

## 山东优异小麦品种(系)的成熟胚培养能力研究

王振东<sup>1</sup>, 孟鹏<sup>1,2</sup>, 高洁<sup>2</sup>, 郭凤芝<sup>2</sup>, 李玉莲<sup>2</sup>, 樊庆琦<sup>2</sup>, 黄承彦<sup>2</sup>, 李根英<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>沈阳农业大学生物科学技术学院, 沈阳 110161; <sup>2</sup>山东省农业科学院作物研究所, 济南 250001)

**摘要:**选择 CIM、W4、SD2 和 MSD2 四种脱分化培养基, 与 MRM 和 1/2 MS + 5mg/L 玉米素两种再生培养基形成 8 种培养基组合, 利用模式品种扬麦 158 和 Bobwhite 对上述培养基的愈伤诱导和再生效率进行评价, 筛选出最佳培养基组合为诱导培养基 CIM 与再生培养基 1/2 MS + 5mg/L 玉米素。利用这一培养基组合对包括对照品种 Bobwhite 在内的 40 个山东优异冬小麦品种(系)的成熟胚培养能力进行了研究。结果显示:不同品种的成熟胚脱分化形成愈伤组织的能力差异不显著, 最高诱导率 100%, 最低诱导率也超过了 94%, 但这些愈伤组织在发育过程中形成的愈伤状态差别很大, 转移到再分化培养基上后, 8 个品系的再生率超过 10%, 分别是 08H02、08H05、08B08、泰麦 20-2、泰山 5024、聊 9514、沂麦 9803、Bobwhite, 占参试品种的 20%, 其中 08H05 的再生率(23.0%)超过了对照品种 Bobwhite(21.3%)。有 7 个品种没有获得再生苗, 占 17.5%; 再生率在 1% 到 10% 之间的品种 25 个, 占 62.5%。

**关键词:**小麦; 成熟胚; 脱分化; 再分化; 培养能力

## Culture Capacity on Mature Embryo of Shandong Elite Common Wheat Cultivars and Advanced Lines

WANG Zhen-dong<sup>1</sup>, MENG Peng<sup>1,2</sup>, GAO Jie<sup>2</sup>, GUO Feng-zhi<sup>2</sup>, LI Yu-lian<sup>2</sup>,  
FAN Qing-qi<sup>2</sup>, HUANG Cheng-yan<sup>2</sup>, LI Gen-ying<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>College of Biological Science and Technology,

Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161;

<sup>2</sup>Crop Research Institute, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250001)

**Abstract:** Four media (CIM, W4, SD2 and MSD2) were used for callus induction from mature embryos of Yangmai 158 and Bobwhite, model varieties with high capacity in callus regeneration. Two media (MRM, 1/2MS + 5mg/L Zeatin) were used for the following callus regeneration. Both varieties had the highest regeneration frequency on callus induction medium CIM followed with the regeneration medium 1/2MS + 5mg/L Zeatin. Tissue culture capacities of mature embryos from 40 Shandong elite varieties or advanced lines were evaluated. The results showed that the callus induction had no significant differences in these cultivars and lines, but the callus status and the growth speed as well as the following regeneration capacity were quite different. Among the 40 lines, only 08H05 had the higher regeneration frequency (23.3%) than that of the Bobwhite (21.3%), eight lines (08H02, 08H05, 08B08, Taimai20-2, Taishan5024, Liao9514, Hemai9803, Bobwhite) with more than 10% regeneration percentage, account for 20% in all survey lines, seven lines can not obtain any regenerated plantlet, accounting for 17.5%, and 25 lines account for 62.5% with the regeneration frequency no more than 10%.

**Key words:** Common wheat; Mature embryo; Differentiation; Regeneration; Culture capacity

收稿日期: 2011-04-18 修回日期: 2011-07-13

基金项目: 农业部“引进国际先进农业科学技术”(2010-Z24); 转基因生物新品种培育重大专项(2009ZX08-002-17B); 国家自然科学基金(30871516, 30871515)

