

大豆品种主要光合指标日变化的研究

徐新娟, 王 伟, 黄中文*

(河南科技学院, 河南 新乡 453003)

摘要: 为了探讨大豆品种光合作用的差异, 在田间条件下, 选用 5 个大豆品种, 利用 LI-Cor 6400 光合测定仪对其开花期和结荚期的净光合速率、气孔导度、胞间 CO₂ 浓度及蒸腾速率的日变化进行了研究, 同时比较了不同大豆品种的叶绿素含量。结果表明: 开花期, 大豆净光合速率和蒸腾速率呈典型双峰曲线变化, 在 10:00、15:00 达到高峰; 结荚期, 净光合速率主要呈单峰变化, 在 10:00 达到全天的最高值, 蒸腾速率仍然表现为典型双峰曲线, 但达到日变化最高值的时间比开花期提前了 2 h; 气孔导度在早晨最高, 9:00 之后变化平缓; 胞间 CO₂ 浓度在早晨和傍晚较高, 在 9:00—16:00 内变化不大。大豆不同品种的叶绿素 SPAD 值在开花期无显著差异, 在结荚期, 中豆 8 号显著低于其他品种。研究表明, 不同大豆品种之间的主要光合指标具有规律性。因此, 选择高光效品种时应兼顾各项主要光合指标。

关键词: 大豆; 净光合速率; 气孔导度; 胞间 CO₂ 浓度; 蒸腾速率; 日变化

中图分类号: S565.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-3268(2011)11-0049-05

Studying on Diurnal Variation of Main Photosynthetic Index of Different Soybean Varieties

XU Xin-juan, WANG Wei, HUANG Zhong-wen*

(Henan Institute of science and technology, Xinxiang 453003, China)

Abstract: To investigate the differences between the photosynthetic characteristics of different soybean varieties, diurnal variation of main photosynthetic index was determined for five different soybean varieties by using LI-Cor 6400 portable photosynthesis system in the field condition at flowering and podding stage. And the content of chlorophyll was also determined. The results showed: At flowering stage, net photosynthetic rate and transpiration rate showed a typical bi-modal curve, peaking at 10:00 and 15:00; At podding stage, the transpiration rate represented a typical diauxie curve, which reached its highest peak ahead of 2 h, however, the net photosynthetic rate was characterized by a unimodal curve with a peak at 10:00; The highest stomatal conductance was in the morning, and changed slowly after 9:00; Inter-cellular CO₂ concentration was higher in the morning and evening, with little change between 9:00 and 16:00; The SPAD Value of different soybean varieties had no significant difference at flowering stage, and Zhongdou No. 8 was significantly lower than the other varieties at podding stage. The study showed that the diurnal variation of photosynthetic index had its regularity among five soybean varieties. It was concluded that the selecting of soybean varieties with high photosynthetic efficiency should take into account of various indicators of photosynthetic characteristics.

Key words: Soybean; Net photosynthetic rate; Stomatal conductance; Inter-cellular CO₂ concentration; Transpiration rate; Diurnal changes

收稿日期: 2011-05-11

基金项目: 河南科技学院博士启动基金(2008005); 河南省教育厅自然科学研究项目(2011A210005); 国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2009CB118404)

