

小麦光合作用“午休”的生态因子研究^{*}

唐鸿寿 刘桐华 余彦波

(中国科学院生态学研究中心)

在人工气候室内进行的小麦光合作用与生态因子关系的研究,得到了如下结果:

1. 当空气中CO₂浓度为340至350ppm,土壤含水量适中的情况下,引起光合作用“午休”的重要因素之一是中午空气相对湿度明显下降。

2. 当生态环境适宜,且较稳定的情况下,未观察到光合作用“午休”现象。认为光合作用“午休”不是一个生物钟现象。

植物光合速率中午下降或称之为光合作用“午休”的现象在植物中是广泛存在的。例如在谷子、棉花等多数植物都存在此种现象,在小麦中尤为普遍。这一现象在本世纪初就被发现了,之后,很多学者在这方面进行了研究,并对午休出现的原因提出了一些见解(黄卓辉等,1962; Brown等,1977; Macdowall, 1963)。仅就植物体以外的生态因子的影响来说,也有很多不同的看法,诸如土壤水分亏缺(Brown等,1977),叶温过高,大气中CO₂浓度下降(韩凤山等,1984),大气湿度中午下降,(许大全等,1984; 杜占池等,1983)对此众说纷云。但至今尚未见到在严格人工控制条件下进行这方面研究的报道。为了弄清楚CO₂因子外,其它因子,如光照、温度、湿度等对小麦光合作用午休的作用,我们于1984年4月至6月,于人工模拟条件下,进行了小麦光合作用午休生态因子的探索,以便在理论上和在农业生产上起一定的指导作用。

一、材 料 与 方 法

盆栽于5℃条件下春化处理一周的春小麦品种 Inia66,露天放置,按常规盆栽管理。于抽穗期采用红外线CO₂气体分析仪与叶室联用,对单株小麦旗叶进行活体气封法光合强度测定。叶室内叶片表面气体流量为1.5升/分钟。在自然条件下测定时,采自距地面5米以上的大气作为CO₂来源。计算光合速率时,对CO₂密度和气体流量进行了温度校正。土壤和叶片含水量均用干重法测定,分别在105℃和80℃下烘干。上述测定与光合强度测定同时进行。光强用照度计测定,温度用半导体温度计和水银温度计同时测定。空气相对湿度用干湿球湿度计和氯化锂湿敏电阻式湿度计同时测定。在试验期间内,从每天19时至第二天6时,人工气候室内的温度、湿度和光照强度模拟北京地区5月下旬和6月上旬的平均值,始终按同一程序进行。待测植株于测定前一天19时移入人工气候室内,以保证测定前的基础条件一致。人工气候室内的CO₂浓度稳定在340ppm至350ppm之间。本试验共4个处理,每个处理4至6

^{*} 此项工作在马世骏教授指导下进行,中国林科院王洪元、王巍、刘继、周燕等同志参加部分工作,在此一并致谢。

次重复。将事先于自然条件下测定的生态因子(光强、温度、湿度和大气 CO_2 浓度)日变化作为参照条件。为方便起见列图1表示。

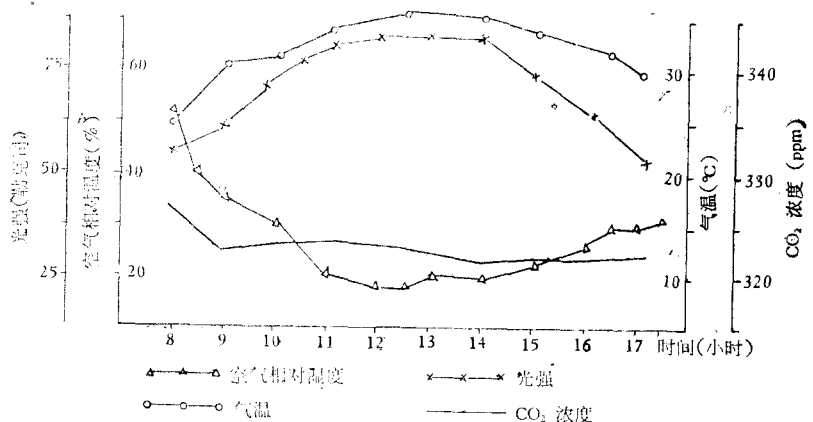


图1 自然条件下生态因子日变化
fig. 1 the diurnal change of ecological factors under natural conditions

