

## 细菌中群体感应调节系统

周 焱<sup>1,2</sup> 刘小锦<sup>1</sup> 朱晨光<sup>1</sup> 孙 明<sup>1\*</sup> 喻子牛<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> 华中农业大学农业微生物学国家重点实验室 武汉 430070)

(<sup>2</sup> 长江大学 荆州 434025)

**摘 要** 细菌根据特定信号分子的浓度可以监测周围环境中自身或其它细菌的数量变化,当信号达到一定的浓度阈值时,能启动菌体中相关基因的表达来适应环境中的变化,这一调控系统被称为细菌的群体感应调节系统(Quorum-Sensing 系统)。本文系统介绍了细菌感知种内与种间数量的群体感应调节系统,并阐述了植物针对病原菌这一信号系统的抗病策略。

**关键词** 细菌 群体感应调节系统 酰基高丝氨酸环内酯 寡肽 呋喃酰硼酸二酯

**中图分类号** :Q93 **文献标识码** :A **文章编号** :0001-6209(2004)01-0122-05

细胞与细胞之间信息交流一般被认为只在多细胞生物中发生,而细菌往往被纯粹地看作单细胞生物。在 20 世纪 60 年代一种海洋费氏弧菌(*Vibrio fischeri*)的发光现象引起了科学家的兴趣,Neelson 等<sup>[1]</sup>在 1970 年首次报道了该菌菌体密度与生物发光呈正相关,该发光现象受细菌本身的群体感应调节系统(Quorum-Sensing System,简称 QS 系统)所控制。现在发现许多细菌利用该系统调控体内特定的功能,如根瘤菌与植物共生<sup>[2]</sup>、蓝细菌中异形胞的分化<sup>[3]</sup>、芽胞杆菌中感受态与芽胞的形成<sup>[4]</sup>、根癌农杆菌中 Ti 质粒融合转移<sup>[5]</sup>、病原细菌胞外酶与毒素产生<sup>[6]</sup>、生物膜(Biofilm)形成<sup>[7]</sup>、菌体发光<sup>[8]</sup>、色素产生<sup>[9]</sup>、抗生素形成<sup>[10]</sup>、细菌运动等多种功能都受到细菌群体感应信号系统所调节。我们可以针对细菌 QS 系统对细菌的某些功能进行干扰或促进,从而达到有益于人类的目的。本文将对细菌的 QS 系统进行简要概述。

### 1 细菌 QS 系统

细菌根据特定信号分子的浓度可以监测周围环境中自身或其它细菌的数量变化,当信号达到一定的浓度阈值时,能启动菌体中相关基因的表达来适应环境中的变化,这一调控系统被称为细菌的群体感应调节系统<sup>[11]</sup>(图 1)。该系统首先由酶催化合成信号分子,信号分子经扩散或转运系统到达胞外,当累计到一定浓度后,能被位于膜上的感应系统识别,进而引起受体蛋白的构象或基因变化,最终激活靶基因的表达,该表达产物能使细菌适应外界环境各种变化。例如根癌农杆菌(*Agrobacterium tumefaciens*)、胡萝卜软腐欧文氏菌(*Erwinia carotovora*)等<sup>[6]</sup>植物病原菌,至少要在营养缺乏的土

壤和防御严密营养丰富的寄主两种复杂生境中交替生活。当病原菌侵染寄主时,必需达到一定的基数才能侵染成功,因为此时的信号分子浓度才能启动侵染寄主起关键作用基因的表达,否则其侵染不能成功;另外枯草芽胞杆菌(*Bacillus subtilis*)也利用 QS 系统对自身发育进行调控,当菌体密度高时,信号分子浓度相应增高启动了芽胞形成基因的表达<sup>[4]</sup>。

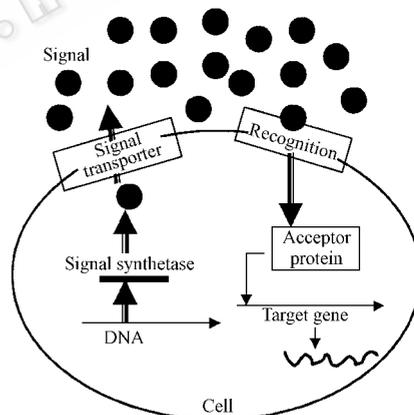


图 1 细菌中群体感应调节系统

Fig. 1 Quorum sensing in bacteria

不同菌体 QS 系统利用不同的信号分子来调控基因的表达。革兰氏阴性( $G^-$ )细菌一般利用酰基高丝氨酸环内酯类物质(Acyl-homoserine lactone,简称 AHL),革兰氏阳性( $G^+$ )细菌利用寡肽类(Autoinducing peptide,简称 AIP)信号感知自身种群数量;另外还有一类信号分子是呋喃酰硼酸二酯(Furanosyl borate diester,即 AI-2 型信号分子),在  $G^+$  与  $G^-$  细菌中均存在,它可感知其它种间细菌数量来调控自身行为。

