

低磷胁迫对小麦代换系产量性状的影响及染色体效应

郑金凤¹, 白志英¹, 李存东², 赵金峰², 毕常锐¹, 肖凯²
(¹河北农业大学生命科学学院, 保定 071000; ²河北农业大学农学院, 保定 071001)

摘要:以中国春-Synthetic 6x 染色体代换系及其亲本为材料, 通过测定不同磷处理条件下的产量性状(单穗粒数、穗粒重、千粒重), 对耐低磷胁迫特性的基因进行染色体定位。结果表明, 低磷胁迫下, Synthetic 6x 的 6A、7A、1B、2B、3B、4B、5B、6B、7D 染色体上可能携有促进单穗粒重的相关基因; 2A、5A、6A、3B、5B、6B、7B、5D、7D 染色体上可能携有促进千粒重的有关基因; 6A、7A、1B、3B、2D、7D 染色体上携有促进单穗粒数的相关基因。表明 Synthetic 6x 的 6A、3B、7D 染色体上可能携有与耐低磷胁迫特性有关的基因。

关键词:小麦代换系; 低磷胁迫; 产量性状; 染色体效应

The Effect of Phosphorus Deficiency Stress on Yield Traits and Chromosome of Wheat Substitution Lines

ZHENG Jin-feng¹, BAI Zhi-ying¹, LI Cun-dong²,
ZHAO Jin-feng², BI Chang-rui¹, XIAO Kai²
(¹College of Life Science, Hebei Agricultural University, Baoding 071000;
²College of Agronomy, Hebei Agricultural University, Baoding 071001)

Abstract: Wheat substitution lines between Chinese Spring and Synthetic 6x under the treatments of phosphorus deficiency stress and phosphorus normal (control) were studied to locate the gene controlling yield traits. Several yield components such as grain weight per spike, 1000-grain weight and kernel number per spike were measured. The results showed that the genes promoting grain weight per spike might be located on 6A, 7A, 1B, 2B, 3B, 4B, 5B, 6B and 7D chromosome of Synthetic 6x, and that the genes promoting 1000-grain weight might be located on 2A, 5A, 6A, 3B, 5B, 6B, 7B, 5D and 7D chromosome, and that the genes promoting relative kernel number per spike might be located on 6A, 7A, 1B, 3B, 2D and 7D chromosome under the low-phosphorus stress. It was concluded that chromosome 6A, 3B and 7D of Synthetic 6x probably carried related genes tolerating low phosphorus stress.

Key words: Substitution lines; P-deficiency stress; Yield traits; Chromosome effect

磷是植物生长发育必需的大量元素, 对植物的生长发育、新陈代谢、提高产量和品质起着重要作用^[1]。我国约有 2/3 耕地缺磷, 土壤缺磷成为当今农业生产中限制作物生长与产量的主要因素之一^[2]。生产上往往通过施肥来解决土壤缺磷问题, 但是大量施用磷肥, 不仅耗竭有限的磷矿资源, 而且

带来环境污染, 破坏生态平衡^[3]。土壤中全磷量很多, 但多数以难溶态形式存在, 可以被植物直接吸收利用的磷却很低。因此, 如何让植物有效利用土壤中的磷素, 减少磷肥施入, 提高作物产量是当前全球面临的主要问题^[4]。不同研究表明, 不同基因型或植物品种对磷的吸收能力不同, 即使是同一品种间

收稿日期: 2009-04-10

修回日期: 2009-10-15

基金项目: 973 计划前期研究专项 (2007CB116209); “十一五” 国家粮食丰产科技工程项目 (2006BAD02A08); 河北省自然科学基金项目 (C2008000341)

作者简介: 郑金凤, 在读硕士, 研究方向为植物资源利用与开发。E-mail: zhengjinfeng1982@126.com

通讯作者: 白志英, 教授, 博导, 研究方向为植物资源利用与开发。E-mail: zhiyingbai@126.com

李存东, 教授, 博导。E-mail: nxytcd@mail.hebau.edu.cn

也有不同,同一植株体的不同器官间都存在磷吸收差异^[5-7]。植物磷营养效率高效基因型的遗传学实质,即那些在低磷土壤胁迫条件下,由于某些“沉默”基因的诱发表达,或DNA序列的特定改变而导致在形态、构造或一系列生理、生化特征上的适应性变化,而获得高于一般基因型生物学产量或经济产量的基因型个体^[8]。因此,发掘植物本身有效利用磷素资源的潜力,对人类高效利用土壤磷素资源,在经济和环境保护方面具有非常现实的意义^[9]。

