

急性粒细胞白血病中两类视黄酸受体嵌合体(PML/RAR α 和PLZF)的发现以及视黄酸在一些肿瘤治疗上的成功极大地丰富了视黄酸信号传递系统的理论,同时也极大地促进了类视黄醇类新药的设计和筛选^[16].

参 考 文 献

- 1 何志谦编. 人类营养学, 第一版. 北京: 人民卫生出版社, 1988: 125~143
- 2 Sporn M B, Roberts A B. Cancer Res, 1983; 43: 3034
- 3 Petkovich M, Brand N J, Krust A *et al.* Nature, 1987; 330: 444
- 4 Giguere V, Ong S, Segui P *et al.* Nature, 1987; 330: 642
- 5 Mangelsdorf D J, Ong E S, Dyck J A *et al.* Nature, 1990; 345: 224
- 6 Giguere V. Endocrine Review, 1994; 15: 61
- 7 Posch K C, Burns R D, Napoli J L. J Biol Chem, 1992; 267: 19676
- 8 Shubeita H E. Proc Natl Acad Sci USA, 1987; 84: 5645
- 9 Beato M. Cell, 1989; 56: 335
- 10 Leid M, Kastner P, Chambon P. Trends Biol Sci, 1992; 17: 427
- 11 Rosen E D, O'Donnell A L, Koenig R J. J Biol Chem, 1992; 267: 22010
- 12 Tsai S Y, Carlstedt-Duke J, Weigel N L *et al.* Cell, 1988; 55: 361
- 13 Durand B, Saunders M, Leroy P *et al.* Cell, 1992; 71: 73
- 14 Schule R, Evans R M. Trends Genet, 1991; 7: 377

- 15 Balkan W, Colbert M, Bock C *et al.* Proc Natl Acad Sci USA, 1992; 89: 3347
- 16 Pratt M A C, Kralova J, McBurney M W. Mol Cell Biol, 1990; 10: 6445

The Cellular Retinoid Signaling System. Li Zai-quan, Liu Bingwen (*Institute of Biochemistry and Molecular Biology, West China University of Medical Sciences, Chengdu 610041, China*).

Abstract Retinoid signaling system is composed of retinoic acids, retinol binding proteins (RBPs), cellular retinol binding proteins (CRBPs), cellular retinoic acid binding proteins (CRABPs), retinoic acid nuclear receptors and retinoic acid responsible elements. This system has been proved to regulate expression of many functioning genes, such as genes of CRABP-I, c-Fos, growth factor receptor, protein kinase C, etc. Therefore, the retinoid's role in morphogenesis during embryonic development and regulating the growth and differentiation of a wide variety of cell types throughout life of organism are involved in this signaling system.

Key words retinoic acid, retinoic acid nuclear receptor, retinoic acid responsible element

壳多糖酶研究的概况及最新进展

彭仁旺¹⁾ 管考梅 黄秀梨

(北京师范大学生物系, 北京 100875)

摘要 壳多糖酶专一性水解壳多糖中的 β -1,4糖苷键,在自然界的碳循环中具有极其重要的意义.壳多糖酶分布广泛,功能多样,在真菌生长发育、植物抗真菌感染等生理过程中壳多糖酶均发挥重要作用.文章概述了壳多糖酶研究的现状及最新进展.介绍了壳多糖酶的分布、理化性质、催化性质、在细胞中的定位及其调控;简介了近年来真菌和植物壳多糖酶研究的动态及最新进展.

