

不同施肥和栽培密度对双高大豆品种牡丰 7 号 光合特性的影响

王玉莲^{1,2}, 杨克军¹, 任海祥³, 童淑媛², 宗春美³

(1. 黑龙江八一农垦大学, 黑龙江 大庆 163319; 2. 黑龙江农业经济职业学院, 黑龙江 牡丹江 157041; 3. 黑龙江省农业科学院 牡丹江分院, 黑龙江 牡丹江 157041)

摘要:采用裂区设计,以双高大豆牡丰 7 号为材料,以施肥水平(300、345、390、435 和 480 kg·hm⁻²)为主区,栽培密度(30×10⁴、32×10⁴、34×10⁴、36×10⁴和 38×10⁴株·hm⁻²)为副区,研究了施肥水平和栽培密度对大豆光合特性的影响。结果表明:牡丰 7 号叶片叶绿素 a、叶绿素 b 和总叶绿素含量受施肥量和栽培密度的影响不大,其含量主要是由该品种特性决定的;在一定范围内,牡丰 7 号群体叶面积指数随着施肥量和栽培密度的增加而增加,分别在施肥量为 435 kg·hm⁻²和密度为 36×10⁴株·hm⁻²时达到最大值;开花期光合速率随着栽培密度的增加逐步降低,在栽培密度超过 32×10⁴株·hm⁻²后结荚期光合速率随着栽培密度的增加逐步增大,而结荚期光合速率随着施肥量的增加呈现出逐渐下降的趋势;随着施肥量的增加,开花期叶片蒸腾速率表现出先增后降的趋势,结荚期表现出逐渐下降的趋势;栽培密度在 30×10⁴~36×10⁴株·hm⁻²时,牡丰 7 号结荚期叶片蒸腾速率随着栽培密度的增加逐步降低。

关键词:施肥水平;栽培密度;双高大豆;牡丰 7 号;光合特性

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2011)09-0013-04

光合作用是决定作物产量最重要的因素,光合能力大小直接影响作物产量的高低^[1]。大豆是我国重要的粮食和经济作物,提高大豆群体光能利用率^[2],特别是维持中上部叶片较大的光合速率及持续时间对于产量的形成尤其重要^[3]。不同的施肥处理可以促进大豆相应生长中心器官对养分的吸收^[4],不同种植密度可以调控大豆群体冠层结构性状^[5]。所以,合理的施肥管理和适宜的栽培密度可进一步改善大豆群体冠层结构,提高光能利用率,最终获得更高的产量。前人对普通大豆冠层光合速率^[6]、光合作用对光强的反应^[7]、光合速率日变化^[8]、叶面积指数变化^[9]等与籽粒产量的关系进行了较多的研究,但对高产大豆品种的光合特性研究还不够深入。该研究试图通过不同施肥和种植密度处理,探讨高产大豆新品种牡丰 7 号的光合反应特性,为高产大豆栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试大豆品种为牡丰 7 号,由黑龙江省农业

科学院牡丹江分院大豆室选育并提供。

供试氮肥:尿素(含纯 N46%);磷肥:磷酸二铵(含 P₂O₅ 46%,含 N18%);钾肥:氯化钾(含 K₂O 62%),均由牡丹江市牡丰专用肥厂提供。

1.2 方法

试验于 2010 年在黑龙江农业经济职业学院试验田(N44°26', E129°31')进行,供试土壤 20 cm 以上土层有机质含量为 29.90 g·kg⁻¹,全氮为 2.60 g·kg⁻¹,全磷为 0.71 g·kg⁻¹,全钾为 22.20 g·kg⁻¹。试验采用裂区设计,以施肥水平(300、345、390、435 和 480 kg·hm⁻²)为主区,栽培密度(30×10⁴、32×10⁴、34×10⁴、36×10⁴和 38×10⁴株·hm⁻²)为副区。小区行长 5 m,6 行区,行距 65 cm,面积 19.5 m²。肥料均以底肥施入,设 3 次重复。2010 年 5 月 8 日播种,进行人工精量点播,田间管理实行常规管理。