作者简介: 王振东, 博士, 教授, 研究方向: 植物细胞生物学。E-mail: zhendongwang1212@yahoo.com.cn

通讯作者: 李根英, 博士, 研究员, 研究方向: 小麦分子育种。E-mail: lgy111@126.com

小麦是重要的粮食作物之一,提高产量及改良品质对于保持小麦生产的可持续性有着重要的意义。自 20 世纪 80 年代开始研究转基因植物以来,利用转基因等生物技术对小麦进行抗虫、抗病、抗逆及品质改良等已取得了较大进展<sup>[1]</sup>。相对而言,传统育种技术育种周期长,增产潜力有限,但随着世界人口的快速增长,到 2020 年小麦的总产量至少要增加 40% 才能保证人类的粮食安全,这种每年 2% 的增产速度仅仅依靠传统技术是很难实现的。

因此,探索缩短育种周期,增产前景乐观的植物转基因技术用于小麦的遗传改良显得十分必要和迫切。而小麦的基因工程依赖于高效、稳定和可靠的愈伤诱导和再生体系,在小麦组织培养体系中植株再生率低的问题是限制小麦转基因成功和大幅度提高转基因小麦效率的瓶颈之一。小麦幼胚被认为是进行组织培养的最适宜的外植体,但由于受温室条件和生长季节的影响,限制了幼胚的广泛应用<sup>[2]</sup>。而相对于幼胚而言,成熟胚保存期长、材料丰富,且不受季节、植物发育时期等因素限制,具有取材方便、操作简单等优点,是进行小麦基因转化的良好受体<sup>[3-5]</sup>。已有研究表明<sup>[6-8]</sup>,有些小麦品种的成熟胚具有良好的愈伤组织诱导和植株再生能力,具有代替幼胚的潜在可能。

影响小麦愈伤组织培养的因素主要有四个方面:基因型、外植体类型、培养基和培养条件<sup>[9-11]</sup>。明确这些因素在小麦离体培养中的作用及它们之间的相互作用关系对提高小麦成熟胚的培养效率有着重要的意义。为了提高小麦成熟胚的出愈率和成苗率,人们做了大量的相关性的研究,包括对成熟胚进行预处理,调节培养基中各种营养成分、激素种类和配比浓度以及培养条件<sup>[12-15]</sup>等。由于成熟胚是高度分化的器官,完整或切割不充分的成熟胚在接种后很容易萌发成为实生苗,因此人们探索利用破碎的成熟胚进行愈伤组织培养,目前主要有细胞筛粉碎和刮胚两种方式<sup>[16]</sup>。尽管破碎的成熟胚在愈伤组织诱导方面已经得到突破,但是其分化能力与幼胚相比,仍然很低,远远不能满足基因转化的需要。目前发现的再生效率较高的品种大多为早年育成的春性品种,存在品种老化、农艺性状较差等缺点,而我国小麦以冬小麦为主,这些春性品种的转基因后代在杂交利用过程中较为困难。而且,随着育种水平的提高,人们对于杂交亲本的遗传背景提出了更高的要求。因此,本研究以山东省近年来育成的大面积推广品种和正在参加区域试验的高代品系作为

研究材料进行成熟胚培养研究,筛选适合小麦成熟胚培养的培养基,评价这些品种在成熟胚培养过程中的脱分化和再分化能力,为扩大小麦基因工程的受体材料利用范围提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

首先选用国内外公认的高再生率品种扬麦 158 和 Bobwhite 作为培养基筛选的试验品种,筛选出愈伤组织诱导效率高、再生效果好的培养基组合。在此基础上,本研究对山东省近年来育成的大面积推广品种及高代品系共 40 个品种进行成熟胚培养能力研究,试验所需种子由山东省农业科学院作物所品种资源库提供,收获时间 2009 年 6 月,保存时间 3 个月。

本研究用愈伤组织诱导培养基有 4 个,分别是 CIM<sup>[17]</sup>、W4<sup>[18]</sup>、SD2 (MS 盐 + VB1 1mg/L + Glutamine 150mg/L + 2,4-D 2mg/L + 蔗糖 3% + 琼脂 0.7%, pH 5.8) 和 MSD2 (MS + 2mg/L 2,4-D); 再生培养基 2 个,分别为 1/2MS + 5mg/L 玉米素、MRM<sup>[17]</sup>。4 个愈伤诱导培养基与 2 个再生培养基随意组合,形成 8 个不同的组合。配好的培养基在培养基专用制备器 Mediaclave 中灭菌后,自动分装到通透性良好的 9cm 一次性培养皿中,每皿 25ml。将倒好的培养皿盖好盖子,过夜冷却,期间超净台的风量达到最大,保证培养皿盖子无水雾出现。