关键词 壳多糖酶, 细胞壁代谢, 植物基因工程

¹⁾现为中国科学院微生物研究所博士生. 收稿日期: 1995-03-24, 修回日期: 1995-05-15

壳多糖酶 (EC 3.2.1.14) 又称几丁质酶。水解壳多糖 (即几丁质), 分布在从细菌到高等动植物的几乎所有的生物类群中, 其广泛的生理功能, 特别是在真菌生长发育、植物抗真菌感染过程中的作用和巨大的应用前景, 使壳多糖酶越来越受到人们的关注。

1 壳多糖酶概述

1.1 壳多糖酶系

分解壳多糖的酶是壳多糖酶系 (chitinase system), 它包括两种酶: 壳多糖酶 (chitinase, EC 3.2.1.14) 和壳二糖酶 (chitobiase, EC 3.2.1.29)。前者水解壳多糖成壳寡糖或壳二糖, 后者把壳二糖分解成 N-乙酰氨基葡萄糖 (NAG)。壳多糖在壳多糖酶系的作用下完全分解, 终产物 NAG 可进一步转变成葡萄糖。

1.2 壳多糖酶的分布

壳多糖酶分布广泛, 到目前为止, 已在细菌、放线菌、真菌、植物组织以及腔肠动物、线虫、多毛纲、寡毛纲、软体动物、节肢动物的消化系统中检测到壳多糖酶, 此外, 在线虫孵化和昆虫蜕皮时, 也分泌壳多糖酶; 在脊椎动物中, 食昆虫的鱼类、两栖类、爬行类的胰和消化粘膜也分泌壳多糖酶。

1.3 壳多糖酶的理化性质

1.3.1 分子量: 一般来说, 放线菌和植物壳多糖酶的分子量多在 30 ku 左右, 而细菌、真菌及动物壳多糖酶分子量变化较大。

1.3.2 亚类: 迄今, Wheat germ 和 Bean 壳多糖酶^[1,2] 都被确证为单体分子, 其他植物来源的壳多糖酶, 其 SDS 变性电泳测得的分子量和天然状态的分子量相似, 说明植物壳多糖酶可能都为单体分子。微生物壳多糖酶的多型性普遍存在, 如 *Saccharomyces Cerevisiae* 壳多糖酶在 SDS-PAGE 中显示多条带, 在不变性的 PAGE 中也一样, 且每条带均有活性^[3]; *Manduca* 壳多糖酶通过凝胶过滤后出现 3 个酶活性组分^[4], 在 SDS-PAGE 中, 每一组分的泳动情况也不相同, 分别称 chitinase I、

II、III; I 和 III 是糖蛋白, 而 II 不是; I 和 II 的抗体有交叉反应, 但 III 的抗体与 I 和 II 均无交叉反应。Yam (*Dioscorea opposita*) 壳多糖酶有 3 个活性组分, 但 3 个组分的分子量却是一样的, 这被认为可能与 3 个组分结合的糖组分不同有关^[5]。研究最多的是 *Serratia marcescens*, 有 5 种不同分子量的壳多糖酶: 57、52、48、36 和 21 ku^[6]。

1.3.3 pI 及最适 pH: 大部分植物壳多糖酶的等电点在碱性范围, 微生物壳多糖酶 pI 变化较大, *Streptomyces orientalis* 的二种壳多糖酶的 pI 分别为 8.8 和 8.65, 而 *Streptomyces erythraeus* 壳多糖酶的 pI 为 3.7。

迄今研究过的壳多糖酶其活性的最适 pH 多在 3.4~6.5 之间, 但 *Serratia marcescens* 壳多糖酶在 pH 3 时仍保持活力, *Saccharomyces cerevisiae* 壳多糖酶的最适 pH 为 1.5~2.5^[3]、有些壳多糖酶有几个最适 pH, 如 Yam 在 3.5 和 8.5 均表现最大活力^[5]。

1.3.4 最适温度及热稳定性: 已知某些微生物的壳多糖酶具有很高的热稳定性, 高等植物的壳多糖酶也颇耐热。 *Streptomyces orientalis* 壳多糖酶在 40℃ 保温 3 h (pH 5.5~8.0), 酶是稳定的, 如超过此范围, 则急剧失活, *Lycoperdon pyriforme* (schaeff.) pers 壳多糖酶 51℃ 时加热 15 min, 活力丧失一半; 山药中的二种同工酶在 60℃, pH 8.0 条件下处理 3 h, 活力依然不减^[5], 而 *Streptomyces* SP. 壳多糖酶加热至 65℃ 时, 活力丧失殆尽。

