

# 大豆光合日变化的不同类型及其影响因素

高辉远\* 邹琦 程炳嵩

(山东农业大学)

## 摘 要

用同一品种在不同生育期,不同季节、不同天气以及不同生长条件下研究了大豆的光合日变化。大豆的光合日变化随气候条件,生长环境以及大豆的生育期不同而变化,不遵循一种固定不变的模式,概括起来有单峰型、双峰型、波动型和平缓型四种不同类型。大豆在春、夏、秋三季均能产生午休,土壤水分亏缺使午休加重,在结荚期以前条件适宜的情况下,大豆不易产生午休,此后随着生育期的进展,大豆午休加重,鼓粒期大豆的午休最为严重。

**关键词** 大豆;光合日变化;午休

对植物的光合日变化不少文章已有报告<sup>[1~6]</sup>但是不同学者对光合日变化的描述也不同,甚至对同一种植物也会出现截然不同的结果,如村田<sup>[1]</sup>、潘瑞炽<sup>[2]</sup>、Tenhunen<sup>[6]</sup>等人观测到大豆的光合日变化呈单峰型曲线,而许大全<sup>[3]</sup>、孙广玉<sup>[4]</sup>等人观测到大豆的光合日变化呈双峰曲线。大豆的光合日变化到底属于那种类型,究竟在什么条件下能产生午休,有必要做一系统研究以便全面了解光合日变化的规律。

## 材 料 与 方 法

以小粒大豆品系 7605 为实验材料。实验采用盆栽和小面积田间栽培两种形式,田间大豆按常规栽培措施进行管理。盆钵为内经 20cm,高 25cm 的园柱形,每盆装干土 8kg,整个生育期使正常生长的盆栽大豆的土壤含水量维持在田间持水量的 80%左右,长期水分

\* 现工作单位:新疆八一农学院生物基础部。 830052

本文于 1991 年 7 月 25 日收到。

This paper was received on July 25, 1991.

胁迫的盆栽大豆维持 45% 左右的土壤含水量达 15 天以上。第一批盆栽大豆于 3 月 15 日在温室播种, 4 月 15 日搬到室外, 随后分别于 4 月 15 日, 5 月 12 日, 6 月 8 日, 7 月 11 日, 7 月 15 日, 8 月 13 日播种了 6 批盆栽大豆。从 5 月底到 9 月初这段时间里, 每个月都可获得从分枝期到鼓粒期不同生育期的大豆材料。于 4 月 22 日进行第一次光合日变化的观测, 随后每个月都进行数次观测, 一直观测到 10 月份。其间观测了不同生育期的大豆光合日变化, 也观测了不同季节相同生育期以及同一季节不同生育期的大豆光合日变化。

净光合速率  $P_n$ , 光合有效辐射 PFD, 叶温  $L_T$  以及大气  $CO_2$  浓度以美国 LI-COR 公司生产的 LI-600 便携式光合系统测定, 每次测定大豆倒数第一片完全展开叶, 重复测定 5~10 株大豆。气温 AT, 大气湿度 RH 以通风干湿计测定, 每次测定时, 空气中的  $CO_2$  浓度在早晨 7:00 时左右为 400~360ppm 左右, 9:00 时以后下降到 330ppm 左右, 此后便基本上一直维持在 330ppm 左右, 中午也未测出  $CO_2$  浓度有明显降低。

## 结果与分析

大豆的光合日变化有多种形式, 大体上可分下面四大类:

一、单峰型 这一类又可分为有午休和没午休两种类型。图 1 是没有午休的单峰曲线它的光合速率最高峰对应着一天中最大的光强; 出现在 13:00 时左右(文中及图中时间均为当地时间, 不是夏令时)。这类光合日变化一般出现在分枝期以后鼓粒期之前这段生育期, 且在土壤水分充足, 叶温及水汽压亏缺都不高的条件下。图 1 中最高叶温低于 35℃, 最大 VPD 小于 20mbar。

