

# 昼夜温差对小麦生长特性的影响<sup>\*</sup>

吴 姝<sup>\*\*</sup> 张树源<sup>1</sup> 沈允钢<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 中国科学院西北高原生物研究所, 青海西宁 810001; <sup>2</sup> 中国科学院上海植物生理研究所, 上海 200032)

**提 要** 在严格控制光照(350  $\mu\text{mol photons m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )和空气相对湿度(75%)的人工气候室内, 模拟青海高原昼夜温差较大的环境条件(25 $^{\circ}\text{C}/10^{\circ}\text{C}$ , 昼/夜), 以无昼夜温差的环境条件(25 $^{\circ}\text{C}/25^{\circ}\text{C}$ , 昼/夜)为对照, 对不同环境条件下选育的青海高原 338 和上海沪麦 5 号小麦品种的生长发育及经济性状的形成进行了比较研究。结果表明, 15 $^{\circ}\text{C}$ 昼夜温差处理较对照条件下生长的小麦表现较好, 总叶面积增加, 生育期和叶片寿命延长, 植株总干重和每穗粒数及千粒重均显著高于无昼夜温差条件下生长的小麦。因此, 较大的昼夜温差环境条件是青海高原小麦易于高产的重要原因。

从品种看, 青海的高原 338 在 15 $^{\circ}\text{C}$ 昼夜温差处理下生长表现显著优于上海的沪麦 5 号。而在无昼夜温差条件下, 两个品种的生长情况正好相反。由此可以看出, 培育适合当地昼夜温差环境因素的品种也是小麦获得高产的主要因素。

**关键词** 昼夜温差; 小麦

温度是植物生长发育和进行光合作用的必要条件之一, 也常是植物自然地理分布和垂直分布的主要限制因素。许多研究者发现, 同种植物, 由于处在不同的地区、季节或海拔高度, 对温度的适应性是不同的<sup>[13~17]</sup>。不少人认为, 较大的昼夜温差有利于植物的生长发育和产量形成。如 Kramer(1957)在不同的温度组合下培养火炬松幼苗, 发现昼夜温差大时生长良好, 昼夜温差小时生长最差。但是, 昼夜温差只是在夜间温度不低于一定温度以下时, 才有良好的作用。Went(1944)在蕃茄上的实验表明, 当白天温度为 26.5 $^{\circ}\text{C}$ 时, 三种夜温(26 $^{\circ}\text{C}$ , 17 $^{\circ}\text{C}$ , 8 $^{\circ}\text{C}$ )处理下, 以日温 26.5 $^{\circ}\text{C}$ 和夜温 17 $^{\circ}\text{C}$ 时的昼夜温差对蕃茄的生长最好, 地上部和地下部的鲜重和茎的生长率最高。张树源(1983), 孙存华(1994)也证明较大的昼夜温差对小麦幼苗的生长发育和干物质积累是很有利的。张荣铨(1994)也认为适当的夜间低温能明显增加叶片的叶源量, 提高小麦的产量。

青海高原由于特殊的地理位置, 使得它的生态环境有许多独特的特征, 而生长在青海高原的小麦, 在肥水满足的情况下, 往往容易获得高产。显而易见, 除了品种遗传特性的差异外, 环境因素的影响是非常重要的。其中较大的昼夜温差常被认为是青海高原小麦高产的原因<sup>[5, 7, 11, 12]</sup>。但过去的工作多数是在自然条件下研究的, 难于排除其它环境条件的干扰。本文将昼夜温差作为单一的环境因素, 对小麦品种的生长发育和经济性状的影响进行了研究。

## 1 材料和方法

### 1.1 植物材料与培养方法

以青海的高原 338 和上海的沪麦 5 号小麦(*Triticum aestivum*)为实验的材料, 土培盆栽,

\* 国家自然科学基金资助项目。 \*\* 现在北京市植物园(卧佛寺)新优种苗中心工作, 100093。  
收稿日期: 1996-03-15, 收到修改稿日期: 1997-05-06