作者简介: 徐新娟(1979-), 女, 河南漯河人, 讲师, 主要从事植物营养生理及光合生理研究。E-mail: xinjuan_xu@163.com

* 通讯作者: 黄中文(1971-), 男, 河南潢川人, 副教授, 主要从事大豆遗传育种研究工作。E-mail: huangdou373@126.com

光合作用是作物产量形成的基础,作物生产的实质是光能驱动的一种生产体系^[1]。而作物生理特性的日变化是研究作物季节生理特性的基础^[2]。作物的生理特性主要通过光合指标进行反映,这些光合指标主要有:净光合速率(P_n)、气孔导度($Cond$)、细胞间 CO_2 浓度(C_i)、蒸腾速率(Tr)等等。大豆是典型的 C_3 植物,其净光合速率、气孔导度、细胞间 CO_2 浓度、蒸腾速率等光合指标都具有典型的日变化曲线。不同学者对大豆光合指标日变化的描述不同,阎秀峰等^[3]观测到大豆的光合日变化呈单峰曲线,而孙广玉等^[4]观测到大豆的光合日变化呈双峰曲线。中午前后,在饱和光强条件下,多种 C_3 植物的光合速率明显降低,大豆品种不同光合日变化也会有很大差别。光合日变化随气候条件、生长环境以及大豆生育期的不同而变化,并不遵循一种固定不变的模式^[5]。已有的研究表明,在恒定光源和自然光源下光合日变化峰型非常复杂,有单峰型、双峰型、平缓型等,并没有一个统一的模式。营养生长与生殖生长交错时间长是大豆生长发育的一个特点,在此期间逐渐生长着的营养器官(茎叶、根与根瘤)和生殖器官(花、荚)在对光合作用产物的需求上存在着剧烈的竞争^[6]。本试验在开花期和结荚期对 5 个大豆品种的主要光合指标日变化进行研究,探讨其变化规律,以期揭示影响大豆光合日变化的原因,减轻光合“午休”现象,提高大豆的光合生产力提供一定的理论依据。

1 材料和方法

1.1 供试材料

选择开花期相同但育成年代不同的 5 个大豆品种,分别为:郑 97210-6、元豆、泌阳牛毛豆、黄秆豆、中豆 8 号。

1.2 试验设计

试验于 2009 年 6 月至 10 月在河南科技学院大豆试验田进行,随机区组排列,3 次重复。3 行区,行长 3 m,行距为 40 cm,株距 10 cm,小区面积为 3 m²。6 月 10 日播种,正常田间管理,10 月 1 日收获。

1.3 测定项目及方法

采用美国产 LI-Cor 6400 便携式光合测定仪测定大豆光合速率、气孔导度、细胞间 CO_2 浓度及蒸腾速率。采用自然光源,测定时均为晴朗无云的天气。每小区选有代表性的 3 株大豆挂签,分别于开花期(8 月 10 日)和结荚期(8 月 24 日)对大豆植株的上数第 3 片全展叶进行测定。测定时间为 7:30、9:00、10:00、11:00、12:00、13:00、14:00、15:00、16:00、18:00,共 10 个测量时间点。

每小区随机选择 3 株,利用叶绿素含量测定仪 SPAD-502 于开花期和结荚期测定植株的叶绿素含量,取材部位为主茎的上数第 3 片全展叶。测定时均避开主叶脉。

1.4 数据分析

所有数据采用 SAS 8.0 进行统计分析,图表采用 Sigmpilot 10.0 完成。

2 结果与分析

2.1 不同大豆品种净光合速率的日变化

从图 1 可以看出,开花期和结荚期不同大豆品种的净光合速率日变化较为一致。开花期的净光合速率日变化均表现为双峰曲线,峰值分别位于 10:00 和 15:00,产生“午休”现象。其中元豆的净光合速率最高,黄秆豆次之,中豆 8 号最低,而郑 97210-6 与泌阳牛毛豆的净光合速率日变化曲线在开花期的各个时间段相差不显著。结荚期中豆 8 号的净光合速率日变化曲线为双峰型,峰值分别位于 10:00 和 14:00。其他品种则表现为单峰型,随着光照强度的增加,净光合速率逐渐增加,在 10:00 达到最大值,然后呈持续下降趋势。结荚期时元豆的净光合速率在各个时间点都略高于其他品种。郑 97210-6 和黄秆豆比元豆略低,且这 2 个品种的净光合速率在各个时间点相差不大。中豆 8 号和泌阳牛毛豆在 5 个品种中最低,两者在各个时间点的净光合速率的差异也不显著。

