

温光条件对光不敏感春性小麦穗发育的影响

马建华¹,姚琴¹,张彭良²,刘燕¹,陈静¹

(1. 中国科学院成都生物研究所,四川成都 610041; 2. 成都农业科技职业学院,四川成都 611130)

摘要: 为了解温光条件对光不敏感春性小麦穗分化的影响,在生长箱的可控试验条件下,调查了小麦开花期,并对幼穗发育的解剖学结构进行了观察。结果表明,在24℃和15℃的高、低生长温度下,16 h长日照均显著促进小麦的穗分化发育,8 h短日照则严重抑制穗发育,且高温进一步加剧短日照的抑制效应。在满足春化作用的前提下,日照长度是影响穗分化发育的主要因素。长日照下高温对小麦穗分化启动以后的穗发育速度有较强的促进作用,但品种间开花对温度的敏感性存在明显差异。川育12穗分化对温度的敏感性更强,在不同温光处理条件下穗发育进度均明显快于对照新春9号。

关键词: 小麦;温度;日照长度;穗分化

中图分类号:S512.1;S311

文献标识码:A

文章编号:1009-1041(2011)05-0940-04

Effect of Temperature and Photoperiod on Ear Differentiation of Spring Wheat

MA Jian-hua¹, YAO Qin¹, ZHANG Peng-liang², LIU Yan¹, CHEN Jin¹

(1. Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu, Sichuan 610041, China;

2. Chengdu Vocational College of Agricultural Science and Technology, Chengdu, Sichuan 611130, China)

Abstract: In a growth chamber experiment, two photoperiod-insensitive spring wheat cultivars were used to study the influence of temperature and photoperiod on the ear development. The results showed that 16 h photoperiod promoted ear differentiation remarkably under either 24℃ or 15℃ temperature conditions. Conversely, 8 h photoperiod severely inhibited ear differentiation, which was further aggravated by relative high temperature. The photoperiod became the major factor affecting ear development when vernalization requirement was met. Longer photoperiod, especially when combined with a high temperature, promoted the stage of ear development after ear initiation. Flowering response to temperature differed considerably for the 2 wheat cultivars, which Chuanyu 12 was much more sensitive to temperature with the young ear significantly developed faster than that of control Xinchun 9.

Key words: Wheat; Early flowering; Temperature and photoperiod; Ear differentiation

抽穗和开花时间是衡量小麦早熟性的重要指标,而小麦的幼穗分化发育进度直接影响到小麦抽穗开花时间的早晚^[1-3]。在幼穗发育过程中,二

棱期是小麦由营养生长向生殖生长转换的重要标志,也是其感受外界环境条件变化的敏感时期^[4-5]。小麦幼穗分化发育进度不仅与品种遗传

* 收稿日期:2011-03-25 修回日期:2011-04-16

基金项目:国家自然科学基金项目(30871527);国家转基因植物研究与产业化开发专项(2009ZX08009-010B, 2009ZX08002-003B);中国科学院院地合作项目;四川省作物育种攻关项目。

作者简介:马建华(1985-),女,硕士研究生,主要从事小麦种质资源及生物技术研究。E-mail: xiaoma1010@163.com

通讯作者:陈静(1970-),女,博士,副研究员,主要从事麦类作物重要性状的遗传基础与分子改良研究。E-mail: chenjing@cib.ac.cn

特性有关,还受多种环境条件的影响^[6],其中温度和光照是影响小麦开花的主要环境因子,分别影响着小麦的春化和光周期反应^[7]。我国 20 世纪 70 年代以后育成的小麦品种 90.6% 以上属于光不敏感型^[8]。川育 12 曾经是四川地区大面积推广的光不敏感、春性小麦品种,具有早熟、抗病、优质、高产(多花、多粒)等多种优良特性,至今仍然是我国西南麦区广泛应用的育种骨干亲本,其适应性广,在多种生态条件下都能正常开花结实,开花期和熟期均明显早于生产上常用品种,但目前尚不清楚其早熟的遗传基础。本研究在可控的试验条件下,选用川育 12 和新春 9 号(对照)为材料,对不同温光条件(组合)处理的小麦开花期进行调查,结合幼穗发育的解剖学结构观察,了解温光条件变化对光不敏感春性小麦穗分化的影响,以期小麦早熟育种提供参考依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

