45 (middle short stalk variety Kenfeng 16 planted with row space of 45 cm and density of  $18.8 \times 10^4$  plants·ha<sup>-1</sup>, CK<sub>2</sub>). In the condition of the narrow row, dense seeded and high fertilizer and water supplement, the individual plant of B45 treatment was lower in term of the plant height, dry matter weight and the leaf area comparing with Z45 and G70. However, the population dry matter weight of B45 was significantly higher than CK. B45 treatment had highest LAI of 8.081 and the peak value appeared 8 days earlier than G70. Long period of higher LAI was observed in B45 treatment. The chlorophyll content, net photosynthetic rate of B45 was superior to CK at various growth stages, which laid the foundation for the high yield of 4895.7 kg·ha<sup>-1</sup>. For Z45 treatment, serious lodging was taking place with higher planting population and semi-determinate soybean cultivar. For G70 treatment, the individual plant was well developed, while had poor population performance for the lower planting population.

**Key words:** Semi-dwarf soybean; Narrow row planting; Super yield; Dynamic growth

黑龙江省是我国大豆主产区, 年播种面积及总产量均占全国三分之一以上。由于缺少创新型技术, 全省大豆平均产量仅有1 852.4 kg·hm<sup>-2</sup> (黑龙江省统计年鉴2002~2006年平均数据), 略高于全

国平均水平, 但与美国、巴西、阿根廷的差距较大, 因此, 提高单产水平是东北大豆生产亟待解决的关键问题。国内外对大豆超高产研究报道很多。Cooper<sup>[1]</sup>利用半矮秆品种和窄行密植技术, 在美国俄亥

收稿日期: 2009-05-18

基金项目: 国家外国专家局引智资助项目(Y20072300051); 黑龙江省国际合作资助项目(WB08C07)。

作者简介: 张敬涛(1964-), 男, 研究员, 研究方向为大豆高产栽培。E-mail: zhangjt2008@163.com。

通讯作者: 郑殿峰, 教授, 博士。E-mail: zhengdianfeng@hlau.cn。

俄州连续稳定实现  $6\ 000\ \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  以上的产量; Lawn<sup>[2]</sup> 在澳大利亚获得产量  $8\ 604\ \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  的高产纪录;罗赓彤<sup>[3]</sup>、王连铮<sup>[4]</sup> 等分别采用新大豆 1 号、石大豆 1 号、中黄 13、中黄 19 等品种,相继创造出产量  $5\ 956.2$ 、 $5\ 407.8$ 、 $4\ 686.0$ 、 $4\ 719.0\ \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  的高产纪录。魏建军等<sup>[5-11]</sup> 对大豆超高产生理、营养、育种、栽培技术等进行了研究和报道。有关黑龙江省大豆超高产生理指标研究、报道较少。利用半矮秆品种、窄行密植技术和地下亚表层灌溉技术在  $760\ \text{m}^2$  小区面积上实现了大豆  $4\ 895.7\ \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  的产量。就此分析大豆超高产生长发育动态,旨在为寒地大豆超高产栽培研究和应用提供技术依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

超高产试验在黑龙江省农业科学院佳木斯分院试验地进行,基础肥力有机质  $4.50\%$ ,全氮(N)  $150.25\ \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,全磷( $\text{P}_2\text{O}_5$ )  $78.12\ \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,全钾( $\text{K}_2\text{O}$ )  $165.22\ \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。2007 年秋整地期间施有机肥  $75\ \text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ ,二铵  $350\ \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,尿素  $60\ \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,氯化钾  $90\ \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。生育期间 5~9 月自然降雨  $266.5\ \text{mm}$ ,有效积温  $2\ 450.6^\circ\text{C}$ ,日照时数  $1\ 430.1\ \text{h}$ 。

