

昼夜温差对小麦光合特性的影响

吴 姝* 张树源* *

(中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810001)

沈允钢

(中国科学院上海植物生理研究所, 上海 200032)

摘 要

在严格控制光照和空气相对湿度的人工气候室内, 模拟不同昼夜温差(25 /10 , 昼/夜和 25 /25 , 昼/夜), 对两个原在不同环境条件下栽培的青海高原 338 和上海沪麦 5 号小麦品种的光合特性进行了比较研究。结果表明, 在有 15 昼夜温差处理条件下生长的小麦, 其叶面积较大, 叶片寿命较长, 呼吸作用较低。不同的昼夜温差条件下小麦的光合作用响应曲线没有明显的差异; 但在夜温为 10 下生长的小麦, 其光合作用的最适温度比在夜温为 25 下生长的小麦低 2 - 3 。三叶期, 有 15 昼夜温差处理条件下生长小麦的净光合速率、光系统 II 的光化学效率和呼吸速率均比无昼夜温差对照下生长的同种小麦高, 而抽穗期却有相反的趋势。在处理和对照两种生长条件下, 抽穗期的净光合速率和光系统 II 的光化学效率均是青海高原 338 略低于上海沪麦 5 号。

关键词 昼夜温差, 净光合速率, 呼吸速率, 光系统 II 光化学效率, 光合作用最适温度

THE EFFECT OF DAY AND NIGHT TEMPERATURE DIFFERENCE ON PHOTOSYNTHETIC CHARACTERISTICS IN WHEAT

Wu Shu and Zhang Shuyuan

(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica, Xining 810001)

Shen Yungang

(Shanghai Institute of Plant Physiology, Academia Sinica, Shanghai 200032)

Abstract

In the phytotron the photosynthetic characteristics of wheat varieties: Gaoyuan 338

收稿日期: 1996-02-20

* 现在北京市植物园(卧佛寺)新优种苗中心, 北京 100093。 ** 联系人: 中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810001。

缩写: Pn 净光合速率($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$); Rd 呼吸速率($\mu\text{mol O}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$); Gs 气孔导度($\text{mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$); Ta 空气温度(); T1 叶片温度(); PFD 光量子通量密度($\mu\text{mol photons} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$); Ca 空气中 CO₂ 浓度($\mu\text{L CO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$ air); Ci 叶片细胞间隙 CO₂ 浓度($\mu\text{L CO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$)。

and Shanghu No. 5 were compared under the 15 day and night temperature different conditions. The results indicated that wheat grown under day and night temperature difference of 15 °C, Pn, Rd, Fv/Fm of flag is lower than no day and night temperature difference, but in third leaf appearing stage, Pn, Rd, Fv/Fm of 15 day and night temperature difference is higher than have no day and night temperature difference. And under two different growth conditions, Pn and Fv/Fm of flag of Gaoyuan 338 is always lower than Shanghu No. 5.

Key words day and night temperature, net photosynthetic rate, respiration rate, photosynthesis rate of PS II, optimum temperature of photosynthesis

许多研究报道^[6, 7, 12]生长温度对植物的光合作用有很大的影响。在高温或低温下,光合作用被严重抑制,净光合速率明显下降^[8, 9],光系统II的量子效率也明显降低^[10, 13]。

同一品种的小麦栽培在青海高原所能达到的产量常可比种在其它平原地方的高(沈允钢等 1962)。许多人认为造成这种差异的原因是青海高原特殊的生态环境(如太阳辐射强,昼夜温差大,日照充足,气候温凉等)影响的结果^[1-4]。Moss(1975)认为小麦抽穗开花后叶片制造碳水化合物的能力主要受光合强度、呼吸强度和叶片寿命三个方面的制约。

较大的昼夜温差这单一的环境因素是否也对小麦抽穗开花后的光合强度、呼吸强度和叶片寿命产生一定影响。因此,我们在严格控制光强和空气相对湿度的人工气候室条件下,将昼夜温差作为单一的环境因素,对小麦光合特性的影响进行了研究。

