

灰绿藜愈伤组织的诱导·继代及植株再生研究

蒋刚强, 黄玲, 窦辉 (新疆出入境检验检疫局技术中心, 新疆乌鲁木齐 830063)

摘要 [目的]通过诱导愈伤组织分化,建立灰绿藜植株再生方法。[方法]以灰绿藜茎和叶为材料,研究不同种类、不同浓度的植物生长调节剂对灰绿藜愈伤组织诱导和继代、不定芽分化及再生植株生根与移栽的影响。[结果]NAA、2,4-D、IAA在单独使用时,一定浓度范围内均有愈伤组织产生,利用不同的外植体,最佳的诱导组合培养基分别是茎为MS+NAA 4.0 mg/L+6-BA 0.5 mg/L,叶为MS+2,4-D 4.0 mg/L+6-BA 0.2 mg/L,光照有利于愈伤组织的诱导。在优化灰绿藜愈伤组织继代培养条件时,发现5.0 mg/L的抗坏血酸(V_c)对于灰绿藜愈伤组织的褐变有良好的抑制作用,继代培养基中较好的组合为MS+2,4-D 0.5 mg/L+6-BA 0.5 mg/L。愈伤组织不定芽分化培养基为MS+6-BA 2.0 mg/L+NAA 0.05 mg/L,根分化的培养基为1/2 MS+NAA 0.2 mg/L。[结论]该研究为灰绿藜组织培养中适宜的培养基选择提供了科学依据。

关键词 灰绿藜;愈伤组织诱导;继代培养;植株再生

中图分类号 S603.6 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2009)29-14184-04

Study on the Callus Induction, Subculture and Plant Regeneration of *Chenopodium glaucum* Linn

JIANG Gang-qiang et al (Technical Center, Xinjiang Entry-exit Inspection and Quarantine Bureau, Urumqi, Xinjiang 830063)

Abstract [Objective] The research aimed to study callus induction of *Chenopodium glaucum*. [Method] Taking the stems and leaves of *C. glaucum* as materials, the effects of different kinds and concentrations of plant growth regulator on the callus induction, subculture, adventitious bud differentiation and the rooting and transplanting of regenerated plants of *C. glaucum* were studied. [Result] The results showed that the best callus induction medium was MS medium with NAA 4.0 mg/L+6-BA 0.5 mg/L for the stem and MS with 2,4-D 4.0 mg/L+6-BA 0.2 mg/L for the leaf respectively. The calli were induced more efficiently by light treatment than dark. Then callus subculture was optimized, that is cultured with the addition of V_c 5.0 mg/L, 2,4-D 0.5 mg/L+6-BA 0.5 mg/L, and the callus could inhibit browning effectively with V_c after continuous subculture. The MS medium with 6-BA 2.0 mg/L+NAA 0.05 mg/L was preferable for inducing adventitious shoot. And the 1/2 MS medium with NAA 0.2 mg/L was suitable for the root differentiation. [Conclusion] This study will provide the scientific reference for choosing the feasible medium in tissue culture of *Chenopodium glaucum*.

Key words *Chenopodium glaucum* Linn.; Callus induction; Subculture; Plantlet regeneration

灰绿藜(*Chenopodium glaucum* Linn.)是藜科植物中适应盐碱生境为数不多的先锋植物之一,具有重要的经济价值和生态价值。在盐碱地种植灰绿藜可降低土壤含盐量,增加土壤的有机质,具有明显改良土壤性质的功效^[1]。研究灰绿藜对各种盐碱环境的生态适应特征,对改良盐碱环境有重要意义。关于灰绿藜种子重量、萌发特性与环境适应关系、营养器官抗旱、抗盐结构特征及盐胁迫下叶绿体与叶片光合特性变化等已有研究报道^[2-9]。李金耀、蔡伦等还对灰绿藜等藜科盐生植物中与耐盐相关的NHX基因进行了初步研究^[10-11]。但要全面了解灰绿藜的耐盐机制,需深入探讨灰绿藜细胞水平上耐盐的生理生化特性和分子机理,因此需要灰绿藜旺盛生长的细胞群,即愈伤组织。笔者以灰绿藜的茎和叶作为外植体诱导愈伤组织,优化继代与分化的条件,获得了灰绿藜的再生植株,不仅为研究灰绿藜细胞水平上的耐盐机理提供了材料保障,也为发现灰绿藜耐盐新功能基因奠定了基础。

