

番茄遗传转化影响因素及其应用研究进展

贺玺强, 徐恒骥, 赵汝凤

(山东理工大学 生命科学院, 山东 淄博 255049)

摘 要:该文在介绍农杆菌介导的番茄遗传转化的影响因素和番茄转基因应用的基础上,重点分析了在农杆菌介导的番茄转化中,影响转化率的农杆菌菌株、载体类型、无菌苗苗龄大小、外植体的类型、预培养的有无、共培养时间的长短、侵染的浓度和时间、抗生素的种类和浓度等重要因素;同时综述了番茄的转基因研究等多种应用价值及其研究成果。

关键词:番茄;农杆菌介导;遗传转化;进展

中图分类号:S 641.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)20-0185-05

番茄产量高,营养丰富,适应性广,是世界各国广泛种植的主要蔬菜作物之一。由于其富含 β -胡萝卜素和番茄红素等生物活性物质,具有抗氧化、防癌及延缓衰老等功能,其食用价值和经济价值一直受到消费者青睐^[1]。同时,番茄生长周期短、基因组较小、遗传学基础雄厚,具有许多拟南芥、水稻等模式植物所不具备的生物学现象(如果实的发育、成熟过程等)^[2],而且番茄基因组已经完成测序,因此番茄已成为肉质果实植物遗传转化研究的模式植物。

农杆菌介导的叶盘转化法是最常用的植物转基因方法,其具有操作较简单、转化效率较高、仪器设备投入较低等特点。在番茄的转基因研究中也通常应用农杆菌介导的方法,但由于限制因素较多,现在还没有一个高效通用的番茄转化方法。该文分析了现有遗传转化研究的各种影响因素,以及番茄转化研究的应用,以期为进一步改进番茄转化研究提供参考。

1 影响番茄遗传转化率的因素

1.1 农杆菌菌株类型

在遗传转化中,常用的根癌农杆菌菌株属于胭脂碱型、章鱼碱型和农杆菌型3种不同的类型。一般来说,胭脂碱型菌株生长迅速,转化实验易操作;章鱼碱型菌株生长缓慢,转化实验较难操作;农杆菌型菌株生长迅速,转化实验易操作^[3]。不同植物转基因实验中需要选择适当的农杆菌菌株。在番茄上的研究表明了同样的差异性,在适宜的外植体和适宜的浓度条件下,

‘LBA4404’菌株转化番茄的转化率高达80%,‘C58C1’转化率为40%^[4],‘ABI’转化率高达24%~80%^[5],‘GV3101’转化率高达40%~60%^[6],‘EHA105’转化率可达20%^[7]。

1.2 番茄基因型

番茄的再生和转化均受到基因型影响,不同基因型的番茄在相同浓度的激素条件下,再生率和转化率有很大的不同。陈珍等^[8]研究了“中蔬4号”、‘T01’和‘T03’这3个不同基因型的番茄品种,在同一条件下“中蔬4号”转化率达到37.5%时‘T03’转化率只有1.54%,在‘T01’的转化率达到1.12%的相同条件下‘T03’的转化率为0.75%。因此研究过程中要根据基因型的不同选择不同的植物生长调节剂与其它转化条件。

1.3 无菌苗苗龄

苗龄对外植体的再生也有显著的影响。生长7 d左右的番茄苗转化效率最高,当苗龄过大时木质化程度高,苗龄过小则较易受到农杆菌的毒害作用,苗龄过大或过小都会影响转化效率^[9]。

Velcheva等^[10]报道只有7 d苗龄的番茄子叶和下胚轴转化后才能再生抗性芽。Arrillaga等^[11]试验认为苗龄更长的子叶也能获得成功的再生。陈珍等^[8]认为子叶和下胚轴的转化能力与苗龄密切相关,在一定条件下,13 d苗龄的下胚轴转化频率高于7 d苗龄的子叶,且不易形成畸形芽。可能幼嫩的子叶在生理上非常活跃,增加了农杆菌的侵染机会;苗龄增加之后活跃程度下降,所以转化率降低。而幼嫩的下胚轴细小,受到农杆菌毒害作用大,随苗龄增加后更易转化。

1.4 番茄外植体类型

外植体的类型对转化率和再生率有很大的影响,同一材料的不同外植体在相同的培养条件下转化率和再生率有很大差异。多种番茄组织都被用作外植体来进

第一作者简介:贺玺强(1988-),男,硕士研究生,研究方向为植物分子生物学。

责任作者:徐恒骥(1966-),男,博士,副教授,硕士生导师,现主要从事植物分子生物学与基因功能等研究工作。E-mail: xhj310@163.com.