于严格控制光强( $350 \mu\text{mol photons m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )和空气相对湿度(75%)的人工气候室内,将材料分为处理组( $25^\circ\text{C}/10^\circ\text{C}$ , 昼/夜)和对照组( $25^\circ\text{C}/25^\circ\text{C}$ , 昼/夜),待长至三叶期、拔节期和抽穗期时分别取小麦完全展开的正常叶片作如下生理测定。

## 1.2 测定项目与方法

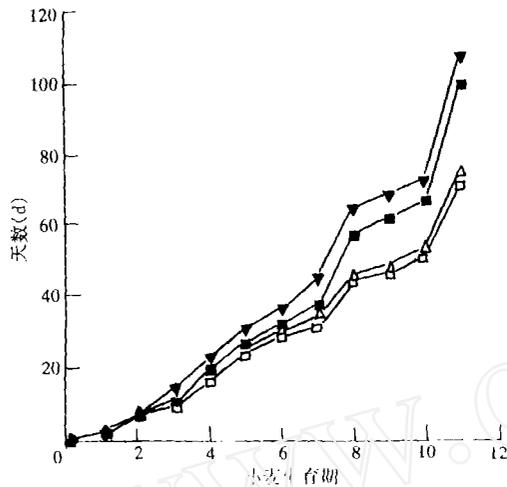


图1 昼夜温差对小麦生育期的影响

小麦生育期:1;长出第一片叶子的时期,即一叶期;2;二叶期;3;三叶期;4;四叶期;5;五叶期;6;六叶期;7;七叶期;8;抽穗期;9;扬花期;10;成熟期;11;成熟后期。

△;高原 338;□;沪麦 5 号;黑实心(处理):  
 $25^\circ\text{C}/10^\circ\text{C}$ ;白空心(对照): $25^\circ\text{C}/25^\circ\text{C}$ 。

Fig. 1 The effect of temperature difference between day and night on growth and development stage of wheat.

Wheat growth stage; 1:1st leaf stage; 2:2nd leaf stage; 3:3rd leaf stage; 4:4th leaf stage; 5:5th leaf stage; 6:6th leaf stage; 7:7th leaf stage; 8:heading stage; 9:flowering stage; 10:maturity stage; 11:dead maturity stage.  
△; Gaoyuan 338; □; Humai No. 5; Blacking (treatment);  $25^\circ\text{C}/10^\circ\text{C}$ ; Spacing (control);  $25^\circ\text{C}/25^\circ\text{C}$

## 2.2 昼夜温差对小麦分蘖的影响

从表 1 可以看出,人工气候室内昼夜温度均为  $25^\circ\text{C}$  条件下生长的小麦没有分蘖产生,而在昼夜温差为  $15^\circ\text{C}$  条件下生长的小麦,有几个很小的分蘖产生,但都是无效分蘖。这和田间自然条件下生长的小麦有所不同,可能与人工气候室中栽培小麦的光强较低有关。

## 2.3 昼夜温差对小麦叶片寿命的影响

两个小麦品种在整个生育期里的单株叶片总共都为 7 片。从表 2 可以看出,两个小麦品种都是第二片叶的寿命最短。在  $15^\circ\text{C}$  昼夜温差的条件下,第三叶后各叶片寿命逐渐加长,均以旗叶寿命最长。高原 338 的旗叶寿命为 63 天,而沪麦 5 号为 50 天。无昼夜温差对照小麦旗叶的寿命尽管也是高原 338 略长于沪麦 5 号,但均较  $15^\circ\text{C}$  昼夜温差处理小麦旗叶的寿命短。

生育期和叶片寿命的测定: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。叶面积测定:系数法(加藤荣,1985)。

经济性状测定:在小麦的三叶期、拔节期和成熟期各取样 10 株,洗净根部,在  $80^\circ\text{C}$  的烘箱中烘至恒重,测定并计算植株的单位叶面积干重、植株总干重、地上部和地下部干重及与经济学产量有关的指标(包括穗粒数、千粒重、株粒重、每株干重粒重和每株叶面积粒重)。