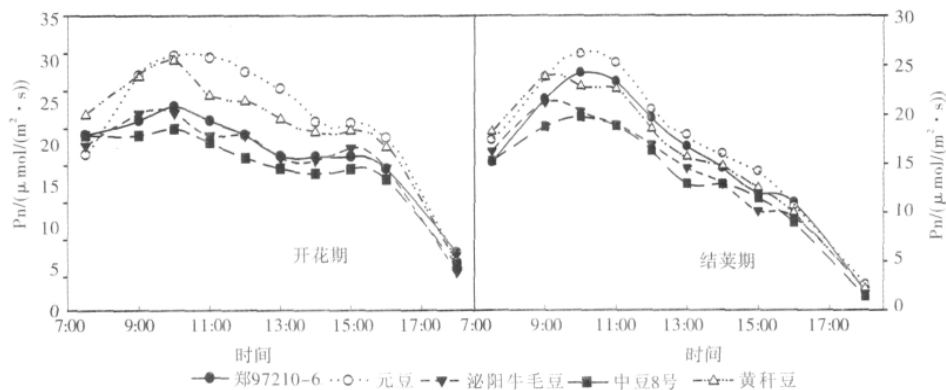


图 1 不同大豆品种光合速率的日变化

结合开花期和结荚期的净光合速率日变化曲线,可以得出元豆在供试 5 个大豆品种中净光合速率最高,中豆 8 号净光合速率最低,其余大豆品种则是在各个时间点各有高低。

2.2 不同大豆品种气孔导度的日变化

从图 2 可以看出,开花期和结荚期,不同大豆品种的气孔导度均在 7:30 最大,18:00 最小。并且 9:00 之前呈急剧下降趋势。除 7:30 之外,元豆在 2 个时期的气孔导度均显著高于其他品种,并且开花期在 13:00 时出现第 2 个峰值,其余品种在 9:00—18:00 时间段则处于平稳状态。开花期黄籽豆的气

孔导度仅次于元豆,郑 97210-6 和泌阳牛毛豆差异不显著,均高于中豆 8 号。结荚期不同大豆品种的气孔导度在 9:00—10:00 呈上升趋势,随后一直保持缓慢下降,直至在 18:00 达到一天中的最低值。郑 97210-6 和黄籽豆在 13:00 之前的气孔导度略高于泌阳牛毛豆和中豆 8 号,之后四者之间无显著差异。

由开花期和结荚期的气孔导度日变化曲线可以看出,在 9:00—16:00 时间段里,元豆为 5 个大豆品种中气孔导度最大的品种,而中豆 8 号的气孔导度最小。

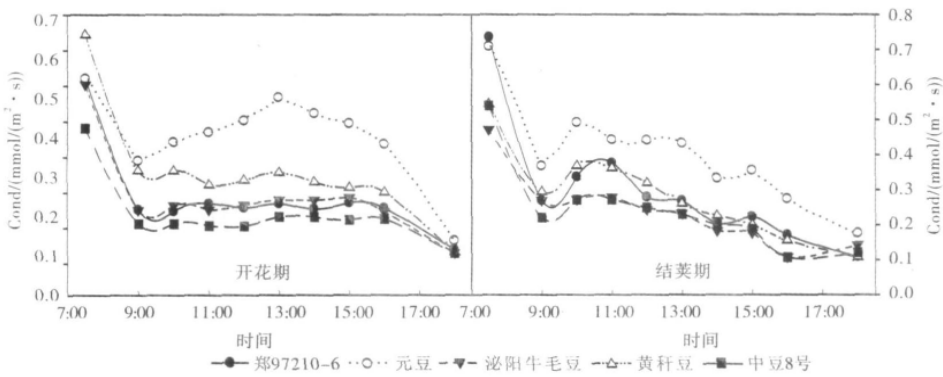


图 2 不同大豆品种气孔导度的日变化

2.3 不同大豆品种细胞间 CO₂ 浓度的日变化

从图 3 可以看出,在开花期和结荚期,不同大豆品种的细胞间 CO₂ 浓度变化均呈现一致的变化,即 7:30 之后显著下降,之后变化平缓,16:00 后又急剧上升。开花期大豆在 7:30 时的细胞间 CO₂ 浓度显著高于 18:00,结荚期两者之间则无显著差异。在 9:00—16:00,郑 97210-6、元豆、泌阳牛毛豆、黄籽豆这 4 个品种的细胞间 CO₂ 浓度日变化曲线比较平缓,单个品种各个时间段变化不显著。而在开花期中豆 8 号的细胞间 CO₂ 浓度日变化曲线则出现波动,在

