

种植密度对不同耐密性大豆品种特性的影响

郑伟¹, 谢甫锦², 郭泰¹, 王志新¹, 李灿东¹, 张振宇¹, 张茂明¹, 刘忠堂¹

(1. 黑龙江省农业科学院 佳木斯分院, 黑龙江 佳木斯 157007; 2. 沈阳农业大学 农学院, 辽宁 沈阳 110866)

摘要: 选用耐密性不同的两个大豆品种垦丰16和合丰25为试材, 研究了22.5万、30.0万和37.5万株·hm²三个种植密度对不同耐密性大豆品种特性的影响。结果表明: 随着密度增加, 耐密品种垦丰16冠层上部叶柄长度显著低于普通品种, 在高密度条件下, 从第9节开始叶柄长度短于合丰25; 叶形指数高于普通品种, 尤其是高密度条件下从第12节位开始垦丰16的叶形指数显著或极显著高于普通品种合丰25, 有利于通风透光。耐密品种垦丰16的叶色值高于普通品种, 随着密度增加叶色值峰值出现时间没有明显变化, 密植条件下生育后期叶片持绿性更强。随着密度增加, 耐密品种垦丰16净光合速率和水分利用率下降速度慢, 当密度为30.0万株·hm²时垦丰16与合丰25的净光合速率和水分利用率差异达到显著水平(分别为 $P=0.033\ 3$, $P=0.023\ 5$), 密度为37.5万株·hm²时差异达到极显著水平(分别为 $P=0.001\ 8$, $P=0.004\ 7$); 随着密度增加, 耐密品种垦丰16产量逐渐增加, 不耐密品种合丰25产量呈现先上升后降低的趋势, 密度为37.5万株·hm²时, 两个品种间差异达到极显著水平($P=0.001\ 9$)。3种植密度条件下植株形态和光合生理指标的变化表明, 耐密大豆品种垦丰16冠层结构更有利于在高密度条件下通风透光, 密植条件下后期持绿性强, 光合速率和水分利用率受密度影响小, 因此在高密度条件下能够获得较高的产量。

关键词: 大豆; 栽培密度; 光合特性; 水分利用率; 产量
中图分类号: S565.1 **文献标识码:** A **DOI:** 10.11861/j.issn.1000-9841.2015.02.0255

Effect of Planting Density on Characteristics of Soybean Cultivars with Different Density Tolerance

ZHENG Wei¹, XIE Fu-ti², GUO Tai¹, WANG Zhi-xin¹, LI Can-dong¹, ZHANG Zhen-yu¹, ZHANG Mao-ming¹, LIU Zhong-tang¹

(1. Jiamusi Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Jiamusi 157007, China; 2. Agronomy College, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China)

Abstract: Two different planting density tolerance soybean varieties and three densities of 225 000, 300 000 and 375 000 plants·ha⁻¹ were set to study the effect of planting density on soybean characteristics. Results showed that as the density increased, the upside canopy petiole length of close planting resistant variety Kenfeng 16 was significantly lower than the common variety Hefeng 25. In the high density condition, petiole length of Kenfeng 16 was shorter than Hefeng 25 from the 9th node. The leaf shape index of Kenfeng 16 was higher than the common variety, especially under the high density from the 12th node, which was significant or very significant higher than the common variety Hefeng 25 and advantageous to get air and light. The SPAD readings of close planting resistant variety of Kenfeng 16 were higher than the common variety. As the density increased, the SPAD readings peak times of Kenfeng 16 did not change significantly. In the late growth stage and high density, Kenfeng 16 could stay green stronger. As the density increased, the net photosynthetic rate and water use efficiency reduced slowly in the close planting resistant variety Kenfeng 16. The net photosynthetic rate and water use efficiency difference between Kenfeng 16 and Hefeng 25 reached significant level in 300 000 plants·ha⁻¹ ($P=0.033\ 3$, $P=0.023\ 5$, respectively), and reached very significant level in 375 000 plants·ha⁻¹ ($P=0.001\ 8$, $P=0.004\ 7$, respectively). As the density increased, the yield of close planting resistant variety Kenfeng 16 increased gradually, but the yield of close planting non-resistant variety Hefeng 25 increased first and then decreased. The yield difference between Kenfeng 16 and Hefeng 25 reached very significant level ($P=0.001\ 9$) in the density 375 000 plants·hm². From the changes of plant morphological and photosynthetic physiological indexes between Kenfeng 16 and Hefeng 25 under different density conditions can be seen that the canopy structure of close planting resistant varieties Kenfeng 16 was more conducive to get air and light in high density conditions, could stay green stronger in the late stage of close planting, little effects of density on the photosynthetic rate and water use efficiency. So Kenfeng 16 can obtain higher yield in higher density condition.