## 2 结果

### 2.1 昼夜温差对小麦生育期的影响

生长在  $15^\circ\text{C}$  昼夜温差(处理)和无昼夜温差(对照)条件下的两个小麦品种的生育期长短是不一样的。从图 1 可以看出,  $15^\circ\text{C}$  昼夜温差处理的小麦,其生育期均比无昼夜温差对照的小麦长,尤其是从始穗到成熟的灌浆时间,处理要比对照长 20 多天。在  $15^\circ\text{C}$  昼夜温差处理下,青海高原 338 从出苗到完全成熟是 106 天,而上海沪麦 5 号只需 99 天。在无昼夜温差条件下,高原 338 整个生育期只有 74 天,而沪麦 5 号只有 71 天。处理比对照,青海高原 338 灌浆期长 32 天,上海沪麦 5 号灌浆期长 18 天。

### 2.4 昼夜温差对小麦单株叶面积的影响

从图 2 可以看出, 两个小麦品种在 15℃ 昼夜温差下的单株总叶面积均比无昼夜温差对照的大一些。不同品种之间则高原 338 的总叶面积大于沪麦 5 号。

### 2.5 昼夜温差对小麦生物学产量及经济学产量的影响

在 15℃ 昼夜温差条件下生长的小麦, 其总干重高于无昼夜温差条件下的小麦,

表 2 不同昼夜温差对小麦叶片寿命的影响(天)  
Table 2 The effect of different temperature difference between day and night on leaf living age of wheat (days)

	25℃/10℃		25℃/25℃	
	高原 338	沪麦 5 号	高原 338	沪麦 5 号
	Gaoyuan 338	Humai No. 5	Gaoyuan 338	Humai No. 5
第一片叶寿命				
1st leaf age	27	36	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

## 3 讨论

50 年代末, 人们就观察到在肥水充足的条件下, 青海高原小麦容易获得高产。多数人认为这与青海高原特殊的生态环境(太阳辐射强, 昼夜温差大, 气压低等)有关。我们曾在低压舱中比较过气压对小麦光合作用的影响, 结果表明, 低气压对小麦光合作用是不利的<sup>[9]</sup>。本文将昼夜温差作为单一环境因素研究了它对小麦生长发育和经济性状的影响。

人工气候室内小麦的主茎叶数都只有 7 片, 比田间自然条件下栽培小麦的主茎叶数少, 这与苗果园等(1992)的研究结果一致, 即小麦通过人工调控满足温、光发育的要求后, 不同品种的主茎叶数都可降至一个最低的数值。

一般来说, 在田间自然条件下生长的小麦, 三叶期以后长出的各叶片的寿命是逐渐缩短的(沈允钢、王天铎, 1978)。但在人工气候室内 15℃ 昼夜温差条件下, 无论是高原 338 还是沪麦 5 号, 三叶期以后长出的各叶寿命均是逐渐增长的。从第四片的 30 天左右到最后一片叶是 50 天以上。在无昼夜温差条件下, 三叶期以后长出的各叶寿命则相差很小(表 2)。可见,

表 1 昼夜温差对小麦分蘖的影响

Table 1 The effect of temperature difference between day and night on tillering of wheat

25℃/10℃		25℃/25℃	
高原 338	沪麦 5 号	高原 338	沪麦 5 号
Gaoyuan 338	Humai No. 5	Gaoyuan 338	Humai No. 5
3(±1)	2(±1)	0	0

5 株植物的平均值, 括弧里的数字是标准差。

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

尤其是到了生长后期, 总干重增加更为明显(表 3)。在三叶期, 15℃ 昼夜温差处理小麦比无昼夜温差对照小麦总干重高出 10% 左右。到了成熟期, 前者比后者高很多, 尤以高原 338 最为显著, 总干重约高出 60%, 而沪麦 5 号高出 30%。可见, 较大的昼夜温差有利于增加小麦植株的总干重。

再从表 4 可以看到, 15℃ 昼夜温差处理小麦的穗粒数, 千粒重和每株粒重都比无昼夜温差对照小麦的大。值得指出的是, 在 15℃ 昼夜温差条件下, 青海高原 338 的经济性状均优于上海沪麦 5 号, 而在无昼夜温差条件下, 沪麦 5 号的这些性状反而优于高原 338。