1 材料与方法

1.1 植物材料和栽培与处理方法

以青海培育的高原 338 和上海培育的沪麦 5 号小麦品种为研究材料。将上述两个小麦品种,按常规方法土培盆栽,在光照强度($350 \mu\text{mol photons} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$),光照时间(12 h/d)和空气相对湿度(75%)一致的条件下,分别置于有 15 °C 昼夜温差(25 °C/10 °C, 昼/夜)处理和无昼夜温差(25 °C/25 °C, 昼/夜)对照的人工气候室内按常规方法进行培养,并在三叶期、拔节期和抽穗期分别作比较测定。

1.2 植物生理测定方法

1.2.1 叶面积的测定 系数测定法(加藤荣, 1985)。

1.2.2 叶片寿命的测定 从小麦催芽并播种于盆中开始,记录每片叶从长出到全部发黄的时间,一直到小麦完全黄熟为止。

1.2.3 光合作用和呼吸速率的测定 用美国制造的 CD 便携式气体分析系统,在室内碘钨灯光照下进行光合作用的测定。去除光源,使叶片全部处于暗中后,即进行呼吸速率的测定。所用空气为室外引入的普通空气,所得数据 Pn、Rd、Gs、Ta、Tl、PFD、Ca、Ci 等以电脑输出记录。

1.2.4 光合作用温度响应曲线的测定 用英国产台式 ADC 气体分析系统,将采下的叶片浸于水浴中的叶室内,通过改变水浴的温度来调节叶片的温度。测定前叶室中的叶片要

预照光 1 h, 待光合稳定后, 在饱和光强($1000 \mu\text{mol photons} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) 下测定叶片在不同温度下的净光合速率。

1.2.5 叶片叶绿素荧光的测定 在普通空气和室温条件下, 用英国 Hansatech 公司制造的脉冲调制荧光仪测定叶绿素 a 荧光, 每次测定前叶片暗适应 2 h, 然后照射检测光 ($< 8 \mu\text{mol photons} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), 测得初始荧光 F_0 , 再照射饱和强光(约 $12000 \mu\text{mol photons} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), 测得最大荧光 F_m , 从而计算出 $F_m - F_0 = F_v$ (可变荧光) 和 F_v/F_m (光系统 II 的光化学效率) (武海等, 1993)。

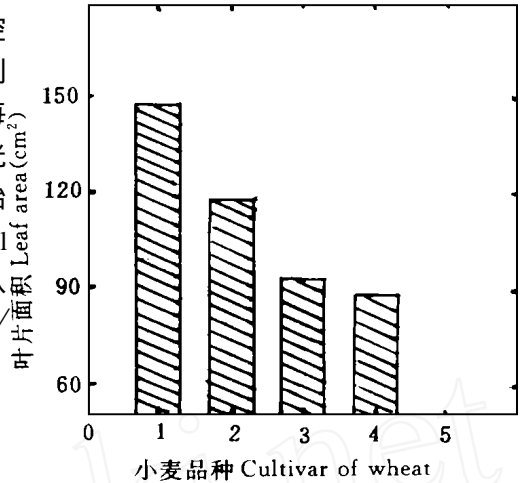


图 1 昼夜温差对小麦单株总叶面积的影响

Fig 1 The effect of day and night temperature difference on total leaf area of wheat leaf

1, 2 Gaoyuan 338; 3, 4 Humai No. 5; 1, 3 25 /10 (day/night); 2, 4 25 /25 (day/night)

2 结 果

2.1 昼夜温差对小麦叶面积及叶片寿命的影响

小麦单株叶面积测定结果表明(图 1), 两个小麦品种在有 15 昼夜温差处理时均比无昼夜温差的对照大一些。不同品种之间则高原 338 7 个叶片的总叶面积最大, 沪麦 5 号最小。

从小麦叶片的寿命(表 1)可以看出, 处理和对照两种昼夜温差生长条件下两个小麦品种均是旗叶寿命最长。高原 338 的旗叶寿命为 63 d, 而沪麦 5 号为 50 d。无昼夜温差对照小麦旗叶的寿命尽管也是高原 338 略长 35 d, 但均较有昼夜温差处理小麦旗叶的寿命短。