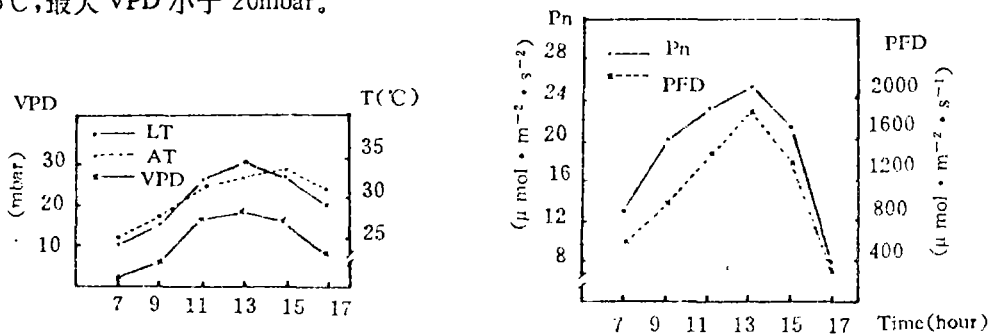


图 1 1988 年 8 月 3 日田间大豆开花期光合速率( $P_n$ ), 光合有效辐射(PFD), 气温(AT), 叶温(LT)及水汽压亏缺(VPD)的日变化

Fig. 1 The diurnal course of net photosynthesis( $P_n$ ), leaf temperature (LT) of field-grown soybean leaves in flowering period (Aug. 3, 1988), and related diurnal course of photosynthetically active radiation (FPD), atmosphere temperature (AT) and leaf to air water vapour pressure diffidence (VPD)

图 2 是有午休的单峰曲线, 其光合速率最高峰不是出现在光强最大的中午, 而是出现在 9:30 时左右, 此后光合速率便一直下降不再回升。有的学者把这类光合日变化称为“一睡不醒”的午休类型。这类光合日变化一般发生在叶温很高, VPD 很大而且中午以后

叶温和 VPD 都没有多大缓解的情况下。对于盆栽大豆下午土壤水分亏缺逐渐加重,导致叶片水分状况恶化,再遇上高温低湿天气就容易出现这种“一睡不醒”型的光合日变化。

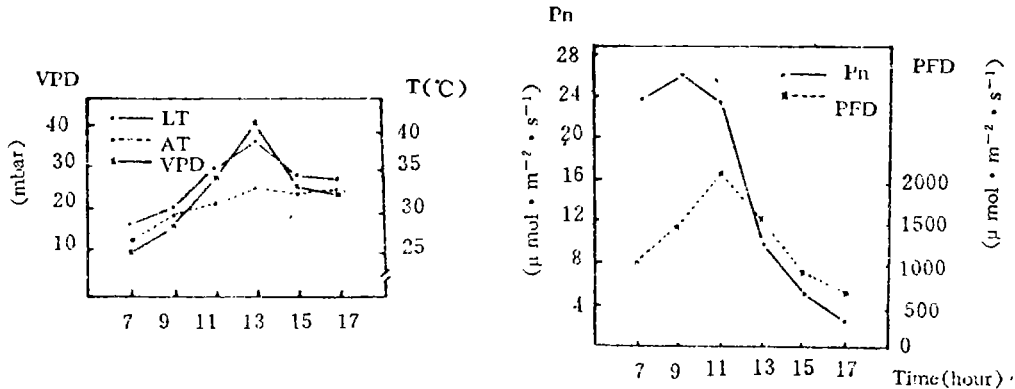


图 2 1988 年 8 月 12 日盆栽大豆鼓粒期 Pn,PFD,AT,LT 及 VPD 的日变化

Fig. 2 The diurnal course of Pn, LT of pot cultured soybean leaves in seed-filling period (Aug. 12, 1988) and related diurnal course of PFD, AT, and VPD

二、双峰型 这是一类中午光合下降,下午又有回升的类型。根据上午光合下降的早晚以及下午光合恢复的程度又可分为三种类型。

1. 典型双峰曲线 如图 3,上午光合速率最高峰出现在 9:00 时左右,下午的高峰出现在 15:00 时左右,往往低于上午的高峰,在光强最高的 13:00 时左右,光合速率严重下降形成一个低谷。这类光合日变化一般发生在中午叶温过高,VPD 过大,但下午又有一定程度恢复并且土壤水分充足的田间大豆。