1.3.5 酶的催化性质: 壳多糖酶对线性结构的多聚 N-乙酰葡萄糖胺有专一性, 但不分解壳二糖。壳多糖分解的最终产物是壳二糖, 可能还有少量的壳三糖及 NAG, 尤其是以胶体壳多糖为底物时^[1]。

壳多糖酶对壳多糖中 NAG 单体的 C-6 原子的选择性较差, 许多 C-6 被取代的衍生壳多糖也能被水解, 如羟乙基几丁质 (glycol-chitin)、6-羟丙基壳多糖、羧甲基壳多糖 (carboxymethylchitin) 也能被水解。

相反, 对壳多糖单体 NAG C-2 上的 N-乙

酰基,壳多糖酶要求严格, Karrer 和 White 曾系统研究了蜗牛壳多糖酶的底物专一性,发现脱乙酰壳多糖不为壳多糖酶水解, C-2 上的 N-乙酰基被甲酰基、丙酰基、丁酰基以及苯甲酰基取代时,壳多糖酶均不作用,但脱乙酰壳多糖重新乙酰化后,又能被壳多糖酶水解.脱乙酰壳多糖的衍生物,如 C-6 羟基被取代的羟乙基脱乙酰壳多糖 (glycolchitosan),却不为壳多糖酶分解.壳多糖酶对底物分子的大小也有一定要求.如麦胚壳多糖酶对壳二糖不作用,对三糖的作用比之四糖、五糖要慢得多,酶和底物亲和常数也随底物聚合度提高而增大,五糖以后基本保持恒定^[1].

壳多糖酶的天然底物是壳多糖,但壳多糖酶对不同形态壳多糖的敏感性相差颇大,合成中的新生壳多糖比形成态的壳多糖更易被壳多糖酶水解.如麦胚中的壳多糖酶作用于新生态壳多糖的活力至少比作用于天然壳多糖时高 80 倍^[1].

1.4 壳多糖酶的调节

在体外,已有一些证据说明壳多糖酶的合成及活性是在转录水平受到调节的.以壳多糖为碳源,可以诱导细菌合成高水平的壳多糖酶;壳多糖诱导真菌壳多糖酶的分泌;受乙烯诱导时,大豆叶子合成的壳多糖酶增加 30~40 倍,此时壳多糖酶的含量占到细胞中总蛋白含量的 1%. Boller 等^[2]对此现象作了较详细的研究,他们发现,在施用乙烯后 6 h,壳多糖酶活力开始提高,24 h 后比对照高 30 倍. Vogeli 发现乙烯诱导期间壳多糖酶 mRNA 水平大幅度上升.加入亚胺环己酮 (cycloheximide) 能阻断多糖酶的合成,而已知环己酮亚胺是抑制蛋白质合成的.显然,乙烯诱导增强了壳多糖酶基因的表达.真菌感染也能诱导植物壳多糖酶活力的上升, Montalbini 等认为真菌感染而引起的壳多糖酶活力升高是通过乙烯实现的,这种复杂的诱导机制很可能是植物抗性系统的一部分. Boller 实验室发现,在抑制乙烯产生的条件下,真菌感染或植物补体诱导物的存在同样诱导豌豆壳多糖酶的形成^[7].

看来乙烯和真菌感染诱导壳多糖酶产生的途径是不同的.

壳多糖酶基因转录后调节知道得很少.一个新的发现是:某些壳多糖酶可能以酶原的形式存在. Gooday 等^[8]报道, *Macor mucedo* 壳多糖酶首先以无活性的酶原存在,经胰蛋白酶水解而活化.植物中的壳多糖酶也有类似的报道.

