

文章编号:1003-8701(2005)01-0007-03

# 大豆群体内部环境与光合特性 及其对产量的影响

李艳华<sup>1</sup>, 孙树春<sup>2</sup>, 金 剑<sup>1</sup>, 王光华<sup>1</sup>, 潘相文<sup>1</sup>, 邱桂俐<sup>3</sup>

(1. 中科院东北地理与农业生态研究所, 哈尔滨 150040; 2. 哈尔滨市太平区民主乡农业技术推广站, 哈尔滨 150059; 3. 黑龙江省生物制品二厂, 哈尔滨 150031)

**摘 要:** 从大豆群体冠层内部的光、CO<sub>2</sub>、温度等微环境指标和冠层光合特性两方面综述了与产量的关系。微环境与光合特性关系密切, 产量与光合速率呈正相关。

**关键词:** 大豆群体; 环境; 光合特性; 产量

中图分类号: S565.1

文献标识码: A

大豆生产是群体生产, 大豆产量也是指群体产量。群体是由个体组成的, 但这并不是个体的简单相加。随着个体的生长发育, 引起群体内部环境(包括光、气、肥和水等)的改变, 环境的恶化影响了个体的生长发育, 即产生反馈作用。换句话说, 在群体的动态发展过程中, 个体对变化着的环境条件也会做出反应, 植株通过对地上地下条件刺激的反应, 而进行自动调节。由于受空间和生育条件的限制, 群体中的个体生长发育一般比较收敛。

## 1 大豆冠层的光分布

### 1.1 光强分布和透光率与产量性状的关系

大豆群体冠层透光性与大豆株型密切相关。因而, 在一定生态类型的基础上, 研究大豆理想株型的冠层结构, 首要的是研究左右群体冠层结构的叶面积垂直分布、不同冠层光分布特征及光合生产率, 进而研究光合生理、生态性状对株荚数、株粒数、株粒重、粒茎比、主茎荚数及主茎荚/节等产量性状形成的效应。Broughan 曾设计在中午时分能截获 PAR(光合有效辐射)的 95% 的 LAI(叶面积指数)叫做临界 LAI(要想达到 100% 的光截获是不可能的, 因为太阳高度角在一天内是变化的)。叶面积指数与密度和植株配置有关, 若行距大, 要求的临界 LAI 高, 达到 95% 光截获的时间长(密度相同时); 密度大时临界 LAI 有增加趋势, 但达到 95% 的光截获的时间有缩短的趋势。大豆冠层中光照分布情况, 决定于冠层不同水平叶面积密度分布特征(王景文, 1982), 自然光照绝大部分被群体冠层上部截获。林蔚刚(1996)研究表明, 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, 亚有限类型冠层上部光强分布低于无限类型, 冠层中 LAI 累加值垂直分布是决定冠层中光照分布的重要原因, 但不是惟一原因, 与透光性密切相关的形态指标有叶片大小、植株收敛与张开、植株高矮和结荚习性。

在群体不同高度测定光强度, 可以得到群体冠层内短波辐射的剖面分布图。每一高度的测定有些取自受光点, 有些取自遮光点, 求得平均值用  $I$  表示, 用  $I/I_0$  表示对光能截获的比率, 即透光率。 $(I_0$  为冠层顶部自然光照强度)。  $I/I_0$  随各层 LAI 增加而减小。植株上层叶片近于上束, 下层叶片近于水平方向展出, 这样单位叶表面吸收的太阳辐射降低, 而使较多叶片处在光补偿点以上状态,  $I$  比较大, 在各

收稿日期: 2004-05-29

基金项目: 中科院农业项目办应用开发项目(1730910200003)

作者简介: 李艳华(1966-), 女, 黑龙江省海伦人, 助研, 在读硕士, 主要从事大豆生态育种研究。

层分布均衡,可以提高群体的光合效率。尹田夫(1982)对无限型、有限型大豆理想型的冠层模式进行了探讨(将植株架成塔形、菱形、碟形),指出无限结荚习性大豆顶冠层叶面积小利于阳光更深入地透入到中、低冠层,有利于产量性状的形成,但中冠层叶面积过大也会影响阳光透到底冠层;同时,中冠层叶片相互遮掩也会降低中、低冠层的光合速率,影响产量性状的形成。有限结荚习性大豆顶冠层光截获率大,有利于产量性状的形成。