收稿日期:2013-05-18

行遗传转化,如成熟的叶片、子叶、下胚轴、茎段等,但是一般来说子叶的转化率较高。任永霞等^[12]发现子叶更利于番茄高效植株再生体系建立和转化植株再生。李铁松等^[13]对番茄的多种外植体进行了研究,发现外植体再生能力从强到弱依次为:下胚轴、子叶、茎段和叶片。尽管如此,葛艳辉等^[14]发现,下胚轴的分化率明显高于子叶,但子叶所得的再生芽更容易成株,得到的阳性植株比率高于下胚轴。

1.5 外植体预培养时间

预培养是番茄转基因实验的一个常用技术,预培养可以使植物组织代谢活跃,促进细胞分裂,分裂状态的细胞更容易整合外源 DNA,从而提高外源基因的转化率。研究表明预培养时间对外植体的生长有很大影响。未经预培养的外植体由于幼嫩柔弱,侵染后特别容易受到农杆菌的毒害作用而萎蔫、褐化,从而不能继续分化或死亡。预培养 1 d 的外植体膨大,但切口处细胞没有分裂,侵染后也容易褐化;预培养 2 d 的外植体切口处分裂出少量愈伤细胞,切口尚未愈合,侵染后切口处有一点褐化,但不影响外植体生长;预培养时间过长,外植体伤口逐渐愈合,不利于农杆菌的侵染和 T-DNA 的转移,转化率就会降低,并且边缘细胞开始进行芽分化,抗生素不能有效抑制而造成大量假阳性苗。所以外植体预培养时间为 2 d 时适合侵染^[15]。但也有相反的报道,刘艳军等^[16]研究表明番茄子叶经预培养后伤口减少,进入细胞的 T-DNA 就少,从而导致转化率降低。

1.6 侵染时菌液浓度和侵染时间

农杆菌菌液浓度和侵染时间对外植体再生率和转化率也有很大影响,并且是影响转化效率的最重要因素,番茄侵染中所用的菌液一般是经 MS 培养液稀释,侵染时间从 2~30 min 不等^[8,16-17]。农杆菌对植物细胞有一定的毒害作用,会使植物细胞产生过敏反应,所以经农杆菌侵染的外植体会有一定的褐变,再生率也会大大降低。

曾黎琼等^[17]发现当侵染时间超过 3 min 时,子叶在培养过程中就会逐渐死亡。并且菌液浓度越高,外植体表面农杆菌繁殖越多,致使死亡率越高;菌液浓度过低,则转化率降低。他认为菌液 $OD_{600}=0.1$,侵染 1~2 min 时转化结果较理想。

侵染时间要严格控制,外植体在菌液中浸泡时间太长,常因农杆菌毒害缺氧而软腐;而浸泡时间太短尚未接种到伤口面,在其培养时无农杆菌生长,不能转化。所以侵染时间和菌液浓度应该根据材料和培养条件的不同而有所改变,要通过多个梯度的实验设计和比较分析来选择合适的侵染时间和菌液浓度。

1.7 乙酰丁香酮

农杆菌转化植物时常需要诱导物,常用的是乙酰丁香酮(AS)和羟基乙酰丁香酮,其中乙酰丁香酮的效果更

好。AS 是一种酚类化合物,它可以促进农杆菌向外植体运动并附着于外植体的伤口处。由于乙酰丁香酮对植物转化具有促进作用,故常在侵染过程中加入乙酰丁香酮来提高转化效率,并且在共培养基中同时使用 AS 则效果更好,极大提高转化率。许多学者研究表明,AS 100 $\mu\text{mol/L}$ 对农杆菌转化效率影响最好^[18-19]。