小麦产量包括单位面积穗数、每穗粒数及粒重3个构成因素,穗数、千粒重及穗粒数与小麦品种的耐低磷特性密切相关^[10]。佟汉文等^[11]利用通径分析,发现穗粒数、穗粒重和千粒重对产量的直接作用最大。近年来,有关植物耐低磷胁迫的研究已有报道。刘建中等^[12]、李玉京等^[13]利用普通小麦与其近缘野生物种的附加系,对帝国黑麦、长穗偃麦草基因组中与耐低磷胁迫有关的基因进行了染色体定位研究。中国春-Synthetic 6x 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,父本 Synthetic 6x 与母本中国春存在较大的遗传差异,蕴含着丰富的抗性基因,具有极其丰富的遗传多样性,在小麦遗传改良中具有良好的利用价值^[14]。白志英等^[15-20]已利用此材料对其干旱胁迫下的生理生化特性和产量性状进行了研究,并确定了调控相关性状的主效应染色体。而有关低磷胁迫对中国春-Synthetic 6x 代换系的影响及染色体调控的

研究尚未见报道。因此,本研究以中国春-Synthetic 6x 染色体代换系及其亲本为材料,研究低磷胁迫对小麦代换系产量性状的影响,对 Synthetic 6x 基因组中与耐低磷胁迫有关的基因进行染色体定位,从而为利用野生近缘物种中的外源基因改良普通小麦或其他作物的耐低磷胁迫特性提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

试验所用材料中国春-Synthetic 6x 21个染色体代换系及其亲本,是由 John Innes Centre, Norwich Research Park, Colney, Norwich NR4 7UH, U K 提供。

1.2 方 法

试验于2008年在河北农业大学试验站进行,通过去掉20cm耕层土壤创造低磷条件。设置2个处理,(1)正常磷(对照),每 hm^2 施过磷酸钙 $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2]$ 750kg、尿素 $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ 375kg、氯化钾(KCl)187.5kg;(2)低磷处理,土壤中有效磷含量5.6mg/kg,只施氮、钾肥,不施磷肥。2008年2月18日将子粒饱满种子放于置有湿润滤纸的培养皿中,25℃恒温催芽,2月20日将萌发种子移置2℃培养箱进行春化,3月9日将苗移栽于大田,行距40cm,行长200cm,株距5cm,随机区组设计,3次重复,在生长阶段适时灌水以保证水分供应,并进行病虫害的防治。每个小区四周下埋50cm深的塑料布防止土壤肥料侧向交换。试验地基础肥力状况如表1。

表1 供试土壤的理化性质

Table 1 The physical and chemical properties of the tested soil

有机质(mg/kg) Organic matter	全氮(g/kg) Total nitrogen	碱解氮(mg/kg) Available nitrogen	速效钾(mg/kg) Available potassium	有效磷(mg/kg) Available phosphorus
90.02	1.25	46.97	196.93	5.6

于成熟期在各小区选取正常施磷(对照)和低磷处理下长势均匀的10株小麦,取每株主茎测其穗粒重、千粒重、单穗粒数等产量性状。相对产量性状=低磷处理值/对照值。

利用浙江大学唐启义 DPSv3.01 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

为了确定各代换系基因型之间是否具有真实差异性,利用 DPS v3.01 统计软件进行方差分析。发

现不同处理间各基因型间单穗粒重、千粒重、单穗粒数均呈现极显著差异(表2),表明利用该代换系进行单穗粒重、千粒重、穗粒数的基因定位具有可靠性。

2.2 低磷胁迫对中国春-Synthetic 6x 代换系及亲本单穗粒重的影响

单穗粒重、千粒重和穗粒数是影响小麦产量的主要因素。由表3可知,在不同磷条件下,供体 Synthetic 6x 与受体中国春的单穗粒重和相对单穗粒重,二者呈现极显著差异。低磷处理下,多数代换系单穗粒重明显低于对照,表明低磷胁迫限制了粒重