选用春性、早熟优质面条小麦品种川育 12,春性、中熟优质面包小麦品种新春 9 号(对照品种)为试验材料。这两个品种在主要的春化和光周期基因位点(*Vrn-A1*、*Vrn-B1*、*Vrn-D1*、*FT* 和 *Ppd-D1*)上等位基因组成完全一致,除 *FT* 基因为隐性外,其他均为显性^[9],属于对光周期反应和春化反应不敏感的春性品种,但二者熟性差距较大,开花时间相差 2 周以上。

1.2 试验方法

1.2.1 光温处理

将种子在室温下催芽后播种于钵中,在 15℃、8 h 人工培养箱中培养至三叶期,然后将试验材料分别置于光、温条件不同的培养箱(型号为 PYX-300Q-B,光照强度为 10 000 lx)中继续生长,直至抽穗开花。设置高(24℃)、低(15℃)两个温度和长(16 h)、短(8 h)两种光照时间的四种不同温光处理:15℃、8 h 光照,15℃、16 h 光照,24℃、8 h 光照和 24℃、16 h 光照,分别记为 15S、15L、24S 和 24L。每个处理设置 3 次重复。

1.2.2 幼穗发育的解剖学观察

从三叶期开始,每隔一周记录在不同温、光条件下生长的植株表型,并将超过 50% 的植株出现开花的时间记为开花期。在解剖镜下观察记载小麦幼穗发育情况。每次取材 4 株。

2 结果与分析

2.1 不同处理下小麦开花时间的差异

观察分析(表 1)发现,在长日照条件下,生长于 24℃ 和 15℃ 的川育 12 开花期相差 13 d,而新春 9 号相差 6 d,均表现为温度升高促进植株提早开花,且开花对温度的响应在品种间存在差异;在短日照条件下,小麦生长发育明显滞后,分别在 84 d、86 d 后川育 12 和新春 9 号始有少量植株抽穗开花,且 24S 较 15S 处理条件下生长的植株发育更加缓慢(新春 9 号一直未能抽穗),表明在短日照条件下温度升高对开花有抑制作用。无论环境温度高低,参试品种在长日照下的生长速度均显著快于短日照下的生长速度,且长日照下植株长势一致,茎秆直立生长且强劲有力,叶片呈深绿色,短日照下植株茎秆柔弱,呈匍匐生长,叶片淡绿色(图 1)。在 24℃、16 h 光照的最适生长条件下,川育 12 于处理后第 4 周开花,开花期比新春 9 号提前 11 d。四种温光处理条件下,小麦开花时间早迟的顺序为 24L>15L>15S>24S,表明高温加剧了短日照对开花的抑制效应。

表 1 不同温光条件下 2 个小麦品种的开花时间

Table 1 Flowering time of two wheat varieties grown under different temperature/photoperiod conditions d

品种 Cultivar	不同温光处理 Different temperature/ photoperiod conditions			
	15S	15L	24S	24L
新春 9 号	>86	48	不开花	42
川育 12	>84	44	>90	31

2.2 不同处理下小麦幼穗发育过程的差异

形态学观察结果(表 2)表明,三叶期两个品种的茎端分生组织均处于营养生长的圆锥期,经不同温光条件处理后,不同品种间、相同品种不同处理间植株的发育进度均出现明显差异。在相同温度环境中,与短日照下生长的植株相比,长日照下的植株较早进入二棱期的幼穗生殖发育阶段,且此后的穗发育速度也更快,直至开花。长日照条件下,温度升高能明显加快两个品种的穗发育进度,如 24℃ 和 15℃ 温度下生长的川育 12 穗发育相差 1~3 个时期(图 2),新春 9 号则只有一个时期的发育差异,且在处理后第四周均进入药隔分化期,表明川育 12 穗发育对温度的敏感性明显高于新春 9 号。在短日照条件下,两个品种均表

表 2 不同温光条件下小麦的幼穗发育进程

Table 2 Observation on the ear differentiation of wheat grown under different temperature/photoperiod conditions

处理时间 Treat time	品种 Cultivar	不同温光处理 Different temperature/photoperiod conditions			
		15S	15L	24S	24L
第一周	新春 9 号	CS	CS	ES	SR
	川育 12	ES	SR	SR	DR
第二周	新春 9 号	SR	DR	ES	DR
	川育 12	SR	PAD	SR	AD
第三周	新春 9 号	SR	PAD	ES	FD
	川育 12	PAD	SPD	DR	TD
第四周	新春 9 号	PAD	AD	SR	AD
	川育 12	FD	AD	FD	开花

CS:圆锥期;ES:伸长期;SR:单棱期;DR:二棱期;PAD:护颖分化期;FD:小花分化期;SPD:雌雄蕊分化期;AD:药隔分化期;TD:四分体时期。

CS: conus stage; ES: elongation stage; SR: single ridge; DR: double ridge; PAD: Peristachyum anlage differentiation; FD: floret differentiation; SPD: stamen and pistil differentiation; AD: anther differentiation; TD: tetrad differentiation.