Keywords: Soybean; Planting density; Photosynthetic characteristics; Water use efficiency; Yield

种植密度一直是大豆栽培工作者的研究热点^[1-3], 密度直接影响叶面积指数^[4]、叶色值^[5]、叶形指数^[5]和柄长度^[6]等叶部性状, 对大豆产量形成具有重要作用^[6-8]。光合速率对产量形成最为重

收稿日期: 2014-07-09
基金项目: 国家“十二五”科技支撑项目(2011BAD35B06-1-5); 国家现代大豆产业技术体系建设专项(CARS-04-CES05)。
第一作者简介: 郑伟(1976-), 男, 博士, 副研究员, 主要从事大豆育种与栽培研究。E-mail: zhw105122@126.com。
通讯作者: 谢甫锦(1966-), 男, 教授, 博导, 主要从事大豆育种与栽培研究。E-mail: snssoybean@souhu.com。

要,特别是生殖生长期光合速率与产量关系密切^[9],因此,大豆的遗传改良是将一切形态和生理指标均向着有利于提高光合速率的方向发展,表现为叶绿素含量逐渐提高,冠层结构更加舒朗,使冠层接受更多的阳光^[8-11]。大豆是密播作物,对栽培密度具有一定的自我调节能力,但不同大豆品种对密度的适应能力存在显著差异^[12-14],尤其以叶部性状表现最为明显^[1,8,14]。黑龙江省是我国大豆主产区,近年来随着遗传改良,品种株高的逐渐降低、抗倒能力增强,大豆栽培模式不断发生变化,由原来的粗放型向精耕细作型转变,其核心技术表现在种植密度逐步增大,有些地区甚至达到了40万株·hm⁻²,大豆单产逐步提高。因此,推广耐密性大豆品种对于提高黑龙江省大豆生产水平具有重要意义。本研究以耐密性不同的两个亚有限大豆品种为试材,研究种植密度对其品种特性的影响,为耐密大豆高产栽培和耐密品种选育提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

耐密植大豆垦丰16,适宜栽培密度32万~35万株·hm²,由黑龙江省农垦科学院作物所提供;普通品种合丰25,适宜栽培密度28万~30万株·hm²,由黑龙江省农业科学院佳木斯分院提供。

1.2 试验设计

试验于2012~2013年在黑龙江省农业科学院佳木斯分院进行,前茬作物玉米。试验采用随机区组设计,3次重复,6行区,行长6m,行距0.7m,小区面积25.2m²,设置3个种植密度分别为:22.5万,30.0万和37.5万株·hm²。5月2日播种,机械开沟,人工双粒点播,出苗2周后定苗,10月1日收获,田间管理按照大田栽培进行。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 叶色值 自6月18日开始,每7d测定1次,选取主茎倒3叶中间小叶,利用SPAD502叶绿素仪测量,每小区选3点,每点测定10株,取平均值。

1.3.2 净光合速率 于大豆鼓粒期测定,每小区选代表性的5株测定主茎倒3叶中间小叶片的净光合速率,利用LI-COR 6400光合测定系统测定,测定条件:流速500μmol·s⁻¹,红蓝光源光量子通量密度(PFD)为1000μmol·m⁻²·s⁻¹。

