

影响甘啤 5 号大麦幼胚愈伤组织诱导及植株再生的因素研究

张正英¹, 李静雯²

(1. 甘肃省农业科学院作物研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省农业科学院生物技术研究所, 甘肃兰州 730070)

摘要: 以幼胚为外植体, 观察激素、培养基等对甘啤 5 号啤酒大麦出愈率、分化率及绿苗率的影响。结果表明, 在愈伤诱导过程中, 诱导培养基 CIM2(MS+1.25 mg/L CuSO₄+1.00 mg/L VB₁+250.00 mg/L 肌醇+690.00 mg/L 脯氨酸+1 g/L 水解酪蛋白+187.50 mg/L 谷氨酰胺+25.00 mg/L 天门冬酰胺+2.00 mg/L 2, 4-D+0.50 mg/L dicamba) 出愈率最高(88.4%), CIM1(MS+1.25 mg/L CuSO₄+1.00 mg/L VB₁+250.00 mg/L 肌醇+690.00 mg/L 脯氨酸+1 g/L 水解酪蛋白+2.50 mg/L dicamba) 与 CIM2 上形成的愈伤质量优于 CIM3(MS+1.25 mg/L CuSO₄+1.00 mg/L VB₁+250.00 mg/L 肌醇+690.00 mg/L 脯氨酸+1 g/L 水解酪蛋白+3.00 mg/L 2, 4-D); 相同培养基中, dicamba 对甘啤 5 号的出愈率的作用优于 2, 4-D。不同分化培养基的分化效率不同, DCM1 的分化率高(45.8%), 优于 DCM2。甘啤 5 号的幼胚愈伤组织诱导频率及绿苗分化率均较高, 可作为啤酒大麦遗传转化的受体材料。

关键词: 甘啤 5 号; 啤酒大麦; 幼胚; 愈伤诱导; 植株再生

中图分类号: S512.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2018)10-0005-05

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2018.10.003](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2018.10.003)

大麦是世界上主要的粮食、酿酒原料和饲料作物^[1]。利用转基因和基因编辑等现代生物技术

将成为优质高产专用大麦新品种培育的有效途径, 而建立高效的组织培养再生体系是其重要的基础

收稿日期: 2018-04-08

基金项目: 国家自然科学基金地区基金“啤酒大麦转基因技术及籽粒蛋白质遗传表达调控研究”(31460350); 国家自然科学基金地区基金“低醇溶蛋白转基因大麦耐受高氮肥的分子机理”(31660391)。

作者简介: 张正英(1964—), 男, 甘肃榆中人, 研究员, 硕士, 主要从事农业生物技术研究工作。Email: kegc8@sina.com。

7.2 适时播种, 合理密植

一般在 4 月下旬至 5 月上旬播种比较适宜, 足墒播种深度 3~5 cm。采用宽窄行播种, 株距 35~40 cm, 窄行 60 cm, 宽行 80 cm, 保苗 39 000~42 000 株/hm²。

7.3 科学施肥, 合理灌水

结合整地, 深施底肥, 一般施复合肥 300 kg/hm²、磷酸二铵 300 kg/hm²、硫酸钾 150 kg/hm²、硼砂 7.5~15.0 kg/hm² 作为基肥, 现蕾期结合灌水追施尿素 75 kg/hm²。适当推迟灌水可蹲苗, 现蕾开花期保证水分供应, 成熟期减少灌水以防倒伏, 全生育期灌水 2~3 次。

7.4 适时中耕锄草

及时间定苗, 尽量保持土壤疏松, 田间无杂草, 生育期一般中耕锄草 2~3 次。在病虫害多发地区, 要及时防治病虫害, 苗期可用 48% 毒死蜱乳油 750 mL/hm² 对水 50 L, 灌于根部或喷于土表防治地老虎、蝼蛄、金针虫等害虫。

7.5 适时收获

当花盘背部及苞叶变黄、下部叶片干枯、籽粒变硬(含水率低于 12%)时即可收获。收获后及时脱粒晾晒, 保证其质量和商品性, 防止霉烂造成损失。

参考文献:

- [1] 白玉生, 卯旭辉, 何正伟. 油葵杂交种 GK9702 选育报告[J]. 甘肃农业科技, 2000(6): 15-16.
- [2] 卯旭辉. 油葵杂交种 LG9023R 高产栽培技术[J]. 种子科技, 2007(6): 65-66
- [3] 卯旭辉, 陈炳东, 葛玉彬, 等. 高产优质油葵杂交种陇葵杂 2 号选育[J]. 中国种业, 2012(4): 52-53.
- [4] 卯旭辉, 冯海, 贾秀苹, 等. 优质丰产食用向日葵杂交种 GKS09-2 的选育[J]. 中国种业, 2013(7): 78-79.
- [5] 甘肃省农村年鉴编委会. 甘肃农村年鉴[J]. 北京: 中国统计出版社, 2017: 11.