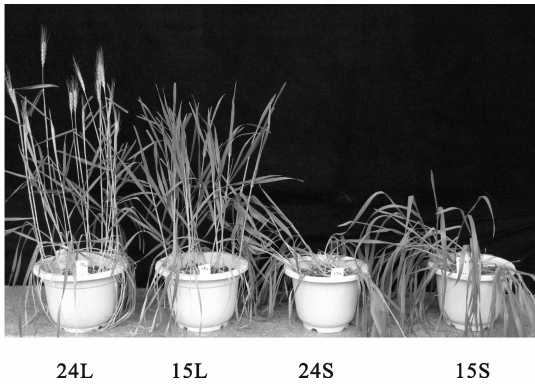


图 1 不同温光条件下生长的川育 12

Fig. 1 Wheat variety Chuanyu 12 grown under different temperature /photoperiod conditions

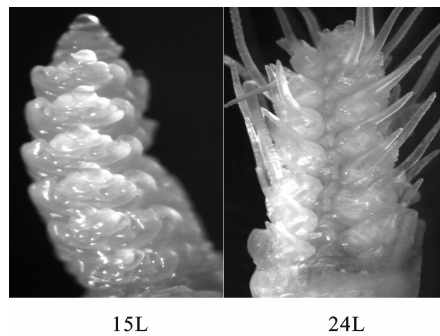


图 2 长日照、不同温度条件下生长的川育 12 幼穗 (15L 和 24L 处理三周, 幼穗发育分别处于雌雄蕊分化和四分体时期)

Fig. 2 Young ear of Chuanyu 12 grown under long days and different temperatures (SPD and TD stages of the ear grown under 15L and 24L conditions for 3 weeks, respectively)

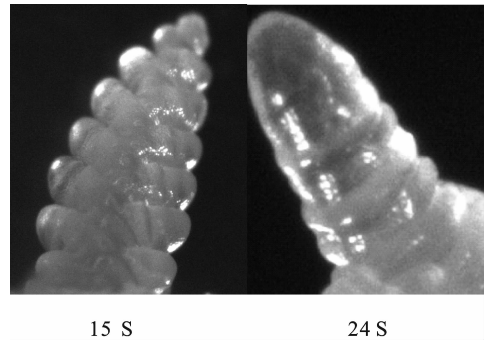
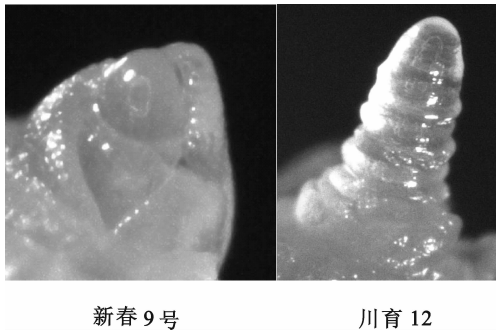


图 3 短日照、不同温度条件下生长的新春 9 号幼穗 (15S 和 24S 处理四周, 幼穗发育分别处于护颖分化和单棱期)

Fig. 3 Young ear of Xinchun 9 grown under short days and different temperatures (PAD and SR stages of the ear grown under 15S and 24S conditions for 4 weeks, respectively)

现温度升高后穗发育减慢的趋势, 第四周处理结束时, 新春 9 号在 15℃ 下已开始进入护颖分化期, 24℃ 下仍处于单棱期(图 3), 而两种温度条件下川育 12 均已进入小花分化期。上述结果进一步说明, 长日照明显加快穗发育进程, 且高温可增强长日照效应, 而长日照下高温对幼穗发育有抑制作用。值得注意的是, 在 15L 和 24L 处理后的第一周, 新春 9 号分别处于圆锥分化期和单棱期, 而川育 12 已进入穗发育的单棱期和二棱期(植株由营养生长转向生殖生长的重要标志)(图 4), 且随着时间的推移, 后者穗发育的进度更加快于前者。总之, 四种温光条件下, 小麦穗发育快慢的顺序为 24L>15L>15S>24S。



