

## PEG 胁迫对小麦代换系种子萌发特性的影响及染色体效应

薛梦瑶<sup>1</sup>, 路斌<sup>2</sup>, 杜欢<sup>3</sup>, 白志英<sup>3\*</sup>

(1. 南京农业大学生命科学学院, 江苏南京 210095; 2. 河北农业大学园林与旅游学院, 河北保定 071001; 3. 河北农业大学生命科学学院, 河北保定 071001)

**摘要** [目的]明确干旱胁迫对中国春-Synthetic 6x 代换系种子萌发特性的影响并对相关基因进行染色体定位,为选择抗旱高产品系提供理论依据。[方法]以小麦中国春-Synthetic 6x 染色体代换系及其亲本为材料,设置对照(无离子水培养)和聚乙二醇(PEG)-6000 模拟水分胁迫 2 个处理,通过测定种子的发芽率、发芽势、发芽指数研究干旱胁迫对种子萌发特性的影响及其染色体调控效应。[结果]干旱胁迫下,中国春-Synthetic 6x 各代换系的发芽率、发芽势、发芽指数较对照普遍降低;5B、6B、4D、6D 和 7D 代换系发芽率、发芽势、发芽指数均显著或极显著高于母本中国春。[结论] Synthetic 6x 的 5B、6B、4D、6D 和 7D 染色体上可能存在干旱胁迫下提高种子活力、促进种子萌发的基因,可在抗旱育种中加以利用。

**关键词** 小麦代换系; PEG 胁迫; 发芽率; 发芽势; 发芽指数

**中图分类号** S503.4 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)36-209-03

## Effect of PEG Stress on Germination Characteristics and Chromosome Control in Wheat Substitutions Lines

XUE Meng-yao<sup>1</sup>, LU Bin<sup>2</sup>, DU Huan<sup>3</sup>, BAI Zhi-ying<sup>3\*</sup> (1. College of Life Science, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095; 2. College of Landscape and Tourism, Hebei Agricultural University, Baoding, Hebei 071001; 3. College of Life Science, Hebei Agricultural University, Baoding, Hebei 071001)

**Abstract** [Objective] To clear effect of PEG stress on germination characteristics and chromosome control in wheat substitutions lines and locate chromosome of related genes so as to provide theoretical basis for select drought-resistance high yield lines. [Method] We used Chinese Spring (CS)-Synthetic 6x substitutions lines and parents cultivars "Chinese Spring" and Synthetic 6x as materials to study the effect on seed germination characteristics and chromosomal effect by measuring germination percentage (GP), germinating energy (GE) and germination index (GI) under demineralized water (control) and Polyethylene glycol (PEG)-6000 employed as osmotic for simulating water stress. [Result] The GP, GE and GI of CS-Synthetic 6x substitutions lines and parents decreased compared to the control conditions under the PEG water-stress. GP, GE and GI of 5B, 6B, 4D, 6D and 7D substitutions lines were significantly higher than those of CS. [Conclusion] The genes of stimulating germination may be located on 5B, 6B, 4D, 6D and 7D Chromosomes of Synthetic 6x, and they can be used in breeding for drought resistance.

**Key words** Wheat substitutions lines; PEG stress; Germinating energy; Germination percentage; Germination index

干旱胁迫影响植物的生长发育、导致农作物严重减产,干旱对农作物造成的损失在所有非生物胁迫中占据首位。据统计,全世界 1/3 以上的可耕地处于干旱或半干旱状态,我国干旱和半干旱地区约占国土面积的 1/2,干旱导致的农作物减产超过了其他因素所造成减产的总和。小麦是世界上的主要粮食作物,但约有 70% 分布在干旱、半干旱区,干旱是小麦生产的主要限制因素之一,可影响小麦的光合作用、呼吸代谢、水分状况和各种酶的变化等生理代谢过程。因此,研究小麦的抗旱丰产对世界粮食的解决具有重要意义<sup>[1]</sup>。

种子萌发是植物生活史中的关键阶段,也是进行植物抗旱性研究的重要时期。PEG 是一种高分子渗透剂,其最大特点是本身不能穿越细胞壁进入细胞质,因而不会引起质壁分离,使植物组织和细胞处于类似于干旱的水分胁迫之中<sup>[2]</sup>,近年来,PEG 高渗溶液法已成为研究种子萌发性状的重要方法,已被广泛运用于玉米、小麦等农作物<sup>[3-5]</sup>。小麦染色体代换系是一个物种或品种的个别染色体代换另一个物种或品种相应染色体所产生的品系。小麦全套染色体代换系有 21 个成员,成员数与其染色体对数等同,每个成员与受体