生长。各代换系单穗粒重与中国春相比大部分无显著差异;而 6A、7A、1B、2B、3B、4B、5B、6B、7D 代换系的相对单穗粒重显著或极显著高于中国春,表明

Synthetic 6x 的 6A、7A、1B、2B、3B、4B、5B、6B、7D 染色体上携有促进单穗粒重的相关基因。

表 2 中国春-Synthetic 6x 染色体代换系及其亲本产量性状方差分析

Table 2 Variation analysis of the yield traits of Chinese Spring-Synthetic 6x substitution lines and their parents

变异来源 Source of variation	自由度 DF	均方 MS								
		单穗粒重 Grain weight per spike			千粒重 1000-grain weight			单穗粒数 Kernel number per spike		
		低磷 P-deficiency	对照 CK	低磷/对照 Ratio	低磷 P-deficiency	对照 CK	低磷/对照 Ratio	低磷 P-deficiency	对照 CK	低磷/对照 Ratio
区组间	2	0.002	0.029	0.003	13.380	7.323	0.022	14.779	18.952	0.003
基因型	22	0.249 **	0.457 **	0.356 **	25.065 **	61.359 **	0.074 **	191.709 **	292.162 **	0.029 **
误差	44	0.030	0.020	0.012	2.307	2.724	0.004	12.110	18.493	0.004
总变异	68									

* 和 ** 分别表示 0.05 和 0.01 水平上差异显著。下同

* and ** mean significant difference at 0.05 and 0.01 level respectively. The same as below

表 3 低磷胁迫对中国春-Synthetic 6x 代换系及亲本单穗粒重的影响

Table 3 The effect on grain weight per spike of Chinese Spring-Synthetic 6x substitution lines and their parents under low-phosphorus stress

基因型 Genotype	单穗粒重(g) Grain weight per spike		低磷/对照 Ratio	基因型 Genotype	单穗粒重(g) Grain weight per spike		低磷/对照 Ratio
	对照 CK	低磷 P-deficiency			对照 CK	低磷 P-deficiency	
1A	1.96	1.60	0.8165	5B	1.37 --	1.53	1.1100 *
2A	1.70 ~	1.46	0.8602	6B	1.42 --	1.80	1.2685 **
3A	2.04	1.58	0.7766	7B	1.81	1.66	0.9166
4A	1.61 --	1.68	1.0083	1D	1.81	1.63	0.9115
5A	1.83	1.87	1.0197	2D	1.59 --	1.50	1.0033
6A	1.70 ~	1.98	1.1665 **	3D	1.73 ~	1.57	0.9103
7A	1.48 --	1.75	1.1795 **	4D	2.00	1.58	0.7933
1B	1.70 ~	2.01	1.1649 **	5D	1.73 ~	1.49	0.8615
2B	1.20 --	1.54	1.2860 **	6D	1.99	1.70	0.8561
3B	1.31 --	1.57	1.2016 **	7D	1.55 --	1.81	1.1647 **
4B	1.40 --	1.73	1.2335 **	中国春	2.03	1.79	0.8820
				Synthetic 6x	0.33 --	0.49 --	1.4894 **

* 和 ** 分别表示 0.05 和 0.01 水平上显著高于中国春, ~ 和 -- 分别表示 0.05 和 0.01 水平上显著低于中国春。下同

* and ** mean significantly higher than Chinese Spring at 0.05 and 0.01 level respectively. ~ and -- mean significantly lower than Chinese Spring at 0.05 and 0.01 level respectively. The same as below

2.3 低磷胁迫对中国春-Synthetic 6x 代换系及亲本千粒重的影响

从表 4 可以看出,在 2 种磷条件下,供体 Synthetic 6x 与受体中国春的千粒重呈现极显著差异。低磷条件下,部分代换系的千粒重明显低于对照,表

明低磷胁迫限制了粒重生长。与中国春相比,5A、6A、5B 代换系的千粒重极显著增加,2B、3D 代换系的千粒重极显著降低,2A、3B、5B、6B、7B、5D、7D 代换系的相对千粒重显著或极显著增加,其他代换系与中国春之间无显著差异。由此表明 Synthetic 6x

的2A、5A、6A、3B、5B、6B、7B、5D、7D染色体上携有抑制千粒重的有关基因。促进千粒重的相关基因;2B、3D染色体上可能携有

表4 低磷胁迫对中国春-Synthetic 6x代换系及亲本千粒重的影响

Table 4 The effects on 1000-grain weight of Chinese Spring-Synthetic 6x substitution lines and parents under low-phosphorus stress