(本文责编: 陈珩)

工作。大麦是开展遗传转化较早的单子叶作物, 已有研究表明, 基因型是影响大麦组培再生的重要因素, 不同基因型再生能力差异很大, 大部分品种难以通过组织培养获得再生植株^[2]; 外植体的不同对大麦再生能力也有很大影响。国内外相继开展了通过幼胚、成熟胚、幼穗或顶端分生组织等不同外植体建立大麦植株再生体系的研究, 结果表明, 幼胚具有较好的培养再生能力, 是建立大麦遗传转化体系最适宜的外植体; 成熟胚作为外植体具有取材方便、数量大、保存期长等优点, 能极大地方便转基因技术的应用, 以成熟胚为外植体建立高效的再生体系的研究受到重视。

以幼胚和成熟胚为外植体的植株再生体系因受基因型和激素类型等的影响, 存在着诱导分化率低等诸多问题, 目前多数大麦转基因工作只能在一些模式品种上进行, 而这些模式品种已不再是生产中的主推品种, 甚至不是理想的亲本材料, 极大地限制了转基因技术在大麦育种上的应用效果。甘啤 5 号是甘肃省农业科学院选育的二棱皮大麦啤酒酿制专用品种, 具有早熟、抗倒伏、抗干旱、耐盐碱、抗干热风 and 抗条纹病等优良性状, 种皮薄、粒径大、千粒重高、发芽势强, 属优质高产广适性啤酒大麦品种, 有良好的推广应用前景, 在甘肃、云南等省区种植面积较大^[3-7]。我们对影响甘啤 5 号幼胚和成熟胚愈伤组织诱导及植株再生培养的影响因素进行了研究, 试图建立适宜甘啤 5 号特定基因型的高效再生体系, 为啤酒大麦遗传转化和品质改良等分子育种研究奠定基础。

1 材料和方法

1.1 供试材料

供试大麦品种为甘啤 5 号、Golden promise、

Schooner, 其中甘啤 5 号种子由甘肃省农业科学院啤酒大麦育种课题组提供, Golden promise、Schooner 由英国 JIC 提供。

1.2 培养基

试验所用培养基共 4 类, 即愈伤诱导培养基(CIM)、继代培养基(CSM)、分化培养基(DCM)和生根培养基(RCM)。各种培养基成分见表 1。所有培养基加入 30 g/L 麦芽糖和 4.2 g/L 琼脂粉, 调 pH 至 5.8, 于 121 °C、0.1 MPa 压力下高压蒸汽灭菌 20 min。

1.3 试验方法

大麦种子播种于大田, 密切观察生长发育情况, 开花后 12~14 d 从田间采幼穗剥取幼胚。其他田间管理与一般大田相同。

1.4 取材及组织培养方法

1.4.1 取材及灭菌 大麦开花后 12~14 d(幼胚长约 1.0~1.5 mm) 时剪下幼穗, 剥出籽粒, 用 70% 的酒精表面消毒 1 min, 再用 0.1% 的升汞(HgCl₂) 消毒 8 min, 无菌水冲洗 3~4 次。

1.4.2 幼胚处理及脱分化培养 在超净工作上用镊子剥取幼胚, 剥去胚轴后盾片朝上接种于 3 种愈伤组织诱导培养基, 每个直径 9 cm 的培养皿接入 40~50 枚幼胚, 3 次重复, 在 25 °C 下暗培养。

1.4.3 愈伤组织的继代与分化培养 将出愈的愈伤组织转接到继代培养基上, 每 14 d 继代 1 次, 培养条件同上。将诱导出的愈伤组织转移至分化培养基 DCM 1 或 DCM 2 上, 在人工培养箱中于 24 °C、3 000 lx 白光下, 12 h 光照、12 h 黑暗培养。