(背景品种)之间仅有 1 对染色体差异,是研究个别染色体遗传效应的好材料。中国春 (CS)-Synthetic 6x 染色体代换系是将供体 Synthetic 6x 的 21 条染色体导入受体中国春所产生的<sup>[6]</sup>。前人利用该小麦代换系为材料,研究了干旱胁迫对其生理生化和农艺性状等方面的影响及染色体效应<sup>[7-8]</sup>,但有关 PRG 对小麦代换系种子萌发特性影响的报道较少。为此,笔者以 CS-Synthetic 6x 代换系为材料,设置无离子水培养和 PEG-6000 模拟水分胁迫 2 个处理,研究了干旱胁迫对中国春-Synthetic 6x 代换系的种子萌发特性的影响,并对相关基因进行了染色体定位,旨在为选择抗旱高产品系提供理论依据。

## 1 材料与方法

**1.1 材料** 以中国春 (CS)-Synthetic 6x 21 个染色体代换系及其亲本(由 John Innes Centre, Norwich Research Park, Colney, Norwich NR4 7UH, U. K. 提供)为材料。中国春-Synthetic 6x 21 个代换系是将供体品种 Synthetic 6x 的 21 条染色体导入受体品种中国春所产生的,其中受体中国春属春性不抗旱品种,供体 Synthetic 6x 属冬性抗旱品种。

**1.2 方法** 选取 A1-A7、B1-B7、D1-D7 及中国春、Synthetic 6x 等发育一致、籽粒饱满的种子,70% 乙醇消毒,去离子水冲洗、浸泡后,放在铺有滤纸的培养皿中,每个培养皿 50 粒种子,3 次重复。设置 PEG-6000 干旱胁迫组和对照组 2 个处理。于培养皿中分别加入 5 ml 20% PEG-6000 溶液和 5 ml 去离子水。放入 20 °C 光照培养箱培养,每天向培养皿中分

**基金项目** 河北省自然科学基金项目(C2011204016, C2015204066)。  
**作者简介** 薛梦瑶(1994-),女,河北正定人,本科生,专业:生命科学。  
\* 通讯作者,教授,博士生导师,从事植物资源利用与开发研究。

**收稿日期** 2015-11-26

别浇适量 PEG-6000 溶液和去离子水,以保持滤纸润湿。前 7 d 调查发芽种子数;计算种子发芽率、发芽势、发芽指数。发芽率指在发芽试验中第 7 天时已发芽的粒数占总试粒数的百分比。发芽势指在发芽试验中第 3 天时已发芽的粒数占总试粒数的百分比。发芽指数  $(GI) = \sum(Gt/Dt)$ , 其中  $Gt$  为时间  $t$  日的发芽数,  $Dt$  为相应的发芽日数。

**1.3 数据处理** 利用浙江大学唐启义的 DPS v9.05 软件对数据进行分析。

## 2 结果与分析

**2.1 基因型间的差异显著性检验** 利用 DPS v9.05 统计软件进行方差分析,发现不同处理间各基因型的发芽率、发芽势、发芽指数均呈极显著差异,表明利用该代换系进行发芽率、发芽势、发芽指数的基因定位具有可靠性。

**2.2 干旱胁迫对中国春-Synthetic 6x 代换系发芽率的影响及染色体调控** 由表 1 可知,不同代换系的发芽率并不一

致。在对照(无离子水培养)条件下,除父本 Synthetic 6x 极显著低于中国春外,其他代换系均与中国春无显著差异。

在干旱胁迫条件下,各基因型发芽率普遍低于对照,表明干旱胁迫抑制了种子的萌发。父本 Synthetic 6x 的发芽率与中国春相比无显著差异,6A、3B、5B、6B、7B、4D、6D、7D 代换系的发芽率显著或极显著高于中国春。从干旱/对照值来看,父本 Synthetic 6x 的发芽率高于中国春,但无显著差异。除 7A、2B、5B、6B、4D、6D、7D 代换系的发芽率比值显著高于中国春外,其他代换系与中国春之间无显著差异。

比较干旱胁迫条件下不同代换系的发芽率及其干旱/对照值可知,5B、6B、4D、6D 和 7D 代换系均显著或极显著高于母本中国春,即 Synthetic 6x 的 5B、6B、4D、6D 和 7D 5 条染色体分别代换中国春相应的染色体后,相应代换系种子的发芽率均显著提高。因此推测, Synthetic 6x 的 5B、6B、4D、6D 和 7D 染色体上可能存在促进种子萌发的基因。