1.8 外植体与农杆菌共培养时间

通常认为农杆菌在伤口部位生存 16 h 之后,T-DNA 才会转移到植物细胞中实现与植物基因组的整合,因此,外植体与农杆菌共培养是转基因实验中非常重要的过程。共培养时间太短,农杆菌对植物细胞不能有效转化,转化效率低,外源基因很难整合到植物基因组中,时间太长则子叶切口处便开始褐化、软腐,农杆菌很容易过度繁殖,即使有不定芽产生时,不定芽长势差,可能是四周的子叶外植体软腐,造成运输养分能力差或产生有毒物质。多数研究的共培养时间为 2 d。共培养时间为 2 d 时可以增加 T-DNA 的转移率,提高转化率。随着共培养时间的延长,转化率反而会下降,这是由于共培养时间的延长使农杆菌过度生长,除菌和抑菌培养变的比较困难,植物细胞受到细菌的严重毒害,外植体的生长分化受到抑制^[20]。

1.9 抗生素

共培养之后必须要用抗生素进行除菌,否则农杆菌的过度生长会造成对外植体的毒害,外植体不但不会再生出不定芽,还会软腐死亡。常用的抗生素有头孢霉素和羧苄青霉素,浓度为 250~500 mg/L。当然作为筛选剂的卡那霉素也有除菌效果,浓度一般为 50~100 mg/L。另外,特美汀、噻孢霉素、头孢曲松钠也会被作为抗生素^[21-23]。

在有些植物中发现,羧苄青霉素和头孢霉素抑制愈伤组织的生长和芽的再生,陈珍等^[8]研究表明,高浓度的头孢霉素并不影响番茄非转化细胞的再生,潮霉素和卡那霉素都能有效抑制番茄非转化细胞的生长,但潮霉素显著抑制了转化率。羧苄青霉素浓度高(大于 300 mg/L)时对芽的分化产生明显的抑制,而低浓度(小于 300 mg/L)羧苄青霉素又不能很好的抑制农杆菌。使用抗生素特美汀后不仅能够很好的抑制农杆菌,还可以促进番茄芽的再生^[24]。

1.10 筛选剂

再生不定芽的筛选是获得转基因植株的关键,选择压经过实验研究来确定,选择压过高可能导致再生不定芽死亡,但选择压力太小,又会出现大量逃逸芽,不但为后续的检测工作造成很大困难,非转化不定芽还会与转化不定芽竞争培养基的营养而造成转化不定芽长势差或死亡。

不同基因型的植物对筛选剂的天然抗性是不同的,所以转基因实验之前做筛选剂的敏感实验是非常必要的。

多数研究的筛选剂为卡那霉素,根据实验方法和材料的不同卡那霉素的浓度为 50~100 mg/L 不等。潮霉素也可以作为筛选剂使用,其浓度超过 5 mg/L 时外植体不能再生出苗,所以潮霉素以 5 mg/L 为筛选质量浓度^[25-26]。

为了提高转化率可以用多次筛选的办法,筛选实验中开始先加入较低质量浓度(3 mg/L)的潮霉素,使非转化细胞不至很快黄化从而能够对转化细胞起滋养作用,更加有利于转化细胞的生长,当产生不定芽时再逐渐将潮霉素用量提高到正常水平^[25-26]。

在筛选时也可以采用延迟筛选的办法,这样可以保证多数已转化的细胞能够再生形成转化不定芽,不会因外源基因来不及表达被筛选掉^[25-26]。

2 番茄转基因研究的应用

2.1 基因功能的研究和鉴定

杨春文等^[27]将玉米的 *ZmAFB2* 基因克隆并转入番茄中去,共获得 3 个转基因株系,对转基因番茄表型进行鉴定,发现叶片稍厚颜色暗绿,果实较小,无籽或少籽,房室发育不健全,推测 *AFB2* 基因可能参与植物生长发育与调控,这为进一步阐明 *AFB2* 基因功能奠定了基础。杨堃^[28]做了无核葡萄胚珠发育相关的 *MADS-Box* 基因转化番茄的研究,初步证明 *MADS-Box* 基因可能与番茄果实发育中种子发育有关。杨春文等^[29]用 *NAM* 基因转化番茄,转基因番茄植株矮小,生长受到抑制,叶片形态异常,确定 *NAM* 基因影响番茄顶端分生组织(SAM)的形成和叶片形态的发生。束德峰^[30]完成了谷胱甘肽还原酶基因(*GR*)转化番茄的研究,结果表明转反义 *LeGR* 基因的番茄叶片 *GR* 活性下降约 60%,反义基因植株中 *LeGR* 基因在蛋白水平的表达明显受到抑制,得出了 *GR* 对于清除细胞内 ROS 至关重要,与植物抗逆性具有关系的结论。