9:00—12:00 时间段细胞间 CO₂ 浓度在逐渐降低且在 12:00 出现了一个谷值,13:00 以后达到和其他大豆品种一样的平缓状态。在 9:00—16:00,元豆的细胞间 CO₂ 浓度最高,其次是黄籽豆,郑 97210-6 和泌阳牛毛豆之间在各个时间段的细胞间 CO₂ 浓度相差不大,中豆 8 号细胞间 CO₂ 浓度最低。在结荚期,9:00—16:00 内不同来源大豆品种的细胞间 CO₂ 浓度日变化比较平缓,除了元豆品种各个时间点细胞间 CO₂ 浓度略高于其他 4 个品种外,其他 4 个品种的细胞间 CO₂ 浓度差异不显著。

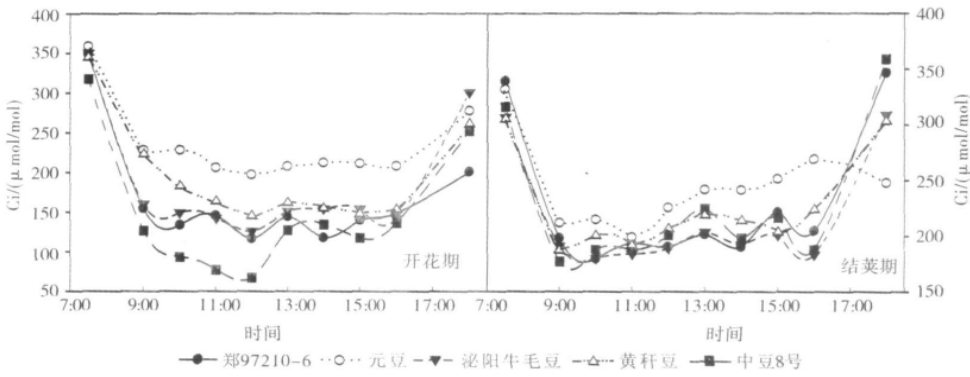


图 3 不同大豆品种细胞间 CO₂ 浓度的日变化

结合开花期和结荚期的细胞间 CO₂ 浓度日变化曲线图,在 9:00—16:00 时间段元豆是 5 个大豆品种细胞间 CO₂ 各个时间点最大的品种,中豆 8 号在开花期略低于其他 3 个品种,其余品种各个时间点差异不显著。

2.4 不同大豆品种蒸腾速率的日变化

从图 4 可以看出,在开花期,5 个大豆品种的蒸腾速率日变化曲线均为典型的双峰曲线,峰值均位于 13:00 和 15:00。在 9:00—18:00,5 个大豆品种的蒸腾速率从高到低依次为元豆、黄秆豆、郑 97210-6 和泌阳

牛毛豆、中豆 8 号,而郑 97210-6 与泌阳牛毛豆蒸腾速率在各个时间段的差别很小。在结荚期,5 个大豆品种的蒸腾速率日变化曲线依然呈双峰曲线变化,峰值位于 11:00 和 15:00。其中元豆的蒸腾速率在各个时间段均高于其他 4 个品种,郑 97210-6、黄秆豆泌阳牛毛豆和中豆 8 号之间在各个时间段的蒸腾速率差异不显著。开花期蒸腾速率的最高值出现时间比结荚期晚 2 h。

