

# 小麦光温敏雄性不育转换规律研究进展

权威<sup>1,2</sup>, 孙辉, 赵昌平<sup>\*</sup>, 刘黎明, 于卓

(1. 北京杂交小麦工程技术研究中心, 北京 100097; 2. 内蒙古农业大学农学院, 内蒙古呼和浩特 010019)

**摘要** 小麦光温敏雄性不育的转换规律, 是二系法杂交小麦应用的前提和基础。不同的小麦光温敏不育系表现出不同的育性转换特点, 包括光温敏感时期和光温转换阈值。对光温敏雄性不育小麦的育性转换规律进行了分析, 以期为鉴定、筛选二系杂交小麦安全制种生态区和不育系高效繁种区提供依据。

**关键词** 小麦; 光温敏雄性不育; 育性转换

中图分类号 S512.1 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)21-06349-02

## Research Advance in the Fertility Alteration of the Photo-thermo sensitive Male Sterile Wheat

QUAN Wei et al ( Hybrid Wheat Engineering and Technique Research Center, Beijing Municipal Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097)

**Abstract** In the thesis the research advance in the fertility alteration of the photo-thermo sensitive male sterile wheat (Triticum aestivum L.) was summarized. Fertility alteration is the base of the two-line hybrid wheat application. Different sterile wheat showed different characteristics of fertility alteration, including the stage of photo-sensitivity and thermo-sensitivity and the critical point of temperature and day length. Definitude of fertility alteration in the photo-thermo sensitive male sterile wheat provided foundation for breeding diffusely in different area of photo-thermo sensitive male sterile wheat line.

**Key words** Wheat; Photo-thermo sensitive male sterile; Sensitive stage

杂种优势利用是大幅度提高作物产量的主要途径。目前, 小麦杂种优势利用研究主要集中于: 核质互作雄性不育(三系法)、化学杀雄技术(化杀法)和光温敏雄性不育(二系法)<sup>[1]</sup>。光温敏二系杂交小麦体系同前两种方法相比, 其显著的优点为: 免除了不育系的异交繁种, 具有恢复源广, 易筛选强优组合, 制种成本低等<sup>[2]</sup>, 因此近年来发展极为迅速。所谓的光温敏二系法, 就是在特定的光照和温度生态条件下, 不育系表现雄性不育用于其中; 在另一光照和温度条件下雄性可育, 可自身繁殖<sup>[3]</sup>, 从而达到一系两用的目的。明确光温敏雄性不育系的育性转换机制、光温敏感时期和光温转换阈值, 是二系法杂交小麦应用的前提和基础, 也是指导二系杂交小麦的安全制种和繁种的关键。

### 1 小麦光温敏雄性不育系的选育

雄性不育是植物界一种普遍存在的现象。1951年, 日本学者木原均将普通小麦细胞核导入尾形山羊草细胞质中产生A型雄性不育系——世界上第一个小麦雄性不育系, 从而揭开了小麦杂种优势利用研究的序幕<sup>[4]</sup>。1962年, 美国Wilson和Ross利用提莫菲维小麦与普通小麦“比松”杂交, 育成了世界上第一个具有实用价值的T型不育系, 并实现三系配套<sup>[1]</sup>。1979年, 日本学者Murai K报道具有D<sup>2</sup>型山羊草细胞质普通小麦“农林26”的育性表现与较长光照有关的现象, 同年, 邓景杨等<sup>[5]</sup>发现太谷核不育小麦, 后来人们又开始利用蓝粒等标记性状进行研究。何觉民等<sup>[6]</sup>(1992)从远缘杂交中发现了核型光温敏雄性不育材料ES 3, 4, 5等。谭昌华等<sup>[7]</sup>(1992)从杂交选育中发现并选育出了重庆温光型核不育小麦C49S和C86S。傅大雄等<sup>[8]</sup>(1993)于穿梭育种中获得了KM型短日照低温不育的光温敏小麦材料。赵昌平等<sup>[2]</sup>于1994年在北京育成一批冬性小麦光温敏不育系ZP35、ZP49, 以及光温敏不育系BS20和BS366。荣德福等(1999)在普通