表 1 不同昼夜温差对小麦叶片寿命的影响(d)

Table 1 The effect of different day and night temperature difference on leaf age (days)

	25 /10		25 /25	
	高原 338 Gaoyuan 338	沪麦 5 号 Humai No. 5	高原 338 Gaoyuan 338	沪麦 5 号 Humai No. 5
第一片叶寿命 1st leaf age	27	30	25	33
第二片叶寿命 2nd leaf age	23	24	20	27
第三片叶寿命 3rd leaf age	29	34	29	34
第四片叶寿命 4th leaf age	38	35	32	35
第五片叶寿命 5th leaf age	41	38	36	34
第六片叶寿命 6th leaf age	49	43	35	34
第七片叶寿命 7th leaf age	63	50	35	34

2.2 昼夜温差对小麦光合作用光响应和光合作用温度响应的影

从图2可以看到,昼夜温差对小麦的光合作用光响应曲线没有明显的影响,15 昼夜温差处理条件下生长的高原338、上海沪麦5号的光合作用光响应曲线与在无昼夜温差条件下生长的同种小麦的光合作用光响应曲线在光饱和和光强范围内没有明显的差异,光响应曲线形状也相似。

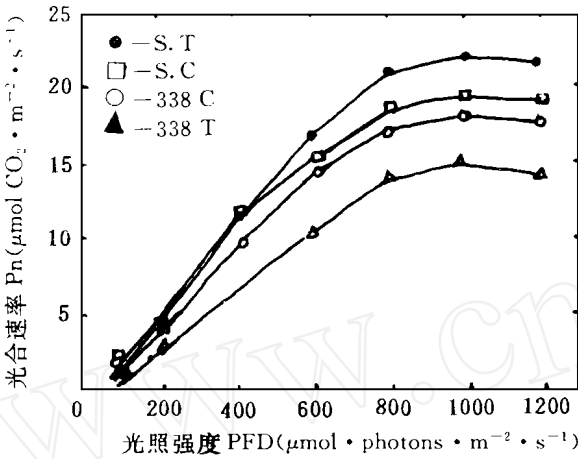


图2 昼夜温差对小麦光合作用光响应曲线的影响

Fig. 2 The effect of day and night temperature difference on light response curve of photosynthesis in wheat leaves
The experiment was made with intached leaf at 25 in the laboratory.

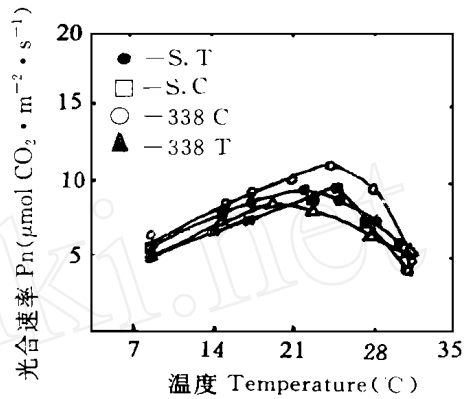


图3 昼夜温差对小麦光合作用温度响应曲线的影响

Fig. 3 The effect of day and night temperature difference on temperature response curve of photosynthesis in wheat leaves
The experiment was made at a PFD of 900 μmol m⁻² · s⁻¹ with a detached leaf in the leaf in the laboratory.

T. Treatment(25 /10); C. Control(25 /25); S. Shanghu No. 5; 338 Gaoyuan 338

光合作用温度响应曲线的测定结果(图3)表明,在15 昼夜温差条件下生长的小麦其光合作用最适温度比无昼夜温差的对照小麦低2 - 3 。

2.3 昼夜温差对小麦净光合速率和夜间呼吸速率的影响

从表2可以看到,三叶苗期时有15 昼夜温差处理的小麦的净光合速率与无昼夜温差的小麦相仿或略高。而到了抽穗期,旗叶的净光合速率都以无昼夜温差的对照小麦高,且在处理和对照条件下,均以沪麦5号小麦的净光合速率高于高原338。

表 2 昼夜温差对小麦净光合速率的影响

Table 2 The effect of day and night temperature difference on photosynthetic rate ($\mu\text{mol photons} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) of wheat