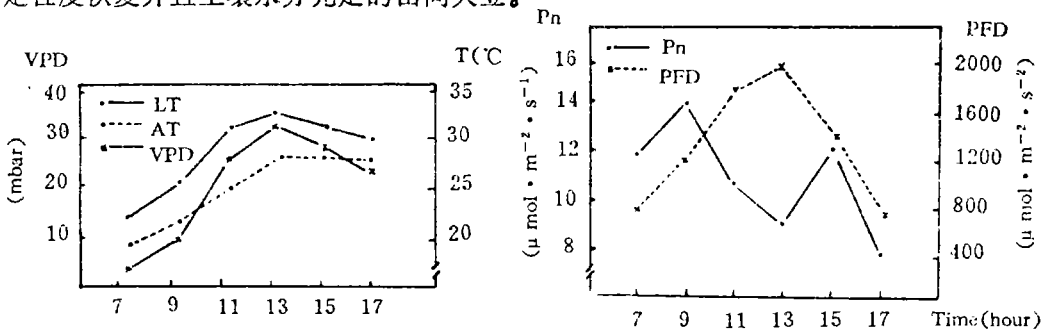


图 3 1988 年 9 月 11 日田间大豆鼓粒期 Pn,PFD,AT,LT 及 VPD 的日变化

Fig. 3 The diurnal course of Pn, LT of field grown soybean leaves in seed-filling period (Sep. 11, 1988) and related diurnal course of PFD, AT and VPD

2. 不典型双峰曲线 盆栽大豆在高温低湿的天气下极易产生午休,如果下午叶温和 VPD 不能很好恢复,光合速率便会出现一降不起的类型,但是在多数情况下,只要土壤水分不是严重亏缺,光合速率在下午仍会出现一个比上午低得多的小峰(图 4)。

由上面例子可以看出双峰型光合日变化的第一个高峰总是出现在光强已达  $800\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  以上,但叶温及 VPD 都不是很高的 9:00 时左右,在叶温及 VPD 最高的 13:00~14:00 时(不一定是光强最高时),正是午休最严重时刻,下午的第二个高峰一般出现在光强,叶温及 VPD 都开始下降的 15:00~16:00 时左右,如果中午时最高叶温超过

35℃以上,VPD 超过 40 mbar 以上,那么下午的第二个高峰就会延迟出现,而且峰的高度也会相应降低。

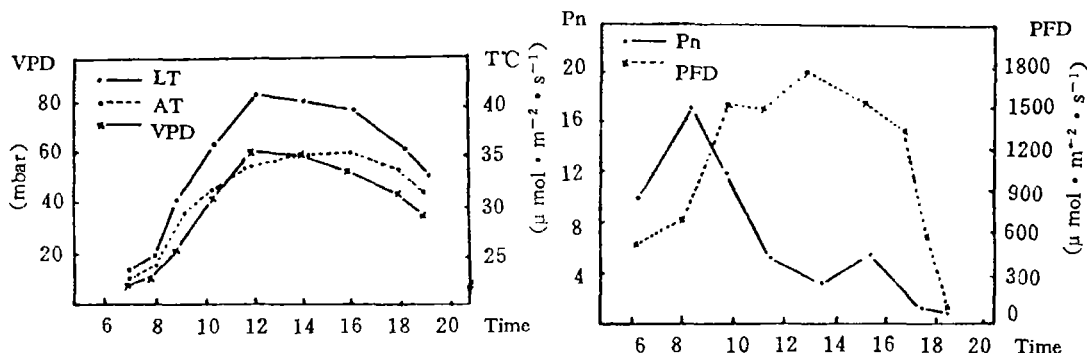


图4 1988年6月12日盆栽大豆鼓粒期  $P_n$ , PFD, AT, LT 及 VPD 的日变化

Fig. 4 The diurnal course of  $P_n$ , LT of pot cultured soybean leaves in seed-filling period (Jun. 12, 1988) and related diurnal course of PFD, AT, and VPD