2.2 利用转基因番茄对外源基因作用机制的研究

吴正景等^[31]用番茄胞壁转化酶基因 *LIN6* 转化番茄,结果 5 个转化植株叶片胞壁转化酶活性都比未转化植株有所下降,探讨了胞壁转化酶在番茄植株逆境反应中的表达调节,为进一步探讨番茄叶片胞壁转化酶在植株抗逆反应中的作用提供了研究材料。李仁等^[32]将番茄水通道蛋白 *SLAQP* 基因转入番茄,分析该基因在番茄品种‘Mirco Tom’中经干旱胁迫下的表达机制,干旱胁迫下该基因表达量总体呈下降趋势,预示该基因表达受逆境条件的影响,为今后进一步探讨其在干旱胁迫中发挥的作用提供了重要信息。于超等^[33]实现了番茄内质网 ω -3 脂肪酸去饱和酶基因转化番茄的研究,为进一步研究十八碳三烯酸与植物抗逆生理的分子机制奠定了基础。

2.3 转基因番茄的品质改良

赵岑等^[34]用花青素调节基因 *VlmybA2* 对番茄进行

转化,获得花青素含量较高的番茄果实,创新了种质资源,对于番茄品质改良具有重要意义,为番茄育种奠定基础。邹礼平等^[35]将八氢番茄红素脱氢酶基因(*PDS*)转入番茄,转基因后代株系番茄红素平均含量比对照增加了 1.4 倍,说明 *PDS* 编码基因的超表达有效促进了番茄果实中番茄红素的合成和积累,可以增加转基因后代植株中的番茄红素含量,提高番茄果实的营养价值。赵婷婷等^[36]研究了生长素应答因子 *ARF*,转基因番茄果实的叶绿素含量、单果重量和果皮厚度都比野生型有提高,为采用基因工程方法改良番茄果实品质做出了新尝试。

2.4 抗病番茄的研究成果

徐艳^[37]将 *miR159* 导入了番茄,初步建立了人工 *miR159* 介导的番茄抗黄瓜花叶病毒(CMV)遗传转化体系。发现转基因阳性番茄对于靶标病毒 CMV-Fny 具有一定的抗性,主要表现在与普通番茄相比症状减轻或不感病、植株整体生长情况良好,从抗 CMV 的功能性上验证了 *miR159* 介导的番茄遗传转化体系的有效性。肖宇^[38]用中国野葡萄芪合成酶基因(*STS*)及其特异启动子转化番茄,接种番茄灰霉病 24 h 后,含有增强元件 Enhancer 的转化植株白藜芦醇含量最高,是不添加任何增强元件的载体 *gD2* 转化的番茄白藜芦醇含量的 4.4 倍,野生型植株均未检测到白藜芦醇。为获得抗病性明显提高的转基因植株提供理论与技术依据。于惠敏等^[39]研究了几丁质酶基因和 β -1,3-葡聚糖酶基因对番茄的转化,通过病原真菌接种试验证明,有 3 株转基因植株表现出较强的抗病性反应,为进一步研究番茄抗病性和培育抗病番茄新品种奠定了重要基础。

2.5 作为生物反应器生产药物

梁宏伟等^[40]研究了人胰高血糖素样肽 1 (*GLP1*)转化番茄,动物实验表明转基因植物表达的蛋白具有显著的降血糖生物活性,将为转基因番茄作为生物反应器表达药用蛋白提供重要的理论和技术支持,并将为培育具有糖尿病治疗功能的番茄新品种奠定基础。杜景川等^[41]将葡激酶基因(*SAK*)转入番茄,转基因番茄的果实和叶片均能表达 *SAK* 蛋白,*SAK* 蛋白在果实和叶片可溶性蛋白中的比例最高分别为 3.42% 和 2.47%。转基因番茄中的 *SAK* 蛋白具有一定的溶栓活性,溶栓比活力为 3 866 AU/mg。付宏岐等^[42]用人成纤维细胞生长因子 21(*FGF21*)转化番茄,结果表明 *FGF21* 蛋白在转基因番茄叶片中有一定水平的表达,并具有良好的抗原性,为利用植物反应器规模化生产 *FGF21* 奠定了基础。