	25 /10		25 /25	
	高原 338 Gaoyuan 338	沪麦 5 号 Huam iNo. 5	高原 338 Gaoyuan 338	沪麦 5 号 Huam iNo. 5
第三叶 3rd leaf	9.55 (± 1.33)	8.77 (± 2.76)	9.55 (± 1.02)	7.74 (± 1.13)
旗 叶 Flag leaf	11.48 (± 1.26)	16.50 (± 2.11)	13.90 (± 0.75)	19.10 (± 0.25)

Each value are average of 5 leaves, standard deviations are given in parenthesis

夜间呼吸速率的测定结果表明, 在夜温是 10 °C 下生长的小麦旗叶的呼吸速率比在夜温为 25 °C 条件下生长的小麦旗叶的呼吸速率明显地低, 且在 15 °C 昼夜温差条件下高原 338 的呼吸速率低于沪麦 5 号, 而在无昼夜温差的对照条件下, 高原 338 的呼吸速率却比沪麦 5 号的高。

2.4 昼夜温差对小麦叶片光系统 II 光化学效率的影响

表 4 说明, 在三叶苗期处理条件下的小麦其 F_v/F_m 比对照条件下的同种小麦高, 而到了抽穗期则是相反的趋势。可是从实验结果亦可以看出, 在同种生长条件下, 均是沪麦 5 号的 F_v/F_m 比高原 338 的高。

表 3 昼夜温差对小麦呼吸速率的影响

Table 3 The effect of day and night temperature on respirative rate of wheat

	高原 338 Gaoyuan 338	沪麦 5 号 Hum aiNo. 5
25 /10	- 0.76 (± 0.03)	- 0.88 (± 0.01)
25 /25	- 1.23 (± 0.02)	- 1.01 (± 0.01)

Each value are average of 5 leaves, standard deviations are given in parenthesis

表 4 昼夜温差对小麦叶片光系统 II 光化学效率的影响

Table 4 The effect of day and night temperature difference on photochemistry rate of PS II of wheat leaf

	25 /10		25 /25	
	高原 338 Gaoyuan 338	沪麦 5 号 Hum aiNo. 5	高原 338 Gaoyuan 338	沪麦 5 号 Hum aiNo. 5
第三叶 3rd leaf	0.893 (± 0.014)	0.896 (± 0.005)	0.867 (± 0.022)	0.872 (± 0.030)
旗 叶 Flag leaf	0.853 (± 0.011)	0.864 (± 0.007)	0.880 (± 0.005)	0.898 (± 0.015)

Each value are average of 5 leaves, standard deviations are given in parenthesis

3 讨 论

我们的实验证明, 昼夜温差的大小对小麦的叶面积和叶片寿命是有较大的影响。例如有 15 °C 昼夜温差处理的青海高原 338 和上海沪麦 5 号, 分别比无昼夜温差作对照的同种小麦的单株叶面积大 25.6% 和 6%。处理的高原 338 和沪麦 5 号旗叶的寿命分别比对照

的同种小麦长 28 d 和 16 d, 说明在昼夜温差较大的栽培条件下, 小麦的光合面积增大, 叶片寿命和光合时间延长。

本文的实验结果表明, 昼夜温差的大小对小麦的光合生理特性也是有一定影响的。这和 S M aleszew kz 等的研究结果一致。如小麦的净光合速率、呼吸速率、光合最适温度、光系统 II 的光化学效率。抽穗期测得旗叶的这些参数都是无昼夜温差对照条件下小麦的大, 而有 15 昼夜温差处理条件下都相对要小一些。可见, 由于昼夜温差的不同, 使得小麦的光合特性受到一定影响。夏镇澳等(1963)在温室所做的实验结果表明, 较大的昼夜温差能提高小麦的净光合速率, 但在我们严格控制光照强度、光照时间和空气相对湿度的人工气候室内的实验中得到的结果却有相反的趋势。这可能与我们在人工气候室内所控制的正常或者良好的生长温度、湿度和光照条件与温室或者田间的实际条件不完全一致所引起的。