1.3 测定项目与方法

叶面积指数应用打孔法测定;叶绿素含量采用乙醇提取法测定;叶片光合速率(P)、蒸腾速率(E)采用 EcA-PB0402 光合测定仪进行测定。

1.4 数据分析

所有数据均在 Excel 和 DPS 软件中进行分析和处理。

收稿日期:2011-05-27

第一作者简介:王玉莲(1971-),女,黑龙江省依安县人,在读硕士,副教授,从事作物栽培生理研究。E-mail: wylalian@yahoo.com.cn。

通讯作者:杨克军(1968-),男,山东省莒县人,博士,教授,从事作物栽培学与耕作学研究。E-mail: byndykj@163.com。

2 结果与分析

2.1 不同施肥和密度处理对牡丰 7 号叶片叶绿素含量的影响

该研究分别考察了开花期和结荚期牡丰 7 号叶片叶绿素 a、叶绿素 b 和总叶绿素含量响应与施肥水平和栽培密度的变化。从表 2, 表 3 中可以看出, 牡丰 7 号叶片叶绿素 a、叶绿素 b 和总叶绿素含量受施肥量和栽培密度的影响不大, 均未达到显著水平 ($P < 0.05$), 揭示了叶绿素含量主要是由该品种特性决定的。但相比较而言, 施肥量为 $345 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和密度为 $30 \times 10^4 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时, 牡丰 7 号叶片叶绿素 a、叶绿素 b 和总叶绿素含量均为最大值。

表 2 施肥水平对牡丰 7 号叶片叶绿素含量的影响

施肥水平 /kg·hm ⁻²	叶绿素 a/mg·dm ⁻²		叶绿素 b/mg·dm ⁻²		总叶绿素/mg·dm ⁻²	
	开花期	结荚期	开花期	结荚期	开花期	结荚期
300	2.52 a	2.56 a	0.85 a	0.87 a	3.37 a	3.43 a
345	2.58a	2.68 a	0.87 a	0.88 a	3.45 a	3.56 a
390	2.40a	2.48 a	0.79 a	0.83 a	3.19 a	3.31 a
435	2.44a	2.57 a	0.80 a	0.84 a	3.25 a	3.42 a
480	2.35a	2.59 a	0.78 a	0.87 a	3.13 a	3.46 a

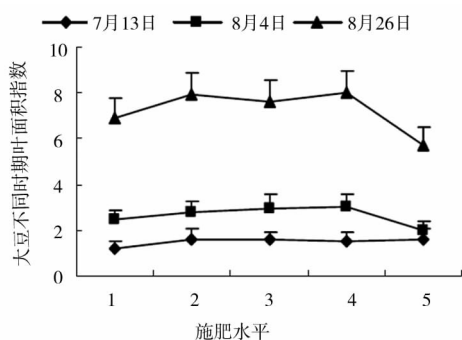


图 1 施肥和密度处理对牡丰 7 号群体叶面积指数的影响

2.3 不同施肥和密度处理对牡丰 7 号叶片光合速率的影响

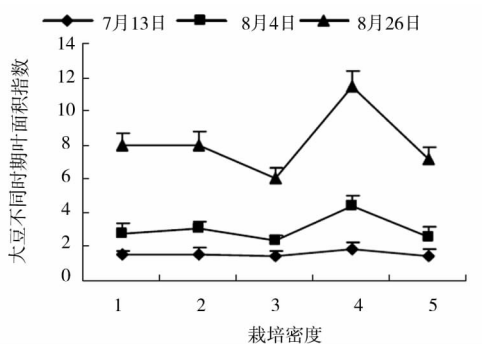
由图 2 可知, 施肥水平对牡丰 7 号叶片开花期光合速率的影响较小, 而对结荚期光合速率的影响较大, 并随着施肥量的增加呈现出逐步下降的趋势。栽培密度对牡丰 7 号不同时期叶片光合速率的影响均较大, 开花期光合速率随着栽培密度的增加逐步降低, 而结荚期除了栽培密度为

