

前体物对石蒜悬浮细胞生长和生物碱积累的影响

张玉琼¹, 李勇^{1,2}, 周建辉³, 陈娜¹, 王梅方¹, 董召荣², 高翠云¹, 仲延龙¹

1 安徽农业大学生命科学学院, 安徽 合肥 230036

2 安徽农业大学农学院, 安徽 合肥 230036

3 广西农业科学院蔬菜研究所, 广西 南宁 530007

张玉琼, 李勇, 周建辉, 等. 前体物对石蒜悬浮细胞生长和生物碱积累的影响. 生物工程学报, 2014, 30(2): 247-254.

Zhang YQ, Li Y, Zhou JH, et al. Effect of precursor on growth and accumulation of alkaloids of *Lycoris radiata* suspension cells. Chin J Biotech, 2014, 30(2): 247-254.

摘 要: 为探究苯丙氨酸、酪氨酸和酪胺 3 种前体物对石蒜悬浮细胞系生长和生物碱积累的影响。通过向培养基添加不同浓度的 3 种前体物, 以及同时添加苯丙氨酸和酪氨酸, 考察其对细胞生长量及细胞中生物碱积累的影响。结果表明: 苯丙氨酸对细胞的生长和生物碱的积累影响不明显; 酪氨酸和酪胺作用显著: 添加 200 $\mu\text{mol/L}$ 酪氨酸, 细胞中生物碱的含量是对照组的 2.56 倍, 其中力可拉敏和加兰他敏含量为 3.77 mg/g 和 4.46 mg/g, 分别是对照组的 6.61 倍和 6.97 倍; 添加 200 $\mu\text{mol/L}$ 酪胺, 细胞中生物碱含量是对照组的 2.63 倍, 力可拉敏和加兰他敏含量为 4.45 mg/g 和 5.14 mg/g 分别是对照组的 9.08 倍和 9.18 倍; 在 200 $\mu\text{mol/L}$ 酪氨酸的基础上添加苯丙氨酸没有明显的增效作用。表明添加酪氨酸和酪胺对细胞生长及生物碱生物合成具有显著的促进作用

关键词: 石蒜, 悬浮细胞系, 前体物, 生物碱

Received: July 9, 2013; **Accepted:** September 5, 2013

Supported by: Key Technologies Research and Development Program of China (No. 2013BAJ10B12), Natural Science Foundation of Anhui Province (No. 1208085mc48).

Corresponding author: Zhaorong Dong. Tel: +86-551-65786955; E-mail: d3030@163.com

国家科技支撑计划项目(No. 2013BAJ10B12), 安徽省自然科学基金 (No. 1208085mc48) 资助。

网络出版时间: 2013-10-17

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.1998.Q.20131017.1242.004.html>

Effect of precursor on growth and accumulation of alkaloids of *Lycoris radiata* suspension cells

Yuqiong Zhang¹, Yong Li^{1,2}, Jianhui Zhou³, Na Chen¹, Meifang Wang¹, Zhaorong Dong², Cuiyun Gao¹, and Yanlong Zhong¹

¹ School of Life Sciences, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, Anhui, China

² School of Agronomy, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, Anhui, China

³ Vegetable Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, Guangxi, China

Abstract: In order to investigate the effects of phenylalanine, tyrosine and tyramine on the growth of *Lycoris radiata* suspension cells and the accumulation of alkaloids, the growth quantity of the cells as well as the content of alkaloids in cells were determined, which were treated with above three kinds of precursors alone and phenylalanine combined with tyrosine respectively. The results indicate that the addition of phenylalanine alone and addition of phenylalanine on the basis of tyrosine at high concentration (200 $\mu\text{mol/L}$) had no significant effect on the growth of *Lycoris radiata* suspension cells and the content of alkaloids in cells; whereas tyrosine and tyramine promoted the growth of the cells and alkaloids accumulation. Treated with tyrosine at high concentration (200 $\mu\text{mol/L}$), the content of alkaloids of the cells was 2.56-fold higher than that of the control group, the amounts of lycoramine (3.77 mg/g) and galanthamine (4.46 mg/g) were 6.61-fold and 6.97-fold higher than that of the control group, respectively. When treated with tyramine (200 $\mu\text{mol/L}$), the amount of alkaloids in *Lycoris radiata* suspension cells was 2.63-fold higher than that of the control group, and the amounts of lycoramine (4.45 mg/g) and galanthamine (5.14 mg/g) were 9.08-fold and 9.18-fold higher than that of the control group, respectively. The above results demonstrate that adding tyrosine and tyramine in the media significantly promoted the growth of the *Lycoris radiata* suspension cells and alkaloids accumulation in the cells