1.3.3 水分利用效率 水分利用效率(WUE)=净光合速率(Pn)/蒸腾速率(Tr)。

1.3.4 叶柄长度和叶形指数 鼓粒期(R6)测定,

每个小区选取有代表性的5株,利用直尺测量每个节位上的叶柄长度,同时测量每个叶片中间小叶的长度和宽度,计算叶形指数(叶形指数=叶片长度/叶片宽度)。

1.3.5 收获测产 秋季成熟后,每行两端各去掉0.5m以消除边际效应,余下的全区收获测产后折算为公顷产量。

1.4 数据处理

采用Excel 2003和DPS 7.05软件进行数据处理和作图。

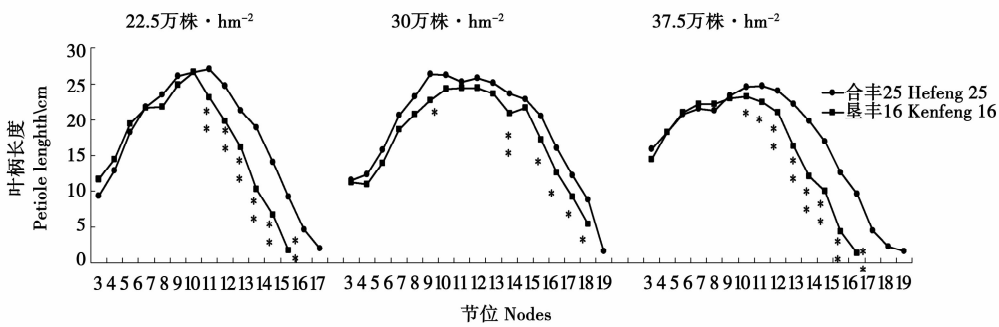
2 结果与分析

2.1 叶柄长度

随着密度增加两个品种的叶柄长度变化趋势存在差异,如图1所示,密度为22.5万株·hm²时,从第10节开始合丰25的叶柄长度均极显著地高于垦丰16;密度达到30.0万株·hm²时,合丰25在第8、15~18节叶柄长度显著高于垦丰16,第13节差异达到极显著水平,其他节位叶柄长度差异不显著;密度为37.5万株·hm²时,从第9节开始合丰25的叶柄长度均显著或者极显著的长于垦丰16。在栽培密度变化时,合丰25的叶柄长度变化比耐密品种垦丰16更加明显,密度增大时合丰25上部叶片叶柄长度长于垦丰16的叶柄长度,垦丰16的叶柄长度变化,有利于高密度条件下群体的通风透光,因此,冠层中上部叶柄短,且随着密度增加叶柄长度增加不明显,是耐密植大豆品种的一个重要的叶部特征。

2.2 叶形指数

由图2可以看出,随着节位升高叶形指数有增大趋势,顶端1、2片叶,叶形指数会突然变小,是因为冠层上部通风透光能力强,叶片发育好,因而叶形指数变小。在22.5万株·hm²条件下两个品种在第14、15和16节叶形指数差异达到显著或极显著水平(P=0.0362, P=0.03543, P=0.00235);在30.0万株·hm²条件下只有顶端1、2节的叶形指数差异达到显著水平(P=0.0245, P=0.0312),其他节位叶形指数差异均没有达到显著水平;在37.5万株·hm²条件下,12节以后叶形指数差异达到显著或者极显著。可以看出,耐密品种垦丰16不同节位的叶形指数在3种密度条件下均高于合丰25,在高密度条件下植株中上部叶片变得更窄,更有利于冠层通风透光,因此,耐密植品种的另一个重要特征是叶形指数高,尤其是在高密度种植条件下,中上部叶形指数与常规品种差异达到显著或极显著水平。



* 和 ** 表示在 0.05 和 0.01 水平上差异显著。
* and ** indicate significant difference at probability level of 0.05 and 0.01 respectively. The same below.

图 1 种植密度对大豆叶柄长度的影响

Fig. 1 Effect of planting density on petiole of different soybean cultivars

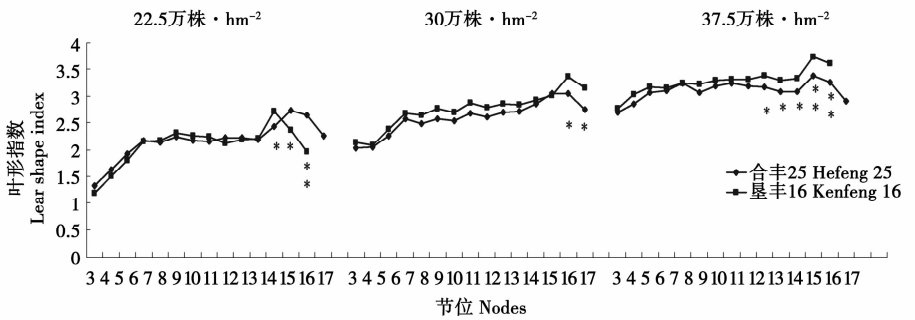


图 2 种植密度对大豆叶形指数的影响

Fig. 2 Effect of planting density on leaf shape index of different soybean cultivars

2.3 叶色值

由图 3 所示,在 3 种植植密度条件下两个品种的叶色值变化均呈双峰曲线。在 22.5 万株·hm² 条件下,垦丰 16 的叶色值一直高于合丰 25;第 2 个峰值后,垦丰 16 叶色值下降的速率较合丰 25 慢些。种植密度为 30.0 万株·hm² 时,两个品种的叶色值最高峰出现在 8 月 18 日,且在 7 月 9 日以后垦丰 16 的叶色值一直高于合丰 25。种植密度为 37.5 万株·hm²