1 材料与方法

1.1 材料 灰绿藜种子采自新疆五家渠北沙窝干旱盐碱地。

1.2 方法

1.2.1 无菌苗的培养。灰绿藜种子用70%乙醇消毒30 s后,再用0.1%(W/V)的HgCl₂消毒3 min或用10%次氯酸钠消毒8 min,然后用无菌水冲洗5~6遍,接种于MS基本培养基中(pH值6.0),置培养室中培养7 d,以获得无菌苗。光照培养条件为:光照16 h/d,光照强度为1 500~2 000 lx(以

下均同),温度为25℃。

1.2.2 灰绿藜愈伤组织的诱导。将培养7 d的无菌苗的茎和叶分别剪成长约0.5 cm的切段,接种于附加有不同激素的MS固体培养基上,试验设单种激素诱导和激素组合诱导两类处理,分别在单种激素诱导和激素组合诱导处理中设置光照培养和暗培养对比试验,培养温度无论光照培养或暗培养均为25℃(以下均同)。20 d后统计诱导率,并记录愈伤组织的颜色、质地及生长状况。按下列公式计算诱导率:

$$\text{诱导率} = (\text{形成愈伤组织的外植体数} / \text{接种的总外植体数}) \times 100\%$$

1.2.3 灰绿藜愈伤组织的继代培养以及培养基优化。诱导出的愈伤组织每14 d转接1次继续培养,试验设激素组合优化和添加抗氧化剂两类处理。将愈伤组织接种于不同的处理培养基中,光照培养,20 d后统计鲜重增长率,并记录愈伤组织的褐化程度、质地及生长状况。

1.2.4 灰绿藜愈伤组织诱导分化。将继代3次以上生长一致的愈伤组织接种到不同的分化培养基,分化培养基为6-BA与NAA,6-BA与TDZ的组合,接种后30 d统计绿苗分化率。

1.2.5 灰绿藜再生植株的生根与移栽。将从分化培养基中长出的小苗取出,切去基部的愈伤,将其剩余部分转接入生根培养基中。生根培养基为1/2 MS附加不同浓度的NAA。当苗的根长到一定长度时,从培养瓶中取出,洗去根部培养基,移入蛭石和腐殖土(1:2)混合的基质中,保湿遮阴。

2 结果与分析

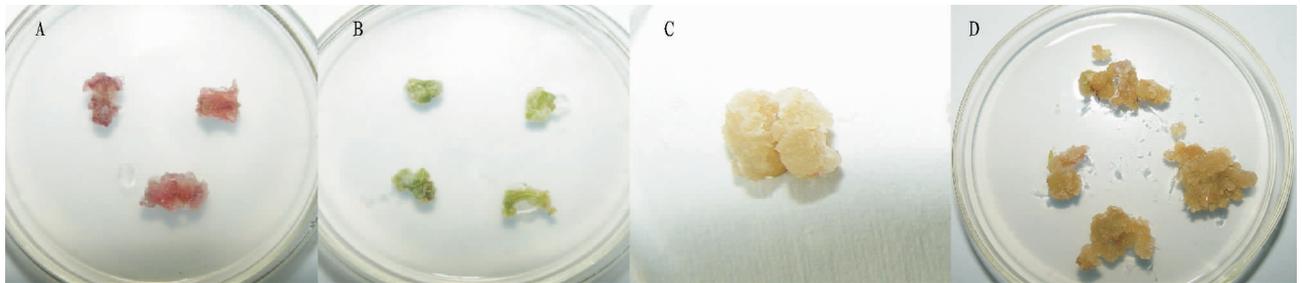
2.1 植物激素对灰绿藜愈伤组织诱导的影响 该试验单独或组合使用NAA、2,4-D、IAA和6-BA共4种植物激素,附加在MS基本培养基上,光照培养,20 d后观察统计的结果如下:

作者简介 蒋刚强(1982-),男,山东巨野人,硕士,工程师,从事分子生物学研究。

收稿日期 2009-06-18

2.1.1 NAA 的效应。不同浓度的 NAA 对灰绿藜愈伤组织的诱导及生长势的影响见表 1, 单独使用 NAA 时, 各梯度均以茎的诱导率高于叶片, 茎的生长势也较好。表明 NAA 更适合用于诱导茎的愈伤, 其中以浓度为 2.0 mg/L 时的诱导率最高, 生长势亦最好。此组诱导出的愈伤组织颜色为褐红色(图 1A), 结构较疏松, 并且随着时间的延长从愈伤组织生长处有白色细弱的不定根长出。叶片只有周缘有少量绿色愈伤, 结构紧密, 生长缓慢。

2.1.2 2,4-D 的效应。由表 2 可知, 单独使用 2,4-D 时, 灰绿藜茎各梯度诱导率相差不大, 愈伤组织颜色为褐红色, 结构疏松, 生长较慢。叶愈伤组织诱导率以浓度为 4.0 mg/L 时最高, 愈伤组织颜色为黄绿色(图 1B), 结构较紧密, 生长迅速。总的来说, 茎、叶对 2,4-D 敏感度相似, 诱导率差别不大。



注: A, 茎诱导的愈伤; B, 叶诱导的愈伤; C, 黑暗培养的黄白色愈伤; D, 褐化的愈伤。

Note: A, Callus from the stem; B, Callus from the leaf; C, Callus in dark conditions; D, Browning callus.

图 1 灰绿藜的愈伤组织

Fig. 1 Different callus of *Chenopodium glaucum*

表 2 不同浓度 2,4-D 对愈伤组织诱导率及生长势的影响

Table 2 Effects of different concentrations of 2,4-D on the callus induction ratio and growth vigor

2,4-D 浓度 // mg/L 2,4-D concentration	诱导率 Induction rate // %		生长势 Growth vigor	
	茎 Stem	叶 Leaves	茎 Stem	叶 Leaves
0	-	-	-	-
0.5	35.0	29.7	+	+
1.0	42.5	38.0	+	+
2.0	45.6	33.5	++	++
4.0	38.7	58.0	++	+++

2.1.3 IAA 的效应。IAA 对愈伤组织诱导及生长势的影响见表 3。由表 3 可知, 单独使用 IAA 时, 茎和叶各梯度的诱导率都很低。培养中发现, 大部分茎表面呈开裂状, 大部分叶片只是增厚变肥大, 边缘弯曲, 而只有少数叶片自叶脉边缘产生少许愈伤组织, 生长缓慢。总的来说, IAA 诱导效果不如 NAA, 2,4-D 明显, 故在以下的组合培养基中没有采用。

2.1.4 不同植物激素组合的效应。在单因子试验的基础上, 设计了 NAA + 6-BA, 2,4-D + 6-BA 两种激素组合对愈伤组织诱导及生长的影响, 结果见表 4、5。由表 4 可见, 相对单独使用 NAA, 2,4-D 时, NAA + 6-BA, 2,4-D + 6-BA 两种激素组合均提高了茎愈伤组织的诱导率。在 NAA + 6-BA 组合中, 随着 NAA 浓度的增加, 诱导率增大; 而在 2,4-D + 6-BA 组合中, 随着 2,4-D 浓度的增加, 诱导率降低。说明高浓度的 NAA 及低浓度的 2,4-D 都有利于茎愈伤组织的诱导。由表 5 可见, NAA + 6-BA 组合对叶愈伤组织的诱导率影响不大,

表 1 不同浓度 NAA 对愈伤组织诱导率及生长势的影响

Table 1 Effects of different concentrations of NAA on callus induction ratio and growth vigor

NAA 浓度 // mg/L NAA concentration	诱导率 Induction rate // %		生长势 Growth vigor	
	茎 Stem	叶 Leaves	茎 Stem	叶 Leaves
0	-	-	-	-
0.5	40.0	11.0	+	+
1.0	52.5	19.7	++	+
2.0	65.6	16.5	+++	+
4.0	55.0	25.0	++	+

注: 目测, - 为无, + 为差, ++ 为一般, +++ 为较好, ++++ 为旺盛。下表同。

Note: - stands for no growth; + stands for bad growth; ++ stands for common growth; +++ stands for vigorous growth; The same as below.