表 3 栽培密度对牡丰 7 号叶片叶绿素含量的影响

栽培密度 /kg·hm ⁻²	叶绿素 a/mg·dm ⁻²		叶绿素 b/mg·dm ⁻²		总叶绿素/mg·dm ⁻²	
	开花期	结荚期	开花期	结荚期	开花期	结荚期
30×10^4	2.61 a	2.64 a	0.87 a	0.86 a	3.48 a	3.50 a
32×10^4	2.41 a	2.62 a	0.80 a	0.86 a	3.22 a	3.48 a
34×10^4	2.50 a	2.47 a	0.82 a	0.81 a	3.31 a	3.28 a
36×10^4	2.26 a	2.36 a	0.76 a	0.77 a	3.02 a	3.13 a
38×10^4	2.42 a	2.52 a	0.80 a	0.85 a	3.21 a	3.38 a

2.2 不同施肥和密度处理对牡丰 7 号群体叶面积指数的影响

为了明确施肥和密度处理对双高大豆牡丰 7 号群体叶面积指数的影响, 分别于 7 月 13 日、8 月 4 日和 8 月 26 日测定了各处理的群体叶面积指数。结果表明, 无论在什么处理条件下, 7 月 13 日的群体叶面积指数都是最低的, 而 8 月 26 日的群体叶面积指数都是最高的 (见图 1), 说明整个测定时期都处于大豆叶片的生长发育阶段。在大豆叶片发育前期 (7 月 13 日), 施肥水平和栽培密度对牡丰 7 号群体叶面积指数的影响很小, 而在大豆叶片发育中后期 (8 月 4 日和 8 月 26 日), 在一定范围内群体叶面积指数随着施肥水平和栽培密度的增加而增加, 分别在施肥量为 $435 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和密度为 $36 \times 10^4 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时达到最大值, 说明适当增加施肥量和栽培密度可提高群体叶面积指数, 但施肥量和栽培密度过大却不利于叶面积指数的增加。



$30 \times 10^4 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时有较大的光合速率外, 在栽培密度超过 $32 \times 10^4 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 后光合速率随着栽培密度的增加逐步增大。其中, 开花期以 $32 \times 10^4 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 密度的光合速率最大, 结荚期以 $32 \times 10^4 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 密度的光合速率最小。

2.4 不同施肥和密度处理对牡丰 7 号叶片蒸腾速率的影响

从图 3 可看出, 在开花期, 牡丰 7 号叶片蒸腾

速率随着施肥量的增加表现出先增后降的趋势,其中以施肥量为 $390 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时叶片蒸腾速率最高;在结荚期,牡丰7号叶片蒸腾速率随着施肥量的增加则表现出逐步下降的趋势。栽培密度对牡丰7号开花期叶片蒸腾速率影响较小,但对结荚

期叶片蒸腾速率影响较大,表现为栽培密度在 $30 \times 10^4 \sim 36 \times 10^4 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时,牡丰7号叶片蒸腾速率随着栽培密度的增加逐步降低,而当栽培密度为 $38 \times 10^4 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时,叶片蒸腾速率则明显增加。