3. 严重午休型 这类光合日变化的特点是早晨7:00时左右光强还未达光饱和点时的光合速率便是一天中的最高值,此后随着光强的增加,光合速率便持续下降,12:00时以后净光合出现负值,直到下午17:00时以后光合速率才略有回升。在这种光合日变化中,光强与光合速率呈现出截然相反的变化趋势(图5)。这种情况一般出现在土壤水份严重亏缺的盆栽大豆。图5的结果是鼓粒期盆栽大豆停止浇水两天后的日变化情况,测定时土壤含水量为田间持水量的35%,然后人为的使土壤水分全天维持在这个水平。

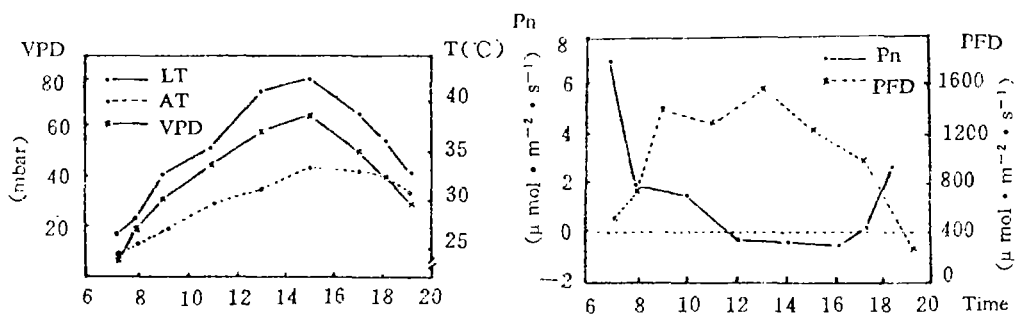


图5 1988年6月26日断水两天后(测定时土壤含水量为35%)

盆栽大豆鼓粒期  $P_n$ , PFD, AT, LT 及 VPD 的日变化

Fig. 5 The diurnal course of  $P_n$ , LT of pot cultured soybean leaves in

seed-filling period (Jun. 26, 1988), for 2 days the soil water content was reduced to 35%, and the related diurnal course of PFD, AT and VPD

三、波动型 因为受多变的环境条件及大豆自身条件的影响,有时大豆的光合日变化会出现不规则的波动,在光强较弱的全阴天气下(全天中的光强均低于  $490\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ),大豆的光合日变化完全受控于日照强度日变化,这时光合速率与日照强度呈极显著的线性相关,回归方程为  $P_n = -0.63 + 0.0235PFD$   $r = 0.985^{**}$ ,而温度和空气湿度影响则显得微不足道了。在分枝期以前,大豆的叶片比较幼嫩,角质化程度很低,叶片的水分状况在一天中很容易受光照、温度及大气湿度的影响而发生很大的波动,进而影响到

叶片的气孔导度和光合速率。如图 6 所示,在光强最高的 10 : 00 时左右光合速率处于一小低谷,12 : 00 时左右光强、叶温及 VPD 有所降低,光合速率便立即回升,当叶温和 VPD 重新升高时,光合速率又重新下降,直到下午 16 : 00 时左右又出现第三个小高峰。