1.5 壳多糖酶在细胞中的定位

除了在 *Macor* 中分离的一种微粒体组分壳多糖酶外^[8],目前已发现的大多数壳多糖酶是可溶性蛋白,但这并不意味着壳多糖酶定位于细胞质中. *A. nidulans* 壳多糖酶以一种潜在的形式 (cryptic form) 定位于细胞壁中,去污剂或自溶可使壳多糖酶从非活性形式转变为活性形式^[9]. *S. cerevisiae* 壳多糖酶,一部分定位在周质空间 (periplasmic space),另一部分在液泡中^[10],而昆虫病原真菌球孢白僵菌 (*Beauveria bassiana*) 壳多糖酶主要定位于周质空间^[11].经乙烯处理过的蚕豆叶片中,大部分壳多糖酶位于细胞的中央液泡中^[12].从橡胶树乳胶液中,人们也发现壳多糖酶位于类似于液泡的一种细胞器中.此外还发现植物壳多糖酶有前导肽,它具有一般真核生物信号肽的基本特征.

2 真菌和高等植物壳多糖酶研究进展

2.1 真菌壳多糖酶研究进展

壳多糖以微纤丝的形式形成一种网状结构包埋于基质中,是真菌细胞壁的骨架物质.真菌的许多生理过程如菌丝生长,细胞分裂,孢子发芽,细胞壁的形态发生,横隔生成等都与细胞壁亦即壳多糖的代谢有关,因而人们推测壳多糖代谢的酶在真菌生活史中扮演非同寻常的角色.早在 1973 年, Bartnicki-Garcia^[13]就提出了一个关于真菌菌丝顶端生长的模型,即 unitary model.根据这个模型,菌丝顶端细胞壁所表现出的有规则的生长是通过存在于壳多糖等多聚物的合成与分解之间的精细的动态平衡来实现的.但是,一直没有很好的证据来证

明这个模型. 近年来, 这方面的研究有了新进展.

2.1.1 壳多糖酶参与细胞壁代谢的证据: 真菌中能分解细胞壁成分的酶都已得到, 如壳多糖酶、 β (1 $\rightarrow$ 3) 糖苷酶、 β (1 $\rightarrow$ 4) 糖苷酶、 α (1 $\rightarrow$ 3) 糖苷酶、蛋白酶、脂酶等. 形态学研究表明, 真菌菌丝的细胞质中散布着许多小泡, 在进行细胞壁合成的部位, 常有小泡聚集在一起, 聚集的这些细胞释放内含物. 细胞化学的实验证明, 分布在胞质中的小泡至少有一部分含有分解酶类.

直接的证据来自直接分离这些小泡, 目前已从酵母 *Aspergillus nidulans* 中分离出完整的小泡. 这些小泡含有为膜包裹的水解酶, 包括壳多糖酶、 β (1 $\rightarrow$ 3) 糖苷酶、蛋白酶、脂酶, 小泡膜破裂或溶解后, 这些酶即释放出来.

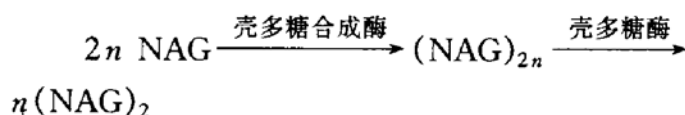
用机械方法破碎真菌菌丝, 然后差速离心, 分离出上清组分和颗粒组分, 上清组分有壳多糖酶等水解酶活性, 合理的解释是这些水解酶来自破裂的小泡. 已从酵母、*A. nidulans* 中检测到与细胞壁结合的水解酶活性.

Polacheck 等^[9]研究了 *A. nidulans* 与壁结合的酶特性, 证明与细胞壁结合的酶包括壳多糖酶、糖苷酶等. 同时他还通过实验证明壳多糖酶是与真菌菌丝的老细胞壁结合在一起, 即壳多糖酶等水解酶主要定位于菌丝顶端新合成的细胞壁两侧的老细胞壁中, 它们参与了老壁的软化、分解等与细胞生长、发育有关的代谢过程.