表 1 对照和干旱胁迫下中国春-Synthetic 6x 代换系及其亲本发芽率、发芽势、发芽指数变化

基因型	发芽率			发芽势			发芽指数		
	对照	干旱	干旱/对照	对照	干旱	干旱/对照	对照	干旱	干旱/对照
1A	72.73	63.15	5.29	72.73	55.64	4.88	56.93**	43.45	4.70
2A	90.00	76.45	5.57	90.00	76.45	5.57	60.76	58.79**	5.63**
3A	78.24	70.22	5.50	78.24	70.22	5.50	59.56	59.56**	5.47*
4A	90.00	76.77	5.50	90.00	76.77	5.50	61.66	56.73**	5.44*
5A	78.24	71.68	5.54	78.24	71.68	5.64	59.56	50.28	5.11
6A	90.00	80.03*	5.65	90.00	80.03*	5.65	61.09	59.69**	5.66**
7A	78.24	78.24	5.75*	78.24	77.21	5.71*	59.35	57.08**	5.60**
1B	74.39	65.08	5.37	72.60	65.08	5.40	56.83*	52.32	5.39*
2B	79.77	77.21	5.71*	79.77	71.70	5.57	58.81	53.64	5.40*
3B	79.77	81.88*	5.70	78.74	69.70	5.50	58.14	52.97	5.39*
4B	86.68	73.63	5.54	86.68	73.63	5.54	60.63	57.89**	5.58**
5B	90.00	90.00**	5.74*	90.00	90.00**	5.74*	61.88	60.76**	5.68**
6B	81.56	79.77*	5.71*	81.56	79.77*	5.71*	59.48	59.24**	5.72**
7B	86.68	81.56*	5.67	86.68	81.56*	5.67	60.85	58.19**	5.58**
1D	86.68	59.82	4.98	86.68	54.20	4.67*	61.07	40.65**	4.25**
2D	86.68	67.62	5.33	84.89	64.91	5.26	59.48	45.60	4.75
3D	81.56	77.21	5.68	81.56	77.21	5.68*	58.62	58.36**	5.73**
4D	81.56	79.77*	5.71*	81.56	79.77*	5.71*	59.70	59.16**	5.71**
5D	83.86	70.80	5.52	83.86	70.80	5.52	60.19	55.64	5.47*
6D	90.00	86.68**	5.71*	90.00	86.68**	5.71*	61.88	56.55**	5.43*
7D	90.00	86.68**	5.71*	90.00	86.68**	5.71*	61.88	58.87**	5.56*
CS	81.56	64.63	5.16	81.56	64.63	5.16	60.15	48.29	4.92
Synthetic 6x	62.78**	58.32	5.49	62.78**	58.32	5.49	50.98**	48.58	5.53**

注: \* 和 \*\* 表示各处理分别在 0.05 和 0.01 水平与中国春差异显著;数据为反正弦转换值。

**2.3 干旱胁迫对中国春-Synthetic 6x 代换系发芽势的影响及染色体调控** 由表 1 可知,不同代换系的发芽势各不相同。

在对照条件下,各代换系的发芽势较为接近,除父本 Synthetic 6x 极显著低于中国春外,其他代换系均与中国春无显著差异。而在干旱胁迫条件下,各基因型发芽势普遍低于对照值,表明干旱胁迫降低了种子活力。与母本中国春相比,父本 Synthetic 6x 的发芽势无显著差异,6A、5B、6B、7B、4D、6D、7D 代换系的发芽势显著或极显著提高。从干旱/对照值来看,父本 Synthetic 6x 的发芽势与中国春无显著差异,7A、5B、6B、1D、3D、4D、6D、7D 代换系显著高于中国春,即 5B、6B、

4D、6D 和 7D 代换系的发芽势及其干旱/对照值均显著或极显著高于母本中国春,表明 Synthetic 6x 的 5B、6B、4D、6D 和 7D 染色体上可能存在提高种子活力的基因。而 1D 代换系的发芽势显著低于母本中国春,即 Synthetic 6x 的 1D 染色体上可能存在抑制种子活力的基因。

**2.4 干旱胁迫对中国春-Synthetic 6x 代换系发芽指数的影响及染色体调控** 由表 1 可知,不同代换系的发芽指数也不完全一致。在对照条件下,各代换系的发芽指数较接近,除 1A、1B 代换系和父本 Synthetic 6x 显著或极显著低于中国春外,其他代换系均与中国春均无显著差异。而在干旱胁迫条件