Keywords: *Lycoris radiata*, suspension cell line, precursors, alkaloids

石蒜 *Lycoris radiata* 是石蒜科 Amaryllidaceae 石蒜属 *Lycoris* Herb. 多年生单子叶植物, 具有重要的药用价值。石蒜中含有多种具有生物活性的生物碱, 如石蒜伦碱 (Lycorenine), 加兰他敏 (Galanthamine)、表加兰他敏 (Epigalanthamine)、普鲁维因 (Pluviine)、力可拉敏 (Lycoramine)、小星蒜碱 (Hippeastrine)、石蒜碱 (Lycorine)、漳州水仙碱 (Tazettine) 等^[1-2]。其中加兰他敏是乙酰胆碱酯酶的可逆抑制剂, 可以被用于治疗阿尔茨海默病 (Alzheimer's disease)^[3-5]; 石蒜碱具有抗癌活性和潜在的抗 SARS-CoV 病毒的活性^[6]。这些药用成分主要取自石蒜鳞茎, 由于石蒜的生长发育受

环境影响较大, 生长缓慢^[7-8], 且生物碱特别是加兰他敏含量较低^[9]。所以, 大规模生产生物碱受制于石蒜野外资源。

石蒜生物碱产业化主要有两条途径: 一是化学合成方法, 如加兰他敏合成方法^[10-12], 但步骤复杂、得率低且成本高; 二是利用植物组织或细胞培养调控次生代谢进程, 提高目标化合物的产量。这一途径具有生产周期较短, 利于大规模培养, 可人为调控细胞生长与获得高产细胞株等优点, 已成为开发药用植物资源的重要途径。通过间歇浸入技术 (Temporary immersion technology) 培养雪片莲属

Leucojum aestivum L.芽组织, 加兰他敏和力可拉敏最高可达 256 $\mu\text{g}/\text{RITA}$ 和 1 699 $\mu\text{g}/\text{RITA}$ ^[13]。培养基中添加蔗糖、植物生长调节因子或茉莉酸甲酯 (MeJA), 可明显促进生物碱的生物合成^[14-15]。此外, 在培养体系中添加生物碱的前体能够提升产物合成的水平。有研究显示石蒜生物碱的合成前体为苯丙氨酸和酪胺^[4-16], D-苯丙氨酸和酪氨酸对培养物的次生代谢和生长均有显著的影响^[17-19]。目前还没有石蒜细胞悬浮培养体系及生物碱生物合成调控的报道, 本实验在周建辉等^[20]的基础上建立石蒜悬浮细胞培养体系, 探究苯丙氨酸、酪氨酸和酪胺 3 种前体物对石蒜悬浮细胞系的生长和加兰他敏、石蒜碱和力可拉敏合成的影响, 以期获得细胞生长和目标化合物较高的培养体系, 同时为进一步研究石蒜生物碱的合成途径奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

石蒜悬浮细胞系: 将疏松、增殖力强的石蒜愈伤组织夹碎转接到液体培养基中, 经过多次继代培养, 待悬浮细胞系均一性较好时可作为试验研究材料。

仪器与试剂: Agilent 1 200 高效液相色谱仪, Agilent 1 200 系列泵, 可变波长检测器, TUI810 紫外可见分光光度计(北京普析通用仪器有限责任公司), 320-S pH 计(Mettler Toledo), HR-120 电子天平(A&D 公司)。加兰他敏、力可拉敏和石蒜碱购于株洲大有生物技术有限公司(纯度 $\geq 98\%$)。甲醇和乙腈(色谱级, 美国 Tedia 公司)。