对于不同昼夜温差环境条件下选育和栽培的青海高原 338 和上海沪麦 5 号小麦品种, 原产地昼夜温差的大小对它们光合特性的影响在我们的实验结果中是一致的。但是, 在同一昼夜温差处理或者对照的生长条件下, 往往是上海沪麦 5 号的净光合速率和光系统 II 的光化学效率大于青海高原 338, 而高原 338 的叶面积和叶片寿命却显著大于沪麦 5 号。在有 15 昼夜温差处理条件下生长的青海高原 338, 其呼吸速率明显地低于上海沪麦 5 号。可见, 长期生长在昼夜温差较大地区的小麦, 如青海高原 338, 对所在地区的气候条件的适应主要表现在叶面积增大, 叶片寿命延长, 叶片夜间的呼吸消耗减少上, 而并不是表现在叶片光合作用的加强上。

Moss(1975)认为小麦抽穗开花后叶片制造碳水化合物的能力主要受光合强度、呼吸强度和叶片寿命三个方面的制约。在我们模拟青海高原昼夜温差较大的条件下明显地观测到了青海高原 338 小麦的叶面积增大, 叶片寿命延长, 光合时间增加, 夜间的呼吸速率降低, 呼吸消耗减少。所以, 较大的昼夜温差特别有利于小麦叶片光合机构的形态建成、光合物质持续运转的时间和呼吸消耗的减少, 而对光合功能的影响甚微。

参 考 文 献

- 1 沈允钢, 王天铎, 黄卓辉, 陈因 小麦干物质积累过程与产量形成问题讨论 小麦丰产研究论文集, 上海: 上海科学技术出版社, 1962: 173- 178
- 2 张树源, 马章英 夜间低温对小麦幼苗的生理效应 高原生物学集刊, 1983; 2: 127- 130
- 3 武海, 许大全 依赖叶黄素循环的非辐射能量耗散在防御珊瑚树叶片光抑制中的作用 植物生理学报; 1993; 19(2): 181- 187
- 4 夏镇澳, 宛新杉, 王辅德 温度对小麦籽粒形成过程中生理变化的影响 植物学报, 1963; 11(4): 338- 349
- 5 黄卓辉, 余志新, 王兆德 小麦光合作用的初步研究 小麦丰产研究论文集, 上海: 上海科学技术出版社, 1962: 166- 172
- 6 Amani M akino, Hirom i Nakano *et al* Effect of growth temperature on the responses of Rubisco, Electron transport components, and sucrose synthesis enzymes to leaf nitrogen in rice, and their relationships to photosynthesis Plant Physiol, 1994(105): 1231- 1238
- 7 John Kobza, Ernest G U ribe *et al* Temperature dependence of photosynthesis in *A gropy ron sm ithii* Rydb. Plant Physiol, 1984(75): 378- 381
- 8 John J Burke High temperature stress and adaptation in crops, stress response in plants: A daptation and acclima-

- tion mechanisms 295- 309. Published 1990 by Wiley-liss Inc
- 9 Jan-Erik Hallgreen, Gunnar Oquist Adaptation to low temperature, stress responses in plants: A daptation and acclimation mechanisms 265- 293 1990 Wiley-liss Inc
- 10 Jurgen Feierabend, Cornelia Schaan *et al* Photoinactivation of catalase occurs under both high-and low-temperature stress conditions and accompanies photoinhibition of photosystem II. *Plant Physiol*, 1992(100): 1554- 1561
- 11 Moss D N. CO₂ metabolism and plant productivity. Burris, R. H and C. C. Blank (eds). Uni Park Press Baltimore, 1975: 34- 41
- 12 Maleszewski S, Tomczyk J *et al* Carbon dioxide exchange and growth of rye cultivated under various photoperiods and night temperature. *Photosynthetica*, 1989; 23(4): 560- 565
- 13 Vaughan M Hurry, Norman P A Huner Low growth temperature effects a differential inhibition of photosynthesis in spring and winter wheat. *Plant Physiol*, 1991(96): 491- 497
- 14 William B Terzaghi, David C Ford *et al* Low and high temperature limits to PS II. *Plant Physiol*, 1989(91): 1494 - 1500

www.cnki.net