采用 3 个基因型品种,2 种栽培模式,共设 3 个处理:(1)半矮秆品种合 98-1667,行距  $45\ \text{cm}$ ,保苗  $41.5\ \text{万株} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,窄行密植栽培模式(以下简称 B45 处理);(2)对照 1,中矮秆品种垦丰 16,行距  $45\ \text{cm}$ ,保苗  $18.8\ \text{万株} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,窄行密植种植模式(以下简称 Z45 处理);(3)对照 2,高秆品种龙选 1 号,行距  $70\ \text{cm}$ ,保苗  $30.5\ \text{万株} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,垄作种植模式(以下简称 G70 处理)。3 个处理种植面积各为  $1\ 500\ \text{m}^2$ ,各处理地下亚表层均设置灌溉装置,在大豆生育 R1~R6 期灌水  $600\ \text{mm}$ 。

### 1.2 生理指标的测定

1.2.1 叶绿素和光合速率、蒸腾速率 在 V3 期标定生长一致 10 株用于定期测定叶绿素含量及光合速率、蒸腾速率。叶绿素含量用日本产活体叶绿素测定仪 SPAD 502 测定,从 V3 到 R7 期每 8 d 测定一次植株主茎倒 3 叶叶片的叶绿素含量;同时用国产 CB-1102 光合分析仪,测定植株主茎倒 3 叶叶片的光合速率、蒸腾速率。

1.2.2 干物重、叶面积指数 从 V3 到 R7 期每 8 d 测定一次,每次取有代表性的植株 5 株,并标定生长

一致的 20 株留做下一次取样,样株取回后用日本产 AAC-400 叶面积测定仪测定叶面积,然后在  $105^\circ\text{C}$  下杀青, $80^\circ\text{C}$  下烘干至恒重测定干物重,并计算叶面积指数。

### 1.3 数据分析

所有数据均在 Excel 软件中进行分析 and 处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 超高产大豆干物重变化动态

由图 1、2 可见,随着生育进程推进,单株干物重和群体干物重显著增加,且处理间差异趋于更加显著,进入生殖生长后干物重差异更为明显。不同处理间单株干物重以 G70 处理各生育时期最高,其次是 B45 处理,Z45 处理最低;各生育时期群体干物重以 B45 处理显著高于对照,而对照间差异不显著。

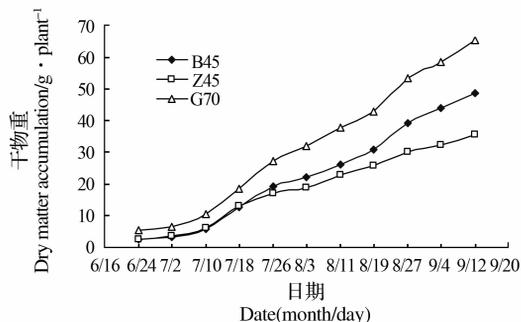


图 1 单株干物重变化动态

Fig. 1 Changing trends of the plant dry matter accumulation of soybean

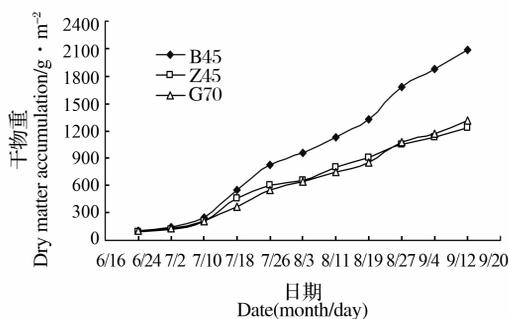


图 2 群体干物重变化动态

Fig. 2 Changing trends of dry matter accumulation of soybean

### 2.2 超高产大豆叶面积及 LAI 变化动态

B45 处理采用半矮秆品种、在高密度群体中单株叶面积发育相对较差,但群体 LAI 最高,且持续时间长,LAI 值在 7 月 18 日就达到  $7.814$ ,7 月 26 日(R3 期)达到高峰,为  $8.081$ ,到 8 月 11 日(R5 期)