另外,在冠层内的光线中,散射光的比比较大,而散射光对于大豆叶片的光合作用是有利的。所以,探讨高产大豆群体结构下的各层次辐射透过率及散射辐射透过率与光合速率的关系有重要意义。

### 1.2 消光系数与产量性状的关系

Monsi 和 Saoki(1953)的研究表明,假如把群体的叶层看成均匀的介质,那么群体内任何高度的水平相对光强度与该高度以上的叶面积指数有关。光强的衰减基本符合 Beer-Lambert 定律。消光方程是  $I=I_0e^{-KF}$ , 式中的消光系数  $K$  值是单位叶面积指数引起的群体透光率减少的对数值,是群体光强在垂直方向上衰减的特征值。 $K$  值越大, $I$  值越小,说明群体内光强衰减越严重。董钻等(1981)和郝欣先(1981)研究表明,大豆群体消光系数大,说明叶片遮光较严重,中部和下部叶片接受的光线少,这对于植株上、中、下部均能结荚的大豆来说是很不利的。因此,加强大豆株型和群体结构的研究和改良是必要的。

### 1.3 大豆冠层内的 $CO_2$ 分布

张荣贵等(1979)报道,株间  $CO_2$  浓度仅为大气  $CO_2$  含量的 69%,而一般田间  $CO_2$  浓度下降到大气正常含量的 80%就会影响叶片的光合作用。董振国(1994)指出, $CO_2$  分压以叶丛上部空气为最高,愈接近冠层愈低,且在气孔下腔和细胞间隙空气中  $CO_2$  浓度( $C_i$ )比外界空气中  $CO_2$  浓度( $C_a$ )低,而胞间空气不仅起着  $CO_2$  源的作用,也接受绿色和非绿色细胞呼吸过程所放出的  $CO_2$ 。在气体交换平衡中的“补偿点”反映着  $C_i$  与  $C_a$  相等的状态,在此情况下尽管气孔可能张开较大,但并无气体交换,在叶绿体中  $CO_2$  运输的终端是被受体所固定,受体固定  $CO_2$  速率影响  $CO_2$  浓度梯度和  $CO_2$  流速率,从而也影响光合生产率。可见,探讨  $C_i$  及其与  $C_a$  的差更能精确反映  $CO_2$  与光合速率的关系。

### 1.4 大豆冠层内温度变化

作物层温度定义为作物层不同高度茎、叶表面温度的平均值,作物层温度是由土壤-植被-大气连续体内的热量和水气流决定的,影响作物生长发育速率和叶片光合强度的是植物体温,而非气温。叶温是叶片与周围环境进行物质和能量交换的结果,白昼叶温主要依靠叶片蒸腾作用调节,不缺水植物的叶温一般都较低,植物缺水,叶片蒸腾耗热减小,叶温升高,叶、气温差增大。叶、气温差的变化反映了植物和土壤的水分状况,叶、气温差是土壤-植物-大气相互影响的结果。在一致的外界条件下,比较不同品种叶、气温差的差异可作为判断其生活状态好坏的指标之一。

## 2 大豆冠层光合特性

### 2.1 大豆冠层内叶片气孔空间分布

作物群体结构的性状决定了气孔的空间分布状况,气孔的配置及其整体行为在很大程度上调控着土壤-植物-大气连续系统中的碳素、水分以及能量的收支平衡,作物冠层气孔分布取决于叶片在农田着生的部位和叶龄等,从而决定了作物与外界进行水气、 $CO_2$  交换通道的空间分布。对于不同品种大豆群体冠层气孔分布尚未见报道,其主要作用还有待于进一步深入探讨。

### 2.2 大豆冠层内叶片的蒸腾速率、气孔导度与光合速率的关系

许多研究表明,大豆叶片光合速率与气孔阻抗呈负相关。游明安(1995)研究表明,在大豆开花前后,影响光合速率的主要因素是叶肉导度和气孔内  $CO_2$  浓度,而到鼓粒中后期,气孔导度也成为重要的直接因素,蒸腾速率对光合速率无直接影响,是通过气孔导度和叶肉导度而影响光合速率的。但也有研究证明,光合速率变化与气孔导度关系不大。可见,光合速率与气孔导度关系的复杂性。