1.2 方法

1.2.1 细胞生物量的测定

将细胞培养液于真空泵下抽滤, 去离子水洗涤 2-3 次, 滤纸吸干表面水分, 即为细胞培养物的鲜重 (Fresh weight, FW)。悬浮细胞的增长率=(试验后的鲜重 - 初始鲜重)/初始鲜重 $\times 100\%$ 。将细胞培养物在 80 $^{\circ}\text{C}$ 烘干 2 h, 60 $^{\circ}\text{C}$ 干燥至恒重, 冷却称重为干重 (Dry weight, DW), 重复 3 次取平均值。

1.2.2 石蒜悬浮细胞系生物碱含量的测定

按照李明凯等^[9]的提取与检测方并改进优化。将烘干的悬浮细胞研磨成粉末过筛, 称取 0.5 g, 加入 95%乙醇 5 mL, 320 W 微波炉处理 1 min, 浸取 1 h, 减压浓缩至干, 将浓缩物用 5 mL 1 mol/L HCl 溶解, 用无水碳酸钠调 pH 至 9.5, 用三氯甲烷萃取 3 次合并三氯甲烷相, 总生物碱在 234 nm 测定总生物碱含量。三氯甲烷减压浓缩至干后, 溶于 0.5 mL 甲醇, 0.22 μm 微孔滤膜过滤即为待测生物碱样品。

HPLC 分析方法采用文献^[9]的方法。色谱柱为 ZORBAX ODS-C18 (150 mm \times 4.6 mm, 5 μm , Agilent 公司); 流动相: A: 0.9%三乙胺水溶液 (pH 8.0), B: 乙腈, 采用梯度洗脱。流速为 1 mL/min, 进样量为 10 μL , 检测波长为 234 nm, 检测温度为室温。标准曲线为: 以加兰他敏 (X_1)、力可拉敏 (X_2) 和石蒜碱 (X_3) 为对照品, 得线性回归方程为: 加兰他敏, $Y_1=29.17X_1 + 28.18$, $R_1=0.9995$; 力可拉敏, $Y_2=21.83X_2 - 1.105$, $R_2=0.9995$; 石蒜碱, $Y_3=14.24X_3 - 21.42$, $R_3=0.9996$ 。Y: 峰面积, X: 生物碱含量 (mg/L)。实验数据采用 Microsoft Excel 2003 软件处理分析。

2 结果与分析

2.1 苯丙氨酸对细胞生长和生物碱含量的影响

实验结果表明, 苯丙氨酸对石蒜悬浮细胞系的生长和生物碱的合成都没有明显的影响 (图 1)。添加不同浓度的苯丙氨酸, 石蒜悬浮细胞的生长情况与对照组的差异不明显, 苯丙氨酸不能够促进培养物的生长。并且, 处理组的生物碱的含量与对照组也没有明显的差异。可能是在石蒜生物碱合成途径中, 苯丙氨酸不是合成途径中的关键化合物, 合成途径中存在着其他化合物调节着生物碱合成的进行。

2.2 酪氨酸对细胞生长和生物碱含量的影响

酪氨酸对悬浮细胞系的生长和生物碱的积累有较大的影响 (图 2)。低浓度的酪氨酸明显促进细胞生长。当酪氨酸的浓度为 200 $\mu\text{mol/L}$ 时悬浮细胞系的鲜重增加量达到最大, 继续增加酪氨酸的浓度, 细胞鲜重增加幅度减小。低浓度的酪氨酸对生物碱积累有明显的促进作用, 随着酪氨酸的浓度增加, 总生物碱含量减

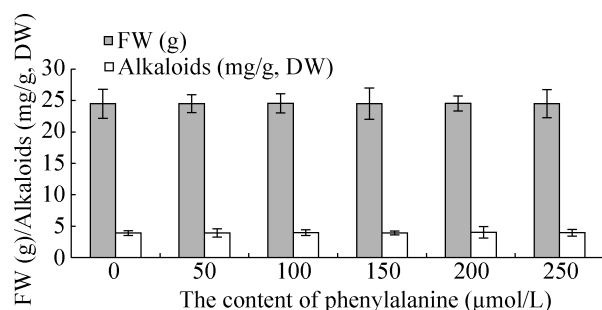


图 1 苯丙氨酸对细胞生长和生物碱含量的影响
Fig. 1 Effect of phenylalanine on the growth of *Lycoris radiata* suspension cells and the content alkaloids in the cells. The addition of phenylalanine had no significant effect the growth of the cells and the content alkaloids in the cells compared to the control group.

