卫星搭载小麦 SP_2 代突变系光合及主要农艺性状的研究

吕金印[a],戚微娜[b],杨 德[a],张素娜[b],高俊凤[a]
(西北农林科技大学 a.生命科学学院,b.理学院,陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 【目的】对小麦纯系种子进行卫星搭载处理,从中筛选突变株,为冬小麦育种提供新的种质资源。【方法】通过田间观察与室内分析,研究卫星搭载小麦陕 253 和西农 1043 2 个品种第二代(SP_2)光合速率、叶绿素含量及主要农艺性状的变化。【结果】2 个小麦品种共得到突变株系 12 份,其中陕 253 矮秆变异 2 份(SP_2-253-38 和 SP_2-253-54)、早熟变异 1 份(SP_2-253-51)、高秆变异 1 份(SP_2-253-27);西农 1043 矮秆变异 6 份(SP_2-1043-1、SP_2-1043-15、SP_2-1043-16、SP_2-1043-19、SP_2-1043-40、SP_2-1043-41)、高秆变异 1 份(SP_2-1043-37)、矮秆大穗变异 1 份(SP_2-1043-14)。【结论】卫星搭载能够引起较高的突变频率,为冬小麦育种提供了选择依据。

[关键词] 卫星搭载;小麦;农艺性状;光合
[中图分类号] S512.1 [文献标识码] A [文章编号] 1671-9387(2009)12-00123-04

Study on mutation lines of wheat SP_2 generation under spaceflight

LÜ Jin-yin[a], QI Wei-na[b], YANG De[a], ZHANG Su-na[b], GAO Jun-feng[a]
(*a. College of Life Sciences, b. College of Science, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi* 712100, *China*)

Abstract: 【Objective】 Wheat seeds of pure lines were used for spaceflight treatment. Mutants were chosen to provide new resource of germ plasm. 【Method】 This study analyzed the photosynthetic rate, the content of chlorophyll and main agronomic characters of wheat Shaan 253 and Xinong 1043 in the second generation under spaceflight treatment. 【Result】 Twelve mutations were obtained. The short plant mutations were SP_2-253-38, SP_2-253-54, SP_2-1043-1, SP_2-1043-15, SP_2-1043-16, SP_2-1043-19, SP_2-1043-40, SP_2-1043-41, high plant mutations SP_2-253-27, SP_2-1043-37; earlier ripe mutation is SP_2-253-51, short plant and bigger spike SP_2-1043-14. 【Conclusion】 Spaceflight can induce high variance frequency, and it offers evidence for the breeding of winter wheat.

Key words: spaceflight; wheat; agronomic character; photosynthetic

航天诱变育种是利用卫星、飞船等返回式航天器,将植物种子或器官等搭载到宇宙空间,在空间环境作用下,受到多种条件的诱导,使其基因发生变异,从而得到有益的突变体,选育出新品种的先进技术[1-2]。目前,我国是世界上掌握航天器返回技术的 3 个国家之一,航天育种处于较先进水平。近年来的相关研究表明,空间诱变可以产生许多有益变异,对丰富种质资源起着重要作用,受到国内外的高度重视[3-5]。小麦是我国北方地区主要粮食作物,虽然育种专家已经培育出许多优良新品种,而且近年来有关卫星搭载作物突变性的研究越来越多,但筛选优良变异、进一步提高品质和产量,仍是摆在育种工作者面前的重要课题。本试验对卫星搭载不同基因型冬小麦 SP_2 代光合速率、叶绿素含量和主要农艺性状的变化进行研究,并配合相应生育期的田间观察,从中筛选变异显著的突变个体,旨在为冬小麦育

* [收稿日期] 2009-03-04
[基金项目] 农业部农业公益性行业科研专项"核技术农业应用"(200803034);西北农林科技大学校重点科研项目
[作者简介] 吕金印(1960-),男,陕西岐山人,教授,博士,主要从事植物抗逆生理及核农学研究。E-mail:Jinyinlu@163.com