### 1.2 方法

取无霉变的健康种子,于 75% 的酒精中浸泡 5min,再用 1% NaClO 处理 15min,无菌水冲洗 5 遍。将消毒后的种子于蒸馏水中 25℃ 浸泡 4h,于超净工作台中用单面刀片的刀尖先刮破种皮,然后于胚上轻轻刮取成熟胚,刮得越细越好,将刮取的成熟胚接种于愈伤组织诱导培养基上,每皿接种 33 粒,每个处理接种 3 皿。25℃ 的恒温箱中暗培养,每隔 2 周更换一次新的培养基。观察愈伤的生长情况,大约 4 周,愈伤组织变得疏松发亮,表明愈伤组织已经成熟,此时再在显微镜下将每块愈伤组织切成均等的两块,分别将其接种到不同的再生培养基上,2 周后观察愈伤组织分化情况,14d 更换一次培养基,4 周后统计最终成苗数。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同培养基对成熟胚愈伤组织诱导与再分化的影响

选取扬麦 158 和 Bobwhite 的饱满健康种子,刮

取成熟胚,分别接种到4种诱导培养基上(表1),每个处理接种90个,愈伤组织诱导率都在97%以上,其中CIM诱导愈伤组织形成的能力较强,达到100%,4种培养基在诱导愈伤形成方面无显著差异,但愈伤状态和生长速度差别很大,在SD2和MS+2mg/L 2,4-D培养基上3d就形成肉眼可见的愈伤组织,2周后愈伤组织直径可达1cm大小,4周时开始出现较为致密的突起,7周时愈伤组织陆续成熟。而在W4和CIM上肉眼可见愈伤组织形成时间至少7d,而且相对于前面2个培养基,其上的愈伤组织生长速率相对较慢,培养2周的愈伤组织直径只能达到0.5cm左右,但是其愈伤状态较为致密,4周时可见大量疏松的胚性愈伤产生,7周时愈伤组织已经完全成熟。将不同诱导培养基上诱导形成的成熟愈伤,在显微镜下一分为二,其中一块接种到再

生培养基MRM上,另一块接种到含5mg/L玉米素的1/2MS再生培养基上,每隔3d观察愈伤成苗情况,在前3d萌发出苗的视为实生苗,2周时愈伤组织开始陆续出现再分化绿苗,4周时统计最终的结果(表1)。表1中,在以CIM为愈伤诱导培养基、1/2MS+5mg/L玉米素为再生培养基的情况下,与其他培养基组合相比,2个品种的再生成苗率都达到最高,其中扬麦158的再生率为25.3%,Bobwhite的再生率为28.3%。因此,该诱导、再生培养基组合被用作品种成熟胚培养能力筛选。而以W4为诱导培养基、MRM为再生培养基的组合,其再生率次之,扬麦158在这个组合上的愈伤再生率为21.4%,Bobwhite为20.8%,表现最差的是SD2/MRM组合,Bobwhite的再生率只有12.2%。

表1 不同的诱导、再生培养基组合上小麦成熟胚愈伤组织诱导和再生情况

Table 1 The callus induction and regeneration of mature embryos in different culture media

诱导培养基 Induction medium	再生培养基 Regeneration medium	品种 Cultivar	接种胚数(个) No. of embryos	诱导愈伤数(个) No. of callus induced	成愈率(%) Fre. of callus induced	再生苗数 No. of plantlet regenerated	再生率(%) Fre. of regeneration
CIM	MRM	扬麦 158	99	99	100.0	15	15.2
		Bobwhite	99	99	100.0	16	16.2
	1/2MS + 5mg/L 玉米素	扬麦 158	99	99	100.0	25	25.3
		Bobwhite	99	99	100.0	28	28.3
W4	MRM	扬麦 158	99	98	99.0	21	21.4
		Bobwhite	99	96	97.0	20	20.8
	1/2MS + 5mg/L 玉米素	扬麦 158	99	98	99.0	18	18.4
		Bobwhite	99	96	97.0	16	16.7
SD2	MRM	扬麦 158	99	96	97.0	16	16.7
		Bobwhite	99	98	99.0	12	12.2
	1/2MS + 5mg/L 玉米素	扬麦 158	99	96	97.0	13	13.5
		Bobwhite	99	98	99.0	15	15.3
MSD2	MRM	扬麦 158	99	99	100.0	14	14.1
		Bobwhite	99	98	99.0	16	16.3
	1/2MS + 5mg/L 玉米素	扬麦 158	99	99	100.0	19	19.2
		Bobwhite	99	98	99.0	17	17.3