1.4.4 再生苗的生根培养及移栽 分化再生苗长至 2~3 cm 时, 将其转移至生根培养基上进行生根培养, 在 25 °C 光培养 4~5 d。待生成新根, 试

表 1 甘啤 5 号幼胚组织培养和再生培养基成分

培养基种类	编号	培养基成分
诱导培养基 CIM	CIM 1	MS + 1.25 mg/L CuSO ₄ + 1.00 mg/L VB ₁ + 250.00 mg/L 肌醇 + 690.00 mg/L 脯氨酸 + 1 g/L 水解酪蛋白 + 2.50 mg/L dicamba
	CIM 2	MS + 1.25 mg/L CuSO ₄ + 1.00 mg/L VB ₁ + 250.00 mg/L 肌醇 + 690.00 mg/L 脯氨酸 + 1 g/L 水解酪蛋白 + 187.50 mg/L 谷氨酰胺 + 25.00 mg/L 天门冬酰胺 + 2.00 mg/L 2, 4-D + 0.50 mg/L dicamba
	CIM 3	MS + 1.25 mg/L CuSO ₄ + 1.00 mg/L VB ₁ + 250.00 mg/L 肌醇 + 690.00 mg/L 脯氨酸 + 1 g/L 水解酪蛋白 + 3.00 mg/L 2, 4-D
继代培养基 CSM	CSM	MS + 1.25 mg/L CuSO ₄ + 1.00 mg/L VB ₁ + 250.00 mg/L 肌醇 + 690.00 mg/L 脯氨酸 + 1 g/L 水解酪蛋白 + 0.50 mg/L dicamba
分化培养基 DCM	DCM 1	MS + 3.00 mg/L BAP + 0.50 mg/L NAA
	DCM 2	MS + 2.00 mg/L BAP
生根培养基 RCM	RCM	1/2 MS + 0.50 mg/L NAA

管苗长出 3 叶 1 心后，室内打开瓶口，炼苗 2~3 d。冲洗干净根部的培养基，将苗移栽到装有营养土(蛭石与大田土按质量比 1:1 配制)的营养钵中。长出 1 片心叶后带基质移栽至大田。

1.5 统计与分析

幼胚接种于愈伤组织诱导培养基 21 d 后，统计不同品种的愈伤组织诱导率，并以愈伤组织的大小和表现(色泽，紧实度以及胚性区域比例)来判断其质量。良好的愈伤组织色泽光亮，淡黄，爽脆，质地紧密，表面有瘤状突起。分化培养 28 d 后，统计绿苗分化率。

出愈率=(诱导出愈伤组织的外植体数/接种的外植体数)×100%

绿苗率=(分化出绿苗数/接种的愈伤组织数)×100%

2 结果与分析

2.1 激素对幼胚愈伤组织诱导的影响

高的愈伤组织诱导率是大麦植株再生的必要前提，不同激素种类对不同大麦基因型幼胚愈伤组织诱导效果不同。通过表 2 可以看出，甘啤 5 号在 3 种诱导培养基上均能形成愈伤组织，但诱导率有明显差异，愈伤组织质量也不同。甘啤 5 号在诱导培养基 CIM1 和 CIM2 上形成的愈伤组织颜色淡黄、质地紧密，颗粒状的胚性愈伤多，且生长较快，说明 dicamba 对甘啤 5 号愈伤组织的形成有显著的正效应，其效果优于 2, 4-D。不同激素培养基对甘啤 5 号的诱导效果由大到小依次为 dicamba + 2, 4-D (88.36%)、dicamba (49.31%)、2, 4-D (35.19%)。同时也表明，已知培养特性良好的大麦基因型 Golden promise 和 Schooner 无论在 2, 4-D 或 dicamba 单独或者联用的情况下均表现

表 2 3 种诱导培养基对大麦幼胚愈伤组织诱导的影响

诱导培养基 CIM	基因型	外植体数 /个	出愈外植体数 /个	出愈率 /%	愈伤质量 ^①
CIM1	甘啤5号	217	107	49.31	+++
	Golden promise	76	73	96.05	+++
	Schooner	61	61	100	+++
CIM2	甘啤5号	66	57	88.36	+++
	Golden promise	49	48	97.96	+++
	Schooner	93	93	100	+++
CIM3	甘啤5号	108	38	35.19	+++
	Golden promise	56	55	98.21	+++
	Schooner	71	71	100	+++