基金项目 国家 863 计划(2001AA214011),国家自然科学基金(30270053)教育部重点资助项目

\* 通讯作者。Tel 86-27-87283455; Fax 86-27-87280670; E-mail: zm98sun@mail.hzau.edu.cn

作者简介 周焱(1972-)男,长江大学讲师,华中农业大学在职博士, E-mail: ziyizh@sohu.com

收稿日期 2003-05-21, 修回日期:2003-11-04

## 2 细菌感知种内数量的 QS 系统

### 2.1 革兰氏阴性细菌中感知种内数量的 QS 系统

G<sup>-</sup> 中的 QS 系统主要由 AHL 类信号分子及其受体蛋白组成。AHL 分子的典型特征是含有高丝氨酸内酯环和一个酰胺链,高丝氨酸内酯环是这类化合物共有的特性,酰胺链中的碳原子数(从 4 到 18 个,多为偶数,奇数中只有 7)和第 3 位上取代基(氢、羟基、羰基)决定了该类信号分子对细菌的不同调控功能<sup>[11]</sup>。AHL 信号分子可自由穿透细胞壁与膜并在环境中累计,当达到一定浓度阈值时,能与相应受体蛋白的氨基端结合,形成特定的构象,使羧基端能与靶 DNA 序列相结合,从而调控某些功能基因的表达。同时,AHL 分子与受体蛋白的复合体也对 AHL 分子及受体蛋白本身的产生具有反馈调节效应。

在不同的 G<sup>-</sup> 菌体中, QS 系统调控不同的功能,如 AHL 分子在费氏弧菌中与 LuxR 受体蛋白结合促进发光酶基因的表达,而在胡萝卜软腐欧文氏菌中与 ExpR 受体蛋白结合促进致病胞外酶的表达,与 CarR 受体蛋白结合促进碳青霉烯类抗生素(Carbapenem)的产生<sup>[12]</sup>。这些胞外酶与抗生素的产生是软腐类病原菌成功侵入寄主并繁衍种群的关键因子。在 G<sup>-</sup> 细菌中,有的细菌含有不止一套 QS 系统,但它们能共同参与调节细菌的某些功能, QS 系统之间具有等级调控效应,象铜绿假单胞杆菌(*Pseudomonas aeruginosa*)中 QS 系统 1 (LasI/LasR 信号系统)对 QS 系统 2 (RhlI/RhlR 信号系统)具有调控作用<sup>[13]</sup>。

在细菌 QS 系统中,除了 AHL 信号分子外,还有其它类群体感应信号分子。例如青枯菌(*Ralstonia solanacearum*)产生的 3-羟基棕榈酸甲酯,通过调控其表现性转换系统 Phe 调节子的表达以适应青枯菌的密度效应及增殖<sup>[14]</sup>。另外还有 2-庚基-3-羟基-4-喹啉、二酮吡嗪(DKP, Diketopiperazine)以及  $\gamma$ -丁酸内酯等<sup>[15]</sup>在不同菌体中都能起到与 AHL 相类似的作用,这说明在细菌 QS 系统中信号分子具有复杂性和多样性。

QS 系统中 AHL 信号分子在菌体内的合成途径一般是在 LuxI 或 LuxM、AinS、HdtS<sup>[16]</sup> 等几类蛋白酶催化下,以硫腺苷甲硫氨酸与脂肪酰基载体蛋白为底物合成的。由于 AHL 信号调控细菌许多致病基因的表达,因此探索该信号分子的降解途径具有重要意义。Dong 等<sup>[17]</sup>报道了一种芽胞杆菌(*Bacillus*) 240B1 能产生降解 AHL 信号分子的胞内解酯酶 AiiA 蛋白,这种酶能使胡萝卜软腐欧文氏菌产生的 AHL 分子内酯键被打开,因此,软腐病菌中受 QS 系统调控的致病基因与碳青霉烯类抗生素基因不能表达,从而极大减弱了该病菌的致病性。在此基础上,该课题组把 *aiaA* 基因转入烟草、马铃薯中,获得了抗软腐病能力较强的植株<sup>[18]</sup>。随后,我们也从苏云金芽胞杆菌(*B. thuringiensis*)中克隆到类似基因,发现该基因在 *B. thuringiensis* 所有血清型中的分布频率为 85.7% (未发表资料),并通过在高毒力 *B. thuringiensis* 菌中提高 *aiaA*