基因型 Genotype	千粒重(g)1000-grain weight		低磷/对照 Ratio	基因型 Genotype	千粒重(g)1000-grain weight		低磷/对照 Ratio
	对照 CK	低磷 P-deficiency			对照 CK	低磷 P-deficiency	
1A	28.99	28.35	0.9779	5B	26.54	31.28 ⁺⁺	1.1785 ⁺⁺
2A	24.79 ⁻	27.80	1.1167 ⁺	6B	21.87 ⁻⁻	27.66	1.2651 ⁺⁺
3A	29.24	29.31	1.0023	7B	25.78	29.63	1.1494 ⁺⁺
4A	29.38	29.15	0.9922	1D	28.13	27.67	0.9835
5A	29.50	30.79 ⁺⁺	1.0437	2D	31.11	29.29	0.9413
6A	32.58 ⁺⁺	30.72 ⁺⁺	0.9431	3D	25.81	23.98 ⁻⁻	0.9293
7A	30.05	28.50	0.9478	4D	30.04	29.32	1.0340
1B	28.25	29.18	1.0329	5D	29.06	29.38	1.1217 ⁺⁺
2B	20.14 ⁻⁻	21.66 ⁻⁻	1.0759	6D	28.20	29.34	1.0404
3B	21.64 ⁻⁻	25.85	1.1945 ⁺⁺	7D	28.18	29.70	1.0816 ⁺
4B	28.70	29.95	1.0436	中国春	28.63	27.47	0.9595
				Synthetic 6x	11.60 ⁻⁻	19.32 ⁻⁻	1.6664 ⁺⁺

2.4 低磷胁迫对中国春-Synthetic 6x代换系及亲本单穗粒数的影响

从表5可以看出,在2种磷条件下,供体 Synthetic 6x与受体中国春的单穗粒数呈现极显著差异。各染色体代换系之间存在显著差异。低磷处理下,多数代换系的穗粒数明显低于对照,表明低磷胁迫同样限制了穗粒数生长。中国春的单穗粒数最

多。1A、2A、3A、4A、4B、5B、7B、4D、5D代换系的单穗粒数显著或极显著低于中国春,表明 Synthetic 6x的1A、2A、3A、4A、4B、5B、7B、4D、5D染色体上可能携有抑制单穗粒数的有关基因。6A、7A、1B、3B、2D、7D代换系的相对单穗粒数显著或极显著增加,表明 Synthetic 6x的6A、7A、1B、3B、2D、7D染色体上可能携有促进单穗粒数的相关基因。

表5 低磷胁迫对中国春-Synthetic 6x代换系及亲本单穗粒数的影响

Table 5 The effects on kernel number per spike of Chinese Spring-Synthetic 6x substitution lines and their parents under low-phosphorus stress

基因型 Genotype	单穗粒数(粒)Kernel number per spike		低磷/对照 Ratio	基因型 Genotype	单穗粒数(粒)Kernel number per spike		低磷/对照 Ratio
	对照 CK	低磷 P-deficiency			对照 CK	低磷 P-deficiency	
1A	56.60 ⁻⁻	50.75 ⁻⁻	0.8529	5B	52.00 ⁻⁻	48.56 ⁻⁻	0.9338
2A	57.09 ⁻⁻	51.14 ⁻⁻	0.8957	6B	64.60	60.33	0.9339
3A	66.50	53.18 ⁻	0.7997	7B	62.00	53.60 ⁻	0.8645
4A	65.00	54.29 ⁻	0.8352	1D	61.50	55.45	0.9015
5A	58.00	57.49	0.9912	2D	50.11 ⁻⁻	55.00	1.0976 ⁺⁺
6A	54.67 ⁻⁻	57.92	1.0594 ⁺⁺	3D	67.00	60.93	0.9466
7A	50.00 ⁻⁻	56.08	1.1216 ⁺⁺	4D	62.90	54.20 ⁻	0.8616
1B	58.44 ⁻	64.26	1.0996 ⁺⁺	5D	58.64 ⁻	48.95 ⁻⁻	0.8348
2B	61.86	59.31	0.9588	6D	65.67	59.27	0.9026
3B	52.90 ⁻⁻	55.00	1.0397 ⁺	7D	56.64 ⁻⁻	60.23	1.0634 ⁺⁺
4B	53.82 ⁻⁻	53.63 ⁻	0.9964	中国春	68.40	61.35	0.8969
				Synthetic 6x	20.88 ⁻⁻	23.79 ⁻⁻	1.1396 ⁺⁺