2.1.2 壳多糖在真菌生长发育中的作用: Gooday 等^[14]系统研究了 *Mucor mucedo* 壳多糖酶系统. 他们将菌丝匀浆离心后, 也在上清液以及一种微粒体中检测到壳多糖酶活性. 微粒体部分壳多糖酶有如下重要特性: 与膜结合, 并表现为 Arrhenius 曲线 (bi-phasic Arrhenius plot), 结合需要磷脂, 酶能被温和的去污剂如 Triton X-100、Zwittergent-14 溶解下来; 壳多糖酶是部分酶原的, 经胰蛋白酶作用后活化. 这些特征与壳多糖合成酶的特征十分相似. 同时还发现, 在 *Mucor mucedo* 的生长和

分化过程中壳多糖酶和壳多糖合成酶几乎遵循相同的活力-时间曲线. 这些结果说明这两种酶可能是紧密联系、协同作用的.

为了验证以上假设, Gooday 等设计了两类实验: 体外测定壳多糖的净合成和原位测定壳多糖的净合成. 在体外实验中, 把制备的微粒体组分与标记的 UDP-N-乙酰葡萄糖胺一起保温, 然后检测掺入到不溶性壳多糖中的放射性, 结果出人意料: 无标记 ^{14}C 掺入壳多糖中, 经分析壳多糖合成酶是存在的. 薄层层析显示, 大量的 ^{14}C 掺入壳二糖中, 显然, 该反应体系经历了下列变化过程:



原位实验结果显示, 生长中的菌丝, 前 20 min 壳多糖积累, 后以稳定的速度分解; 加入多氧菌素 D (polyoxin D) 后, ^{14}C 的掺入量很快为零, 这说明菌丝掺入的 ^{14}C 是由于壳多糖合成酶的存在, 因为 polyoxin D 是壳多糖合成酶的专一性抑制剂. 实验中掺入的 ^{14}C 下降即几丁质的分解是什么因素引起的呢? 保温液经层析分析, 主要的 ^{14}C 出现在壳二糖上, 且随着时间的延续, 壳二糖的量不断增加, 这与标记的壳多糖的量的逐渐减少是一致的, 这也就证明了在原位, 壳多糖酶和壳多糖合成酶也是同时起作用的.

综合以上情况, Gooday 认为: a. 无论 *A. nidulans* 等与细胞壁结合的组分, 还是 *M. mucedo* 中的微粒体组分, 都参与了壁的代谢; b. 壳多糖酶和壳多糖合成酶都在菌丝的生长过程中起作用, 两种酶是协同作用的; c. 二种酶的物理位置可能十分接近, 在细胞内的调控也可能是协同的; d. 壳多糖酶和壳多糖合成酶协同作用, 可能参与 α -壳多糖的形成、壳多糖微纤丝的形成、孢子发芽、菌丝顶端生长、分枝等许多生理过程. 当然, 协同作用的细节尚不清楚.

2.2 植物壳多糖酶研究进展

2.2.1 植物壳多糖酶与植物抗病作用的关系:

自从在植物组织中发现了壳多糖酶后, 该酶的生理功能引起了人们的关注. 在高等植物中, 至今还未发现有壳多糖存在, 而壳多糖酶却广泛分布于高等植物组织中, 尤其壳多糖酶是强烈地被诱导的. 乙烯处理及病原菌的感染均引起壳多糖酶活力的升高; 在体外壳多糖酶又能裂解真菌细胞壁, 这些似乎说明壳多糖酶与植物抗性有关. 近年来, 植物壳多糖酶抗真菌作用已为很多实验所支持.

1979年, Molano等^[1]发现, 纯化的麦胚凝集素中有壳多糖酶组分; 1986年, Schlumberg^[15]证明, 是壳多糖酶而不是凝集素抑制了绿色木霉的生长. 他们观察到, 纯化的蚕豆壳多糖酶高度抑制绿色木霉的生长, 有效浓度和病原菌感染或乙烯处理后的蚕豆叶片粗提液中的酶浓度相似, 蚕豆叶片抽提液的抗真菌活力几乎被蚕豆壳多糖酶的抗血清完全抑制, 这充分说明壳多糖酶是抽提液中抑制真菌生长的主要蛋白质.