小麦中也发现了光温敏雄性不育现象, 于2001年育成了两极光敏型雄性不育小麦337S<sup>[9]</sup>。雄性不育小麦材料的发现和进一步研究, 使得小麦光温敏两系法途径的开拓从理论走向实践, 应用研究不断深入。

### 2 小麦光温敏雄性不育的育性转换

**2.1 光温敏感时期** 对于光温敏雄性不育小麦来说, 并不是所有生长时期的光温变化都能引起育性的转化, 只有在特定的敏感时期, 在特定的光长、温度条件下才能够导致其育性的转化。对于不同的材料, 有其不同的敏感期。Murai K对农林26异质系的研究得出, 光周期敏感期为小花分化期<sup>[11]</sup>。周美兰等<sup>[12]</sup>研究得出, ES 10育性转换的光敏感期为雌雄蕊分化至药隔形成期, 而ES 8存在两个光敏感期, 最敏感期为雌雄蕊分化期至药隔形成期, 次敏感期约在药隔形成期至四分体形成期<sup>[13]</sup>。张建奎等<sup>[14]</sup>的研究认为光照诱导C49S育性转换主要在孕穗期至抽穗期, 其次为药隔至孕穗期。吴秋云等<sup>[15]</sup>通过分期播种试验对生态雄性不育小麦ES 50育性转换特性研究表明: 抽穗前21~13 d的温度与其育性有密切的关系。赵凤梧等<sup>[16]</sup>认为冬小麦温敏型雄性不育系LT 1-3A的敏感期为雌雄蕊分化期到花粉粒成熟期。何蓓如等<sup>[17]</sup>对温敏不育小麦的研究表明: A3314的敏感期是在孕穗期, 而YS型的敏感期是减数分裂期。李云伏等<sup>[18]</sup>对光温敏核雄性不育小麦BS20的研究认为, 其育性转换敏感期为药隔到单核期。邹应斌等研究得ES 3和ES 4敏感期是雌雄蕊原基分化到四分体形成期<sup>[19]</sup>。总的来讲, 多数光温敏雄性不育小麦的育性转换敏感期范围在减数分裂期, 但具体时期因材料不同而存在较大的差异。

**2.2 温度与育性转换** 为了找到光温敏小麦的温度敏感期及其育性转换温度临界值, 育种工作者开展了大量的研究。张建奎等<sup>[20]</sup>通过人工气候箱和田间分期播种试验得出: 小麦温光型隐性核不育两用系C49S育性温度敏感期较长, 因此, 在敏感期内的各个生育时期对应的临界温度也有所差异, 总的来说是低温不育, 高温可育, 敏感期内总体的平均温度低于10.5℃时表现高度不育, 高于12.5℃时表现高度可

基金项目 北京农业育种基础研究创新平台项目(YZPI01-03)。

作者简介 权威(1980-), 女, 内蒙古呼伦贝尔人, 硕士, 从事小麦杂种优势利用研究。\* 通讯作者, 研究员, E-mail: cp\_zhao@vip.sohu.com。

收稿日期 2007-04-07

育。吴秋云等<sup>[15]</sup>在长沙自然气候条件下的研究认为,温度是影响育性转换的主要因素,低温诱导不育,适温则表现可育,抽穗前21~13 d 的温度与其育性有密切的关系,并初步确定ES-50 育性转换的临界温度约为13℃。在温敏期平均温度低于10.5℃时,其自交结实率几乎为0;当温度高于13℃时,ES-50 恢复为可育。而对于有些品种,其临界温度则较高,如赵凤梧等<sup>[16]</sup>选育的冬小麦温敏型雄性不育系LT-1-3A,日均温度18℃为育性转换起点温度;何蓓如等<sup>[17]</sup>对温敏不育小麦YS型及A3314型的温敏特性研究表明:其育性转换的临界温度在18℃左右,而稳定可育度在20℃左右。光温敏雄性不育小麦应用实践证明,具有较高临界温度的低温敏感雄性不育系有较高的应用价值。