基因的表达量得到了既杀虫又抗病的工程菌<sup>[19]</sup>。同时考虑到 AiiA 蛋白属于胞内蛋白,限制了其降解 AHL 分子的能力,我们利用 *B. thuringiensis* 菌中 S 层表面展示系统把 AiiA 蛋白展示到细胞表面,大大提高了其抗病活性(未发表资料)。

与 AiiA 蛋白降解 AHL 信号分子方式不同,争论食嗜菌(*Variovorax paradoxus*)能利用 AHL 分子做为唯一碳源和氮源供其生长需要,它编码酰胺酶使信号分子的侧链与内酯环断开<sup>[20]</sup>。根据该菌特性,它在自然环境中能抑制产 AHL 细菌的生长与繁殖。2003 年 Lin 等<sup>[21]</sup>在青枯菌(*Ralstonia sp.*) XJ12B 中发现一种新的酰胺酶——AiiD 蛋白,也能把 AHL 信号分子水解为内酯环与酰胺链。

在根癌农杆菌中发现 AHL 信号分子浓度在细菌进入稳定期时急剧下降,研究表明该信号分子能被农杆菌中 *attM* 编码的解酯酶所降解,起到平衡调节的作用,该酶与 AiiA 蛋白的作用具有相似性<sup>[6]</sup>。另外,海洋指状岩褐藻(*Laminaria digitata*)通过产生卤素过氧化物酶催化卤素产生卤素氧化物(象次氯酸 HOCl),它能穿透细菌的生物膜,并与 AHL 信号分子起反应从而破坏它的信号功能,使细菌不能在藻类叶片上定殖,同时具有杀菌活性<sup>[22]</sup>。

现在对于降解 AHL 类信号分子的研究方兴未艾,目前利用最好的是 AiiA 蛋白,已将该基因转入植物中并表现了较好的抗病性,关于其它降解 AHL 酶的潜在利用价值还在进一步探索之中。

### 2.2 革兰氏阳性细菌中感知种内数量的 QS 系统

G<sup>+</sup> 细菌不产生 AHL 信号分子, QS 系统主要利用 AIP 为信号分子,它不能自由穿透细胞壁,需要 ABC 转运系统(ATP-Binding-cassette)或其它膜通道蛋白作用到达胞外行使功能。这种肽寡信号也随菌体浓度的增加而增加,当累积达到一定浓度阈值时,位于膜上的 AIP 信号识别系统与之相互作用。该识别系统是由双组分磷酸激酶组成的,当膜上激酶与信号分子识别后,促进激酶中组氨酸残基磷酸化,经过天冬氨酸残基的传递,最终把磷酸基团传递给受体蛋白,磷酸化后的受体蛋白能与 DNA 特定靶位点结合,从而起到调控的作用。

AIP 分子一般由体内产生的前导肽经加工、修饰成为成熟的寡肽信号分子。不同菌体中前导肽的长短及组成差异较大,形成的 AIP 分子也不同,其氨基酸残基大多在 5~17 之间。除了 AIP 分子以外,还有一些特殊的信号分子,象链霉菌中调控抗生素合成的  $\gamma$ -丁酸内酯,黄色粘球菌(*Myxococcus xanthus*)中对子实体的形成与产孢具有重要调控作用的 A 因子与 C 因子<sup>[23]</sup>,其中 A 因子是由蛋白质降解的氨基酸混合物组成,而 C 因子是由 *csgA* 基因编码的蛋白质产物。

在枯草芽胞杆菌 QS 系统中,CSF(5 个氨基酸残基)与 ComX(10 个氨基酸残基)寡肽信号分子能够激活感受态转录因子 ComK 的大量表达,使细菌向感受态的方向发展;当菌体达到一定浓度后,五肽信号分子 PhrA 和 PhrF 大量形成。

分别抑制了 RapA 和 RapE 磷酸化酶(该酶能使 Spo0F-P 去磷酸化,阻碍菌体形成芽胞),从而使细菌向芽胞的方向发展<sup>[41]</sup>。而在金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)中,形成寡肽信号分子的前导肽 AgrD 蛋白首先被合成,在转运到胞外的过程中,被膜通道蛋白 AgrB 加工为短肽信号分子,随后被膜上 AgrC 双组分敏感激酶所识别,激活了体内 RNAlII 的转录,而 RNAlII 调控了许多毒性基因的表达<sup>[41]</sup>。