再生率 = 产生绿苗的愈伤数/用于再生的愈伤组织个数 × 100%

regeneration frequency = numbers of regenerated callus/callus used for regeneration × 100%

## 2.2 山东优异小麦品种(系)的成熟胚培养能力

通过表2可以得出,包括对照品种在内40个小麦品种(系)的成熟胚在CIM培养基都能形成愈伤组织,愈伤诱导率在不同基因型间差异不明显,其中08B05、08H04、济麦20、聊9514等11个品种愈伤诱导率达到100%,08B10的愈伤诱导率最低,达到

94.4%;但愈伤组织的生长情况在不同基因型间具有明显差异,其中愈伤生长状况达到1级有08H05、荷麦9803、聊9514等3个品种,占参试品种的7.5%,达到2级的有泰山5024、65213、08B08、08H02等4个品种,占参试品种的12.5%,其他品系的愈伤生长状况为3级或以下。08H5、聊9514

的愈伤较大且成熟度高,在培养后期愈伤的个体生长迅速,个别愈伤大小超过普通愈伤的3倍。

不同品系间成熟胚愈伤的再生能力具有明显差异(表2),包括对照品种 Bobwhite 在内共有8个品系的再生率超过10%,分别是08H02、08H05、

08B08、泰麦20-2、泰山5024、聊9514、苜麦9803、Bobwhite,占参试品种的20%,其中08H05的再生率(23.0%)超过了对照品种 Bobwhite(21.3%)。有7个品种没有获得再生苗,占17.5%;再生率在1%到10%之间的品种25个,占62.5%,详见图1。

表2 不同小麦品种的成熟胚愈伤组织诱导与再生情况

Table 2 The callus induction and regeneration of mature embryos in different cultivars

品种 Cultivar	接种胚数 No. of embryos	成愈数 No. of callus induced	愈伤状态 Callus status	愈伤诱导率(%) Fre. of callus induced	再生苗数 No. of plantlet regenerated	再生率(%) Fre. of regeneration
08B01	90	89	四级	98.9	2	2.2
08B02	90	88	四级	97.8	6	6.8
08B03	90	89	三级	98.9	3	3.4
08B04	90	87	五级	96.7	0	0.0
08B05	90	90	五级	100.0	0	0.0
08B06	90	62	四级	68.9	2	3.2
08B07	90	89	五级	98.9	4	4.5
08B08	90	90	二级	100.0	10	11.1
08B09	90	89	五级	98.9	6	6.7
08B10	90	85	四级	94.4	8	9.4
08B11	90	88	四级	97.8	3	3.4
08B12	90	89	三级	98.9	4	4.5
08B13	90	88	三级	97.8	5	5.7
08B14	90	89	四级	98.9	0	0.0
08B15	90	89	四级	98.9	0	0.0
08B16	90	89	五级	98.9	0	0.0
08H01	90	86	五级	95.6	0	0.0
08H02	90	90	二级	100.0	12	13.3
08H03	90	88	五级	97.8	0	0.0
08H04	90	90	四级	100.0	3	3.3
08H05	90	87	一级	96.7	20	23.0
08H06	90	88	五级	97.8	1	1.1
08H07	90	90	四级	100.0	3	3.3
08H08	90	90	三级	100.0	9	10.0
济麦19	90	89	四级	98.9	5	5.6
济麦20	90	90	四级	100.0	5	5.6
济麦22	90	90	三级	100.0	6	6.7
烟农19	90	88	五级	97.8	5	5.7
潍麦8号	90	88	五级	97.8	8	9.1
聊9514	90	90	一级	100.0	15	16.7
苜麦9803	90	88	一级	97.8	17	19.3
泰山5024	90	87	二级	96.7	10	11.5
泰麦20-2	90	90	五级	100.0	10	11.1
良星66	90	89	四级	98.9	6	6.7
淄6135	90	90	四级	100.0	4	4.4
临麦4号	90	88	三级	97.8	4	4.5