1987年, Legeand等证实, 接种 TMV 的烟草叶片中积累的与枯斑反应及其他过敏反应有关的10种 PR 蛋白 (pathogenesis-related proteins) 有4种为壳多糖酶, 从而直接证实了壳多糖酶参与植物的抗病过程^[16].

2.2.2 壳多糖酶在植物抗性基因工程中的应用: 近年来, 在植物抗真菌的研究中, 植物壳多糖酶受到极大的关注. 鉴于人们对壳多糖酶抗真菌作用所得到的认识, 以及植物基因工程的研究进展, 壳多糖酶的抗真菌作用得到进一步证实. 1991年, Broglie^[17]首次将菜豆壳多糖酶转入烟草和油菜, 获得了部分抗真菌的转基因植物; 80年代以来, 科学家们已分别将细菌及植物壳多糖酶基因转移到烟草、西红柿、大豆、马铃薯、莴苣及甜菜等植物中, 获得了表达壳多糖酶活性的转基因植物. 与普通植株相比, 转基因植物不仅抗真菌, 而且对昆虫、线虫也有一定抗性. 目前, 在植物抗病基因工程研究中, 壳多糖酶有两方面的应用: a. 把其他来源的壳多糖酶基因引入植物中, 以提高植物壳多糖酶的水平; b. 改造植物原有的

壳多糖酶基因, 如导入强启动子, 以增强壳多糖酶基因的表达.

由于真菌结构的复杂性, 壳多糖酶介导的植物抗性尚有待完善. 最新的证据表明, 联合表达壳多糖酶基因和其他真菌细胞壁水解酶基因以及植物自身防卫基因, 可以使转基因植物获得更大的抗性^[18]. van der Elzen等^[19]将两种不同的壳多糖酶基因和两种葡聚糖酶基因同时转入西红柿中, 共表达这两种酶的转基因植物有较高的抗真菌活性, 比单独表达壳多糖酶基因或葡聚糖酶基因的转基因烟草更能抵抗真菌的侵害; 这种联合作用的机制, 一方面可能是多种水解酶协同作用, 更有利于真菌细胞壁的软化降解; 另一方面, 酶降解细胞壁的产物又可作为诱导因子, 进一步增强酶的表达并诱导植物自身的防卫反应, 这种相互诱导的机制类似于过敏反应^[20]. 值得提出的是, β -1, 3-葡聚糖酶 (β -1, 3-glucanase) 可能与壳多糖酶一样, 也是一种在植物保护反应中的关键酶, 这已为很多实验所证实. 例如, β -1, 3-葡聚糖酶经常与壳多糖酶一起被诱导; 离体实验表明 β -1, 3-葡聚糖酶对病原真菌有抑制作用, 与壳多糖酶联合作用时效果更为明显; 一些 PR 蛋白具有 β -1, 3-葡聚糖酶活力等.

植物壳多糖酶的分子生物学研究也日益受到重视. 1986年 Broglie等^[21]首次克隆了菜豆壳多糖酶基因, 到目前为止, 已从烟草^[22]、水稻^[23]、玉米^[24]等多种植物中分离出壳多糖酶基因, 植物壳多糖酶基因具有如下特点: a. 为多基因组家族; b. 多为诱导表达; c. 无或少内含子; d. 除编码完整的壳多糖酶外, 还编码信号肽. 植物壳多糖酶的蛋白结构和性质研究也有进展, 目前除已从多种植物中分离纯化出壳多糖酶外, 还通过 X 衍射和核磁共振, 阐明了数种植物壳多糖酶的三维结构, Jaap等根据现有的植物壳多糖酶的 X 衍射和核磁共振三维结构信息及氨基酸序列资料, 将植物壳多糖酶分为两类^[25] (以前曾单纯根据结构域特征把壳多糖酶分为五类: I、II、III、IV、V类壳多糖酶); b型壳多糖酶, 包括 I、II、

IV类, 这类壳多糖酶和来自大麦的壳多糖酶有相似的结构特征; h型壳多糖酶, 包括III、V类, 它们与一种橡胶树 (*Hevea brasiliensis*) 的壳多糖酶有相似的三维结构. h型与b型没有任何同源性, 相反却与一些原核及真菌壳多糖酶有同源性, 由此推测不同种类生物中的h型壳多糖酶起源于共同的祖先, 它们在原核与真核生物分离前就存在了.