而 2,4-D + 6-BA 组合提高了叶愈伤组织的诱导率。随着 2,4-D 浓度的增加, 诱导率增大, 表明高浓度的 2,4-D 适合叶愈伤组织的诱导。茎、叶所得愈伤组织的颜色、质地有差异, 但总的来说, 茎愈伤组织以褐红色为主, 结构较疏松, 生长迅速, 含水量大, 叶愈伤组织以黄绿色为主, 结构较紧密, 生长较好。其中使用 NAA 4.0 mg/L + 6-BA 0.5 mg/L 时茎的愈伤组织和 2,4-D 4.0 mg/L + 6-BA 0.2 mg/L 时叶的愈伤组织诱导率及生长势均最佳, 此时的愈伤组织是用作细胞培养的最佳材料。

表 3 不同浓度 IAA 对愈伤组织诱导率及生长势的影响

Table 3 Effects of different concentrations of IAA on the callus induction ratio and growth vigor

IAA 浓度 // mg/L IAA concentration	诱导率 Induction rate // %		生长势 Growth vigor	
	茎 Stem	叶 Leaves	茎 Stem	叶 Leaves
0	-	-	-	-
0.5	15.0	12.7	+	+
1.0	22.5	15.5	+	+
2.0	15.7	13.5	+	+
4.0	18.5	23.0	+	+

2.2 黑暗对愈伤组织诱导的影响 黑暗条件下, 在单独或组合使用 NAA, 2,4-D, IAA 和 6-BA 的培养基中, 无论茎段还是叶片愈伤组织的诱导率均很低, 大部分外植体没什么变化, 只有少量长出愈伤, 而且所有愈伤组织色泽均较浅, 为黄白色(图 1C), 而且长势缓慢, 故灰绿藜愈伤组织诱导时以不

采用暗培养为好。

表4 激素组合因子对茎愈伤组织诱导率的影响

Table 4 Effects of different hormone concentration on callus induction ratio of the stem %

组合因子 Combination factor	组合因子 Combination factor			
	6-BA _{0.2 mg/L}	6-BA _{0.5 mg/L}	6-BA _{1.0 mg/L}	6-BA _{2.0 mg/L}
NAA _{0.5 mg/L}	42.5	70.6	67.0	62.5
NAA _{1.0 mg/L}	58.5	84.7	72.5	72.6
NAA _{2.0 mg/L}	63.7	88.0	89.7	82.4
NAA _{4.0 mg/L}	78.5	100.0	94.5	87.8
2,4-D _{0.5 mg/L}	62.0	100.0	92.5	72.6
2,4-D _{1.0 mg/L}	56.8	96.5	82.5	70.5
2,4-D _{2.0 mg/L}	52.7	82.5	70.4	52.6
2,4-D _{4.0 mg/L}	42.0	50.5	62.7	48.5

表5 激素组合因子对叶愈伤组织诱导率的影响

Table 5 Effects of different hormone concentration on callus induction ratio of the leaf %

组合因子 Combination factor	组合因子 Combination factor			
	6-BA _{0.2 mg/L}	6-BA _{0.5 mg/L}	6-BA _{1.0 mg/L}	6-BA _{2.0 mg/L}
NAA _{0.5 mg/L}	22.5	30.7	45.0	42.5
NAA _{1.0 mg/L}	36.5	42.4	32.5	37.4
NAA _{2.0 mg/L}	33.7	38.1	42.7	39.0
NAA _{4.0 mg/L}	38.5	41.8	44.5	37.6
2,4-D _{0.5 mg/L}	62.0	70.0	72.5	72.5
2,4-D _{1.0 mg/L}	70.0	76.5	82.5	80.5
2,4-D _{2.0 mg/L}	82.7	95.6	84.4	82.7
2,4-D _{4.0 mg/L}	100.0	94.6	89.7	80.5

2.3 灰绿藜愈伤组织继代培养的研究 灰绿藜在适宜的培养基上能诱导出愈伤组织,但在随后的继代培养过程中褐变现象极为严重(图1D),继代培养相当困难。有人认为,继代培养褐变是由于培养基选择不当,尤其是激素不合理,细胞分裂素有刺激多酚氧化酶活性提高的作用。因此,褐变是灰绿藜愈伤组织继代培养中要解决的首要问题。