人工气候室内模拟如下各处理的气候条件。

处理一: 从6时至19时, 光强和温度完全模拟自然条件, 湿度尽可能模拟自然条件。

处理二: 从6时至19时, 光强和温度完全模拟自然条件。从8时至19时, 相对湿度恒定在52% (52%的相对湿度是在自然条件下8时前后出现的)。8时以前的湿度模拟自然条件。

处理三: 从6时至19时, 光强模拟自然条件。从8时至19时, 相对湿度恒定在52%。从9时30分至17时, 温度恒定在31°C (31°C是在自然条件9时30分前后出现的)。9时30分以前, 17时以后, 温度模拟自然条件。8时以前的湿度模拟自然条件。

处理四: 从6时至19时, 光强模拟自然条件。从8时至19时, 相对湿度恒定在52%, 温度恒定在25°C (上述温度和湿度是在自然条件上午8时出现的)。8时以前的温度和湿度模拟自然条件。

二、结 果 与 讨 论

1. 小麦“午休”现象

1984年6月6日和6月7日在自然条件下, 测定小麦光合作用日变化呈双峰曲线(图2)表明小麦“午休”现象是十分明显的。

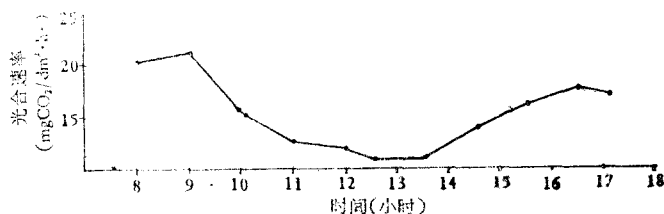


图2 自然条件下70%田间持水量时的光合作用日变化
fig. 2 the diurnal change of photosynthesis when 70% of the field capacity under natural conditions

2. 土壤水分与“午休”

小麦的“午休”现象及光合日变化曲线与土壤含水量有较密切的关系。在自然条件下,测定不同土壤含水量条件下小麦的光合作用日变化。发现当土壤含水量为田间持水量的45%至80%之间时,可出现典型的双峰型光合曲线(图2);当土壤含水量为田间持水量的90%至100%时,“午休”虽可出现,但不典型(图3),光合速率基本维持在一个较高水平,这是因为土壤水分充足,能及时补充因蒸腾而失去的水分;当土壤含水量低于田间持水量的35%至40%时,小麦光合作用日变化在上午9时左右达到高峰后,就一直下降(图3)。这是由于土壤水分亏缺,补充不上叶片因蒸腾而失去的水分,致使叶片出现萎蔫现象,导致光

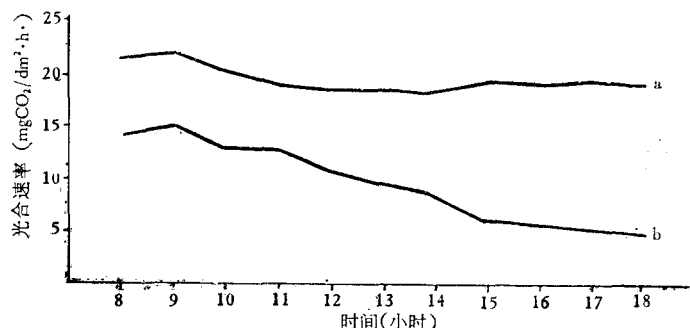


图3 不同土壤含水量的光合速率日变化

fig. 3 the diurnal change of photosynthetic rate under different water content of soil

a. 田间持水量的90—100% b. 低于田间持水量的35—40%

合作用受到抑制。为排除土壤水分对光合速率日变化的影响,本试验土壤含水量恒定在田间持水量的70%左右。

3. 光辐射强度与“午休”