新春 9 号

川育 12

图 4 低温、长日照生长一周的小麦幼穗(新春 9 号和川育 12 幼穗分别处于圆锥期和单棱期)

Fig. 4 Young ear of wheat grown under low temperature and long days for 1 week(The ear of Chuanyu 12 and Xinchun 9 developed into CS and SR stage, respectively)

3 讨论

温度和光照对小麦开花的影响并不表现为简单的累加效应,而是通过各自信号途径中的多个基因及其协调互动构成的精致调控系统,使得小麦在多种生态环境条件下顺利完成全部的生育史^[10]。Dubcovsky 等^[11]研究发现,对小麦进行数周的短日照处理可以替代低温的春化作用,使其早开花,然而光敏感和光不敏感的品种正常开花都依赖于后期的长日照环境。本试验亦发现,相同温度条件下长日照均能显著加快参试品种的穗发育进度,小麦开花期提前,表明在满足春化作用的条件下,日照长度是影响春性小麦开花的主导因素。值得注意的是,长日照条件下高温能加快二棱期以后的小麦幼穗发育进度,但品种间穗发育对温度的敏感性存在差异,处理期间川育 12 的穗发育进度明显快于新春 9 号。

开花时间除了受光照和温度条件的影响,还与品种固有的早熟特性有关^[12]。川育 12 在四种温光组合条件下幼穗发育进度均快于新春 9 号,在高温短日照的不利条件下也能进入小花分化期,而后者始终停留在单棱期,表明前者可能受早

熟基因的调控。早熟性是中国普通小麦遗传资源最突出的特点之一^[13],早熟性可被植株生长温度改变,是基因型和温度互作的结果^[14]。因此,川育 12 可能含有温度敏感的早熟基因亦是其早开花的原因之一。

参考文献:

- [1]孙智开,王石惠.三十年来小麦早熟性研究进展[J].国外农学——麦类作物(已更名为麦类作物学报),1995,15(6):42-44.
- [2]刘树玉,李新华,王文美,等.小麦品种早熟性研究进展[J].麦类作物(已更名为麦类作物学报),1997,17(1):19-21.
- [3]王建华,孙宝启,黄友志.小麦抽穗期的遗传控制[J].遗传,2002,24(2):193-196.
- [4]崔金梅,吉凌芬.冬小麦幼穗分化不同时期形态特征的图解[J].植物学通报,1985,3(4):60-64.
- [5]高翔,宁锐,杜联盟,等.小麦幼穗分化发育特征研究进展[J].国外农学——麦类作物(已更名为麦类作物学报),1994,14(3):34-36.
- [6]马翎健,何蓓茹.小麦幼穗分化研究进展[J].湖北农学院学报,1999,19(3):272-275.
- [7]钱兆国,吴科,田纪春.光周期对冬小麦穗分化的影响[J].安徽农业科学,2008,36(6):2276-2278.
- [8]Yang F P, Zhang X K, Xia X C, *et al.* Distribution of the photoperiod insensitive *Ppd-D1a* allele in Chinese wheat cultivars [J]. Euphytica, 2009, 165: 445-452.
- [9]X K Zhang, Y G Xiao, Y Zhang, *et al.* Allelic variation at the vernalization genes *Vrn-A1*, *Vrn-B1*, *Vrn-D1*, and *Vrn-B3* in Chinese wheat cultivars and their association with growth habit [J]. Crops Science, 2008, 48(2): 458-470.
- [10]季书勤,吕印谱,宋保谦.不同生态型小麦品种的温光反应特性[J].华北农学报,2000,15(2):63-66.
- [11]Jorge Dubcovsky, Artem Loukoianov, Daolin Fu, *et al.* Effect of photoperiod on the regulation of wheat vernalization genes *VRN1* and *VRN2* [J]. Plant Molecular Biology, 2006, 60: 469-480.
- [12]孙昌辉,邓晓建,方军.高等植物开花诱导研究进展[J].遗传,2007,29(10):1182-1190.
- [13]董玉琛,郑殿升.中国小麦遗传资源[M].北京:中国农业出版社,2000:17.
- [14]佐藤茂俊,谢国禄.水稻早熟基因 *E_f-X* 的感温作用[J].国外作物育种,1994(2):1-3.