3 展望

番茄是一种重要的蔬菜作物,也是植物转基因研究中的重要模式植物之一,关于番茄遗传转化的报道已经很多,已经建立了许多转基因方法和体系,但是在番茄

遗传转化研究中还存在一些不足,如转化率低、转基因植株不能稳定遗传等问题。由于转基因番茄将来在多方面的应用前景,特别是番茄口服疫苗和药物的美好前景,建立一个高产、高效、通用的番茄转化体系,依然是一个急待解决的问题。

(致谢:该研究由荷兰瑞克斯旺种苗集团公司提供支持,特此感谢)。

参考文献

- [1] 梁智慧,王祯丽.番茄红素的研究生产现状及发展趋势[J].新疆石油教育学院学报,2003,7(2):28-30,34.
- [2] Van der Hoeven R, Ronning C, Giovannoni J, et al. Deductions about the number, organization, and evolution of genes in the tomato genome based on analysis of a large expressed sequence tag collection and selective genomic sequencing [J]. Plant Cell, 2002(14):1441-1456.
- [3] 张录霞,牛建新,马兵钢.根瘤农杆菌介导转化番茄的影响因素[J].生物技术通报,2008(1):10-19.
- [4] Sun H J, Uchii S, Watanabe S, et al. A highly efficient transformation protocol for Micro-Tom, a model cultivar for tomato functional genomics[J]. Plant Cell Physiol, 2006, 47(3):426-431.
- [5] Dan Y H, Yan H, Munyikwa T, et al. MicroTom - a high-throughput model transformation system for functional genomics[J]. Plant Cell Rep, 2006, 25(5):432-441.
- [6] Mathews H, Clendennen K S, Caldwell G C, et al. Activation tagging in tomato identifies a transcriptional regulator of anthocyanin biosynthesis, modification, and transport[J]. Plant Cell, 2003, 15(8):1689-1703.
- [7] Qiu D L, D'Amico G, Tavarza R, et al. Improved protocol for Agrobacterium mediated transformation of tomato and production of transgenic plants containing carotenoid biosynthetic gene CsZCD[J]. Sci Hort, 2007, 112(2):172-175.
- [8] 陈珍,朱诚.农杆菌介导的番茄遗传转化体系优化研究[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2008,34(6):615-620.
- [9] Yasmeen A. An improved protocol for the regeneration and transformation of tomato (cv. Rio Grande) [J]. Acta Physiol Plant, 2009, 31(6):1271-1277.
- [10] Velcheva M, Faltin Z, Flaishman M, et al. A liquid culture system for Agrobacterium-mediated transformation of tomato (*Lycopersicon esculentum* L. Mill) [J]. Plant Science, 2005, 168:121-130.
- [11] Arrillaga I, Gisbert C, Sales E, et al. In vitro plant regeneration and gene transfer in the wild tomato *Lycopersicon cheesmanii* [J]. Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 2001, 76(4):413-418.
- [12] 任永霞,王昱,王萍,等.影响农杆菌介导类胡萝卜素合成酶基因 *LycB* 转化番茄主要因子的研究[J].作物杂志,2005(1):18-20.
- [13] 李铁松,王关林.番茄外植体诱导直接分化不定芽建立高频再生系统[J].辽宁师范大学学报(自然科学版),2003,26(2):178-182.
- [14] 葛艳辉,崔继哲,于丽杰,等.影响农杆菌介导白细胞介素-2 基因转化番茄的因素研究[J].植物研究,2006,26(4):471-474.
- [15] 王玲,孙亮,冷平,等.番茄果实 ABA 合成酶 *NCED* 基因的克隆及其 RNAi 遗传转化体系的建立[J].中国农业大学学报,2009,14(5):54-60.