种提供新的种质资源。

1 材料与方法

1.1 材 料

选用陕253和西农1043 2个纯系小麦品种。陕253品种集优质、丰产、早熟于一体,在关中灌区和黄淮麦区南部中上等地大面积种植;西农1043具有高产、节水、抗逆等特点,适宜于陕西渭北和黄土高原旱地类似地区种植。以上2个品种初代种子由西北农林科技大学农学院提供。将陕253和西农1043种子1份封存于西北农林科技大学生命科学学院实验室,作为对照,分别命名为CK1和CK2;另1份于2003-11经我国第18颗返回式卫星搭载,2份小麦种子于2004-10在相同条件下播种,2005-06收获,得到第二代种子(SP_2)。

1.2 田间试验设计

将陕253和西农1043对照及其SP_2代种子于2005-10-16在西北农林科技大学试验田播种,常规管理,SP_1代每1穗所得种子种植1行。2个品种分2个小区种植,其中陕253种植54行,西农1043种植58行,小区面积12.6 m^2,行长1.0 m,行距20 cm,株距3 cm,精量人工点播,每行30粒,并每隔15行种植2行相应的对照(未经卫星搭载的陕253、西农1043)。每1行为同一遗传背景则命名相同,陕253第1行至54行分别命名为SP_2-253-1至SP_2-253-54;西农1043第1行至58行分别命名为SP_2-1043-1至SP_2-1043-58。

1.3 田间观测及统计

大田生长期间,观察生育期变化及植株性状变异,成熟后随机取10株,供室内考种,对主要农艺性状进行综合选择。考种所得数据用SPSS 13.0软件统计处理。

1.4 光合速率与叶绿素含量的测定

采用便携式光合仪LI-6400(LiCor公司,美国)及分光光度计法[6],分别在抽穗期、开花期、灌浆期,随机测定陕253 SP_2、西农1043对照及其SP_2代旗叶的光合速率和叶绿素含量。

2 结果与分析

2.1 卫星搭载小麦SP_2代的植株形态与生育特征

通过田间观察共发现12个突变株系。陕253共4个突变株系,突变频率为7.4%,共有3种突变类型。与CK1相比,SP_2-253-27植株比较高大;SP_2-253-38和SP_2-253-54植株较矮小;SP_2-253-51生育期较CK1提前6 d,拔节期、灌浆期较短。西农1043共8个突变株系,突变频率为13.8%,大约是陕253的2倍,变异类型3种,且大多表现为植株矮小(SP_2-1043-1、SP_2-1043-14、SP_2-1043-15、SP_2-1043-16、SP_2-1043-19、SP_2-1043-40、SP_2-1043-41),其中SP_2-1043-14表现为叶色深、前期发育较缓慢、叶片较大、多分蘖、植株矮小、穗大、籽粒饱满;SP_2-1043-37则表现为植株高大、茎粗、地上生物量高(表1和表2)。

表1 卫星搭载小麦SP_2突变频率及变异类型的比较

Table 1 Comparison of mutate frequency and variation type of SP_2

小麦搭载品种 Variety	总株系 Total plant variation	突变株系 Mutant variation	突变频率/% Rate of mutant	变异类型数 Variation type
陕253 Shaan 253	54	4	7.4	3
西农1043 Xinong 1043	58	8	13.8	3

2.2 卫星搭载小麦SP_2代突变系的主要农艺性状及显著性检验

从表2可以看出,与CK1相比,卫星搭载小麦陕253 SP_2代SP_2-253-27穗下节距、株高、千粒质量极显著增加;SP_2-253-54穗长、株高极显著降低;SP_2-253-38穗长、株高、穗质量、秆质量和地上生物量极显著降低。表明SP_2-253-27、SP_2-253-38、SP_2-253-54均发生了不同程度的变异,其中SP_2-253-38的变异性状最多。在陕253的4个突变株系中,除SP_2-253-51外,有3个突变株系的株高和穗长2个性状均发生了变异。