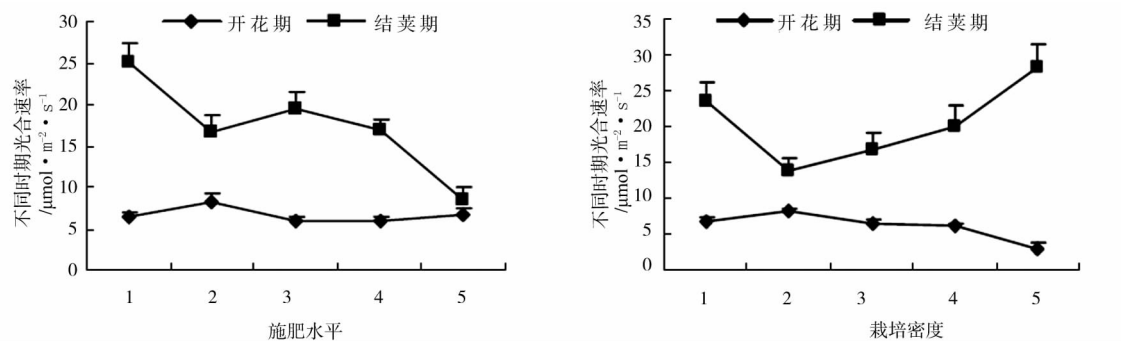


图2 施肥和密度处理对牡丰7号叶片光合速率的影响

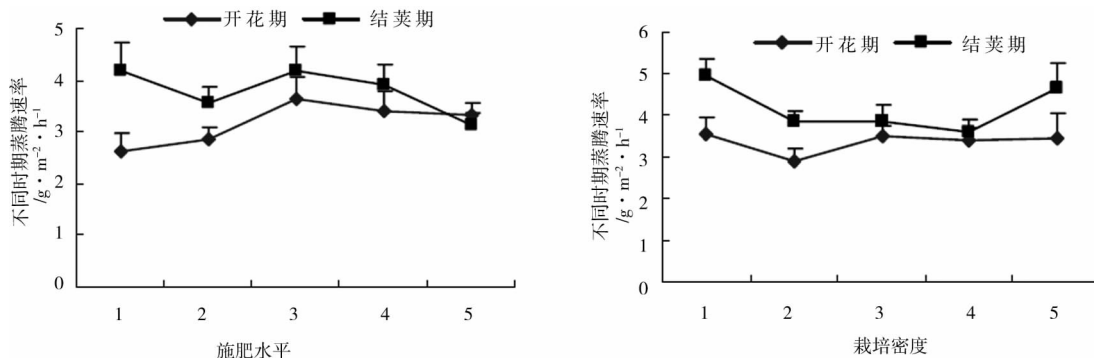


图3 施肥和密度处理对牡丰7号叶片蒸腾速率的影响

3 结论与讨论

大豆叶片叶绿素含量的高低直接影响大豆群体光合作用,进而影响大豆产量。胡明祥等^[10]研究指出:大豆在开花、结荚、鼓粒期叶绿素含量与产量呈正相关($r=0.41, n=15$)。张恒善等^[11]也指出,大豆在结荚期叶片的叶绿素含量对产量形成起重要作用,其含量可以作为高光效种质生理指标参考。该研究表明,不同处理对双高大豆牡丰7号的叶片叶绿素含量没有明显的影响,结荚期总叶绿素含量介于 $3.13 \sim 3.56 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-2}$,认为叶绿素含量主要是由品种特性决定的。鉴于大豆叶片最适叶绿素含量以 $3.05 \sim 5.7 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-2}$ 为宜^[11],认为牡丰7号叶片叶绿素含量比较理想,可能是一个高光效品种,这也是其高产、稳产的重要生理基础。

大豆叶面积指数、光合速率、蒸腾速率都与产量有密切的关系,并随施肥水平和栽培密度表现出很大的差异。肖万欣^[12]指出,超高产大豆叶片

光合速率受施肥水平影响很大,并随发育进程表现出单峰或双峰曲线。王滔^[13]研究表明,密度对叶面积指数影响显著,密度不同叶面积指数变化很大;章建新等^[14]认为,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;朱洪德等^[15]对高油大豆研究得出,高油大豆的叶面积指数和光合势随着密度的升高呈上升趋势。该研究也发现,在一定范围内,牡丰7号群体叶面积指数随着施肥水平和栽培密度的增加而增加,这与多数人的研究结果是一致的。牡丰7号开花期光合速率随着栽培密度的增加逐步降低,在栽培密度超过 $32 \times 10^4 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 后结荚期光合速率随着栽培密度的增加逐步增大,这也是与叶面积指数的变化相吻合的;而结荚期光合速率和蒸腾速率都随着施肥量的增加呈现出逐步下降的趋势,这在文献中还未见报道,有待于进一步深入探讨。

参考文献:

- [1] 郑殿峰,张晓艳,李建英,等. 大豆群体光合特性的研究现状[J]. 大豆科学, 2007, 26(3): 412-416.