小, 当酪氨酸浓度为 200 $\mu\text{mol/L}$ 时生物碱的积累量达到最大。

酪氨酸对石蒜悬浮细胞的 3 种生物碱积累的影响不同 (图 3)。实验结果表明: 酪氨酸对石蒜碱的含量没有影响, 对力可拉敏和加兰他

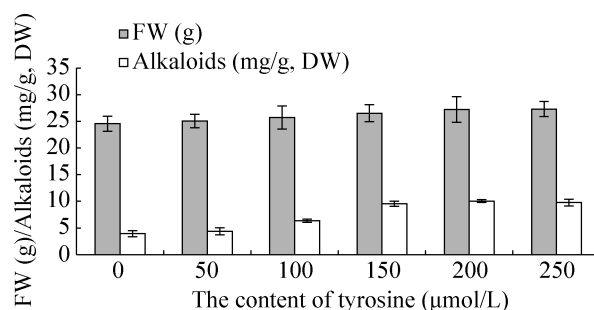


图 2 酪氨酸对细胞生长和生物碱含量的影响
Fig. 2 Effect of tyrosine on the growth of *Lycoris radiata* suspension cells and the content alkaloids in the cells. The low concentration of tyrosine significantly increased the growth of the cells and the content of alkaloids in the cells compared to the control group. And the best concentration of tyrosine for the cells was 200 $\mu\text{mol/L}$.

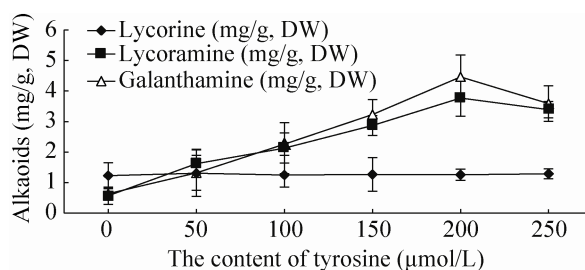


图 3 酪氨酸对石蒜悬浮细胞中的 3 种生物碱的含量的影响

Fig. 3 Effect of tyrosine on the content of three kinds alkaloids in *L. radiata* suspension cells. Tyrosine had no effect on the accumulation of lycorine. Tyrosine at appropriate concentration (200 $\mu\text{mol/L}$) promoted the accumulation of lycoramine and galanthamine, but the effect of higher concentration of tyrosine on the accumulation of lycoramine and galanthamine weaken gradually.

敏的含量影响比较明显。当酪氨酸浓度为 200 $\mu\text{mol/L}$ 时,力可拉敏的含量可达 3.77 mg/g, 是对照组的 6.61 倍, 加兰他敏可达 4.46 mg/g, 是对照组的 6.97 倍, 力可拉敏和加兰他敏的含量都远高于对照组。

2.3 酪胺对细胞生长和生物碱含量的影响

酪胺对悬浮细胞系的生长影响较大 (图 4), 低浓度的酪胺对悬浮细胞的生长促进作用明显。酪胺对总生物碱的积累亦有较大的影响, 随着酪胺浓度的增加, 总生物碱含量增加, 当酪胺浓度高于 150 $\mu\text{mol/L}$, 总生物碱积累增幅减小, 酪胺浓度为 250 $\mu\text{mol/L}$ 时, 总生物碱含量是对照组的 2.63 倍。