开花期和结荚期大豆蒸腾速率的结果表明,不同来源大豆品种的蒸腾速率日变化曲线均呈双峰曲线,这与净光合速率的变化较为一致。

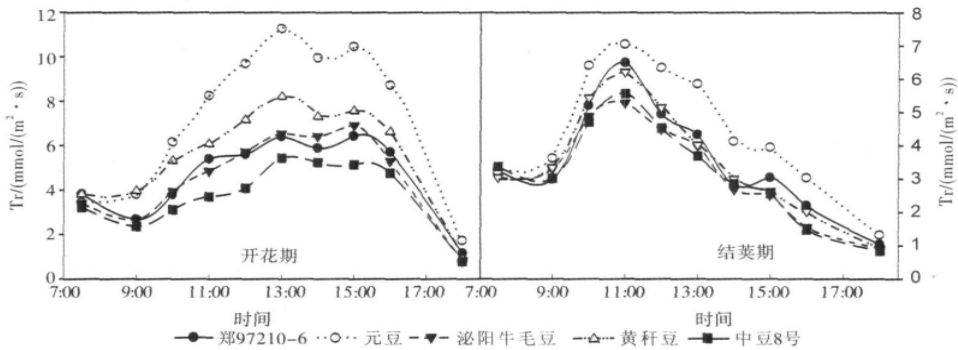


图 4 不同大豆品种蒸腾速率的日变化

2.5 不同大豆品种叶绿素 SPAD 值的比较

由表 1 可见,除中豆 8 号外,其余大豆品种在开花期的叶绿素 SPAD 值均低于结荚期。不同大豆品种的叶绿素 SPAD 值在开花期无显著差异。在结荚期,郑 97210-6、元豆、泌阳牛毛豆和黄秆豆的叶绿素 SPAD 值依然无显著差异,但都显著高于中豆 8 号,其中 SPAD 值最高的元豆比中豆 8 号高约 32%。

表 1 不同大豆品种叶绿素 SPAD 值

品种	开花期	结荚期
郑 97210-6	40.058±3.251a	44.625±2.478a
元豆	37.842±1.377a	46.508±3.252a
泌阳牛毛豆	39.517±1.279a	42.792±1.220a
黄秆豆	39.575±1.916a	43.435±2.578a
中豆 8 号	37.225±1.189a	35.142±3.459b

注:凡同列中有相同字母的表示差异不显著(P>0.05)

3 结论与讨论

作物光合特性的研究是探索作物光合生产力的基础,作物的产量 90%以上来自光合作用。植物光合作用日变化是各种生理生态因子综合效应的最终反映,其结果可作为分析产量限制因子的重要依据^[7-8]。5 个大豆品种中,中豆 8 号的净光合速率日

变化在开花期和结荚期均为双峰曲线,其他 4 个品种则在开花期为双峰曲线,结荚期为单峰曲线,并且元豆在 5 个品种里光合速率最大,中豆 8 号最低。开花期净光合速率在 14:00 左右出现低谷,而此时气孔导度与前后时间点相比并无显著降低,表明此时气孔以外的因素可能是决定大豆光合“午休”的主要原因。气孔导度影响植物的光合作用、呼吸作用和蒸腾作用。Hirata 等^[9]指出,大豆在自然光照条件下有光抑制现象。中午前后大豆叶片光合效率降低,主要原因不是空气中 CO₂ 浓度、气孔导度以及光呼吸的变化造成的,很可能是光抑制影响所致^[10]。开花期和结荚期不同品种的气孔导度均在 9:00 之前急剧下降,之后变化平缓,16:00 后又下降,表明在早上净光合速率主要受气孔因素限制,而 9:00 之后则主要受非气孔因素限制。

CO₂ 是植物进行光合作用制造有机物质的原料。胞间 CO₂ 浓度越高,气孔内外 CO₂ 浓度差越小,气孔能吸收的 CO₂ 越少,光合速率越低。不同大豆品种细胞间隙 CO₂ 浓度日变化趋势一致,在早晨和傍晚较高,在其他时段细胞间 CO₂ 浓度变化幅度不大,结荚期尤为明显。蒸腾速率与净光合速率的变化趋势基本一致,随着日照时数增加而增加,在中午前后达到高峰,开花期在 14:00 (下转第 56 页)

近有关,在这 2 个群体中可能存在频繁的基因交流。

湖北省曾是油茶主产区之一,但由于各种原因,油茶产业发展缓慢,良种的选育与推广明显滞后于周边湘、赣等省^[11]。从本研究结果看,湖北省油茶种质资源的遗传多样性较为丰富,资源的遗传背景并不存在过于单一的现象。因此在以后的研究中,还要把将油茶的形态学性状数据纳入分析范围,在获得综合性状优良的亲本前提下,将亲缘关系较远的材料进行杂交,有望获得遗传基础丰富、变异类型多的杂交后代,加速良种的筛选与培育。

参考文献:

- [1] 张党权,谭晓风,陈鸿鹏. 油茶油脂的生物合成及调控基因的特性[J]. 中南林业科技大学学报,2007,17(5): 106-111.
- [2] 许国华. 油茶病虫害的发生及防治[J]. 现代农业科技, 2009(17):146-146.
- [3] 邹肯连,曾小燕. 高山油茶主要虫害的发生特点及防治技术[J]. 现代农业科技,2011(7):173.