- [2] 赵团结, 盖钧镒, 李海旺, 等. 超高产大豆育种研究的进展与讨论[J]. 中国农业科学, 2006, 39(1): 29-37.
- [3] 金剑, 刘晓冰, 王光华. 同熟期大豆 R4、R5 期冠层某些生理生态性状与产量的关系[J]. 中国农业科学, 2004, 3(9): 1293-1308.
- [4] 赵双进, 张孟臣, 杨春燕, 等. 栽培因子对大豆生长发育及群体产量的影响 II. 肥水、生长调控措施对产量的影响[J]. 中国油料作物学报, 2003, 25(2): 48-51.
- [5] Randy Wells. Soybean growth response to plant density: relationships among canopy photosynthesis, leaf area and light interception[J]. Crop Science, 1991, 31: 755-761.
- [6] Ashley D A, Boerma H R. Canopy photosynthesis and its association with seed yield in advanced generations of soybean cross[J]. Crop Science, 1989, 29: 1042-1045.
- [7] 徐冉, 陈存来, 邵历, 等. 夏大豆叶片光合作用与光强的关系[J]. 作物学报, 2005, 31(8): 1000-1005.
- [8] 高辉远, 邹琦, 程炳嵩. 大豆光合日变化的不同类型及其影响因素[J]. 大豆科学, 1992, 11(3): 219-225.
- [9] Liu Xiaobing, Jin Jian, Herbert S J, et al. Yield components, dry matter, LAI and LAD of soybeans in Northeast China [J]. Field Crops Research, 2005, 93: 85-93.
- [10] 胡明祥, 李开明, 田佩占, 等. 大豆高产株型育种研究[J]. 吉林农业科学, 1980(3): 1-14.
- [11] 张恒善, 程砚喜, 王大秋, 等. 大豆结荚期品种间叶绿素含量差异与产量相关分析[J]. 大豆科学, 2001, 20(4): 275-279.
- [12] 肖万欣, 谢甫绶, 张惠君, 等. 不同肥力和密度处理对超高产大豆品种的光合特性和产量的影响[J]. 中国油料作物学报, 2009, 31(2): 190-195.
- [13] 王滔. 大豆叶—莢关系与产量的研究初报[J]. 大豆科学, 1983, 2(1): 67-74.
- [14] 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.
- [15] 朱洪德, 冯丽娟, 于洪久, 等. 栽培措施对高油大豆光合生理及产量的影响[J]. 大豆科学, 2008, 27(6): 966-972.

Effects of Fertilization Level and Planting Density on the Photosynthetic Characteristics of Double-High Soybean Variety Mufeng No. 7

WANG Yu-lian^{1,2}, YANG Ke-jun¹, REN Hai-xiang³, TONG Shu-yuan², ZONG Chun-mei³

(1. Agricultural College of Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing, Heilongjiang 163319; 2. Heilongjiang Agricultural Economy Professional College, Mudanjiang, Heilongjiang 157041; 3. Mudanjiang Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Mudanjiang, Heilongjiang 157041)

Abstract: Taking double-high soybean variety Mufeng No. 7 as material, the effects of fertilization level and planting density on photosynthetic characteristics were investigated in a split-plot experiment with 5 fertilizer levels (300, 345, 390, 435, 480 kg·hm⁻²) and 5 planting densities (30×10⁴, 32×10⁴, 34×10⁴, 36×10⁴, 38×10⁴ plants·hm⁻²). The results showed that: the fertilization levels and planting densities had little impacts on the chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll contents for the leaves of Mufeng No. 7, and their contents were mainly determined by the characteristics of the species. Within a certain range, the leaf area index of Mufeng No. 7 increased as the fertilizer application and planting density increased with the peak value for the 435 kg·hm⁻² of fertilizer application and 36×10⁴ plants·hm⁻² of planting density, respectively. During the flowering period, the photosynthetic rate decreased with the gradual increase of plant density. After the planting density was more than 32×10⁴ plants·hm⁻², the photosynthetic rate increased gradually as the planting densities increased while the photosynthetic rate declined as the fertilizer application increased during the podding period. With the increase of fertilizer application, the transpiration rate first increased and then decreased during the flowering period, while decreased gradually during podding period. In the range of 30×10⁴~36×10⁴ plants·hm⁻² for the planting density, the transpiration rate for leaves of Mufeng No. 7 was reduced gradually as the planting density increased during the podding period.

Key words: fertilization level; planting density; double high soybean; Mufeng No. 7; photosynthetic characteristics