在人工气候室内,当 CO_2 浓度相对稳定,气温 31°C ,相对湿度52%的恒定情况下,进行了光饱和点的测定。测定光强从1万勒克司至8万勒克司,Inia66在上述条件下的光饱和点约为4万至4.5万勒克司,当光强超过5万勒克司时,光合强度趋于平稳,未见光合强度下降。因此认为,当 CO_2 浓度、温度和湿度相对稳定的条件下,单一提高光辐射强度(超过光饱和点)不会引起午休现象(图4)。

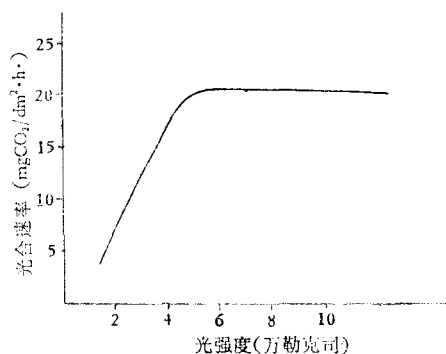


图4 小麦光合作用-光曲线

fig. 4 photosynthesis from wheat-light curve

4. 空气相对湿度与“午休”

在处理一中, CO_2 浓度、光强和气温都是模拟自然条件,唯因中午低湿难于出现,空气相对湿度不能完全模拟自然条件。自然条件最低相对湿度仅17%,人工气候室内的低湿为27%,但在这种情况下,“午休”现象还是可以观察到,只是不如自然条件下的严重(表1)。在一、二处理中, CO_2 浓度、光强和温度的变化相同,仅空气相对湿度变化不同。处理一中中午湿度较低,为27%,出现了光合作用“午休”现象。而处理二相对湿度始终保持在52%,全

表 1 在不同条件下的光合速率和叶片含水量

table 1 the photosynthetic rate and water content of leaf under different conditions

处 理	项 目	时 间			
		8:00	9:00	12:30	16:30
自然条件	温 度 (°C)	25	31	36	32
	相对湿度 (%)	52	35	17	30
	叶片含水量 (水重/干叶重)	2.542	2.441	2.008	2.237
	光合速率 (mgCO ₂ /dm ² ·h)	20.7	21.5	11.8	17.5
处 理 一	温 度 (°C)	25	31	36	32
	相对湿度 (%)	52	38	27	34
	叶片含水量 (水重/干叶重)	2.574	2.445	2.214	2.368
	光合速率 (mgCO ₂ /dm ² ·h)	21.3	21.4	15.1	18.5
处 理 二	温 度 (°C)	25	31	36	32
	相对湿度 (%)	52	52	52	52
	叶片含水量 (水重/干叶重)	2.596	2.557	2.492	2.571
	光合速率 (mgCO ₂ /dm ² ·h)	23.8	24.3	22.1	24.1
处 理 三	温 度 (°C)	25	31	31	31
	相对湿度 (%)	52	52	52	52
	叶片含水量 (水重/干叶重)	2.527	2.487	2.552	2.549
	光合速率 (mgCO ₂ /dm ² ·h)	22.3	23.1	23.7	23.9
处 理 四	温 度 (°C)	25	25	25	25
	相对湿度 (%)	52	52	52	52
	叶片含水量 (水重/干叶重)	2.521	2.527	2.563	2.572
	光合速率 (mgCO ₂ /dm ² ·h)	20.5	20.7	20.7	20.8

天的光合速率较为平稳,表明在人工气候条件下,中午湿度降低可以引起小麦的“午休”现象,如提高相对湿度,“午休”现象即不发生。这与许大全等(1984)的试验结果是基本一致的。

5. 温度与“午休”

从处理二中的结果可以看到,在CO₂浓度、光强和空气湿度相对稳定的情况下,在温度31℃至36℃的变化范围内,只引起了光合速率很微小的变化,未观察到明显的“午休”现象。可见,当其它生态因子相对稳定的情况下,在一定范围内温度的单一变化不能引起午休现象出现。