- [4] Doyle J J, Doyle J L. Isolation of plant DNA from fresh tissue[J]. Focus,1990,12:13-15.
- [5] 何玮,郭亮,王岚,等. 麻疯树种质资源遗传多样性的 ISSR 分析[J]. 应用与环境生物学报,2007,13(4):466-470.
- [6] 张婷,吕明治,董妍玲,等. 油茶 SRAP-PCR 反应体系的建立与引物筛选[J]. 安徽农业科学,2010,38(17): 8882-8885.
- [7] 赵谦,杜虹,庄东红. ISSR 分子标记及其在植物研究中的应用[J]. 分子植物育种,2007,5(6):123-129.
- [8] 张安世,邢智峰,刘永英,等. SRAP 分子标记及其应用[J]. 安徽农业科学,2007,35(9):2562-2563.
- [9] 温强,雷小林,叶金山,等. 油茶高产无性系的 ISSR 分子鉴别[J]. 中南林业科技大学学报,2008,18(1):40-43.
- [10] 王保明,陈永忠,谭晓风,等. 应用 ISSR 分析油茶无性系的遗传多样性[J]. 东北林业大学学报,2008,36(6):19-23.
- [11] 石鹏皋,罗治建. 湖北省油茶产业发展对策[J]. 湖北林业科技,2009,15(5):48-51.

(上接第 52 页) 都有典型的“午休”现象。不同之处是峰值出现时间不同,结荚期的蒸腾速率峰值出现较开花期提前 2 h,分析原因,可能是同时段的气孔导度较高,也可能与结荚期较高的温度有关。元豆是 5 个品种里蒸腾速率最大的品种,这与其较高的气孔导度相一致。结合 2 个时期的光合指标发现,元豆在 5 个品种里净光合速率、气孔导度、细胞间 CO₂ 浓度、蒸腾速率等光合指标在各个时间段均最高,郑 97210-6 和泌阳牛毛豆在各个时间段的表现都相差不大,而中豆 8 号各项光合指标数据最小。这表明在某一环境下不同大豆品种之间的光合特性虽有差异,但也体现了一定的规律性。

作物的光合作用是一个非常复杂的过程,大气因子、生理因子及生化因子相互影响制约着光合速率的日变化。因此,在对作物光合速率做比较时,还要注意环境因素及测定时间的影响,在品种选育时可考虑选择在逆境条件下日变化不敏感的类型,以达到增加植株整个生育期光合能力的目的。

参考文献:

- [1] 杜维广,郝乃斌,满为群. 大豆高光效育种[M]. 北京: 中国农业出版社,2000:43-51.

- [2] 张瑞朋,杨德忠,傅连舜,等. 不同来源大豆品种光合速率日变化及其影响因子的研究[J]. 大豆科学,2007,26(4):490-495.
- [3] 阎秀峰,许守民,苗以农. 大豆光合生理生态的研究[J]. 大豆科学,1990,9(3):221-227.
- [4] 孙广玉. 两个大豆品种光合作用日变化的研究[J]. 大豆科学,1989,8(1):33-38.
- [5] 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.
- [6] 苗以农. 大豆产量低的生理原因[J]. 作物杂志,1994(2):35-36.
- [7] 王建林,齐华,房全孝,等. 水稻、大豆、玉米光合速率的日变化及其对光强响应的滞后效应[J]. 华北农学报, 2007,22(2):119-124.
- [8] 李大勇,徐克章,张治安,等. 新老大豆品种叶片光合特性的比较[J]. 中国油料作物学报,2007,29(3):281-285.
- [9] Hirata M, Ishii R, Kumura A, *et al.* Photoinhibition of photosynthesis in soybean leaves I. Effects of different intensities and durations of light irradiation of light response curve of photosynthesis[J]. Crop Science,1983, 52(3):314-318.
- [10] 满为群,杜维广,张桂茹. 高光效大豆品种光合作用的日变化[J]. 中国农业科学,2002,35(7):860-862.