下,各基因型发芽指数普遍低于对照值,表明干旱胁迫抑制了种子的萌发。1A、1B 代换系和父本 Synthetic 6x 的发芽指数与中国春无显著差异。2A、3A、4A、6A、7A、4B、5B、6B、7B、3D、4D、5D、6D、7D 代换系的发芽指数显著或极显著高于中国春,1D 代换系的发芽势极显著低于母本中国春。

从干旱/对照值来看,父本 Synthetic 6x 的发芽势显著高于母本与中国春,表明父本 Synthetic 6x 的抗旱性高于母本。此外,除 1A、5A、2D、7D 代换系外,其余代换系的发芽指数均显著或极显著高于中国春。即 2A、3A、4A、6A、7A、4B、5B、6B、7B、3D、4D、5D、6D 代换系发芽指数及其干旱/对照值均显著或极显著高于中国春,由此推测 Synthetic 6x 的 2A、3A、4A、6A、7A、4B、5B、6B、7B、3D、4D、5D 和 6D 染色体上可能存在促进种子萌发的基因。

综合比较干旱胁迫下各代换系的发芽率、发芽势及发芽指数可知,5B、6B、4D、6D 和 7D 代换系均显著或极显著高于母本中国春,表明 Synthetic 6x 的 5B、6B、4D、6D 和 7D 染色体上可能存在干旱胁迫下提高种子活力、促进种子萌发的基因。

### 3 讨论

种子萌发是一个复杂的生理生化过程,干旱是限制种子萌发的一个主要影响因子<sup>[9]</sup>。PEG-6000 是一种渗透调节剂,其溶液可模拟干旱胁迫环境,对种子萌发起到抑制作用。郁飞燕等<sup>[5]</sup>研究认为,高浓度 PEG-6000(20%)对小麦种子萌发起到明显抑制效应。李威<sup>[10]</sup>研究认为 15% 以上浓度 PEG-6000 也对裸燕麦种子萌发产生抑制作用。郭秀璞等<sup>[11]</sup>采用 PEG-6000 渗透胁迫研究了不同抗旱性小麦品种对渗透胁迫反应的差异性。结果表明,渗透胁迫条件下小麦的发芽率明显下降。姚维传等<sup>[12]</sup>对 16 个皖麦品种进行发芽试验,认为水分胁迫下小麦发芽率亦有所降低。该研究以 20% 的 PEG-6000 作为渗透剂模拟水分胁迫来鉴定小麦种子在高渗透液中的萌发状况,结果表明,在干旱胁迫下,小麦种子的发芽率、发芽势及发芽指数明显降低,即小麦种子萌发生长减弱,这与前人的研究结果较为一致。

近年来,有关代换系的抗性及抗性基因的染色体定位已

成为国内外专家的研究热点,苑泽宁<sup>[13]</sup>以小麦-黑麦 5A/5R 二体代换系种子为材料,研究了不同浓度 NaCl 胁迫下种子萌发特性;李敏<sup>[14]</sup>利用一套以籼稻珍汕 97B 为背景、粳稻日本晴为供体的染色体片段代换(导入)系为材料,对水稻种子萌发速率进行数量性状位点(QTL)分析,并精细定位其中一个主效 QTL qGR2;Morgan 等<sup>[15]</sup>利用埃及红-中国春异代换系,将小麦渗透调节基因定位在 7A 染色体上。该试验结果表明,Synthetic 6x 的 5B、6B、4D、6D 和 7D 染色体上可能存在干旱胁迫下提高种子活力、促进种子萌发的基因,可在抗旱育种中加以利用。