- [16] 刘艳军,杨静慧,杨恩芹,等.提高农杆菌基因转化率方法的研究[J].西南农业大学学报,2003,25(2):144-146,171.
- [17] 曾黎琼,张绍松,柴红梅,等.反义 ACC 合成酶基因导入番茄的研究[J].云南大学学报(自然科学版),2002,24(5):393-397.
- [18] 潘晨,吕立堂,赵德刚.转基因番茄试管内开花结实体系的建立[J].分子植物育种,2010,8(4):818-821.
- [19] 王丹,付丽娅,董荣,等.抗生素敏感型番茄转化及再生体系的建立[J].南开大学学报(自然科学版),2007,40(5):108-111.
- [20] 徐翠莲,胡文明.农杆菌介导番茄基因转化常见的问题与对策[J].北方园艺,2008(3):53-54.
- [21] Holford P, Newbury H J. The effects of antibiotics and their breakdown products on the in vitro growth of *Antirrhinum majus* [J]. Plant Cell Reports, 1992(11):93-96.
- [22] Ling H Q, Kriseleit D, Ganai M W. Effect of ticarcillin/potassium clavulanate on callus growth and shoot regeneration in Agrobacterium-mediated transformation of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) [J]. Plant Cell Reports, 1998(17):843-847.
- [23] Okkels F T, Pedersen M G. The toxicity to plant tissue and to Agrobacterium tumefaciens of some antibiotics [J]. Acta Horticulture, 1988, 225:199-207.
- [24] 张春秋,郝振川,杨宇红,等.辣椒 WRKY 转录因子基因 CaRKN1F1 植物表达载体构建及番茄转化[J].分子植物育种,2010,8(4):713-718.
- [25] 陆万香,李名扬,裴炎,等.玉米几丁质酶基因导入甘蓝型油菜的研究[J].西南农业大学学报,2001,23(2):130-133.
- [26] 董娜,林良斌,马占强.农杆菌介导反义油酸脱饱和酶基因转化甘蓝型油菜[J].分子植物育种,2004,2(5):65-69.
- [27] 杨春文,唐宁,林东波,等.玉米 AFB2 基因的克隆、表达及功能分析[J].热带作物学报,2012,33(6):1068-1072.
- [28] 杨堃.无核葡萄胚珠发育相关 MADS_Box 基因的克隆与功能分析[D].杨凌:西北农林科技大学,2012.
- [29] 杨春文,唐宁,李正国.番茄 NAM 基因的克隆与遗传转化[J].热带作物学报,2012,33(8):1460-1465.
- [30] 束德峰.温度胁迫下番茄叶绿体谷胱甘肽还原酶基因的克隆、表达和功能分析[D].泰安:山东农业大学,2011.
- [31] 吴正景,程智慧,孟焕文.番茄叶片胞壁转化酶 cDNA 克隆及反义沉默表达分析[J].西北植物学报,2012,32(2):241-245.
- [32] 李仁,吴新新,李蔚,等.番茄水通道蛋白基因 SIAQP 的克隆与序列分析[J].中国农业科学,2012,45(2):302-310.
- [33] 于超,王华森.番茄内质网 ω -3 脂肪酸去饱和酶基因表达载体的构建与转化[J].西北农业学报,2012,21(9):90-94.
- [34] 赵岑,吕立堂,赵德刚.花青素调节基因 VlmbyA2 对番茄遗传转化[J].基因组学与应用生物学,2012(3):270-275.
- [35] 邹礼平,高和平,钟亚琴.八氢番茄红素脱氢酶基因超表达载体的构建及表达鉴定[J].湖北农业科学,2012,51(2):393-399.
- [36] 赵婷婷,宋宁宁,姜景彬,等.番茄抗叶霉病基因 Cf12 的分子标记筛选及种质资源鉴定[J].园艺学报,2012,39(5):985-991.
- [37] 徐艳.人工 miR159 介导的番茄抗黄瓜花叶病毒遗传转化研究[D].杭州:浙江理工大学,2011.
- [38] 肖宇.葡萄体细胞胚的诱导及中国野葡萄芪合成酶基因 VpSTSg-DAN2 转化研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2011.
- [39] 于惠敏,石竹,邵洪伟,等.农杆菌介导的抗病基因对番茄的遗传转化[J].山东大学学报(理学版),2011,46(11):1-7.
- [40] 梁宏伟,杜景川,陆海,等.人胰高血糖素样肽 1 在转基因番茄中的表达[J].基因组学与应用生物学,2011,30(4):325-330.
- [41] 杜景川,梁宏伟,陆海,等.利用转基因番茄生产葡激酶的研究[J].福建林业科技,2011,38(1):32-36.
- [42] 付宏岐,李海燕,庞实锋,等.利用转基因番茄表达人成纤维细胞生长因子 21 (FGF21)[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2011,39(7):163-170.