可以预见, 植物壳多糖酶及其他途径的植物抗性基因工程的发展, 既有利于从分子水平上阐明植物的抗病机制又有巨大的实用价值. 它们与抗病毒、抗虫害、抗除草剂等抗逆性植物基因工程一起, 将成为今后一个时期植物基因工程的主流, 它们的突破将会导致农业上的革命, 为人类带来难以估量的物质财富.

参 考 文 献

- Molano J, Polacheck I, Duran A *et al.* J Bio Chem, 1979; **254**: 4901
- Boller T. Planta, 1983; **157**: 22
- Correa J U, Elango N, Polacheck I *et al.* J Biol Chem, 1982; **257**: 1392
- Koga D. Insect Biochem, 1983; **13**: 295
- Tsukamoto T, Goga D, Ide A *et al.* Agric Biol Chem, 1984; **48**: 931
- Fuchs R L, Mcpherson S A, Drahos D J *et al.* Applied Environ Microbiol, 1986; **51**: 504
- Mauch F, Hadwiger L A, Boller T. Plant Physiol, 1984; **76**: 607
- Humhreys A M, Gooday G W. J Gen Microbiol, 1984; **130**: 1359
- Polacheck I, Rosenberger R F. J Bacteriol, 1978; **135**: 741
- Elango N, Correa J U, Cabib E. J Biol Chem, 1982; **257**: 1398
- 黄秀梨. 北京师范大学学报 (自然科学版), 1991; **27** (2): 227
- Boller T, Vogeli U. Plant Physiol, 1984; **74**: 442
- Bartnicki-Garcia S. In: Ashworth J M eds. Microbiol Differentiation. Cambridge: Cambridge University Press. 1973: 245
- Gooday G W. In: Muzzarelli R ed. Chitin in nature and technology. New York: Plenum Press, 1986: 83
- Schlumbaum A, Mauch F, Vogeli U *et al.* Nature, 1986; **324**: 365
- Hooft van Huijsduijnen R A M, Kauffmann S, Brederode F T *et al.* Plant Mol Biol, 1987; **9**: 411
- Broglie K, Chet I, Holliday M *et al.* Science, 1991; **254**: 1194
- Zhu Q, Maher E A, Masoud S *et al.* Bio/Technology, 1994; **12** (8): 807
- van der Elzen, Jongedijk, E. Melchers L S *et al.* Phil Trans R Soc London, 1993; **B342**: 271
- Lamb C J, Ryals J A, Ward E R *et al.* Bio/Technology, 1992; **10**: 1436
- Broglie K E, Gaynor J J, Broglie R M *et al.* Proc Natl Acad Sci USA, 1986; **83**: 6820
- Payne G, Ahl P, Ryals J. Proc Natl Acad Sci USA, 1990; **87**: 98
- Zhu Q, Lamb C J, Mol Gen Genet, 1991; **226**: 289
- Wu S, Kriz A L, Widholm J M. Plant Physiol, 1994; **105** (4): 1097
- Jaap J B. FEBS Lett, 1994; **350**: 159

General Situation and the Latest Progress in Chitinases Research. Peng Renwang, Guan Kaomei, Huang Xiuli (*Beijing Normal University, Beijing 100875, China*).

Abstract Chitinases, hydrolyzing specifically β -1,4 glucosidic band of chitin, play an important role in carbon cycle of nature, and have a wide distribution and a variety of functions. Chitinases are involved in the growth, development of fungi and have a key role in plant protection against fungal pathogens. The present situation and the latest progress in chitinase research are reviewed, including the distributions, physical, chemical and catalytic properties, localization in cells and regulation of chitinases, and the latest progress in fungi and plant chitinases research are summarized briefly.

Key words chitinase, cell wall metabolism, plant genetic engineering