### 参考文献

- [1] 倪胜利,张国宏,李兴茂.旱地小麦育种的研究机理与进展[J].现代农业科技,2007(24):102-105.
  - [2] 王赞,李源,吴欣明,等.PEG 渗透胁迫下鸭茅种子萌发特性及抗旱性鉴定[J].中国草地学报,2008,30(1):50-55.
  - [3] HOHL M, PETER S. Water relations of growing maize coleoptiles comparison between mannitol and polyethylene glycol 6000 an external osmoticum for adjusting turgor pressure[J]. Plant physiology, 1991, 95: 716-722.
  - [4] 万中原,王志欣,杨文思,等.温度和 PEG 处理对小麦种子萌发期间酶学特性的影响[J].山东农业科学,2013,45(7):42-45.
  - [5] 郁飞燕,李保峰,李巍,等.PEG-6000 胁迫对不同品系小麦种子萌发的影响[J].山东农业科学,2012,44(10):51-53.
  - [6] 贾继增,张正斌,DEVOS K,等.小麦 21 条染色体 RELP 作图位点遗传多样性分析[J].中国科学,2001,31(3):13-21.
  - [7] 白志英,李存东,吴同燕,等.干旱胁迫条件下小麦旗叶酶活性和丙二醛含量的染色体定位[J].植物遗传资源学报,2009,10(2):255-261.
  - [8] 白志英,李存东,赵金锋,等.干旱胁迫对小麦代换系叶绿素荧光参数的影响及染色体效应初步分析[J].中国农业科学,2011,44(1):47-57.
  - [9] 景蕊莲,吕小平.用渗透胁迫鉴定小麦种子萌发期抗旱性的方法分析[J].植物遗传资源学报,2003,4(4):292-296.
  - [10] 李威. PEG 胁迫下 6 种裸燕麦品种种子萌发期的抗旱性研究[J].种子,2014,33(5):38-41.
  - [11] 郭秀璞,石晶,郭永新,等.渗透胁迫对小麦萌发生长及某些生理生化特性的影响[J].洛阳农专学报,1998,18(4):17-20.
  - [12] 姚维传,熊际友.水分胁迫下皖麦品种种子萌发及幼苗生长差异性研究[J].安徽农业科学,2000,28(5):607-609,617.
  - [13] 苑泽宁.盐胁迫对小麦-黑麦 5A/5R 二体代换系种子萌发的影响[J].哈尔滨师范大学自然科学学报,2011,27(2):72-75.
  - [14] 李敏.利用水稻代换系定位种子萌发速率和品质基因[D].武汉:华中农业大学,2013.
  - [15] MORGAN J M, TAN M K. Chromosomal location of a wheat osmoregulation gene using RFLP analysis[J]. Australian journal of plant physiology, 1996,23:803-806.
- (上接第 141 页)
- [5] 张西中,徐晓燕,韩中明,等.烤烟片烟陈化过程中化学成分及相关酶活性的分析[J].贵州农业科学,2008,36(6):24-26.
  - [6] 范坚强,宋纪真,陈万年,等.醇化过程中烤烟片烟化学成分的变化[J].烟草科技,2003(8):19-22.
  - [7] 黄世杰,郭艳,周晓,等.贮存时间对卷烟烟气致香成分的影响[J].南方农业学报,2012,43(3):373-375.
  - [8] 周晓,李小兰,孟东玲,等.卷烟贮存时间对烟丝 pH 及主要化学成分的影响[J].南方农业学报,2012,43(9):1382-1385.
  - [9] 贺继涛,杨涛,段焰青,等.烟末水浸液 pH 值与烟碱蒸出率的相关性[J].烟草科技,2007(3):47-50.
  - [10] 苏雷,严新龙,张钰,等.造纸法再造烟叶工艺过程中多酚类物质的变化[J].烟草科技,2014(2):49-52.
  - [11] 国家烟草质量监督检验中心.烟草及烟草制品 水溶性糖的测定 连续流动法:YC/T 159-2002[S].北京:中国标准出版社,2002.
  - [12] 黄善松,吴晶晶,周芸,等.不同烟丝中非挥发性有机酸和高级脂肪酸含量比较[J].安徽农业科学,2015,43(5):231-234.
  - [13] 王晓辉,赵云川,李炎强,等.陈化过程中云南烤烟复烤片烟 B2F 和 C3F 某些理化指标的变化[J].烟草科技,2004(10):18-20.
  - [14] FRANKENBURG W G. Chemical changes in the harvested tobacco leaf. II. Chemical and enzymic conversions during fermentation and aging[J]. Adv Enzymology, 1950,10:325-431.
  - [15] 段焰青,杨涛,者为,等.烟丝 pH 值的变化对卷烟烟气烟碱和感官质量的影响[J].烟草科技,2008(4):39-41.
  - [16] 朱小茜,徐晓燕,黄义德,等.多酚类物质对烟草品质的影响[J].安徽农业科学,2005,33(8):1910-1911.
  - [17] 谭宏祥,程传玲,赵桂铭,等.河南烤烟中多元酸和高级脂肪酸的分析研究[J].安徽农学通报,2008,14(5):33-34.
  - [18] 王瑞新.烟草化学[M].北京:中国农业出版社,2003.
  - [19] 周正红,高孔荣,张水华.烟草中化学成分对卷烟烟香味品质的影响及其研究进展[J].烟草科技,1997(2):22-24.