①：+++表示愈伤质量最好，+++表示愈伤质量次之，++表示愈伤质量较差。

出很高的愈伤组织诱导率，且差异不明显。同时发现，dicamba 对愈伤组织的质量有明显影响，形成的愈伤组织色泽光亮，质地紧密，颗粒状的胚性愈伤多。

2.2 基因型对幼胚愈伤组织诱导的影响

从表 3 可以看出，甘啤 5 号的出愈率为 57% 左右，明显低于 Golden Promise、Schooner 97% 以上的出愈率，3 个品种之间的幼胚愈伤组织诱导效果相差很大，再一次证实愈伤组织的诱导是由基因控制的可遗传性状。甘啤 5 号的幼胚愈伤组织诱导效果虽然低于 Golden Promise 和 Schooner，但出愈率也达到了 50% 以上，也表现出较好的培养特性，可以应用于一般遗传转化试验。

表 3 基因型对大麦幼胚愈伤组织诱导的影响

品种	外植体数 /个	出愈外植体数 /个	出愈率 /%
甘啤5号	391	202	57.62
Golden Promise	181	176	97.41
Schooner	225	225	100

2.3 基因型对幼胚愈伤组织分化的影响

将幼胚愈伤转入分化培养基 14 d 后，一些淡黄色的愈伤组织表面渐渐长出绿原基，其中一部分能继续分化形成绿苗，生长发育成植株；而另一些则只能生根，难以继续分化成苗。不同大麦基因型分化能力不同(图1)，Golden Promise 与甘啤 5 号在 DCM1 上的分化率分别为 93.6% 与 45.8%，Golden promise 的分化率明显高于甘啤 5 号，可见大麦幼胚诱导的愈伤组织分化成苗具有较强的品种特异性。Golden Promise 在 DCM1、DCM2 不同分化培养基上的分化率差异不大。甘啤 5 号、Schooner 2 个品种在 DCM1 上的分化率明显高于 DCM2，说明除基因型对植株再生起重要作用外，分化培养基中添加不同激素也对植株再生产

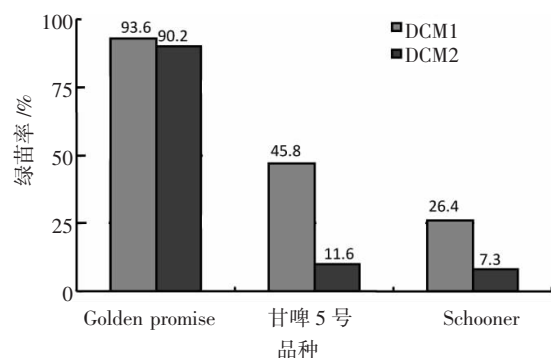


图 1 不同分化培养基对大麦幼胚愈伤组织分化的影响

生重要影响。

2.4 生根培养及移栽

3 种基因型在不同分化培养基上得到的再生苗生长情况基本一致, 在生根培养基上培养都能产生根系, 炼苗移栽后生长差异不大。

3 小结与讨论

本研究表明, 基因型无论在幼胚愈伤组织的诱导培养还是幼胚愈伤组织的分化培养中起着主导作用, 不同基因型的诱导率与分化率相差很大, 同一基因型的诱导培养与分化培养表现也并不总是一致。在脱分化培养中, Golden Promise 和 Schooner 的愈伤组织诱导率均很高, 对不同激素培养基的反应差别不大。而甘啤 5 号愈伤组织诱导率低于 Golden Promise 和 Schooner 的诱导率, 且 dicamba 的诱导效果明显优于 2, 4-D 的诱导效果。在愈伤组织分化培养中, 3 个基因型在分化培养基上的反应基本一致, 即在同时加入 6-苄基腺嘌呤和萘乙酸的培养基的分化培养效果优于在只加入 6-苄基腺嘌呤的培养基上的效果。但 Golden Promise 依然保持了良好的分化培养特性, 而 Schooner 的表现甚至不如甘啤 5 号。从总体结果来看, 甘啤 5 号在脱分化培养和愈伤组织分化培养中表现出较好的培养特性, 说明本试验设计的愈伤组织诱导培养基和愈伤组织分化培养基适合甘啤 5 号的培养, 对以甘啤 5 号幼胚为外植体的遗传转化体系的建立奠定了基础。

dicamba 是禾谷类作物愈伤组织诱导培养基中使用较为广泛的一种激素。Castillo 等^[8]的研究表明, 相对 2, 4-D 而言, dicamba 利于胚性愈伤组织的诱导和维持以及提高愈伤组织分化潜能。本研究同样表明 dicamba 对大麦愈伤组织的诱导效果优于 2, 4-D, 尽管不同基因型的反应有所不同。