2.5 产量性状间的相关分析

由表 6 可以看出,对照条件下,各产量性状间呈极显著或显著正相关;低磷条件下,单穗粒重与千粒重和单穗粒数间呈极显著正相关,千粒重与单穗粒数间呈正相关。

表 6 产量性状间的相关系数

Table 6 relationship between the character of yield of wheat

性状 Trait	单穗粒重 Grain weight per spike		千粒重 1000-grain weight		单穗粒数 Kernel number per spike	
	对照 CK	低磷 P-deficiency	对照 CK	低磷 P-deficiency	对照 CK	低磷 P-deficiency
	单穗粒重	1	1			
千粒重	0.808 **	0.691 **	1	1		
单穗粒数	0.817 **	0.911 **	0.517 *	0.408	1	1

3 讨论

小麦是我国的第二大粮食作物,对磷反映比较敏感,缺磷最终将影响其产量,因此通过对影响产量因素的染色体定位及具耐低磷胁迫特性的染色体进行研究,利用染色体工程,为利用野生近缘物种中的外源基因改良普通小麦或其他作物的产量提高奠定基础。

穗粒重、千粒重和穗粒数是影响小麦产量的主要因素,前人对其染色体定位已作了大量报道。白志英等^[15]以中国春-Synthetic 6x 代换系及其亲本为材料,得出干旱胁迫条件下 Synthetic 6x 的 4A、6A、7A、2B、7B、5D 染色体可能携有降低单穗粒重的有关基因。本试验结果表明:低磷胁迫下 Synthetic 6x 的 6A、7A、1B、2B、3B、4B、5B、6B、7D 染色体上携有促进单穗粒重的相关基因,其中 6A、7A、2B 染色体可能携有控制单穗粒重的有关基因在本试验中得到了验证,但不同处理下反应不同。

李学军等^[21]应用一个由 115 个系组成的 W7984/OPATA 85 的重组自交系(RIL)群体,对小麦千粒重进行了单个标记的回归分析和复合区间作图的 QTL 定位,分析结果表明分别位于小麦的 2BS、4AL、5BL 和 7DS 上。本试验结果表明:Synthetic 6x 的 6A 染色体上可能携有促进千粒重的有关基因,2B、3D 染色体上可能携有抑制千粒重的有关基因。

Marza 等^[22]利用 132 个 RIL 将控制穗粒数的 QTL 定位到 1AL、1B、2Bs、2DL、3Bs、4B、6A 和 7BS 染色体上。本研究表明:Synthetic 6x 的 1A、2A、3A、4A、4B、5B、7B、4D、5D 染色体上可能携有抑制单穗

粒数的有关基因,6A、7A、1B、3B、2D、7D 染色体上可能携有促进单穗粒数的相关基因。

粒数的有关基因,6A、7A、1B、3B、2D、7D 染色体上可能携有促进单穗粒数的相关基因。

有关植物耐低磷胁迫的形态学及生理生化机制前人已做了大量研究,其遗传研究也有少量报道。刘建中等^[23-24]认为小麦 B 组染色体所缺失的臂在缺磷条件下对子粒产量贡献较大。李玉京等^[25]的研究证明普通小麦中国春的 1A、4A、7A、3B、5B、7D 染色体上携有耐低磷胁迫特性有关的基因。本试验结果表明:Synthetic 6x 的 6A、3B、7D 染色体上携有与耐低磷胁迫特性有关的基因。因此,在小麦生产实践中可以采取 Synthetic 6x 的 6A、3B、7D 染色体代换中国春相应染色体,也可以通过分子生物学技术,对 Synthetic 6x 的 6A、3B、7D 染色体上耐低磷基因进行定位克隆,将其导入普通小麦染色体上,以提高小麦的产量。