从表2还可以看出,与CK2相比,卫星搭载小麦西农1043 SP_2代SP_2-1043-1、SP_2-1043-40、SP_2-1043-41的株高极显著降低;SP_2-1043-14穗长、穗质量、地上生物量极显著或显著增加,株高极显著降低;SP_2-1043-15株高极显著降低,穗质量、地上生物量、穗粒质量显著增加;SP_2-1043-16株高极显著降低,穗下节距显著降低;SP_2-1043-19株高极显著降低,穗质量、秆质量、地上生物量、穗粒质量显著降低;SP_2-1043-37株高、秆质量极显著增加。以上结果表明,空间环境对西农1043和陕253 2个品种穗长、株高2个性状影响较明显。

根据突变体筛选规范,通过田间形态学观察和农艺性状的综合鉴定(表2),与CK1相比,陕253矮

秆变异株系 SP_2-253-38、SP_2-253-54 株高分别降低了 16.05% 和 12.23%，高秆变异株系 SP_2-253-27 株高提高了 12.52%，早熟变异株系 SP_2-253-51 生育期提前了 6～7 d。与 CK2 相比，西农 1043 矮秆变异株系 SP_2-1043-1、SP_2-1043-15、SP_2-1043-16、SP_2-1043-19、SP_2-1043-40、SP_2-1043-41 株高分别降低了16.45%，14.15%，15.17%，11.92%，16.69%，15.54%，高秆变异株系 SP_2-1043-37 株高增高了 17.26%，矮秆大穗变异株系 SP_2-1043-14 株高降低 12.33%，穗长增加 19.46%。

从产量性状上看，SP_2-1043-14 地上生物量较 CK2 增加了 29.5%；SP_2-1043-15 穗粒质量增加了 30.8%，地上生物量增加了 25.8%。而产量性状低于对照的突变系为：SP_2-253-38 穗粒质量和地上生物量分别比 CK1 减少了 35.5%，35.8%；SP_2-1043-19 穗粒质量和地上生物量分别比 CK2 减少了 29.7%，26.2%（表 2）。

表 2　卫星搭载小麦 SP_2 代突变系主要农艺性状的变化

Table 2　Changes of major agronomic characters of the mutation lines of SP_2

材料 Material	穗下节距/mm Peduncle length	穗长/mm Spike length	株高/mm Plant height	穗质量/g Spike weight	秆质量/g Stem weight	地上生物量/g Above ground biomass	穗粒质量/g Weight of grains per spike	千粒质量/g 1 000 grain weight
CK1	219.22	87.32	623.39	2.41	1.26	3.63	1.83	40.40
SP_2-253-27	262.28**	84.75	701.41**	2.56	1.30	3.87	1.96	49.16**
SP_2-253-38	194.77	70.41**	523.32**	1.57**	0.76**	2.33**	1.18*	35.40
SP_2-253-51	210.74	80.37	606.52	1.88	1.31	3.19	1.38	36.73
SP_2-253-54	206	72.76**	547.12**	2.09	1.09	3.18	1.60	40.19
CK2	276.97	90.10	833.65	3.40	1.95	5.35	2.66	67.89
SP_2-1043-1	257.79	90.50	696.50**	3.17	1.54	4.71	2.48	50.53
SP_2-1043-14	269.50	107.63**	730.88**	4.46*	2.47	6.93*	3.38	65.26
SP_2-1043-15	268.38	96.69	715.69**	4.45*	2.28	6.73*	3.48*	69.26
SP_2-1043-16	241.60*	89.6	707.20**	3.59	1.98	5.58	2.72	61.17
SP_2-1043-19	267.63	89.56	734.25**	2.46*	1.47*	3.93*	1.87*	54.60
SP_2-1043-37	272.71	95.81	977.50**	3.99	2.53**	6.52	3.15	85.62
SP_2-1043-40	258.79	95.43	694.50**	3.56	1.64	5.20	2.78	63.05
SP_2-1043-41	246.56*	89.89	704.11**	3.07	1.55	4.62	2.39	61.81

注：* 表示差异达显著水平（$P<0.05$），** 表示差异达极显著水平（$P<0.01$）。

Note：*，** represent significance at 0.05 and 0.01 level respectively.