续表

品种 Cultivar	接种胚数 No. of embryos	成愈数 No. of callus induced	愈伤状态 Callus status	愈伤诱导率(%) Fre. of callus induced	再生苗数 No. of plantlet regenerated	再生率(%) Fre. of regeneration
芾兴2号	90	88	三级	97.8	3	3.4
临麦6号	90	88	四级	97.8	5	5.7
65213	90	90	二级	100.0	8	8.9
州元187	90	88	五级	97.8	3	3.4
Bobwhite	90	89	一级	98.9	19	21.3

(1) 一级愈伤: 愈伤组织个体大, 组织疏松, 色泽鲜黄或鲜白; 二级愈伤: 愈伤组织个体大, 组织致密, 色泽鲜黄或鲜白; 三级愈伤: 愈伤组织个体大, 组织致密, 色泽乳黄或暗灰; 四级愈伤: 愈伤组织个体小, 组织致密, 色泽乳黄或暗灰; 五级愈伤: 愈伤组织个体小, 组织软粘, 色泽乳黄或暗灰

(2) 愈伤诱导率 = 形成愈伤组织数/接种种子数 × 100%; 成苗率 = 产生绿苗的愈伤数/用于再生的愈伤组织个数 × 100%

(1) Class I: bigger size with loosen structure and fresh - yellow or fresh - white, Class II: bigger size with dense structure and fresh - yellow or fresh - white, Class III: bigger size with dense structure and dark - yellow or dark - grey, Class IV: smaller size with dense structure and dark - yellow or dark - grey, Class V: smaller size with sticky structure and dark - yellow or dark - grey

(2) Induction frequency = Numbers of callus induced/number of embryos × 100%, Regeneration frequency = numbers of regenerated callus/callus used for regeneration × 100%

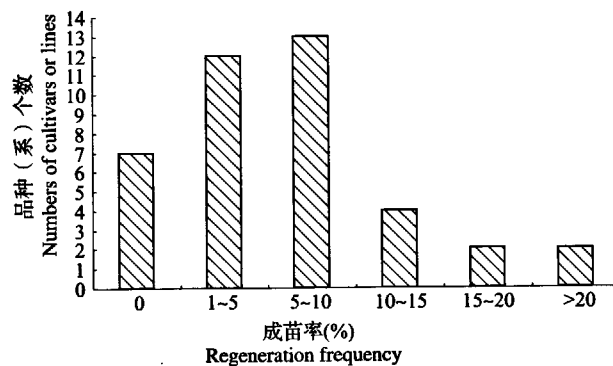


图1 不同成熟胚愈伤组织成苗率的品种数量分布图

Fig. 1 The distribution of cultivars with different regeneration frequency

### 3 讨论

#### 3.1 不同培养基组合对愈伤再生率的影响

本研究使用4种诱导培养基、2种再生培养基, 通过两两组合, 形成8个不同的配方组合。研究结果表明, 同一个品种在不同的诱导培养基上形成愈伤的能力差异不显著, 但形成的愈伤状态差异很大, 究其原因, 可能是因为这些诱导培养基都是在幼胚愈伤组织培养过程中被反复验证的良好配方, 其诱导愈伤组织能力较强, 本研究再次证明这些培养基应用在成熟胚脱分化方面也很成功。而愈伤状态的差异则可能与使用的诱导愈伤组织的激素有关, 在CIM中使用的生长素类物质为麦草畏, 而在其他3种培养基中使用的则是2,4-D, 本研究结果表明, 麦草畏在成熟胚组织脱分化和促进愈伤生长方面比

2,4-D的效果更好。

将同一品种在同一培养基上诱导的愈伤组织一分为二, 分别置于不同的再生培养基上, 避免了因为愈伤生长状态的差异给试验结果带来的影响。本研究使用2种再生培养基, 同一块愈伤在这2种不同培养基上再生成苗率差异显著。以CIM为诱导培养基的扬麦158和Bobwhite, 在1/2MS + 5mg/L玉米素的再生培养基上再生效率分别达到25.3%和28.3%, 而放到再生培养基MRM的另一半其再生效率分别为15.2%和16.2%。但在以W4、SD2和MS + 2mg/L 2,4-D为诱导培养基的前提下, 两种再生培养基的再分化能力差异不是很大。说明诱导培养基和再生培养基的协同作用对于愈伤组织再生非常重要。本研究通过对试验过程的严格控制, 筛选出最佳的成熟胚脱分化与再分化培养基组合CIM与1/2MS + 2mg/L 2,4-D, 为利用小麦成熟胚进行基因转化打下基础。