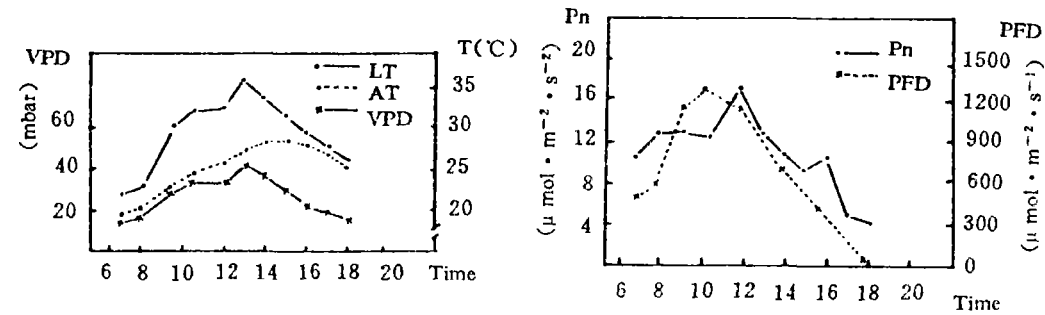


图 6 1988 年 4 月 22 日盆栽大豆分枝期 Pn, FPD, AT, LT 及 VPD 的日变化

Fig. 6 The diurnal course of Pn, LT of pot cultured soybean leaves in branching period (Apr. 22, 1988), and related diurnal course of PFD, AT and VPD

**四、平缓型** 这类光合日变化的特点是一天中光合速率没有明显的高峰和低谷,随着环境条件的变化光合速率只出现轻微的波动(图 7),这类日变化一般发生在经过长期水份胁迫锻炼的大豆,在长期水分胁迫下,大豆从形态构造到生理代谢都产生了相应的适应性,使其对水分亏缺和高温低湿的环境都有一定的耐受能力,因此在中午高温低湿的条件下,包括光合在内的多种生理指标都不会发生大幅度的变化。

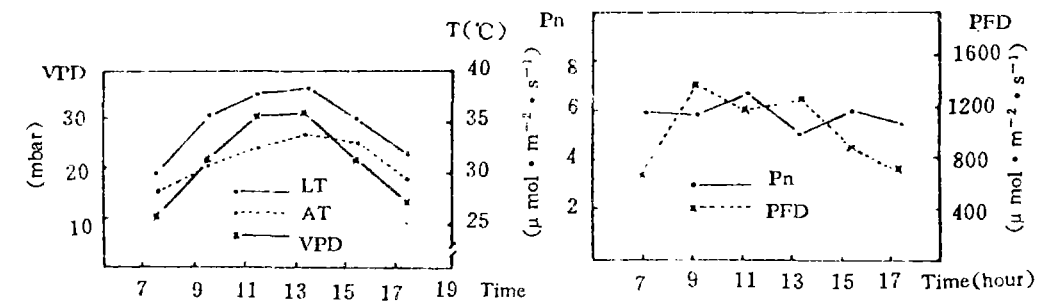


图 7 1988 年 7 月 23 日长期水分胁迫后大豆开花期 Pn, PFD, AT, LT 及 VPD 的日变化

Fig. 7 The diurnal course of Pn, of pot cultured soybean leaves in flowering period after under water stress for more than 15 days, and the related diurnal course of PFD, AT and VPD

讨 论

我们的观测表明,大豆的光合日变化不遵循一种固定不变的模式,它是随气候条件,生长环境及生育期的不同而呈现多种变化的。在温度、光照、VPD 及土壤水分都适宜的条

件下,大豆的光合日变化一般呈现没有午休的单峰型,而在高温低湿条件下,大豆容易出现午休型的光合日变化,而且在春、夏、秋三季均能产生午休。Sawada<sup>[5]</sup>研究小麦光合日变化时观测到小麦光合日变化的午休类型只出现在夏季,这与我们在大豆上的观测结果完全不同,看来不同植物的光合日变化规律也不相同。大豆光合日变化对叶温和 VPD 的响应是因土壤水分、栽培条件和生育期不同而变化的,总的来说,在相同的条件下盆栽大豆比较容易出现双峰型及“一睡不醒型”的光合日变化。无论盆栽大豆还是田间栽培大豆,在鼓粒期最容易出现午休型的光合日变化,且随着植株的衰老,午休的程度越来越重,而开花期的大豆对高温低湿最不敏感,在叶温和 VPD 不是很高的情况下,一般呈现单峰型的光合日变化。土壤水分亏缺使大豆光合速率对高温低湿变得更加敏感,由于土壤水分亏缺过早导致气孔关闭,降低了蒸腾作用,使叶温高出气温 10℃之多(图 5),从而也加剧了水汽压亏缺,在这种条件下大豆就可能出现严重午休类型的光合日变化。