2.3.1 继代培养基中激素组合的优化。灰绿藜愈伤组织的继代培养过程中,不同激素组合均有不同程度的褐化现象,即使频繁继代,效果也不理想。将灰绿藜愈伤组织从诱导培养基(茎为MS+NAA 4.0 mg/L+6-BA 0.5 mg/L;叶为2,4-D 4.0 mg/L+6-BA 0.2 mg/L)转接到其他激素组合培养基进行继代培养,培养7 d左右,发现所有材料都产生不同程度的褐变,愈伤组织质地差异也较大,有的质地坚硬,继续培养困难,有的细胞分散,愈伤组织生长良好,而且20 d后收获时愈伤组织的生长量差别较大(表6)。总的来看,以MS4和MS8的继代培养基效果较好。

2.3.2 添加抗氧化剂对愈伤组织继代培养的影响。外植体和愈伤组织褐变是由于其丰富的多酚化合物在多酚氧化酶的作用下氧化的结果,在培养基中加入抗氧化剂,对防止某些外植体发生褐变具有一定的效果。为此,将材料转接在附加不同种类与体积质量的抗氧化剂或吸附剂的MS+2,4-D 4.0 mg/L+6-BA 0.2 mg/L继代培养基上。结果表明(表7),抗坏血酸(V_C)有良好的抑制灰绿藜愈伤组织褐变的作用;活性炭也有效,但不明显;添加PVP对褐变抑制无作用。试验还设计了不同的水平处理,进一步探讨抗坏血酸控制灰

绿藜愈伤组织褐变的最佳体积质量的范围。结果表明,抗坏血酸抑制灰绿藜愈伤组织褐变的最适浓度为5.0 mg/L。

表6 不同激素组合对愈伤组织继代培养的影响

Table 6 Effects of different treatment on the subculture of callus

愈伤组织继代所用的激素组合 Hormone combination used in the subculture of callus	鲜重增长率//% Increase rate of fresh weight	褐变程度 Browning degree	质地 Texture				
				MS1	MS2	MS3	MS4
NAA 4.0 mg/L+6-BA 0.5 mg/L	4.23	深	差				
NAA 2.0 mg/L+6-BA 0.5 mg/L	6.83	深	差				
NAA 2.0 mg/L+6-BA 0.3 mg/L	8.27	略浅	一般				
NAA 1.0 mg/L+6-BA 0.5 mg/L	8.82	浅	较好				
2,4-D 4.0 mg/L+6-BA 0.2 mg/L	3.25	深	差				
2,4-D 2.0 mg/L+6-BA 0.5 mg/L	7.56	略浅	一般				
2,4-D 1.0 mg/L+6-BA 0.5 mg/L	7.53	略浅	一般				
2,4-D 0.5 mg/L+6-BA 0.5 mg/L	8.58	浅	较好				

表7 添加抗氧化剂对愈伤组织继代培养的影响

Table 7 Effects of adding antioxidant on the subculture of callus

氧化剂 Antioxidant	浓度 mg/L Concentration	鲜重增长率//% Increase rate of fresh weight	褐变程度 Browning degree
抗坏血酸(V _C)	1	4.8	略
	5	8.5	浅
	10	6.8	浅
	100	3.2	深
聚乙烯吡咯烷酮(PVP)	300	3.5	深
	500	3.3	深
	100	5.5	略浅
活性炭	500	4.8	略浅
	10 000	3.5	浅
空白对照		3.2	深

2.4 愈伤组织的分化 将所选的愈伤组织接种在分化培养基MS+6-BA 2.0 mg/L+NAA 0.05 mg/L上,培养14 d后开始出现绿点。但随着愈伤组织的分化,也同时长出毛状根(图2A),一些绿点未再继续分化为不定芽,最后不定芽的分化频率仅为6.2%(图2B)。为了建立高效的愈伤组织分化再生体系,笔者研究了不同植物激素对愈伤组织分化的影响,但没有获得满意的结果。另外,6-BA与TDZ各梯度组合均没有不定芽的分化。