#### 3.2 小麦成熟胚应用于转基因受体所面临的问题

本研究选择在山东省大面积推广的优良品种和正在参加区域试验的高代材料作为成熟胚培养能力的筛选材料, 在区试材料中发现再生率高于对照Bobwhite的品种1个, 只占供试品种的2.5%, 说明小麦成熟胚培养与幼胚相比, 离应用于转基因受体还有很长一段距离, 需要进一步的探索。本试验所用的对照品种扬麦158和Bobwhite, 其幼胚愈伤组织再生率已经可以达到100%, 对这40个材料的幼胚和幼穗也进行了培养能力研究, 其再生效率80%

的品种占 60%,幼穗培养再生效率达 80% 的品种占 50%,而本研究中最高再生效率才达到 28.3%。也有关于成熟胚再生率达到 80% 的报道,但因为没有采取胚的破碎,诱导的愈伤组织中往往在中间包含萌发点,一旦接种到再生培养基上,3d 之内得到绿苗,而且这些绿苗往往很健壮,此类试验结果的准确性尚需验证。本研究采用刮胚的方法,尽量将成熟胚刮细,并且将实生苗在统计时进行剔除,保证了试验结果的准确性。另外,本研究的再生率计算方式是以产生再生苗的胚数除以接种胚数来计算的,如果一个胚生出多棵苗,仍然算做一个再生事件,而以前的报道多是将再生的所有苗数除以接种胚数,其再生比例必然很高。但是在转基因的过程中,一个胚上再生的所有苗子都算作一个转化事件。因此,本试验的统计再生率的方法较为科学。众所周知,目前基因枪转化小麦的效率在千分之一,农杆菌转化也非常困难,如果愈伤组织本身再生都存在问题,那么用来作转基因受体,其获得阳性植株的机会肯定微乎其微。但是成熟胚具有取材方便、保存周期长等优点,在转基因受体材料的应用方面存在巨大的潜力,因此,探索更好的成熟胚脱分化与再分化体系是成功应用的首要工作,值得我们深入研究。

#### 参考文献

- [1] Bhalla P L. Genetic engineering of wheat-current challenges and opportunities [J]. Trends Biotechnol, 2006, 24 ( 7 ): 305-311
- [2] Ding L P, Li S C, Gao J M, et al. Optimization of *Agrobacterium*-mediated transformation conditions in mature embryos of elite wheat [J]. Mol Biol Rep, 2009, 36: 29-36
- [3] Özgen M, Türet M, Altmok S, et al. Efficient callus induction and plant regeneration from mature embryo culture of winter wheat genotypes [J]. Plant Cell Rep, 1998 ( 18 ): 331-335
- [4] Weeks J T, Koshiyama K Y, Maier-Greiner U, et al. Wheat transformation using cyanamide as a new selective agent [J]. Crop Sci, 2000, 40: 1745-1749
- [5] Mendoza M G, Kaeppler H F. Auxin and sugar effects on callus induction and plant regeneration frequencies from mature embryos of wheat [J]. In Vitro Cell Dev Bio-Plant, 2002, 38: 39-45
- [6] Wang Y L, Xu M X, Yin G X, et al. Transgenic Wheat plants derived from *Agrobacterium*-mediated transformation of mature embryo tissues [J]. Cereal Res Commun, 2009, 37 ( 1 ): 1-12
- [7] Patnaik D, Vishnudasan D, Khurana P. *Agrobacterium*-mediated transformation of mature embryos of *Triticum aestivum* and *Triticum durum* [J]. Curr Sci, 2006, 91 ( 3 ): 307-319
- [8] Delporte F, Mostade O, Jacquemin J M. Plant regeneration through callus initiation from thin mature embryo fragments of wheat [J]. Plant Cell Tissue Organ Cult, 2001, 67: 73-80
- [9] 刘香利, 刘缙, 郭露光, 等. 小麦不同外植体离体培养与再生研究 [J]. 麦类作物学报, 2008, 28 ( 4 ): 568-572
- [10] 陶丽莉, 殷桂香, 叶兴国, 等. 小麦成熟胚组织培养及遗传转化研究进展 [J]. 麦类作物学报, 2008, 28 ( 4 ): 713-718
- [11] 刘芳, 周翠红, 李丽雅, 等. 不同遗传背景小麦成熟胚再生体系的初步研究 [J]. 麦类作物学报, 2010, 30 ( 1 ): 39-42
- [12] Satyavathi V V, Jauhar P P, Elias E M, et al. Effects of growth regulators on in vitro plant regeneration in durum wheat [J]. Crop Sci, 2004, 44: 1839-1846
- [13] Filippov M, Miroshnichenko D, Vernikovskaya D, et al. The effect of auxins, time exposure to auxin and genotypes on somatic embryogenesis from mature embryos of wheat [J]. Plant Cell Tissue Organ Cult, 2006, 84: 213-222
- [14] Bi R M, Kou M, Chen L G, et al. Plant regeneration through callus initiation from mature embryo of *Triticum* [J]. Plant Breed, 2007, 126: 9-12
- [15] 郭晓琳, 张红伟, 刘欣洁, 等. 大麦成熟胚愈伤组织的诱导和植株再生的研究 [J]. 植物遗传资源学报, 2005, 6 ( 4 ): 418-422
- [16] Delporte F, Mostade O, Jacquemin J M. Plant regeneration through callus initiation from thin mature embryo fragments of wheat [J]. Plant Cell Tissue Organ Cult, 2001, 67: 73-80
- [17] Zale J M, Borchardt-Wier H, Kidwell K K, et al. Callus induction and plant regeneration from mature embryos of a diverse set of wheat genotypes [J]. Plant Cell Tissue Organ Cult, 2004, 76: 277-281
- [18] Risacher T, Craze M, Bowden S, et al. Highly efficient *Agrobacterium*-mediated transformation of wheat via *in planta* inoculation [J]. Methods Mol Biol, 2009, 478: 115-124