香椿化学成分与保健功能研究进展

陈 刚¹, 杨玉珍¹, 马 晓²

(1. 郑州师范学院 生命科学系, 河南 郑州 450044; 2. 河南职业技术学院 环境艺术工程系, 河南 郑州 450046)

摘 要:该文总结了近年来香椿化学成分的研究结果,并对香椿的降血糖、抗肿瘤、抗菌、消炎、降血脂等特殊保健功能进行了综述。建议今后应加强各地香椿栽培种营养素含量的比较研究,筛选出营养素含量有优势的品种加以推广;规范香椿嫩叶采摘时间,在嫩叶最具营养价值时上市销售,以充分发挥香椿的营养功能。

关键词:香椿;化学成分;保健功能;研究进展

中图分类号:S 644.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)20-0189-04

香椿(*Toona sinensis* Roem)属楝科落叶乔木,原产于中国,广泛分布于长江南北,偶数(稀奇数)羽状复叶,圆锥花序,两性花白色,长椭圆形蒴果,翅状种子,可播种繁殖。香椿叶厚芽嫩,香味浓郁,有“树上蔬菜”的美誉,且营养之丰富远高于其它蔬菜。香椿味苦、性温、无毒,其嫩芽、根皮、果实可入药,有止血固精、清热收敛、去燥湿、消炎解毒之功效;对疮疖、白秃、风痘、赤痢、赤白带、跌打肿痛有较好的疗效,并可预防肿瘤。因此,对香椿的研究也较多。

1 香椿的挥发性化学成分

香椿特殊的香味令较多研究者对其挥发性成分产生浓厚的兴趣。刘信平等^[1]从香椿叶和茎中分离并鉴定出 53 个组分。其主要挥发性成分为:桉叶烯(5.67%)、杜松烯(5.49%)、8-异丙烯基-1,5-二甲基-

1,5-环癸二烯(5.37%)、1-异丙基-4,7-二甲基-1,2,3,5,8a-六氢化萘(5.88%)、2,4,4-三甲基-3-甲氧基-5-(3-甲氧基-2-丁烯-1-基)环己烯(5.65%)、1-异丙基-4-甲基-7-亚甲基-1,2,3,4,4a,5,6,7-八氢化萘(5.87%)等。李国成等^[2]对香椿树皮的化学成分进行研究,鉴定了 8 个化合物,其结构分别为二十碳酸乙酯、正二十六烷醇、 β -谷甾醇、槲皮素、槲皮素-3-O- β -D-葡萄糖苷、5,7-二羟基-8-甲氧基黄酮、杨梅素和杨梅苷。香椿籽的化学成分也有较多相关研究。侯丽等^[3]在香椿籽中寻找具有杀虫及药用的活性成分,从香椿籽中分离鉴定了 6 个化合物。王昌禄等^[4]比较了从河南、湖北、陕西 3 地采集的香椿籽样品的挥发油含量和化学成分的差异,共鉴定出 52 种化学成分,3 种挥发油均含有的主要成分是 α -波旁烯、 γ -榄香烯、石竹烯及马兜铃烯;挥发油成分集中分布在 C10~C15 范围内,以分子量 204 的同分异构体居多;河南产香椿籽中挥发油成分种类远远高于湖北、陕西产香椿籽中的挥发油,其中菖蒲二烯、香木兰烯、A-雪松烯、白菖烯、A-蒎烯等挥发性风味物质为其独有。

第一作者简介:陈刚(1979-),男,硕士,讲师,现主要从事植物功能成分的教学工作。E-mail:chgangmx@163.com.

基金项目:河南省科技攻关计划资助项目(112102110153);郑州市科技攻关资助项目(10PTGN449-4)。

收稿日期:2013-05-20

Research Progress on Tomato Transformation Factors and Its Application

HE Xi-qiang, XU Heng-jian, ZHAO Ru-feng

(College of Life Sciences, Shandong University of Technology, Zibo, Shandong 255049)

Abstract: On the basis of an introduction about the infecting factors on agrobacterium-mediated transformation of tomato and its application in transgenic, the important influencing factors such as the strain of agrobacterium, the type of vector, the age of seedling, the kind of explants, pre-culture and co-culture, the density and time of infection, and the type and density of antibiotics in agrobacterium-mediated transformation of tomato were summarized. The application value and achievement of tomato transgenic were reviewed.

Key words: tomato; agrobacterium-mediated; genetic transformation; progress