### 2.3 大豆冠层光合作用与产量关系

杜维广(1982)指出,大豆品种(系) $R_4$  期光合速率与产量呈正相关,相关系数  $r=0.8529$ ,在不同年

份也保持相同趋势,大豆鼓粒期的群体光合速率和产量呈显著正相关。可见,大豆在生殖生长阶段的光合速率对子粒的产量影响最大,也就是开花后,光合作用与产量密切相关,这种相关性从大田所获得的资料与水培所获得的资料相一致。张建新(1988)假定植物叶片对环境光强的适应使得植物群体对有限资源的利用为最优,比较叶片光合能力最优分布和均匀分布下的群体光合发现,叶片适应的优越性将随群体消光系数和叶面指数增加而增加。在特定条件下,消光系数从 0.4 增加到 1,群体全天的光合量在适应和不适应之间的差别是从 11.7% 增加到 36.5%,由此推测,由于叶片对环境光强的适应,叶直立而消光系数较小的群体中,叶片光合能力的差异要比叶平伸而消光系数大的群体小。在叶片光合能力达最优分布时,群体光合速率或生长速率与光能截获率呈线形关系,与截获光能呈近似线形关系。

株型是植株受光态势的体现,对产量产生直接影响,在大豆高效育种初期,仅注重提高单叶光合速率,而忽视理想型的建立,结果出现光合速率提高,但产量水平变化不大的现象,实现高产和超高产将依赖于理想光合生态型的建立,应把着眼点从原来改善产量构成角度转移到生理功能改善。

#### 参考文献:

- [1] Williams N A, et al. Vegetative growth of corn as affected by population density I. Productivity in relation to interception of solar radiation. *Crop Sci.* 1965, (5): 211–215.
- [2] Shibles R M, et al. Leaf area, solar radiation interception and dry matter production by soybean. *Crop Sci.* 1965, (5): 575–578.
- [3] Monsi M, et al. Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. *Jap J Bot.*, 1953, (14): 22–52.
- [4] Christy A L, et al. In photosynthesis application to food and agriculture (Goviadjee. Ed.) Academic Press, New York, 1982, pp.449–511.
- [5] Broughan R W. Interception of light by the foliage of pure and mixed stands of pasture plants. *Aust. J Agric. Res.* 1965, (7): 377–387.
- [6] Bhagsari A S, et al. *Crop Sci.* 1977, (17): 929–932.
- [7] Boerma J A, et al. Canopy photosynthesis and seed–fill duration in recently developed soybean cultivars and selected plant introductions. *Crop Sci.* 1988, (28): 137–140.
- [8] 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.
- [9] 邹冬生, 郑丕尧. 大豆叶片光合、蒸腾等生理特性的品种间比较研究[J]. *大豆科学*, 1990, 9(1).
- [10] 张荣贵, 宋宇. 大豆叶面积、净光合速率与产量的相关性[J]. *中国农业科学*, 1979, (2): 40–46.
- [11] 张瑞忠, 等. 大豆叶面积指数与丰产性能的初步研究[J]. *东北农学院学报*, 1962, (3): 1–7.
- [12] 张建新. 群体中叶片光合能力的分布及其对群体光合作用的影响[J]. *植物生理学报*, 1988, 14(1): 1–8.
- [13] 于强, 等. 玉米株型与冠层光合作用的数学模型研究 I. 模型与验证[J]. *作物学报*, 1998, 24(1): 7–15.
- [14] 游明安, 等. 大豆叶片光合速率与气孔导度、叶肉导度的关系[J]. *作物学报*, 1995, 21(2): 145–149.
- [15] 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): 24–28.
- [16] 王金陵, 杨庆凯, 吴宗璞. 中国东北大豆[M]. 哈尔滨: 黑龙江科学出版社, 1999.
- [17] 刘晓冰, 等. 美国大豆产量生理研究的进展[J]. *大豆科学*, 2001, 20(2): 141–145.

## Effect of Canopy Environment and Photosynthetic Characteristics on Yield of Soybean

LI Yan-hua<sup>1</sup>, SUN Shu-chun<sup>2</sup>, JIN Jian<sup>1</sup>, et al.

(North-east Institute of Geography and Ecological Agriculture, CAS, Harbin 150040, China)

**Abstract:** The relation between soybean yield and microenvironment climate factors in soybean canopy including light, CO<sub>2</sub>, temperature, etc. and photosynthetic characteristics was reviewed in the paper. The photosynthetic characteristics were significantly affected by microenvironment factors. Soybean yield was positively correlated with photosynthetic rate.

**Key words:** Soybean population; Environment; Photosynthetic characteristics; Yield