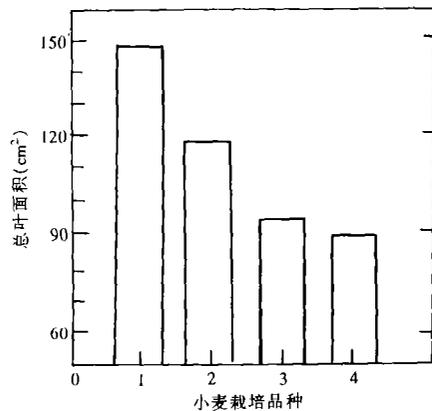


图2 昼夜温差对小麦单株总叶面积的影响

1、2-高原338；3、4-沪麦5号。

1、3-处理，昼/夜，25℃/10℃；

2、4-对照，昼/夜，25℃/25℃。

Fig. 2 The effect of temperature difference between day and night on total leaf area of wheat plant

1, 2-Gaoyuan 338; 3, 4-Humai No. 5

1, 3-Treatment, day/night, 25°C/10°C;

2, 4-Control, day/night, 25°C/25°C.

于无昼夜温差条件下生长的小麦。其可能原因有：① 单株的光合总叶面积增大，保证了较多的光合产物的积累和供应，对增加小麦籽粒重量和总干重都是有利的。② 三叶期后各叶片寿命均明显延长，尤其是旗叶的寿命。旗叶的同化能力对籽粒重量的贡献最大(Rown, 1971)。③ 在15℃昼夜温差条件下生长的这两个小麦品种，其整个生育期比无昼夜温差条件下生长的同一品种延长了近半个月，尤其是从籽粒形成到成熟的灌浆时间的延长，对籽粒的饱满程度是极有好处的。可见，昼夜温差的大小是影响小麦产量的一个非常关键的环境因素。

表3 不同昼夜温差对小麦植株总干重的影响

Table 3 The effect of different temperature difference between day and night on total dry weight of wheat plants(g/10 plants)

	整个小麦植株总干重 Total dry weight of whole wheat plants			
	25℃/10℃		25℃/25℃	
	高原338 Gaoyuan 338	沪麦5号 Humai No. 5	高原338 Gaoyuan338	沪麦5号 Humai No. 5
三叶期 3rd leaf stage	0.616 (±0.020)	0.547 (±0.015)	0.557 (±0.023)	0.514 (±0.025)
拔节期 Jointing stage	4.871 (±0.110)	3.610 (±0.333)	3.215 (±0.271)	3.180 (±0.132)
抽穗期 Heading stage	9.929 (±0.261)	7.316 (±0.071)	6.143 (±0.082)	5.733 (±0.520)
成熟期 Maturity stage	18.019 (±0.051)	14.575 (±0.322)	11.432 (±0.773)	10.960 (±0.522)

2个独立盆栽植物的平均值，括弧里的数字是标准差。

Each value are means of 2 separate pots, standard deviations are given in parenthesis.

昼夜温差对小麦叶片寿命的影响是很大的。田间自然条件下，小麦叶片寿命逐渐缩短的原因可能主要和田间小麦生长的前期温度较低，后期温度较高，昼夜温差较小有关。

从实验结果还可以看出，在15℃昼夜温差条件下生长的小麦，其单位叶面积干重，植株总干重，每穗粒数，千粒重，每株粒重和经济系数均明显高

表4 昼夜温差对小麦经济性状的影响

Table 4 The effect of temperature difference between day and night on economical traits of wheat

	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
	每穗粒数 Grains/spike	17 (±2)	16 (±1)	12 (±1)
千粒重 1000 grain weight(g)	45.3 (±1.1)	37.9 (±0.4)	26.6 (±0.4)	32.8 (±0.3)
每株粒重 Grain weight/plant(g)	0.7701 (±0.031)	0.6064 (±0.022)	0.3192 (±0.030)	0.5576 (±0.015)
经济系数 Harvest index	0.4687 (±0.018)	0.4905 (±0.027)	0.3029 (±0.010)	0.5568 (±0.015)
每株叶面积粒重 Grain weight/leaf area per plant(g/cm²)	0.0052 (±0.001)	0.0065 (±0.002)	0.0027 (±0.002)	0.0063 (±0.002)

10株小麦的平均值，括弧里的数字是标准差。

Each value are average of 10 wheat plants, standard deviations are given in parenthesis.