酪胺对细胞中 3 种生物碱含量的影响不同, 对石蒜碱的含量影响不大, 对力可拉敏和加兰他敏的含量影响较大。酪胺浓度为 200 $\mu\text{mol/L}$ 时, 力可拉敏的含量可达 4.45 mg/g, 是对照组的 9.08 倍。酪胺浓度为 150 $\mu\text{mol/L}$ 时, 加兰他敏含量可达 5.14 mg/g, 是对照组的 9.18 倍, 力可拉敏和加兰他敏的含量都远高于对照组 (图 5)。

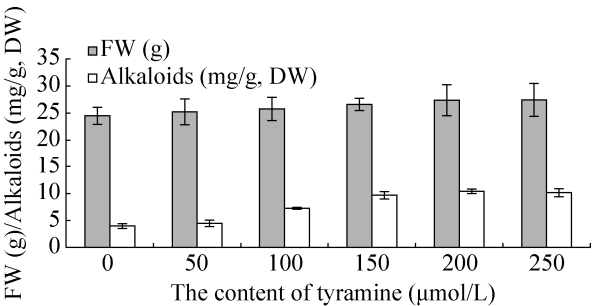


图 4 酪胺对石蒜悬浮细胞系的影响
Fig. 4 Effect of tyramine on the growth of *Lycoris radiata* suspension cells and the content alkaloids in the cells. The low concentration of tyramine significantly increased the growth of the cells compared to the control group. And the best concentration of tyramine for the cells was 200 $\mu\text{mol/L}$.

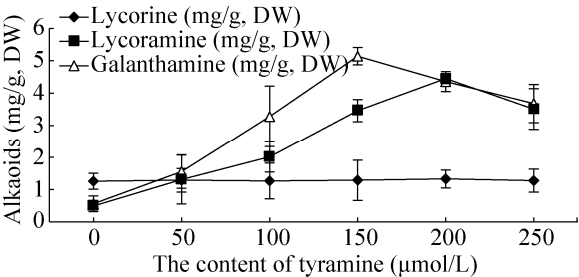


图 5 酪胺对石蒜悬浮细胞中 3 种生物碱含量的影响
Fig. 5 Effect of tyramine on the content of three kinds alkaloids in suspension cells. Tyramine also had no significant effect on accumulation of lycorine. The highest level of lycoramine and galanthamine was obtained by treated with 150 $\mu\text{mol/L}$ and 200 $\mu\text{mol/L}$ of tyramine, respectively.

2.4 苯丙氨酸和酪氨酸对细胞生长和生物碱含量的影响

生物碱合成有共同的前体苯丙氨酸和酪氨酸^[16]。试验发现, 同时添加苯丙氨酸和酪氨酸对生长和生物碱的合成影响较小, 与单独添加酪氨酸组相比差异不明显 (表 1)。

表 1 苯丙氨酸和酪氨酸对细胞生长和生物碱含量的影响

Table 1 Effects of phenylalanine combined with tyrosine on the growth of *Lycoris radiata* suspension cells and the content alkaloids in the cells

Additive		Mass growth (g)	Alkaloids (mg/g)
Phenylalanine ($\mu\text{mol/L}$)	Tyrosine ($\mu\text{mol/L}$)		
0	0	24.56±0.32	3.87±0.91
0	200	26.53±0.14	9.38±0.47
20	200	26.78±0.45	10.09±1.12
40	200	27.21±1.38	9.81±0.87
60	200	26.55±2.34	9.93±1.02

Treated with phenylalanine combined with tyrosine had no significant influence on on the growth of *Lycoris radiata* suspension cells and the content alkaloids in the cells. And, there was no significantly difference compare with addition tyrosine alone.

3 讨论

实验结果表明, 苯丙氨酸对石蒜悬浮细胞的生长和生物碱积累影响不明显; 酪氨酸和酪胺处理, 细胞鲜重和 3 种生物碱含量要高于对照组。低浓度的酪氨酸和酪胺能够促进细胞生长和生物碱合成。当酪氨酸浓度大于 200 $\mu\text{mol/L}$ 时, 细胞鲜重增加的趋势减缓, 生物碱含量降低; 当酪胺浓度大于 150 $\mu\text{mol/L}$ 时, 细胞鲜重和生物碱含量增加的趋势减缓。但在相同的浓度下, 酪胺促进细胞生长的作用要强于酪氨酸。酪氨酸可在相关酶的作用下转化为其他物质进入其他途径中^[16-21]。在已发表的文献中, 精胺、MeJA、黄体酮、酪蛋白水解物、NO 和酵母提取物均能促进石蒜科植物芽的生长, 水杨酸和高浓度的茉莉酸甲酯则抑制生长^[22-23]。蔗糖能增加培养物存活率, 2,4-D 会降低存活率, 但是将 2,4-D 和 BA 同时加入会促进愈伤和根的生成^[13]。