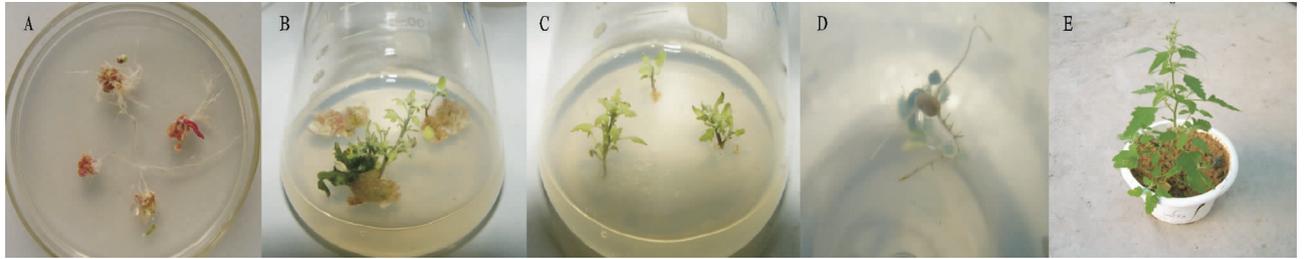
2.5 再生植株的生根与移栽 将分化出的苗转接于生根培养基1/2 MS+NAA 0.2 mg/L中,14 d后基部可长出几条1.0~2.0 cm长的不定根,株高可达2.0~3.0 cm,生根率90%(图2C,2D)。培养14~21 d,打开瓶盖,炼苗4 d,移入蛭石和腐殖土(1:2)混合的基质中,保湿遮阴,成活率可达90%以上(图2E)。

3 讨论

植物愈伤组织诱导中,影响诱导率的因素是多方面的,肖关丽等认为,外植体之间愈伤组织诱导的差异主要是由于不同组织器官的内源激素水平的不同而引起的^[12],但也有研究认为,外源激素是愈伤组织诱导和绿苗分化的关键性因素^[13-15]。笔者的研究中,在灰绿藜愈伤组织诱导的各种因素中,对不同种类和浓度的植物激素而言,不同类型的外植体敏感度差异很大。研究中还发现,2,4-D是诱导叶愈伤组织必不可少的因素,而且2,4-D的浓度至关重要,高浓度的

2,4-D 适合叶愈伤组织的诱导;而高浓度的 NAA 和低浓度的 2,4-D 则有利于茎愈伤组织的诱导。NAA、2,4-D 与 6-BA 组合更有利于愈伤组织的诱导及分化,因此,在实际工作中,选

择合适的培养基和适当的激素配比,是提高诱导率的重要前提。



注:A,愈伤组织根的形成;B,不定芽诱导;C,D,不定芽诱导生根;E:移栽后的再生植株。

Note:A,Inducing root from callus; B,Inducing adventitious shoot from callus; C and D,Inducing root from plant of *Chenopodium glaucum*; E,Transplant seeding of *Chenopodium glaucum*.

图2 灰绿藜愈伤组织的分化与植株再生

Fig.2 Callus differentiation and plant regeneration of *Chenopodium glaucum*

光照条件也是影响愈伤组织诱导的重要因素之一。郑光植等在三分三愈伤组织生长和生物碱含量的影响研究中发现,光照能促进三分三愈伤组织的生长,而黑暗相对抑制细胞的生长^[16]。笔者的研究中也发现类似的现象,光照有利于灰绿藜愈伤组织的诱导与生长。

光照条件下的外植体或愈伤组织容易发生褐化现象,这是因为光照条件下的多酚氧化酶被激活,使细胞的代谢发生变化,酚类物质被氧化后产生醌类物质,醌类物质成棕褐色,它们会逐渐扩散到培养基中,抑制其他酶的活性,毒害材料的外植体,尤其易发生在材料切口处。该研究中,叶发生褐化的数量明显低于茎段,这可能与叶和茎段的细胞生长状态有关。叶细胞处于旺盛生长分裂阶段,可有效抑制褐化,而茎细胞的细胞活性相对较低,褐化率相对较高一些。据报道,加入抗氧化剂或吸附剂 PVP(聚乙炔吡咯烷酮)、V_C 和活性炭对抑制褐化有明显的效果^[17]。该研究结果表明,V_C (5.0 mg/L)可有效抑制灰绿藜愈伤组织的褐化。