### 欢迎订阅 2012 年《中国糖料》

《中国糖料》为中国农业科学院甜菜研究所主办,广西壮族自治区甘蔗研究所和云南省农业科学院甘蔗研究所协办的中国科技核心期刊,主要报道甜菜、甘蔗、甜叶菊、甜高粱等糖料作物的育种、良种繁育、耕作栽培、病虫害防治、生物技术等方面的研究成果、先进实用的高产栽培技术及国内外科研、生产动态等。

季刊,定价为 6.00 元。邮发代号:14-69,全国各地邮局(所)均可订阅。

地址:(150080)黑龙江省哈尔滨市南岗区学府路 74 号 黑龙江大学 195 信箱

电话:0451-86609497,联系人:姜淑芬;E-mail:sugarcrop@163.com

### 欢迎订阅 2012 年《玉米科学》

《玉米科学》1992 创刊,由吉林省农业科学院主办。我国唯一的玉米专业学术期刊,2004 年入选中文核心期刊。主要报道:遗传育种、品种资源、耕作栽培、生理生化、生物工程、土壤肥料、专家论坛、国内外玉米科研动态、新品种信息等方面的内容。

双月刊,定价 15 元,全年 90 元。邮发代号:12-137,全国各地邮局(所)均可订阅。

地址:(130033)吉林省长春市彩宇大街 1363 号;电话:0431-87063137; E-mail:ymlx@cjaas.com

# 山东优异小麦品种(系)的成熟胚培养能力研究

作者: [王振东](#), [孟鹏](#), [高洁](#), [郭凤芝](#), [李玉莲](#), [樊庆琦](#), [黄承彦](#), [李根英](#), [WANG Zhen-dong](#), [MENG Peng](#), [GAO Jie](#), [GUO Feng-zhi](#), [LI Yu-lian](#), [FAN Qing-qi](#), [HUANG Cheng-yan](#), [LI Gen-ying](#)

作者单位: [王振东, WANG Zhen-dong\(沈阳农业大学生物科学技术学院, 沈阳, 110161\)](#), [孟鹏, MENG Peng\(沈阳农业大学生物科学技术学院, 沈阳110161; 山东省农业科学院作物研究所, 济南250001\)](#), [高洁, 郭凤芝, 李玉莲, 樊庆琦, 黄承彦, 李根英, GAO Jie, GUO Feng-zhi, LI Yu-lian, FAN Qing-qi, HUANG Cheng-yan, LI Gen-ying\(山东省农业科学院作物研究所, 济南, 250001\)](#)

刊名: [植物遗传资源学报](#) 

英文刊名: [Journal of Plant Genetic Resources](#)

年, 卷(期): 2011, 12(6)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_zwyczyxb201106025.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zwyczyxb201106025.aspx)