时,合丰 25 最高峰值较垦丰 16 峰值提前 7 d,7 月 29 日以后垦丰 16 的叶色值一直高于合丰 25,8 月 18 日和 9 月 1 日差异达到显著 ($P=0.036\ 5$, $P=0.042\ 8$),8 月 24 日差异达到极显著 ($P=0.003\ 7$)。可见,耐密植品种叶色值峰值变化较小,叶片持绿性强,尤其是在密植条件下生育后期叶片持绿性更为突出。

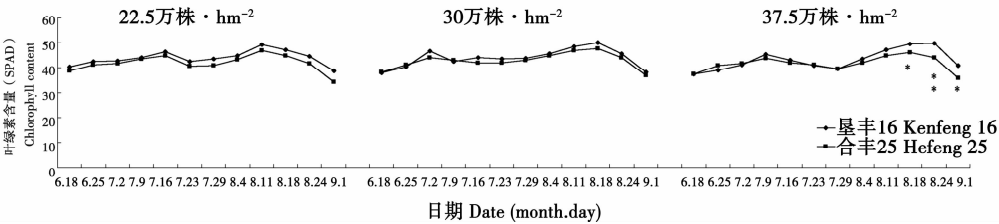


图 3 种植密度对大豆叶色值的影响

Fig. 3 Effect of planting density on chlorophyll content of soybean cultivars

2.4 净光合速率

随着种植密度增加两个品种叶片净光合速率均呈下降趋势(图 4),种植密度为 30.0 万株·hm² 时,两个品种净光合速率较 22.5 万株·hm² 分别下降 9.09% 和 3.42%,品种之间差异达到显著水平 ($P=0.033\ 3$),当密度增加到 37.5 万株·hm² 时,分别较 22.5 万株·hm² 下降 24.8% 和 7.30%,品种间

差异达极显著 ($P=0.001\ 8$)。耐密植品种垦丰 16 随着种植密度增加净光合速率下降速度慢,不耐密植品种合丰 25 下降速度较快,可见,随着种植密度增加光合速率下降慢是耐密植品种的一个重要光合特性。

2.5 水分利用效率

随着密度增加两个品种的水分利用效率呈下

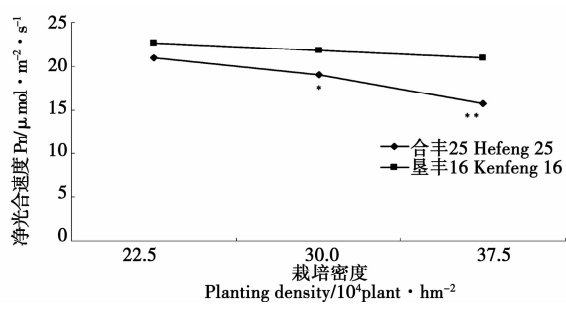


图 4 种植密度对大豆叶片光合速率的影响
Fig. 4 Effect of planting density on leaf photosynthetic of different soybean cultivars

降趋势,垦丰 16 水分利用效率一直高于合丰 25(图 5)。密度为 22.5 万株·hm²时两个品种水分利用效率差异不显著($P=0.073\ 6$),密度从 22.5 万株·hm²增加到 30.0·hm²时,合丰 25 和垦丰 16 水分利用效率分别下降了 12.3% 和 7.2%,两个品种之间差异达到了显著水平($P=0.023\ 5$);密度从 30.0 万株·hm²增加到 37.5 万株·hm²,合丰 25 和垦丰 16 水分利用效率分别下降了 18.6% 和 4.3%,两个品种之间差异达到了极显著水平($P=0.004\ 7$);密度从 22.5 万株·hm²增加到 37.5 万株·hm²,合丰 25 和垦丰 16 水分利用率分别下降了 28.7% 和 11.2%。由此可见,随着密度增加水分利用效率变化速度慢是耐密植大豆品种的一个重要特性。