6. 生物钟与“午休”

从二、三、四处理的结果来看,由于在温度上作了一些处理,使光合作用处于较为稳定的环境条件下,“午休”现象即观察不到。这说明植物光合作用“午休”现象完全是受外界生态因子变化的影响而引起的,并不是其体内固有的规律,即生物钟所致,而是植物对外界不良环境的一种反应。

由于本试验主要是在人工气候室内进行的,其生态条件与自然界还不能完全一致,因此,只是在这方面进行了一些探索,还有待于进一步完善。根据上述结果认为,在人工气候条件下,当CO₂浓度相对稳定,并接近大气中正常含量,土壤含水量适中的情况下出现的“午休”现象,是由于空气相对湿度的下降。这可能与光辐射强度在中午增强,引起气温升高,从而引起饱和差的增加有关。致使叶片蒸腾作用加快,造成叶片缺水,含水量下降,限制了光

合作用的进行,出现了小麦“午休”现象。所以,空气相对湿度中午降低是引起小麦“午休”的很重要的因素之一。

环境因子引起植物“午休”的原因,在不同的情况下可能是不同的,前人在这方面已做了不少研究(户刘羲次,1973)。在天旱、高温、低湿,大气中 CO_2 浓度相对稳定的天气状况下,引起“午休”的重要因素可能是中午空气湿度过低(许大全等,1984;杜占池等,1983);在水分状况良好,空气湿度较高,小麦群体内部通风不良,中午群体内 CO_2 浓度大幅度降低,叶片呈明显的 CO_2 饥饿状态时, CO_2 浓度过低就可能成为小麦“午休”的重要因素(张理,1982;韩凤山等,1984)。由于生态环境错综复杂,“午休”现象的原因又是一个多因子问题,这些因子之间又是互相作用和联系。因此,对这个问题尚需进行较全面的探索和研究是十分必要的。

参 考 文 献

- 许大全、李德耀等 1984 田间小麦叶片光合作用“午睡”现象的研究。植物生理学报 10(3):269—276。
杜占池、杨宗贵 1983 羊草光合生态特性的研究。植物学报 25(4):370—379。
张理 1982 北京地区高产麦田 CO_2 浓度的分析。北京农业大学学报 8(2):37—42。
韩凤山等 1984 小麦午睡原因的研究 I 大田生态因子与午睡的关系。作物学报 10(2):137—143。
黄卓辉等 1962 小麦光合作用的初步研究。小麦丰产研究论文集,上海科学技术出版社,第166—172页。
Brown, L.F. and Trlica, M.J. 1977 Interacting effects of soil water, temperature and irradiance on CO_2 exchange rates of two dominant grasses of the shortgrass prairie. *Jour. Appl. Ecol.* 14(1): 197—204。
Madowall, E. 1963 Midday closure of stomata in aging tobacco leaves. *Can. Jour. Bot.* 41(9): 1289—1300。
Shin-ichi SAWADA 1978 On midday depression of photosynthesis in wheat seedlings. *Japan. Jour. Crop Sci.* 47(1):18—24。
户刘羲次 1973 作物的光合成と物质生产, 養賢堂, 东京, 145—166。

STUDIES ON ECOLOGICAL FACTORS OF THE PHOTOSYNTHETIC 'NAP' IN WHEAT

Tang Hungshou Liu Tonghua Yu Yanbo

(Research Center of Ecology, Academia Sinica)

It was studied in phytotron that the relations between the photosynthesis in wheat and the ecological factors. The results obtained are as follows:

1. When the CO_2 concentration in the air is 340 to 350ppm and the water content of the soil is moderate, one of the important factories which caused the photosynthetic 'nap' is the obvious decrease of atmospheric relative humidity in the midday.

2. When the ecological environment was moderate and more stable, the phenomenon of photosynthetic 'nap' was not observed. It is inferred that the photosynthetic 'nap' is not a phenomenon of the biological clock.