自然条件下,植物生长在一个复杂多变的环境中,各种环境因素和植物的内在因素相互作用使植物的光合日变化情况变得颇为复杂,因此不能根据一两次测定结果就断定某种植物的光合日变化属于那种类型。

### 参 考 文 献

- [1] 卢刘义次,1979,作物光合作用与物质生产,薛德谔译,科学出版社,P 177~200
- [2] 潘瑞炽等,1964,大豆植株在一天中的生理变化,植物生理学通讯,(4):39~42
- [3] 许大全、薛德林,1985,大豆叶片的一些光合特性,植物生理学通讯,(6):34~37
- [4] 孙广玉,1989,两个大豆品种光合日变化的研究,大豆科学,8(1):33~37
- [5] Sawada, S., 1978, On midday depression of photosynthesis in wheat seedlings. Japan Jour. Crop Sci., 47(1): 18~24
- [6] Tenhunene, J. D., et al., 1980, The diurnal time course of net photosynthesis of soybean leaves: Analysis with physiologically based steady state photosynthesis model. Oecologia (Berl.) 46: 314~321

## THE DIFFERENT TYPES OF DIURNAL COURSE OF PHOTOSYNTHESIS OF SOYBEAN [*Glycine max*(L). Merr. ] LEAVES AND RELATED FACTORS

Gao Huiyuan\* Zhou Qi Cheng Bingsong

(Shandong Agricultural University)

### Abstract

The diurnal course of photosynthesis of soybean leaves in different development stages, seasons and under different weather and growing conditions were studied. The diurnal course of photosynthesis changed under different weather and growing conditions and in development stages instead of following a regular pattern. The patterns could be generalized as four main types: single

peak pattern; double peak pattern; fluctuating pattern and smooth pattern. The midday depression of photosynthesis of soybean leaves was observed in spring and autumn as well as in summer. Under high temperature and low humidity weather conditions the midday depression of photosynthesis occurred frequently the deficiency of soil water content intensified the depression. Before pod—setting period the depression did not occurred in suitable condition, after that period as the plant became older the midday depression of photosynthesis became more and more intensified.

**Key words** Soybean; Diurnal course of photosynthesis; Midday depression of photosynthesis

## 全国“东北大豆种质拓宽与改良”学术讨论会简讯

5月27~28日,东北农学院借国家自然科学基金大项目——“东北大豆种质拓宽与改良”进行期中检查汇报之机,召开了全国大豆学术讨论会。来自全国8个省的农业科学院的35个院所;5个农业和师范大学以及黑龙江省农垦局,黑龙江各地区、县的100多个生产单位的代表出席了大会。会议由王金陵教授和杨庆凯教授主持了大会的专题发言。胡明祥、常汝镇、孙寰、祝宝林、余建章、苗以农等大豆专家就各自的学术领域作了专题发言。5月28日,分别以高产育种、品质和抗病育种、资源创新和基础理论研究,大豆耕作栽培、植保与生产管理等专题分组进行了论文宣读,交流和讨论。这次会议收到了110多篇论文。论文的内容广泛,既有不同育种理论和方法的论文,也有生物技术、计算机应用等新技术方法;既有专题论文和报告,也有文献综述和情报分析。许多论文系国家自然科学基金资助和国家重大基金资助项目的研究成果。

这次学术会议的重点,突出了大豆的品质,与以往以高产大豆为中心的学术会有很大区别。充分利用大豆的品种资源,拓宽了大豆育种的领域,现已育成了一些优良品种。利用生物技术也获得了一些好的品系。种质资源的拓宽与改良,将会使我国的大豆育种的研究领域有新的突破。

与会的代表还收到了作为庆祝王金陵教授从事教育和科研50周年礼物的“王金陵大豆论文选”,代表们还参加了王金陵从教50周年的庆祝活动,表达了对大豆前辈的尊敬爱戴之情。

薛 津

《大豆科学》编辑部