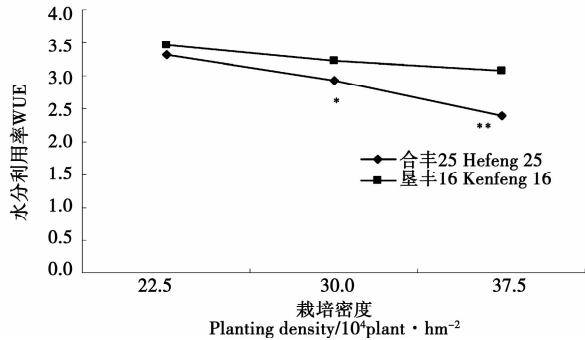


图 5 种植密度对大豆水分利用效率的影响
Fig. 5 Effect of planting density on water use efficiency

2.6 产量变化

图 6 可以看出,3 种植密度条件下,垦丰 16 产量均高于合丰 25;垦丰 16 随着密度增加产量呈逐渐增加趋势,而合丰 25 随着密度增加产量呈先升高后降低的变化趋势。当密度达到 30.0 万株·hm²时,垦丰 16 的产量较 22.5 万株·hm²增加 1.69%;密度为 37.5 万株·hm²时,产量较 22.5 万株·hm²增加 6.78%。不耐密品种合丰 25 随着密度增加,密度为 30.0 万株·hm²时,产量较 22.5 万株·hm²增加 2.34%;密度达到 37.5 万株·hm²时,产量较 22.5 万株·hm²降低 19.40%。当种植密度为 22.5 万

株·hm²和 30.0 万株·hm²时,两个品种之间产量差异不显著($P=0.073\ 4$, $P=0.068\ 5$);密度为 37.5 万株·hm²时,两个品种之间产量差异达到极显著水平($P=0.001\ 9$)。

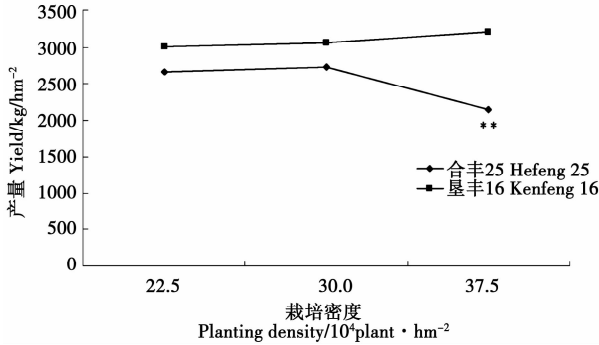


图 6 种植密度对大豆产量的影响
Fig. 6 Effect of planting density on soybean yield

3 结论与讨论

叶形指数和叶柄长度决定冠层通风透光能力,叶柄长度决定了大豆叶片的空间分布,不同密度条件下,大豆叶柄长度随着密度的增加而增加,但耐密性不同的品种之间存在差异,耐密性强的品种叶柄长度增加的幅度小^[1,8-9]。叶形指数与冠层通风透光能关系密切^[1,8,14],耐密植品种在高密度条件下往往具有较高的叶形指数,从而增加了下部冠层的受光面积。本研究结果表明:随着密度增加垦丰 16 叶柄长度增加的幅度小,叶形指数在 3 种植密度条件下都高于合丰 25,尤其是在高密度条件下垦丰 16 上层叶片的叶形指数较合丰 25 高,更有利于通风透光,因而垦丰 16 在高密度条件下可以生产更多的干物质,这与前人研究结果一致。

大豆叶片净光合速率均呈现随着密度增加而递减的趋势,但不同品种之间存在差异,耐密性品种净光合速率下降较慢^[1,8]。本研究垦丰 16 随着密度增加光合速率较合丰 25 下降幅度小,因而更适于密植栽培,与前人研究结论相一致。叶绿素含量与净光合速率呈正相关关系,耐密植品种生育后期叶片叶绿素含量高^[8,15]。本研究不耐密大豆品种合丰 25 随着密度增加,叶色值的峰值提前,耐密植品种垦丰 16 的叶色值峰值出现时期没有明显变化,且生育后期叶色值高于普通品种,表现出很强的持绿性,与前人研究结果一致。水分利用率高与大豆干物质积累密切相关^[10]。本研究耐密品种垦丰 16 随密度增加水分利用效率下降幅度小,而不耐密品种合丰 25 下降较多,因此在密植条件下垦丰 16 能够保持更高的光合效率,积累更多的干物质。耐密

植垦丰 16 在叶柄长度、叶形指数、叶绿素含量、净光合速率、水份利用率等性状上所具有的特性可以作为今后耐密植大豆品种选择的参考依据。

参考文献

[1] 肖万欣,谢甫绋,张惠君,等. 不同肥力和密度处理对超高产大豆品种光合特性和产量的影响[J]. 中国油料作物学报,2009, 31(2):190-195. (Xiao W X, Xie F T, Zhang H J, et al. Effects of fertilizer and planting density on photosynthetic characteristics and yield of super-high-yielding soybean cultivar [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2009, 31(2): 190-195.)