G<sup>+</sup> 细菌中有许多也是动植物的病原菌,但目前还没有发现针对其 QS 系统的防病策略。现在仅发现金黄色葡萄球菌可根据产生 AIP 信号分子的细微不同而被分为 4 个亚群,每一亚群的 QS 系统只能识别自身产生的 AIP 分子,另外 3 类 AIP 分子对其 QS 系统具有抑制作用<sup>[24]</sup>。这也给了我们一点启示,可以设计跟病菌 AIP 分子相似的物质来破坏其 QS 系统,从而减弱病原菌的致病性。

### 3 细菌感知种间数量的 QS 系统

上述 QS 系统中的 AHL 或 AIP 信号分子具有细菌特异性。还有一类 AI-2 型信号分子,不管在任何细菌中均为呋喃酰硼酸二酯,细菌可以利用这类信号分子感知其它细菌数量来调控自身的行为。这种现象最初是由 Bassler 等<sup>[25]</sup>在研究哈氏弧菌(*V. harveyi*) QS 系统时发现的,该菌 QS 系统能识别 AHL 分子和 AI-2 型分子,识别 AHL 分子能感知自身密度,识别 AI-2 型分子感知自身或其它菌数量。随后在变异链球菌(*Streptococcus mutans*)GS5 中发现 *luxS* 基因突变后极大减弱了蔗糖依赖性生物膜的形成,但当环境中存在 AI-2 分子产生菌存在时可以激活该菌中蔗糖依赖性生物膜的形成,变异链球菌 GS5 通过该方式察觉其它菌的存在来调整自身行为。

细菌识别 AI-2 型信号分子的方式与 G<sup>+</sup> 细菌中双组分激酶的识别系统完全一致,双组分激酶识别 AI-2 型分子后把磷酸化基团传递给受体蛋白启动相关基因的表达。自哈氏弧菌中发现 AI-2 型信号分子后,人们利用 AI-2 报告菌株哈氏弧菌 BB170 陆续在 40 多种细菌中检测到了该分子,当时人们一直不清楚它的结构。2002 年 Chen 等<sup>[26]</sup>发现 AI-2 型信号分子是上下对称双五圆环结构的呋喃酰硼酸二酯。其合成起始底物与合成 AHL 信号分子的底物一样都是腺苷甲硫氨酸(SAM)经过一系列中间反应,由 *luxS* 基因编码的蛋白酶催化形成 AI-2 型分子前体物,最后在硼离子参与下形成呋喃酰硼酸二酯。*luxS* 基因被认为是合成 AI-2 型信号分子标志性基因,*LuxS* 基因在 G<sup>+</sup> 与 G<sup>-</sup> 细菌中都比较保守,约为 450~550 碱基对组成。

AI-2 型信号分子主要是被细菌利用来感知种间群体数量,细菌感知后究竟调控了哪些功能?据文献报道:AI-2 型信号分子在大肠杆菌 O157:H7、霍乱弧菌(*V. cholerae*)、脑膜炎奈瑟氏球菌(*Neisseria meningitidis*)、化脓链球菌(*S. pyogenes*)等菌中调控毒性基因的表达;在发光杆菌属(*Pho-*

*torhabdus luminescens*)中调控抗生素的产生;在口腔中调控牙髓卟啉单胞菌(*P. gingivalis*)与格氏链球菌(*S. gordonii*)形成共生生物膜<sup>[27]</sup>。尽管 *luxS* 基因在很多测序的基因组中也找到了同源序列,我们利用 AI-2 报告菌株哈氏弧菌 BB170 在 40 多株苏云金芽胞杆菌、3 株蜡状芽胞杆菌中全部检测到了 AI-2 分子,但它们在芽胞杆菌中调控的功能仍然不清楚。它在哈氏弧菌中确实能感知种间群体数量,在别的细菌中是否真正属于 QS 系统中的信号分子,到目前为止还有很大争议,有人认为该系统是对外界或自身代谢压力的一种调控方式。