致谢:感谢 John Innes Centre, Norwich Research Park 提供试验材料。

参考文献

- 王毅. 植物耐低磷胁迫遗传学研究策略[J]. 热带农业科学, 2004, 24(2): 34-53
- 刘建中, 李振声, 李继云. 利用植物自身潜力提高土壤中磷的生物有效性[J]. 生态农业研究, 1994, 2(1): 16-23
- 王庆仁, 李继云, 李振声. 植物高效利用土壤难溶态磷的研究动态及展望[J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(2): 107-116
- 陈钰, 张乃民. 植物耐低磷胁迫研究进展[J]. 山西林业科技, 2007, 9(3): 24-26
- Buso G S, Bliss F A. Variability among lettuce cultivars grown at two levels of available phosphorus[J]. Plant and Soil, 1988, 111: 67-73
- Fist A J, Smith F W, Edwards D G. External phosphorus requirements of five tropical grain grown in flowing solution culture[J]. Plant and Soil, 1987, 99: 75-84
- 刘慧, 刘景福, 刘必进. 不同磷营养油菜品种根系形态及生理

- 特性差异研究[J]. 植物营养与肥料学报, 1999, 5(1): 40-45
- [8] 孔令旗, 李振声, 李继云. 植物磷营养效率的基因型差异及其遗传控制[J]. 遗传, 1996, 18(增刊): 6-10
- [9] 戴开结, 何方, 官会林, 等. 植物与低磷环境研究进展——诱导、适应与对策[J]. 生态学杂志, 2006, 25(12): 1580-1585
- [10] 邢宏燕, 李滨, 李继云, 等. 小麦品种磷营养特性的类型分析及其年度间稳定性的研究[J]. 西北植物学报, 1999, 19(2): 219-228
- [11] 佟汉文, 黄荣华, 刘易科, 等. 小麦新品种农艺性状与产量的相关及通径分析[J]. 湖北农业科学, 2008, 47(7): 758-760
- [12] 刘建中, 李玉京, 李滨, 等. 黑麦基因组中不同染色体在缺磷胁迫下对普通小麦根系分泌酸性磷酸酯酶(Acph)遗传效应的研究[J]. 遗传学报, 2000, 27(1): 39-43
- [13] 李玉京, 刘建中, 李滨, 等. 长穗偃麦草基因组中与耐低磷营养胁迫有关的基因的染色体定位[J]. 遗传学报, 1999, 26(6): 703-710
- [14] 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 C 辑, 2001, 31(1): 13-21
- [15] 白志英, 李存东, 孙红春. 小麦中国春-Synthetic 6x 代换系的光合速率与产量性状研究[J]. 植物遗传资源学报, 2008, 9(1): 20-24
- [16] 白志英, 李存东, 冯丽肖, 等. 干旱胁迫对小麦叶片细胞膜透性效应的染色体定位研究[J]. 华北农学报, 2007, 22(1): 1-4
- [17] 白志英, 李存东, 刘渊. 干旱胁迫下小麦叶片脯氨酸和蛋白质含量变化与染色体的关系[J]. 植物遗传资源学报, 2007, 8(3): 325-330
- [18] 白志英, 李存东, 孙红春. 干旱胁迫对小麦染色体代换系旗叶相对含水量和离体失水速率的影响[J]. 华北农学报, 2008, 23(1): 62-65
- [19] 白志英, 李存东, 冯丽肖, 等. 小麦中国春-Synthetic 6x 代换系穗花分化与耐旱基因的染色体定位[J]. 中国农业科学, 2007, 40(10): 2136-2144
- [20] 白志英, 李存东, 孙红春, 等. 小麦代换系抗旱性生理指标的主成分分析及综合评价[J]. 中国农业科学, 2008, 41(12): 4264-4272
- [21] 李学军, 李立群, 王辉, 等. GW3-1 和 IND109 标记对普通小麦粒重的 QTL 定位分析[J]. 西北植物学报, 2008, 28(6): 1106-1111
- [22] Marza F, Bai G H, Carver B F, et al. Quantitative trait loci for yield and related traits in the wheat population Ning 7840 Clark [J]. Theor Appl Genet, 2006, 112: 688-698