在 Dahleen^[9]和李会勇等^[10]研究表明, 在诱导培养基中提高 Cu^{2+} 浓度明显提高愈率和再生率, 对啤酒大麦胚性愈伤组织的形成有明显的促进作用。一些关于小麦组织培养的研究同样表明提高 Cu^{2+} 浓度明显提高绿苗再生率。Purnhauser^[11]在 6 种不同 Cu^{2+} 含量的培养基中进行了再生试验, 结果表明在培养基中增加 Cu^{2+} 含量, 植株再生率最高可提高 8 倍; Purnhauser 等^[12]研究表明, CuSO_4 显著地增强了小麦分化绿苗的能力, 还能刺激根系的形成; AgNO_3 虽能促进绿苗分化, 却抑制了小麦根系的形成。

Nuutila 等^[13]研究表明, 胚性愈伤组织形成的早期对有机氮的要求较高, 这很可能与水解酪蛋白、脯氨酸、谷氨酰胺等能够显著增加胚性细胞生成比例有关, 氮的组成和 Cu^{2+} 浓度对大麦再生效率的影响是明显的, 通过优化这些因素能够改进大麦的再生效率和降低白化苗比例。邢莉萍等^[14]在小麦幼胚培养中添加水解酪蛋白、谷氨酰胺等, 获得良好的培养效果。本试验在幼胚愈伤组织诱导培养基中增加了 CuSO_4 用量, 添加了谷氨酰胺和天门冬酰胺, 发现愈伤组织的诱导率明显较高, 且形成的胚性愈伤组织也较多, 明显提高了绿苗分化率。总之, 本研究证明甘啤 5 号幼胚愈伤组织出愈率及分化率都较高, 可作为大麦遗传转化的受体。

参考文献:

- [1] 徐银萍, 潘永东, 包奇军, 等. 啤酒大麦新品种甘啤 7 号选育报告[J]. 甘肃农业科技, 2017(6): 8-11.
- [2] 任江萍. 大麦幼胚离体培养条件的建立[J]. 麦类作物学报, 2005, 25(6): 25-28.
- [3] 包奇军, 柳小宁, 张华瑜, 等. NaCl 与 $\text{NaHCO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ 对不同基因型啤酒大麦萌发期胁迫效应的比较[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(10): 92-95.
- [4] 包奇军. 早熟抗旱啤酒大麦甘啤 5 号丰产性稳产性适应性及品质分析[J]. 农业科技通讯, 2011(11): 56-58.
- [5] 杨春利, 周红艳, 徐宁, 等. 昆明地区啤酒大麦甘啤 5 号的应用推广[J]. 农业科技通讯, 2014(7): 282-283.
- [6] 徐银萍, 潘永东, 方彦杰, 等. 甘啤系列 7 个啤酒大麦品种在武威市的比较试验初报[J]. 甘肃农业科技, 2014(1): 6-8.
- [7] 包奇军, 潘永东, 张华瑜, 等. 早熟、抗旱啤酒大麦新品种—甘啤 5 号[J]. 麦类作物学报, 2008, 28(3): 542.
- [8] CASTILLO A M, EGANA, B, SANZ, *et al.* Somatic embryogenesis and plant regeneration from barley cultivars grown in Spain[J]. Plant Cell Reports. 1998, 17(11): 902-906.
- [9] DAHLEEN L S. Improved plant regeneration from barley callus cultures by increased copper levels[J]. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 1995, 43(3): 267-269.
- [10] 李会勇. Cu^{2+} 浓度对啤酒大麦幼胚组织培养与植株再生的影响[J]. 麦类作物学报, 2003, 23(2): 27-29.
- [11] PURNHAUSER L. Stimulation of shoot and root regeneration in wheat (*Triticum aestivum*) callus cultures by copper[J]. Cereal Research Communication, 1991(19):