加兰他敏和力可拉敏的积累量最高时 (5.14 mg/g, 4.45 mg/g), 酪胺浓度分别为 150 $\mu\text{mol/L}$ 、200 $\mu\text{mol/L}$ 。同时添加苯丙氨酸 (20 $\mu\text{mol/L}$) 和酪氨酸 (200 $\mu\text{mol/L}$) 时, 总生物碱含量最高。Schumann 等^[24]和 Ivanov 等^[13]获得的加兰他敏分别为 2.40 mg/g DW 和 256 $\mu\text{g/RITA}$, 后者获得的石蒜碱高达 1 699 $\mu\text{g/RITA}$ 。Georgiev 等^[25]培养的雪片莲芽组织中加兰他敏含量 1.7 mg/L, 石蒜碱为 8.3 mg/L。茉莉酸甲酯、NO 和酵母提取物均能促进加兰他敏的合成, 茉莉酸甲酯和酵母提取物对石蒜碱的合成也有促进作用, 然而水杨酸、NO 和酵母提取物对力可拉敏的合成均有抑制作用^[22]。25 $\mu\text{mol/L}$ 的茉莉酸甲酯处理后, 水仙细胞和培养基中的加兰他敏的含量约 8.1 mg/g DW 和 5.0 mg/g DW^[14]。在本实验中,

悬浮细胞中的生物碱含量与已发表的文献中生物碱含量相比均要高出很多。因此, 在本实验和前人研究的基础上可以建立用于大规模制备生物碱的培养体系。

REFERENCES

- [1] Yuan JH. Research advances on the chemical constituents of *Lycoris* and their extraction and detection methods. J Anhui Agri Sci, 2010, 38(2): 684–686, 692 (in Chinese).
袁菊红. 石蒜属化学成分及其提取、检测方法研究进展. 安徽农业科学, 2010, 38(2): 684–686, 692.
- [2] Gotti R, Fiori J, Bartolini M, et al. Analysis of amaryllidaceae alkaloids from *Narcissus* by GC – MS and capillary electrophoresis. J Pharm Biomed, 2006, 42(1): 17–24.
- [3] Marco L, do Carmo Carreiras M. Galanthamine, a natural product for the treatment of Alzheimer's disease. Rec Pat CNS Drug Discov, 2006, 1(1): 105–111.
- [4] Takos AM, Rook F. Towards a molecular understanding of the biosynthesis of amaryllidaceae alkaloids in support of their expanding medical use. Int J Mol Sci, 2013, 14(6): 11713–11741.
- [5] Nair JJ, Bastida J, Viladomat F, et al. Cytotoxic agents of the crinane series of amaryllidaceae alkaloids. Nat Prod Commun, 2013, 8(5): 553–564.
- [6] Li SY, Chen C, Zhang HQ. Identification of natural compounds with antiviral activities against SARS-associated coronavirus. Antiviral Res, 2005, 67(1): 18–23.
- [7] Zhao TR, Shi YT, Cai JG, et al. The headway of research in *Lycoris*. Northern Horticulture, 2008, 4: 65–69 (in Chinese).
赵天荣, 施永泰, 蔡建岗, 等. 石蒜属植物的研