**2.3 光长与育性转换** 小麦光温敏雄性不育材料其育性转换的光长临界值因材料不同有很大的差异,Sasakuma<sup>[1]</sup>等报道的农林26(属D<sup>2</sup>型细胞质)在日本北海道生长时,表现出由雄蕊心皮化引起的完全雄性不育,但在京都种植却有较高的育性。Murai<sup>[11]</sup>通过试验证明农林26在长日照条件下(15 h)表现几乎完全不育,但在短日照条件下(14.5 h)则表现雄性可育。国内一些学者也对光敏型雄性不育小麦的临界光长进行了深入研究。周美兰等<sup>[12]</sup>研究认为,光温敏不育小麦ES-10在小花分化期至抽穗期,11 h光照处理时表现不育,12 h光照处理时表现可育。而对光温敏不育小麦ES-8的研究中发现,当敏感期内光长为10~11 h时,完全雄性不育,在12~13 h时表现可育。马翎健等<sup>[21]</sup>通过在不同生态点的育性试验,观察光敏小麦雄性不育系A31的育性表现和育性转换特性,得出了其雄性育性随幼穗分化期日长增加有明显下降的趋势,A31育性转换的临界日长约在14.5 h。日长是影响育性的主导因素,但在日长相近条件下,温度对其育性也有一定的效应,即在一定光长条件下高温能抵消部分光长的作用。

**2.4 光温互作与育性转换** 在自然环境条件下,长日伴随着高温,短日伴随着低温,光和温是生态条件中两个主导因素,不可分离。对光温敏雄性不育小麦来说,光周期和温度两因素不同程度地影响着其育性的表达,且温度在一定程度上可补充光周期效应。宋亚珍等<sup>[22]</sup>在83(1)-44/3/Chun18/Bau/Seri杂交组合的后代中发现PIS不育株,通过分期播种初步推断其不育与温度、光照生态因素有关。提出低温是造成其育性下降的主要因素,光长也影响育性,短日照时其育性下降,长日照时育性上升。低温造成的育性下降不能通过光照时间的延长来补偿,而短日照造成的育性下降高温可补偿。对光长和温度两因素都表现敏感的小麦材料,要进行杂交种的安全生产,必须使其温度和光长条件全部满足。在光温互作型雄性不育小麦中,受光和温影响程度的偏重不同,一种是光长起主导作用,温度次之,光温敏型雄性不育小麦,该类材料有代表性的是ES-3和ES-4,光长的临界值11.5 h,温度临界值10℃,低于二者均表现不育;另一种是温度起主导作用,光长次之,这就是温光敏型雄性不育小麦,重庆的C49S、C98S和C89S均属于这种类型,对于C49S来说,温度低于13℃,光长短于11 h时表现不育;C98S则是在减数分裂期,温度低于14℃,光长短于11 h时不育,当温度为18℃,

光长达到12 h时高度可育;而C89S<sup>[23]</sup>则是温度低于10.5℃时高度不育,温度高于12.5℃高度可育。赵昌平等选育的BS系列中,BS-20是一个以温敏为主的光温互作型雄性不育小麦,其临界温度为10~12℃,高于临界温度,随着温度的升高,育性增高,在12~14℃的温度范围内,随着光长的增加,育性随之增高<sup>[17]</sup>。目前为止,多数小麦光温敏不育系都表现为短日低温不育,育性的表达是光温共同作用的结果,不存在绝对的光敏和绝对的温敏。

### 3 小麦光温敏雄性不育系选育和应用中的问题

**3.1 育性稳定性** 小麦是分蘖作物,群体内主穗与分蘖穗,同穗不同位小穗,同小穗不同花位的发育进度不一致。可变因子,光周期和温度对育性的调控只在发育的某一时期起作用,同一群体的败育度和不育率往往不一致,这样杂交种的纯度不能充分保证<sup>[24]</sup>。另外,对温敏材料而言,在生产应用过程中,生态条件、气候条件总的变化规律是稳定的,但也不能忽略在某个阶段会出现偶尔的高温或低温天气,这些条件一旦达到该材料的耐受能力,或者由于种植密度的差异,其育性都有可能发生改变,从而给生产带来严重的损失。

**3.2 不育系繁殖纯度** 对光温敏雄性不育小麦而言,在适宜的温度、光长条件下,其育性得以恢复,但恢复的育性却有不同。如YS型小麦温敏不育系A3017-310和A3017-312,可育温度条件下的自交结实率为34.6%~113.7%,差异很大。光周期敏感材料育性转换相对好些,但也并不完全彻底;温敏材料育性转换不太稳定,风险相对较大。