2.3　卫星搭载小麦叶片光合速率和叶绿素含量的变化

从表 3 可以看出，在开花期和灌浆期，陕 253 经卫星搭载处理后，叶绿素含量与 CK1 相比均有不同程度的增加；光合速率与 CK1 相比差异不大，但在抽穗期光合速率明显减小。西农 1043 经卫星搭载处理后，3 个生育时期的叶绿素含量与 CK2 相比没有发生明显变化，但光合速率明显升高。表明卫星搭载处理后，小麦叶片光合效率的变化在品种间存在差异[7-8]，且对小麦功能叶片的影响明显。

表 3　卫星搭载小麦 SP_2 光合速率及叶绿素含量的变化

Table 3　Photosynthetic rate and the content of chlorophyll of SP_2

材料 Material	光合速率/(μmol·m^{-2}·s^{-1}) Photosynthetic rate			叶绿素含量/(mg·g^{-1}) Content of chlorophyll		
	抽穗期 Heading stage	开花期 Anthesis stage	灌浆期 Filling stage	抽穗期 Heading stage	开花期 Anthesis stage	灌浆期 Filling stage
SP_2-253	11.53±2.56	15.90±3.80	15.30±1.31	3.30±0.17	3.44±0.09	3.36±0.47
CK1	16.10±5.76	15.63±3.06	16.87±2.15	3.32±0.27	3.05±0.20	2.91±0.29
SP_2-1043	13.30±4.14	16.70±3.33	15.27±3.30	3.28±0.17	3.29±0.34	3.71±0.15
CK2	12.80±0.44	14.03±4.80	12.00±0.44	3.32±0.27	3.24±0.12	3.72±0.21

3　讨　论

本试验对陕 253 和西农 1043 2 个冬小麦品种经返回式卫星搭载处理，对搭载后第二代冬小麦的农艺性状、光合速率等生理特性进行了研究，探讨了空间环境对冬小麦的诱变效应。2 个小麦品种共获得突变株系 12 份，其中陕 253 矮秆变异 2 份、早熟变异 1 份、高秆变异 1 份；西农 1043 矮秆变异 6 份、高秆变异 1 份、矮秆大穗变异 1 份，说明空间环境能够产生较高频率和多样性的变异，这是地面因素难

以实现的[9-10],同时也说明不同冬小麦品种对空间环境的敏感性不同。空间环境引起的各性状变异有不同特点,生育期趋向早熟方向发展;穗长和穗粒质量向增加或减少2个方向发展;株高向降低和升高2个方向发展。在本研究中,对农艺性状的显著性分析表明,在株高方面发生变异的材料最多,株高虽然不能直接影响产量,但与小麦抗倒伏和高产密切相关,并且具有群体效应。目前,有关作物矮秆资源的利用和矮化育种研究已经取得了较大的进展,但在世界小麦品种中,矮秆基因多来自农林10号和赤麦,存在矮秆基因单一化的现象[11]。本研究结果表明,对冬小麦的卫星搭载可获得多种诱变特性,为丰富小麦种质资源提供了一条行之有效的途径。

目前已有研究表明,空间环境对植物种子诱变产生的变异可以在后代中得以表达[12-15],而且在分子水平上进行了遗传分析[16-19]。本试验报道的只是2种卫星搭载小麦 SP_2 代主要的农艺性状、光合速率等生理特性的研究结果,有关这些突变株系的遗传稳定性及遗传变异机理,还有待于更进一步的研究。

[参考文献]

[1] 王艳芳,王世恒,祝水金.航天诱变育种研究进展[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2006,34(1):9-12.
Wang Y F,Wang S H,Zhu S J. Advance in the space flight mutation breeding [J]. Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition,2006,34(1):9-12. (in Chinese)

[2] Horneck G. Impact of space flight environment of radiation response of Tritiam aestium colepotiles under ixhilisms of low gravity [J]. Plant,Cell and Environment,1995,18:53-60.