保持在 6.980 以上;G70 处理选用品种植株高大、种植密度稀、个体发育较好,单株叶面积显著高于其他处理,但群体 LAI 最低,最大值出现偏晚(R4 期,5.656);Z45 处理虽然选用亚有限秆强抗倒伏中秆品种,但随着群体密度增加,植株表现高大,个体发育相对较差,群体 LAI 在 7 月 26 日(R3 期,7.872)达到高峰,以后由于群体出现严重倒伏 LAI 迅速下降。

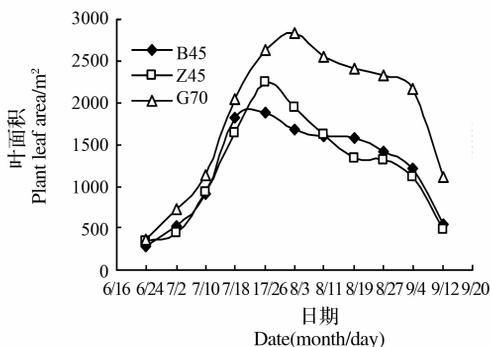


图 3 单株叶面积变化

Fig. 3 Changing trends of the plant leaf area of soybean

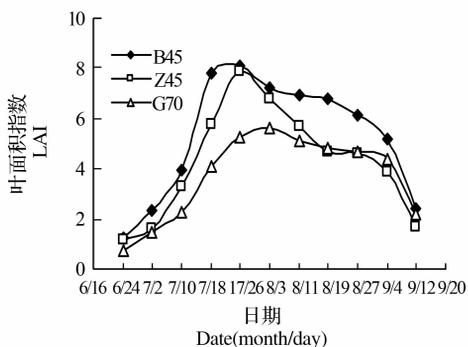


图 4 叶面积指数(LAI)变化

Fig. 4 Changing trends of LAI of soybean

### 2.3 超高产大豆叶片叶绿素变化动态

图 5 表明不同生育时期、不同处理间叶绿素含量变化较大。7 月 2 日(R1 期)在大豆进入生殖生长前叶绿素出现一个小高峰,进入生殖生长后,营养生长与生殖生长并进、生长量加快,叶绿素含量下降,到 8 月 11 日(R5 期)以后叶绿素出现第 2 次高峰,之后叶绿素又逐渐下降;不同处理间以 B45 处理各生育时期叶绿素含量最高,其次是 Z45 处理,但与 G70 处理差异不明显。

### 2.4 超高产大豆净光合速率与蒸腾速率

在 7 月 3 日大豆初花期(R1)测定 B45 光合速率最高,为  $14.062 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{g}^{-1}$ ,其次是 Z45,为

$13.672 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{g}^{-1}$ ,G70 最低,为  $10.520 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{g}^{-1}$ ;蒸腾速率则 G70 最低,为  $4.030 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{g}^{-1}$ ,其次是 B45,为  $4.511 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{g}^{-1}$ ,Z45 最高,为  $4.977 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{g}^{-1}$ (图 6)。

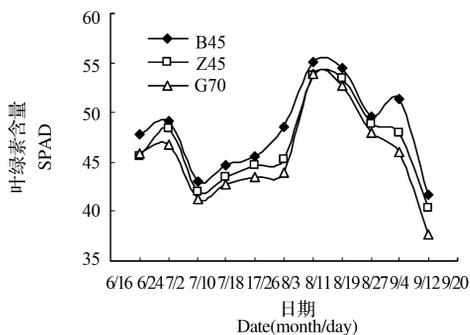


图 5 叶绿素含量变化

Fig. 5 Changing trends of chlorophyll content of soybean

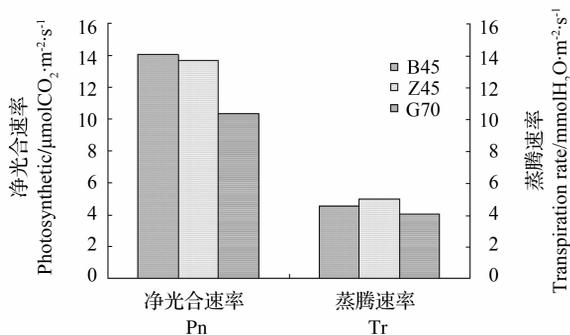


图 6 净光合速率与蒸腾速率变化

Fig. 6 Changing trends of the net photosynthetic rate and transpiration rate of soybean