油用向日葵杂交种陇葵杂5号选育报告

贾秀苹, 卯旭辉, 梁根生, 王兴珍

(甘肃省农业科学院作物研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 油用向日葵杂交种陇葵杂5号是以y07m4A为不育系、y07m4B为保持系、y08-431R为恢复系, 选育而成的三系杂交种。在2014—2015年的甘肃省油用向日葵2 a 10点(次)区域试验中, 陇葵杂5号9点(次)增产, 1点(次)减产, 平均折合产量4 185.15 kg/hm², 较对照品种陇葵杂2号增产7.5%, 生长势强、整齐度好、稳产性好、丰产性突出, 籽实脂肪酸含量47.19 g/kg, 粗蛋白含量19.02 g/kg, 品质优良。适宜在平凉、白银、张掖、武威等市及同类地区种植。

关键词: 油用向日葵; 杂交种; 陇葵杂5号; 选育

中图分类号: S565.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2018)10-0009-03

doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2018.10.004

Report on Breeding of Oil Sunflower Hybrid Longkuiza 5

JIA Xiuping, MAO Xuhui, LIANG Gensheng, WANG Xingzheng

(Institute of Crops, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: Longkuiza 5 is an oil sunflower hybrid, bred by three-line hybridization with y07m4A, y07m4B, y08-431R as the three parents. In 2014—2015, the average yield of Longkuiza 5 in 2 a 10 sites (times) was 4 185.15 kg/hm², 7.5% higher than that of control cultivar Longkuiza 2 in Regional Test of Gansu Province, 9 points increased and 1 point reduced. This cultivar has a strong growth potential, with good uniformity, stability high yield and quality. The fatty acid content was 47.19%, protein content was 19.02%. It is suitable to be grown in Pingliang, Baiyin, Zhangye, Wuwei and the similar area.

Key words: Sunflower; Hybrids; Longkuiza 5; Breeding

向日葵(*Helianthus annuus* L.)是一年生菊科植物, 是当今世界第二大油料作物^[1]。有40多个国家种植, 主要生产国有俄罗斯、阿根廷、美国、中国、西班牙、土耳其、罗马尼亚和法国, 16世纪末传入我国。我国向日葵杂种优势利用的研究开始于1974、1977年吉林省白城农业科学院育成了向日葵细胞质雄性不育系74102-4A及保持系74102-4B以及恢复系矮113, 实现了油葵杂交种

的三系配套, 为我国向日葵杂种优势利用研究的进一步提高奠定了基础^[2]。向日葵分为油用型(简称油葵)与食用型(简称食葵)两种。油葵是营养价值和经济价值较高的新型油料作物, 具有较好的抗旱、抗盐碱、耐瘠薄等优良特性, 是干旱与半干旱地区重要油料作物和节水作物。油葵的生长对土壤要求不严, 对盐碱有较强的抗性, 被誉为盐渍土上先锋作物的美称^[3-6], 是生物治理盐碱

收稿日期: 2018-07-03

基金项目: 国家自然科学基金地区基金(31360343); 国家向日葵现代产业技术体系(CARS-16); 特色油料产业技术体系建设项目(CARS-14-2-22); 甘肃特色作物产业技术体系项目; 甘肃省科技支撑计划项目(1011NKCA080); 甘肃省农业科学院科研条件建设及成果转化项目(2016GAAS35)部分内容。

作者简介: 贾秀苹(1976—), 女, 甘肃会宁人, 副研究员, 硕士, 主要从事向日葵遗传育种研究。联系电话: (0)13919062480。Email: gsjxp666@163.com。

419-423.

[12] PURNHAUSER L, GYULAI G. Effect of copper on shoot and root regeneration in wheat, triticale, rape and tobacco tissue cultures[J]. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 1993, 35(2): 131-139.

[13] NUUTILA A M, H M L INEN J, MANNONEN L. Optimization of media nitrogen and copper concentrations

for regeneration of green plants from polyembryonic cultures of barley (*Hordeum vulgare* L.)[J]. Plant Science, 2000(151): 85-92.

[14] 邢莉萍, 王华忠, 蒋正宁, 等. 小麦幼胚再生培养体系优化及优良转化受体基因型的筛选[J]. 麦类作物学报, 2008, 28(2): 187-192.

(本文责编: 陈 伟)