[3] 刘录祥,王 晶,赵林姝,等.作物空间诱变效应及其地面模拟研究进展[J].核农学报,2004,18(4):247-251.
Liu L X,Wang J,Zhao L M,et al. Research progress in mutational effects of aerospace on crop and ground simulation on aerospace environment factors [J]. Acta Agriculturae Nucleatae Sinica,2004,18(4):247-251. (in Chinese)

[4] 杨存义,陈芳远,王应祥,等.粳稻品种秋光空间诱变突变体的微卫星分析[J].西北植物学报,2003,23(9):1550-1555.
Yang C Y,Chen F Y,Wang Y X,et al. Polymorphic analysis of microsatellite markers in mutants of japonica cultivar "Akibikari" induced by the space flight [J]. Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica,2003,23(9):1550-1555. (in Chinese)

[5] 樊秋铃,刘 敏.空间育种研究进展[J].航天医学与医学工程,2002,15(3):231-234.
Fan Q L,Liu M. Research progress in space plant breeding [J]. Space Medicine & Medical Engineering,2002,15(3):231-234. (in Chinese)

[6] 邹 琦.植物生理生化试验指导[M].北京:中国农业出版社,1995:72-75,82-90.
Zou Q. Plant phylsiological and biochemical experiment [M]. Beijing: Chinese Agriculturae Press, 1995: 72-75, 82-90. (in Chinese)

[7] Evans L T. From leaf photosynthesis to crop productivity [M]// Murata N. Research in photosynthesis. Vol Ⅳ. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers,1992:587-594.

[8] 陆 璃,吕金印,巩擎柱,等.空间环境对小麦叶绿素荧光及光合特性的影响[J].核农学报,2006,20(6):464-468.
Lu L,Lü J Y,Gong Q Z,et al. Effect of space environment on chloropghyll fluorescence and photosynthesis characteristics of wheat [J]. Acta Agriculturae Nucleatae Sinica,2006,20(6):464-468. (in Chinese)

[9] 张宏纪,王广金,孙 岩,等.利用生物分子诱变培育小麦突变新类型[J].核农学报,2006,20(4):277-281.
Zhang H J,Wang G J,Sun Y,et al. Newtypes of mutation wheat breeding by bio-molecular induction [J]. Acta Agriculturae Nucleatae Sinica,2006,20(4):277-281. (in Chinese)

[10] 张美荣,双志福,张瑞仙.小麦种子太空诱变效应研究[J].华北农学报,2002,17(2):36-39.
Zhang M R,Shuang Z F,Zhang R X. Study on effects of space mutation on wheat seed [J]. Acta Agriculturae Boreall-Sinica,2002,17(2):36-39. (in Chinese)

[11] 嵇 怡,缪旻珉,陈学好.植物矮生性状的分子遗传研究进展[J].分子植物育种,2006,4(6):753-771.
Ji Y,Miao M M,Chen X H. Progresses on the molecular genetics of dwarf character in plants [J]. Molecular Plant Breeding,2006,4(6):753-771. (in Chinese)

[12] 刘福霞,曹墨菊,荣廷昭,等.用微卫星标记定位太空诱变玉米核不育基因[J].遗传学报,2005,32(7):94-98.
Liu F X,Cao M J,Rong T Z,et al. Locating maize male sterility gene induced by space flight using microsatellite markers [J]. Acta Genetica Sinica,2005,32(7):94-98. (in Chinese)

[13] 王广金,闫文义,孙 岩,等.春小麦航天育种效果的研究[J].核农学报,2004,18(4):257-260.
Wang G J,Yan W Y,Sun Y,et al. Breeding effect of space treatment on spring wheat [J]. Acta Agriculturae Nucleatae Sinica,2004,18(4):257-260. (in Chinese)

[14] 邱 芳,李金国,翁曼丽,等.空间诱变绿豆长荚型突变系的分子生物学分析[J].中国农业科学,1998,31(6):38-43.
Qiu F,Li J G,Weng M L,et al. Molecular analysis of long pod mutant line of mung bean generated by space mutagenesis [J]. Scientia Agricultura Sinica,1998,31(6):38-43. (in Chinese)

[15] 李源祥,蒋兴村,李金国,等.水稻空间诱变性状变异及育种研究[J].江西农业学报,2000,12(2):17-23.
Li Y X,Jiang X C,Li J G,et al. Study on rice breeding by space mutation and its character variation [J]. Acta Agriculturae Jiangxi,2000,12(2):17-23. (in Chinese)

(下转第132页)