不同生态环境下选育和栽培的小麦品种, 它们的生长发育特性不完全一样, 对环境条件适应能力有相同之处, 也存在差异。它们在不同环境中的增产潜力显然是不同的(任明全, 1993)。陈集贤等(1994)在总结青海高原小麦光合生产时也指出, 光合面积大, 光合时间长, 干物质积累多, 呼吸消耗少是青海高原小麦收获指数较高的主要原因。这些结果在本实验中也得到证实。在青海高原选育和栽培的高原 338 更适于在较大的昼夜温差下获得高产, 而在无昼夜温差条件下, 在上海选育和栽培的沪麦 5 号反较高原 338 好一些。看来, 适合当地环境因素的品种在当地更能发挥增产潜力。

### 参 考 文 献

- 1 加藤荣(日)著, 侯光良等译, 1985, 光合作用研究方法, 中国能源出版社, 北京, 11~13
- 2 孙存华, 1994, 植物生理学通讯, 30(3), 192~194
- 3 任明全, 1993, 国外农学—麦类作物, (2), 41~46
- 4 沈允钢、王天铎, 1978, 光合作用—从机理到农业, 上海科学技术出版社, 上海, 106~115
- 5 沈允钢、王天铎、黄卓辉等, 1962, 小麦丰产研究论文集, 上海科学技术出版社, 上海, 173~178
- 6 陈集贤主编, 1994, 青海高原春小麦生理生态, 科学出版社, 北京, 97~123
- 7 张树源、马章英, 1982, 高寒草甸生态系统, 1, 52~57
- 8 张树源、马章英, 1983, 高原生物学集刊, 2, 127~130
- 9 张树源、武海、韩发, 1995, 高寒草甸生态系统, 4, 53~58
- 10 张荣铨、方志伟, 1994, 作物学报, 20(6), 710~715
- 11 苗果园、张云亭, 1992, 作物学报, 18(5), 321~330
- 12 夏镇溥、宛新彬、王辅德, 1963, 植物学报, 11(4), 338~349
- 13 Kramer, P. J. and T. T. Koziowski, 1957, *Physiology of Trees*. McGraw-Hill. New York. 216
- 14 Mooney H. A., W. D. Bileings, 1961, *Comparative physiology of arctic and alpine populations of Oxyria digyna*. *Ecol. Monogr* (31), 1~29
- 15 Oechel, W. C., 1976, *Photosynthetica*, (10), 447~456
- 16 Rown, H. M., 1971, *Aust. J. Agric Rec.* (22), 851~863
- 17 Sletyer, R. O., P. A. Morrow, 1977, *Aust. J. Bot.* (25), 1~20
- 18 Went, F. M., 1944, *Amer. J. Bot.* 216(31), 135~140

## Influence of Temperature Difference between Day and Night on the Growth Characteristics in Wheat

Wu Shu<sup>\*\*</sup> Zhang Shuyuan<sup>1</sup> Shen Yungang<sup>2</sup>

(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica, Xining 810001; <sup>2</sup>Shanghai Institute of Plant Physiology, Academia Sinica, Shanghai 200032)

**Abstract** The growth characteristics of wheat plants cultivated in phytodron were investigated. The treatment was 15°C temperature difference, i. e., 25°C in day and 10°C in night, and the control was no temperature difference, i. e., 25°C in day and night. The results showed that compared with the control, the 15°C temperature difference increased the leaf area, prolonged the growth period and living age of leaf blades, and improved the economical characteristics significantly. The 15°C temperature difference between day and night is very beneficial for growth of wheat. This is an important environmental factor for high yielding of wheat production in Qinghai Plateau.

**Key words** Temperature difference between day and night; Wheat (*T. aestivum*)