[2] 宁海龙,李文霞,韩秀才,等. 栽培密度对高油大豆籽粒产量及品质影响初探[J]. 中国油料作物学报,2002,24(1):75-76. (Ning H L, Li W X, Han X C, et al. A primary study on the effect of density on the yield and quality of seeds in elevated-fat soybean[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences,2002,24(1): 75-76.)

[3] 王志新,郭泰,吴秀红,等. 密度和施肥水平对高产高油大豆合丰 55 油分含量及产量的影响[J]. 大豆科学,2011,30(4): 602-605. (Wang Z X, Guo T, Wu X H, et al. Influence of sowing density and fertilizer levels on the quality and yield of soybean cultivar Hefeng 55 with high-yield and high-oil [J]. Soybean Science, 2011, 30(4): 602-605.)

[4] 张伟,张惠君,王海英,等. 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):283-287. (Zhang W, Zhang H J, Wang H Y, et al. Effect of spacings and planting densities on agronomic traits and yield in high-oil soybeans[J]. Soybean Science, 2006, 25(3): 283-287.)

[5] 张玉先,罗奥,祁倩倩,等. 不同耕作措施对大豆光合特性和产量影响[J]. 土壤通报,2010,41(3):672-677. (Zhang Y X, Luo A, Qi Q Q, et al. Effect of different tillages on photosynthesis characteristics and yield of soybean [J]. Soil Science,2010,41 (3):672-677.)

[6] 张惠君,林海波,马野夫,等. 耐密植大豆品种沈农 12 叶片性状研究[J]. 大豆科学,2010,29(2):233-237. (Zhang H J, Lin H B, Ma Y F, et al. Leaf traits of soybean cultivar Shennong 12 with tolerance to high planting density [J]. Soybean Science, 2010, 29(2): 233-236.)

[7] 王昱,范杰英,王玮,等. 不同密度对大豆生理特性的影响[J]. 黑龙江省农业科学,2012(8):38-40. (Wang Y, Fan Y J, Wang W, et al. Effect of different density on the soybean physio-

logical characteristics [J]. Heilongjiang Agricultural Sciences,2012 (8):38-40.)

[8] 张伟,谢甫绋,张惠君,等. 超高产大豆辽豆 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.)

[9] 赵团结,邱家驹,盖钧镒,等. 大豆不同来源短叶柄性状的遗传和有关农艺性状表现[J]. 中国油料作物学报,1999,21(3): 19-22. (Zhao T J, Qiu J X, Gai J Y, et al. Studies on the inheritance of short petiole trait of soybeans from different sources and their agronomic performances [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 1999,21(3): 19-22.)

[10] 王金陵. 东北地区大豆株型的演变[J]. 大豆通报,1996,5(1):5-7. (Wang J L. Evolution of soybean plant type in northeast region [J]. Soybean Bulletin, 1996, 5(1): 5-7.)

[11] 王继安,王金阁. 大豆叶面积垂直分布对产量及农艺性状影响[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.)

[12] 阎秀峰,许守民,苗以农. 大豆光合生理生态研究:(第 13 报)大豆叶片光合速率和水分利用效率[J]. 大豆科学,1990,9(3):221-227. (Yan X F, Xu S M, Miao Y N. Photosynthetic physiological ecology research : (13th report) Soybean leaf photosynthetic rate and water use efficiency [J]. Soybean Science, 1990, 9(3): 221-227.)

[13] 张建新,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,2006,5(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, 5(1): 1-5.)

[14] 谢甫绋,王贺,张惠君,等. 不同密度处理对超高产大豆辽豆 14 的影响[J]. 大豆科学,2008,2(1):61-68. (Xie F T, Wang H, Zhang H J, et al. Effects of different fertilizer levels and planting density on super high-yield soybean Liaodou 14 [J]. Soybean Science, 2008,27(1): 61-66.)

[15] 程伟燕,李志刚,李瑞平. 密度对大豆光合特性和产量的影响[J]. 作物杂志,2010(4):69-71. (Cheng W Y, Li Z G, Li R P. Effect of densities on photosynthetic characteristic and yield in soybean [J]. Crops,2010(4):69-71.)