## 3 结论与讨论

董钻<sup>[11]</sup>研究证实,要想获得  $3000 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  左右的产量,最大 LAI 维持在 4~5 之间或接近 6 的种植密度是比较适宜的,密植可以提高 LAI<sup>[13-14]</sup>,魏建军等<sup>[5]</sup>获得  $5695.2 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  产量的最大 LAI 为 5.29。B45 处理选用半矮秆品种窄行密植栽培,LAI 最高达到 8.081 与以往研究结果不同,且田间没有倒伏、群体生长正常,可见,半矮秆基因型品种是与窄行密植超高产栽培技术配套特殊类型品种,适于寒地大豆超高产栽培;张伟等<sup>[6]</sup>,傅金民等<sup>[15]</sup>研究认为,大豆欲高产,延缓籽粒形成期叶片衰老是十分必要的。结果表明,B45 处理在大豆籽粒形成期 LAI 长时间保持在 7.0 以上,后期持续高的光合能力为超高产大豆产量形成奠定了基础。Z45 处理虽然 LAI 较高(7.872),但田间表现植株高大、倒伏严

重,LAI 迅速下降,不利获得高产。

随着密度增大,大豆群体最大光截获期提前,冠层封闭早,干物质积累量也比较多<sup>[16-17]</sup>。结果显示,B45 处理选用半矮秆品种,窄行密植栽培,封垄期较常规垄作提前 7~10 d,群体干物重较对照显著增加。

在大豆进入生殖生长前(7 月 2 日,R1 期)叶绿素出现一个小高峰,进入生殖生长后,营养生长与生殖生长并进、生长量加快,叶绿素含量下降,到 8 月 11 日(R5 期)以后叶绿素出现第 2 次高峰,之后叶绿素又逐渐下降,并且 B45 处理在各生育时期叶绿素含量始终高于对照,这与张伟等<sup>[6]</sup>超高产大豆辽豆 14 号叶绿素单峰曲线变化规律不同。