- [23] 刘建中, 李玉京, 李滨, 等. 不同生产时期小麦品种有效利用土壤潜在磷特性的鉴定[J]. 作物学报, 1999, 25(5): 560-564
- [24] 刘建中, 李滨, 李玉京, 等. 普通小麦各染色体组有效利用土壤磷基因的遗传分析[J]. 西北植物学报, 1999, 19(1): 1-6
- [25] 李玉京, 刘建中, 李滨, 等. 普通小麦基因组中耐低磷胁迫特性的染色体控制[J]. 遗传学报, 1999, 26(5): 529-538

~~~~~  
(上接第 232 页)

愈伤组织不定芽的发生是在芽原基基部先分化出鳞片叶, 随后芽伸长。将苗端茎段分割移入生根培养基, 很难从茎上生根<sup>[2]</sup>。大多数情况是苗端基部形成愈伤组织, 愈伤组织上发生根。根与茎的维管系统没有连接起来, 移栽成活困难。而在类原球茎的生长发育中, 生长点基部先分化出鳞片叶, 在鳞片叶基部产生初生增厚分生组织, 其细胞的分裂及衍生细胞的分裂和生长促使类原球茎体积增大。伴随着顶端分生组织的分裂、生长和分化形成芽原基, 其下方分化出原形成层束。芽和不定根的分化及维管束的形成使得类原球茎成为一个整体。故类原球茎的离体诱导再生体系的建立解决了盾叶薯蓣试管苗移栽成活的难题, 为盾叶薯蓣优质种苗的工业化生产奠定了试验基础。

#### 参考文献

- [1] 孟玲, 朱宏涛, 刘锡葵, 等. 盾叶薯蓣的快速繁殖[J]. 天然产物研究与开发, 2000(6): 17-21
- [2] 徐向丽, 刘选民, 周朴华, 等. 盾叶薯蓣组织培养及微块茎的离体诱导[J]. 湖南农业大学学报, 2000, 26(4): 282-285
- [3] 易志军. 盾叶薯蓣愈伤组织培养研究[J]. 经济林研究, 2001, 19(3): 21-22
- [4] 李光明, 刘文海. 盾叶薯蓣同源四倍体的诱导和鉴定[J]. 西北农业学报, 2006, 15(1): 189-192
- [5] 彭晓英, 周朴华, 张良波, 等. 盾叶薯蓣试管株芽的诱导[J]. 热带亚热带植物学报, 2005, 13(4): 319-323
- [6] 陈春满, 叶一枝, 凌绪柏. 象牙白花兰种子及茎尖培养与原球茎形态发生[J]. 园艺学报, 2002, 29(3): 251-254
- [7] 詹忠根, 徐程, 张铭. 兰科植物原球茎(类原球茎)的形态建成[J]. 种子, 2002(5): 36-37
- [8] 丁兰, 王丽, 李淮, 等. 卡德丽亚兰种子非共生萌发及萌发过程中原球茎发育的细胞学研究[J]. 广西植物, 2007, 27(6): 909-912
- [9] 刘贵周, 谢世清. 盾叶薯蓣良种离体快繁关键技术研究[J]. 中国种业, 2005(6): 36-37
- [10] 曹玉芳, 胡正海. 盾叶薯蓣实生苗根状茎的形态发生及薯蓣皂苷积累的研究[J]. 西北植物学报, 2003, 23(7): 1154-1162

# 低磷胁迫对小麦代换系产量性状的影响及染色体效应

作者: [郑金凤](#), [白志英](#), [李存东](#), [赵金峰](#), [毕常锐](#), [肖凯](#), [ZHENG Jin-feng](#), [BAI Zhi-ying](#), [LI Cun-dong](#), [ZHAO Jin-feng](#), [BI Chang-rui](#), [XIAO Kai](#)

作者单位: [郑金凤,白志英,毕常锐,ZHENG Jin-feng,BAI Zhi-ying,BI Chang-rui\(河北农业大学生命科学学院,保定,071000\)](#), [李存东,赵金峰,肖凯,LI Cun-dong,ZHAO Jin-feng,XIAO Kai\(河北农业大学农学院,保定,071001\)](#)

刊名: [植物遗传资源学报](#) 

英文刊名: [JOURNAL OF PLANT GENETIC RESOURCES](#)

年,卷(期): 2010,11(2)

被引用次数: 1次

## 参考文献(25条)

1. [戴开结;何方;官会林](#) [植物与低磷环境研究进展—诱导、适应与对策](#)[期刊论文]-[生态学杂志](#) 2006(12)
2. [孔令旗;李振声;李继云](#) [植物磷营养效率的基因型差异及其遗传控制](#)[期刊论文]-[遗传](#) 1996(zk)
3. [刘慧;刘景福;刘必进](#) [不同磷营养油菜品种根系形态及生理特性差异研究](#)[期刊论文]-[植物营养与肥料学报](#) 1999(01)