### 参考文献

- [1] 桑伟,韩新年,田笑明,等.小麦杂种优势的利用途径及研究进展[J].种子,2005,24(5):50-54.
- [2] 赵昌平,王新,张风廷,等.杂种小麦的利用现状与光温敏二系法[J].北京农业科学,1999,17(2):3-5.
- [3] 张天真.作物育种学总论[M].北京:中国农业出版社,2003.
- [4] KINARA H.Substitution of nucleus and its effects on genome manifestations[J].Cytologia,1951,16:177-193.
- [5] 邓景扬,高忠丽.太谷核不育小麦的发现和鉴定[J].作物学报,1980(2):84-98.
- [6] 何觉民,盛承师,戴君惕,等.两系杂交小麦制种方法:中国,ZL91106645.4[P].1996-12-20.
- [7] 谭昌华,余国东,扬沛丰,等.重庆温光型核不育小麦的不育性研究初报[J].西南农业学报,1992(4):1-6.
- [8] 傅大雄,阮仁武.KM型核质互作小麦光温敏雄性不育的发现与两系杂交小麦的拓建[C]//黄铁城,张爱民.杂种小麦研究进展.北京:农业出版社,1993:201-206.
- [9] 荣德福,李少华,郭拥军,等.两极光温敏感型小麦雄性不育系337S的选育[J].湖北农业科学,2001(5):13-16.
- [10] 何觉民,戴君惕,邹应斌,等.生态雄遗传性不育理论与两系杂交作物:选育生态遗传雄性不育系的一般方法[J].湖南农学院学报,1994,20(5):412-418.
- [11] MURAI K,TSUNEWAKI K.Photoperiod-sensitive cytoplasmic male sterility in wheat with aegilops crossa cytoplasm[J].Euphytica,1993,67:41-48.
- [12] 周美兰,何觉民,邹应斌,等.光敏核不育小麦育性转换条件的研究[J].湖南农业大学学报,1996,22(3):231-235.
- [13] 周美兰,何觉民,唐启源.光周期对光温敏核不育小麦ES-8育性转换特性的影响[J].麦类作物,1997,17(2):9-12.
- [14] 张建奎,何立人,冯丽,等.日长和温度对雄性核不育小麦C49S育性转换的影响[J].西南农业大学学报,1999,21(6):518-521.
- [15] 吴秋云,何觉民,罗红兵,等.生态雄性不育小麦ES-50育性转换机制的研究[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2001,27(2):89-91.
- [16] 赵凤梧,李慧敏,李爱国,等.冬小麦温敏型雄性不育系LT-1-3A选育及育性转换与遗传研究[J].核农学报,2001,15(2):65-69.
- [17] 何蓓如,董普辉,宋喜悦,等.小麦温度敏感不育系A3314温敏特性研究[J].麦类作物学报,2003,23(1):1-6.

( 上接第6350 页)

- [18] LI YUNFU,ZHAO CHANG HONG,ZHANG FENG TING,et al .Fertility alteration in the photo thermo-sensitive male sterile line BS20 of Wheat (*Triticum aestivum* L.) [J] .*Euphytica*,2006 ,151 :207 - 213.
- [19] 邹应斌,周美兰,何觉民,等.生态型雄性不育小麦育性转换机制[J] .湖南农业科学,1992(6) :5- 7.
- [20] 张建奎,冯丽,何立人,等.温光型核雄不育小麦育性转换的温度敏感期和临界温度研究[J] .应用生态学报,2003 ,14(1) :57- 60.

- [21] 马翎健,何蓓如,宋喜悦,等.小麦光敏雄性不育系A31 在不同生态地点的育性变异[J] .中国农学通报,2004,20(2) :76- 78.
- [22] 宋亚珍,雷国材,耿东梅,等.一种普通小麦光温敏雄性不育种质初探[J] .中国农学通报,2003,19(5) :34- 36.
- [23] 庞启华,黄光永,周强,等.温光敏核不育两系小麦杂种优势利用研究初报[J] .种子,1999(6) :42- 43.
- [24] 杨存义,何蓓如,孟荣华,等.小麦光温敏“两系”材料研究和利用现状[J] .麦类作物,1997 ,17(1) :25- 27.