B45 处理较高的净光合速率和较低的蒸腾速率为光合产物积累及产量形成提供了保障。

## 参考文献

- [1] Cooper R L. High-yield-system-in-place(HYSIP) concept for soybean production[J]. *Journal of Production Agriculture (USA)*, 1989,2;312-324.
- [2] Lawn R J, Troedson R J, Garside A L, et al. Soybean in saturated soil-a new way to higher yields[C] // World Soybean Research Conference III, Program and Abstracts. Iowa State University, Ames, IA. 1984, 576-581.
- [3] 罗庚彤,战勇,刘胜利,等. 新大豆 1 号和石大豆 1 号高产纪录的创造[J]. *大豆科学*,2001,20(4):272-273. (Luo G T, Zhang Y, Liu S L, et al. The high yield record of Xindadou 1 and Shidadou 1[J]. *Soybean Science*,2001,20(4):272-273.)
- [4] 王连铮,王岚,赵荣娟,等. 大豆育种研究进展[J]. *大豆科技与产业化*,2006,1(1):4-18. (Wang L Z, Wang L, Zhao R J, et al. The research progress of soybean breeding[J]. *Technology and Industrialization of Soybean*,2006,1(1):4-18.)
- [5] 魏建军,罗庚彤,张力,等. 超高产大豆主要群体生理参数与经济产量关系的研究[J]. *中国油料作物学报*,2007,29(3):272-276. (Wei J J, Luo G T, Zhang L, et al. A study of relation between canopy physiological parameter and seed yield in super high-yield soybean[J]. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*,2007,29(3):272-276.)
- [6] 张伟,谢甫缙,张惠君,等. 超高产大豆品种辽豆 14 号的冠层特性与产量性状研究[J]. *中国农业科学*,2007,40(11):2460-2467. (Zhang W, Xie F T, Zhang H J, et al. Canopy and yield characteristics of super-high-yielding soybean cv. Liaodou No. 14[J]. *Scientia Agricultura Sinica*,2007,40(11):2460-2467.)
- [7] 张性坦,赵存,柏惠侠,等. 夏大豆诱处 4 号公顷产 4 500 kg 生理指标研究[J]. *中国农业科学*,1996,29(6):46-54. (Zhang X T, Zhao C, Bai H X, et al. Study on physiological indexes of summer soybean variety Youchu 4 yielding 4500 kg · ha<sup>-1</sup>. [J]. *Scientia Agricultura Sinica*,1996,29(6):46-54.)
- [8] 李路,王连铮,王岚,等. 超高产高蛋白广适应性大豆中黄 13 亩产 300 公斤的营养基础[J]. *大豆科技与产业化*,2006,1:28-34. (Li L, Wang L Z, Wang L, et al. Nutrient base for highyield with 4.5 ton · ha<sup>-1</sup> by using soybean cultivar Zhonghuang 13 with super highyielding high protein and broad adaptability[J]. *Technology and Industrialization of Soybean*,2006,1:28-34.)
- [9] 王岚,王连铮,赵荣娟,等. 大豆超高产育种研究[J]. *大豆科学*,2007,26(3):407-411. (Wang L, Wang L Z, Zhao R J, et al. Study on soybean breeding for super high-yielding [J]. *Soybean Science*,2007,26(3):407-411.)
- [10] 赵团结,盖钧镒,李海旺,等. 超高产大豆育种进展与讨论[J]. *中国农业科学*,2006,39:29-37. (Zhao T J, Gai J Y, Li H W, et al. Advances in breeding for super high-yielding soybean cultivars [J]. *Scientia Agricultura Sinica*,2006,39:29-37.)
- [11] 董钻. 大豆产量生理[M]. 北京:中国农业出版社,2001:46-49. (Dong Z. *Soybean yield physiology*[M]. Beijing:China Agriculture Press,2001:46-49.)
- [12] 宋书宏,王文斌,吕桂兰,等. 北方春大豆超高产技术研究[J]. *中国油料作物学报*,2001,23(4):48-50. (Song S H, Wang W B, Lu G L, et al. The technology research on Northern spring super yield soybean[J]. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*,2001,23(4):48-50.)
- [13] 张瑞忠. 大豆叶面积指数与丰产性能关系的初步研究[J]. *东北农学院学报*,1962(3):1-6. (Zhang R Z. Preliminary study on relation between soybean leaf area index and yielding ability[J]. *Journal of Northeast Agricultural University*,1962(3):1-6.)
- [14] Boquet D J. Plant population density and row spacing effects on soybean at post-optimal planting dates [J]. *Agronomy Journal*, 1990,82:59-64.
- [15] 傅金民,张庚灵,苏芳,等. 大豆籽粒形成期<sup>14</sup>C 同化物的分配和源库调节效应研究[J]. *作物学报*,1999,25(2):169-173. (Fu J M, Zhang G L, Su F, Wang Z L, et al. Partitioning of <sup>14</sup>C-assimilates and effects of source-sink manipulation at seed-filling in soybean[J]. *Acta Agronomica Sinica*,1999,25(2):169-173.)
- [16] 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. (Zhao S J, Zhang M C. Effect of culture factors on growth and yield of soybean I. Effect of sowing date, density, space in row and plant space on yield[J]. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*,2002(4):29-32.)
- [17] Purcell Larry C, Ball Rosalind A, Reaper J D, et al. Radiation use efficiency and biomass production in soybean at different plant population densities [J]. *Crop Science*,2002,42:172-177.