- 究进展. 北方园艺, 2008, (4): 65–69.
- [8] Berkov S, Georgieva L, Kondakova V, et al. The geographic isolation of *Leucojum aestivum* populations leads to divergence of alkaloid biosynthesis. *Biochem Syst Ecol*, 2013, 46: 152–161.
- [9] Li MK, Zhang YQ, Dong ZR, et al. Determination of galanthamine, lycoramine and lycorine in *Lycoris radiata* by high performance liquid chromatography. *J Instrum Anal*, 2012, 31(8): 957–961 (in Chinese).
李明凯, 张玉琼, 董召荣, 等. 高效液相色谱法测定石蒜中加兰他敏、力可拉敏及石蒜碱 3 种生物碱. *分析测试学报*, 2012, 31(8): 957–961.
- [10] Fang L, Gou SH, Zhang YH. Progresses in total synthesis of galantamine. *Chin J Org Chem*, 2011, 31(3): 286–296 (in Chinese).
房雷, 苟少华, 张奕华. 加兰他敏全合成研究进展. *有机化学*, 2011, 31(3): 286–296.
- [11] Guo T, Song Q, Qiu YH, et al. Synthesis of important intermediate bromonarwedine of galantamine. *Chin J Syn Chem*, 2012, 20(2): 251–253 (in Chinese).
果婷, 宋琦, 邱银华, 等. 加兰他敏重要中间体溴那维定的合成. *合成化学*, 2012, 20(2): 251–253.
- [12] Choi J, Kim H, Park S, et al. Asymmetric total synthesis of (-)-galanthamine via intramolecular Heck reaction of conjugated diene. *Synlett*, 2013, 24(3): 379–382.
- [13] Ivanov I, Georgiev V, Georgiev M, et al. Galanthamine and related alkaloids production by *Leucojum aestivum* L. shoot culture using a temporary immersion technology. *Appl Biochem Biotechnol*, 2011, 163(2): 268–277.
- [14] Colque R, Viladomat F, Bastida J, et al. Improved production of galanthamine and related alkaloids by methyl jasmonate in *Narcissus confusus* shoot-clumps. *Planta Med*, 2004, 70(12): 1180–1188.
- [15] El Tahchy A, Bordage S, Ptak A, et al. Effects of sucrose and plant growth regulators on acetylcholinesterase inhibitory activity of alkaloids accumulated in shoot cultures of Amaryllidaceae. *Plant Cell Tiss Organ Cult*, 2011, 106(3): 381–390.
- [16] Bastida J, Lavilla R, Viladomat F. Chemical and biological aspects of *Narcissus* alkaloids. *Alkaloids Chem Biol*, 2006, 63: 87–179.
- [17] Zhai XX, Li YY. Effect of amino acid precursors on callus growth and taxol content. *Hubei Agri Sci*, 2009, 48(10): 2944–2946 (in Chinese).
翟雪霞, 李友勇. 几种氨基酸前体物对红豆杉愈伤组织的生长和紫杉醇含量的影响. *湖北农业科学*, 2009, 48(10): 2944–2946.
- [18] Qu JG, Yu XJ, Zhang W, et al. Significant suspension improved anthocyanins biosynthesis in cultures of *Vitis vinifera* by process intensification. *Chin J Biotech*, 2006, 22(2): 299–305 (in Chinese).
曲均革, 虞星炬, 张卫, 等. 前体饲喂、诱导子和光照联合使用对葡萄细胞培养合成花青素的影响. *生物工程学报*, 2006, 22(2): 299–305.
- [19] Cao XB, Wang Z, Peng S, et al. Effects of lanthanum nitrate and L-phenylalanine on callus growth and total alkaloid accumulation of *Pinellia ternata*. *Shandong Agri Sci*, 2012, 44(7): 26–28 (in Chinese).
曹孝鲍, 王震, 彭爽, 等. 硝酸镧、L-苯丙氨酸对半夏愈伤组织生长和总生物碱积累的影响. *山东农业科学*, 2012, 44(7): 26–28.
- [20] Zhou JH, Zhang YQ, Li MK, et al. Inducing callus tissues callus subculture of *Lycoris radiata* Herb. *Plant Physiol Commun*, 2010, 46(12): 1215–1218 (in Chinese).
周建辉, 张玉琼, 李明凯, 等. 石蒜愈伤组织的诱导及其继代培养. *植物生理学通讯*, 2010, 46(12): 1215–1218.
- [21] Lee EJ, Facchini PJ. Tyrosine aminotransferase contributes to benzyloquinoline alkaloid biosynthesis in *Opium poppy*. *Plant Physiol*, 2011, 157(3): 1067–1078.
- [22] Zayed R, El-Shamy H, Berkov S, et al. *In vitro* micropropagation and alkaloids of *Hippeastrum vittatum*. *In Vitro Cell Dev Biol Plant*, 2011, 47(6): 1215–1218.