4. [白志英;李存东;刘渊](#) [干旱胁迫下小麦叶片脯氨酸和蛋白质含量变化与染色体的关系](#)[期刊论文]-[植物遗传资源学报](#) 2007(03)
5. [白志英;李存东;冯丽肖](#) [干旱胁迫对小麦叶片细胞膜透性效应的染色体定位研究](#)[期刊论文]-[华北农学报](#) 2007(01)
6. [白志英;李存东;孙红春](#) [小麦中国春-Synthetic 6x代换系的光合速率与产量性状研究](#)[期刊论文]-[植物遗传资源学报](#) 2008(01)
7. [Fist A J;Smith F W;Edwards D G](#) [External phosphorus requirements of five tropical grain grown in flowing solution culture](#)[外文期刊] 1987
8. [Buso G S;Bliss F A](#) [Variability among lettuce cultivars grown at two levels of available phosphorus](#)[外文期刊] 1988
9. [陈钰;张乃民](#) [植物耐低磷胁迫研究进展](#)[期刊论文]-[山西林业科技](#) 2007(03)
10. [王庆仁;李继云;李振声](#) [植物高效利用土壤难溶态磷的研究动态及展望](#)[期刊论文]-[植物营养与肥料学报](#) 1998(02)
11. [刘建中;李振声;李继云](#) [利用植物自身潜力提高土壤中磷的生物有效性](#)[期刊论文]-[生态农业研究](#) 1994(01)
12. [李玉京;刘建中;李滨](#) [普通小麦基因组中耐低磷胁迫特性的染色体控制](#)[期刊论文]-[遗传学报](#) 1999(05)
13. [刘建中;李滨;李玉京](#) [普通小麦各染色体组有效利用土壤磷基因的遗传分析](#)[期刊论文]-[西北植物学报](#) 1999(01)
14. [刘建中;李玉京;李滨](#) [不同生产时期小麦品种有效利用土壤潜在磷特性的鉴定](#)[期刊论文]-[作物学报](#) 1999(05)
15. [Marza F;Bai G H;Carver B F](#) [Quantitative trait loci for yield and related traits in the wheat population Ning 7840 Clark](#)[外文期刊] 2006(4)
16. [李学军;李立群;王辉](#) [GW3-1和IND109标记对普通小麦粒重的QTL定位分析](#)[期刊论文]-[西北植物学报](#) 2008(06)
17. [白志英;李存东;孙红春](#) [小麦代换系抗旱性生理指标的主成分分析及综合评价](#)[期刊论文]-[中国农业科学](#) 2008(12)
18. [白志英;李存东;冯丽肖](#) [小麦中国春-Synthetic 6x代换系穗花分化与耐旱基因的染色体定位](#)[期刊论文]-[中国农业科学](#) 2007(10)
19. [白志英;李存东;孙红春](#) [干旱胁迫对小麦染色体代换系旗叶相对含水量和离体失水速率的影响](#)[期刊论文]-[华北](#)

农学报 2008(01)

20. 贾继增;张正斌;Devos K 小麦21条染色体RELP作图位点遗传多样性分析[期刊论文]-中国科学C辑 2001(01)
21. 李玉京;刘建中;李滨 长穗偃麦草基因组中与耐低磷营养胁迫有关的基因的染色体定位[期刊论文]-遗传学报 1999(06)
22. 刘建中;李玉京;李滨 黑麦基因组中不同染色体在缺磷胁迫下对普通小麦根系分泌酸性磷酸酯酶(Acph)遗传效应的研究[期刊论文]-遗传学报 2000(01)
23. 佟汉文;黄荣华;刘易科 小麦新品种农艺性状与产量的相关及通径分析[期刊论文]-湖北农业科学 2008(07)
24. 邢宏燕;李滨;李继云 小麦品种磷营养特性的类型分析及其年度间稳定性的研究[期刊论文]-西北植物学报 1999(02)
25. 王毅 植物耐低磷胁迫遗传学研究策略[期刊论文]-热带农业科学 2004(02)

#### 引证文献(1条)

1. 普晓英;赵大伟;曾亚文;杜娟;杨树明;杨涛;赵春艳 低磷胁迫下大麦磷高效基因型的筛选[期刊论文]-生态环境学报 2010(6)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_zwyczyxb201002020.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zwyczyxb201002020.aspx)