组织培养中,生长素和细胞分裂素两类物质的相对浓度控制着根、芽分化的模式,较高浓度的生长素有利于根的形成而抑制芽的形成;相反,较高浓度的细胞分裂素则促进芽的形成而抑制根的形成。为了利于芽的分化,在分化培养基上,一般应去掉 2,4-D,添加细胞分裂素。该研究采用的 TDZ (Thidiazuron, N-苯基-N¹,2,3-噁二唑-5-脲)是一种合成的杂环芳香脲,作为一种苯脲代替物,被报道在植物组织培养中表现很高的细胞分裂素活性,而 TDZ 对灰绿藜愈伤组织分化不定芽并无明显促进作用。6-BA 与 NAA 组合 (MS + 6-BA 2.00 mg/L + NAA 0.05 mg/L, pH 值 6.0) 虽可诱导出不定芽,

但分化率低。因此,提高灰绿藜分化诱导率还需要深入探讨。

参考文献

- [1] 赵可夫,李法曾. 中国盐生植物[M]. 北京:科学出版社,1999:104-114.
- [2] 刘志民,李荣平,李雪华,等. 科尔沁沙地 69 种植物种子重量比较研究[J]. 植物生态学报,2004,28(2):225-230.
- [3] 刘志民,李雪华,李荣平,等. 科尔沁沙地 31 种 1 年生植物萌发特性比较研究[J]. 生态学报,2004,24(3):648-653.
- [4] 段德玉,刘小京,冯凤莲,等. 盐分和水胁迫对盐生植物灰绿藜种子萌发的影响[J]. 植物资源与环境学报,2004,13(1):7-11.
- [5] 李雪华,蒋德明,刘志民,等. 温带半干旱地区一年生植物种子的萌发特性[J]. 生态学报,2006,26(4):1194-1199.
- [6] 肖雯,张振霞,贾恢先. 几种盐地植物根解剖结构的研究[J]. 甘肃农业大学学报,1998,33(1):90-93.
- [7] 黄志伟,彭敏,陈桂琛,等. 青海湖盐碱湿地灰绿藜叶的形态解剖学研究[J]. 西北植物学报,2001,21(6):1199-1203.
- [8] 肖雯. 五种盐生植物营养器官显微结构观察[J]. 甘肃农业大学学报,2002,37(4):421-427.
- [9] 冯立田,卢元芳. 盐胁迫下灰绿藜叶片光合特性与叶绿体离子调节的研究[J]. 曲阜师范大学学报:自然科学版,1998,24(3):57-61.
- [10] 李金耀,马纪,蔡伦,等. 灰绿藜和碱蒿 NHX 基因 3'-UTR 序列的差异性分析[J]. 植物生理学通讯,2005,41(2):219-223.
- [11] 蔡伦,张富春,马纪,等. 新疆 3 种藜科盐生植物 NHX 基因的克隆与序列分析比较[J]. 植物生理学通讯,2005,41(3):383-387.
- [12] 肖美丽,杨清辉,李富生. 甘蔗不同叶位幼叶鞘内源激素与愈伤诱导率关系研究[J]. 种子,2002(1):6-8.
- [13] 葛台明. 小麦花药培养的基因型和培养基效应研究[J]. 华中农业大学学报,1996,15(5):400-413.
- [14] 叶兴国,王连铮. 大豆花药愈伤组织的分化及内源激素的分析[J]. 作物学报,1997,23(5):555-561.
- [15] 罗琼,胡延玉,周开达. 内源激素对水稻成熟胚培养力的影响[J]. 中国水稻科学,1998,12(4):238-240.
- [16] 郑光植,梁峰. 三分三愈伤组织细胞的悬浮培养[J]. 云南植物研究,1982,4(2):203-206.
- [17] 潘瑞焱,施和平,李玲,等. 植物组织培养[M]. 广州:广东高等教育出版社,2000:25-28.

本刊提示 《安徽农业科学》是全国为数不多各大数据库同时收录的农业刊物之一。面向全国,融学术性、指导性于一体,既刊登作物育种与栽培、植物保护、土壤肥料、园艺、林业、蚕桑、烟草、茶叶、畜牧兽医、水产及其他农业相关科学的研究报告、综述、研究简报;也发表农业经济、农业科技管理、农业发展战略及农业产业化等方面的研究论文、调查报告和对策性文章等。