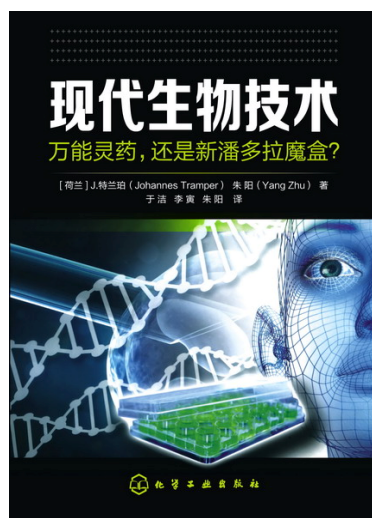
- 695–701.
- [23] Mu HM, Wang R, Li XD, et al. Effect of abiotic and biotic elicitors on growth and alkaloid accumulation of *Lycoris chinensis* seedlings. *Z Naturforsch C*, 2009, 64(7/8): 541–550.
- [24] Schumann A, Berkov S, Claus D, et al. Production of galanthamine by *Leucojum aestivum* shoots grown in different bioreactor systems. *Appl Biochem Biotechnol*, 2012, 167(7): 1907–1920.
- [25] Georgiev V, Ivanov I, Berkov S, et al. Galanthamine production by *Leucojum aestivum* L. shoot culture in a modified bubble column bioreactor with internal sections. *Eng Life Sci*, 2012, 12(5): 534–543.

(本文责编 陈宏宇)

~~~~~

### 化学工业出版社书讯

#### 现代生物技术——万能灵药，还是新潘多拉魔盒？



作者：(荷)J.特兰珀、朱阳 著；于洁、李寅、朱阳 译

ISBN：9787122174994

定价：49.0 元

开本：16 装帧：平装 页码：248

初版时间：2013 年 10 月

读者对象：可供生物类专业的本科生及其他专业拟了解该技术的人士阅读参考。

#### 内容介绍

现代生物技术在解决人类社会面临的人口、健康、资源和环境等重大问题上表现出了巨大的应用潜力。然而，与历史上任何新兴技术面世的时候一样，广大民众对现代生物技术这样一种新兴高技术的内涵并不清楚，因此容易产生怀疑、误解，甚至恐惧，阻碍了现代生物技术的正常发展和应用。

为了更好地认识现代生物技术的科技内涵，本书以现代生物技术在食品和医疗领域的发展和应用为主线，希望以事实为依据，为读者提供一个丰富且可靠的信息来源，从而消除偏见，正确判断现代生物技术对人类带来的福音还是灾难。

本书共分 4 部分。第一部分是引言，重点介绍了现代生物技术的两面性。第二部分“日常饮食”，分别从奶酪、烘烤食品、葡萄酒、生物技术肉制品和所谓“妖魔食品”等入手，阐述生物技术和各种日常饮食之间的渊源。第三部分“健康也有极限”，则从抗生素、荷尔蒙、基因治疗、异种器官移植、人类基因组计划和干细胞治疗等 6 个与健康与医学相关的方面，分析现代生物技术与人类的密切关系。最后一部分是“尾声”，希望给读者留下一个印象和认识：“生物技术不一定是有害的！”

本书主要选材于日常生活中与现代生物技术密切相关的实例，所参考的文献多来自《自然》、《科学》等国际知名期刊或杂志，将专业的理解和大众的视角结合起来，向人们介绍现代生物技术的基本原理及其利弊；语言通俗易懂，大量使用简明易懂的插图和插图，深入浅出地解释生物技术的热门话题。

订购方式：网上购书

化工出版社：<http://shop.cip.com.cn/product/20131001/283979787122174994.html>