### 4 展望

细菌利用 QS 系统感知自身或其它细菌数量来调控特定基因的表达。现在研究的热点是如何干扰病原菌的 QS 系统来减弱动植物病原细菌的致病性。对于干扰植物病原菌 QS 系统,大致有以下 3 个途径:一是产生降解病原菌信号分子的酶,使病原菌 QS 系统不能启动它所调控的基因;二是产生病原菌信号分子的类似物与信号分子受体蛋白竞争性结合来阻断病原菌 QS 系统;三是植物可能利用 QS 系统中的信号分子来诱发植物的抗性。对于第一种途径,在植物中仅发现指状岩褐藻能产生卤素过氧化物酶催化产生卤素氧化物破坏 AHL 信号分子外,还没有报道植物能产生降解 AHL 信号分子的酶。不过在土壤中发现芽胞杆菌、争论食噬菌、青枯菌、根癌农杆菌中能够产生 AHL 信号分子降解酶,其中芽胞杆菌产生的 AiiA 蛋白已被转入植物中,对欧氏杆菌具有较好抗病性,至于其它几类细菌产生的降解酶还没有实际应用的报道。对于第二种途径,最早也是从海洋红藻(*Delisea pulchra*)中发现一种信号分子类似物——卤化呋喃酮(Halogenated furanones),它能干扰细菌的 QS 系统,使之不能在其叶表产生群聚(Swarming)和形成生物膜<sup>[28]</sup>,现在已在豌豆、水稻、番茄、马铃薯、大豆和苜蓿等植物中发现可能存在细菌 QS 系统信号分子类似物,这些类似物可以破坏或者促进病原菌的 QS 系统,但是这些物质的化学结构还不很清楚<sup>[29]</sup>。随着科学的发展,一旦从高等植物中获得了信号分子阻遏物,就可以通过转基因的方式达到抗病的目的,而不会担心病原菌的抗性与生态安全性问题。对于第三种途径,最初是从 Mathesius 等<sup>[30]</sup>的研究中得到的启示:当把蒺藜状苜蓿(*Medicago truncatula*)的根用不同浓度 AHL 类信号分子处理后,根部增加表达了大约 150 种蛋白质,这说明细菌 QS 系统的信号分子确实能够诱发植物的一些反应,这种植物与细菌相互作用方式能否被运用到生产实践中来,还有很多工作要做。

### 参 考 文 献

- [1] Neelson K H, Platt T, Hastings J W. Cellular control of the synthesis and activity of the bacterial luminescent system. *J Bacteriol*, 1970,

- [ 2 ] Wisniewski – Dye F , Downie J A . Quorum – sensing in *Rhizobium* . *Antonie Van Leeuwenhoek* , 2002 , **81** : 397 – 407 .
- [ 3 ] Yoon H S , Golden J W . Heterocyst pattern formation controlled by a diffusible peptide . *Science* , 1998 , **282** ( 5390 ) : 935 – 938 .
- [ 4 ] Lazazzera B A . The intracellular function of extracellular signaling peptides . *Peptides* , 2001 , **22** ( 10 ) : 1519 – 1527 .
- [ 5 ] Zhang L , Murphy P J , Kerr A , *et al* . Agrobacterium conjugation and gene regulation by N-acyl-L-homoserine lactones . *Nature* , 1993 , **362** ( 6419 ) : 446 – 448 .
- [ 6 ] von Bodman S B , Bauer W D , Coplin D L . Quorum sensing in plant-pathogenic bacteria . *Annu Rev Phytopathol* , 2003 , **41** : 455 – 482 .
- [ 7 ] Zhu J , Mekalanos J J . Quorum sensing-dependent biofilms enhance colonization in *Vibrio cholerae* . *Dev Cell* , 2003 , **5** ( 4 ) : 647 – 656 .
- [ 8 ] Eberhard A , Burlingame A L , Eberhard C , *et al* . Structural identification of autoinducer of *Photobacterium fischeri* luciferase . *Biochemistry* , 1981 , **20** : 2444 – 2449 .
- [ 9 ] McClean K H , Winson M K , Fish L , *et al* . Quorum sensing and chromobacterium violaceum : Exploitation of violacein production and inhibition for the detection of N-acylhomoserine lactones . *Microbiology* , 1997 , **143** : 3703 – 3711 .
- [ 10 ] Whistler C A , Pierson L S . Repression of phenazine antibiotic production in *Pseudomonas aureofaciens* strain 30 – 84 by RpeA . *J Bacteriol* , 2003 , **185** ( 13 ) : 3718 – 3725 .
- [ 11 ] Miller M B , Bassler B L . Quorum sensing in bacteria . *Annu Rev Microbiol* , 2001 , **55** : 165 – 199 .
- [ 12 ] Welch M , Todd D E , Whitehead N A , *et al* . N-acyl homoserine lactone binding to the CarR receptor determines quorum-sensing specificity in *Erwinia* . *EMBO J* , 2000 , **19** ( 4 ) : 631 – 641 .
- [ 13 ] Winans S C , Bassler B L . Mob psychology . *J Bacteriol* , 2002 , **184** ( 4 ) : 873 – 883 .
- [ 14 ] Cha C , Gao P , Chen Y C , *et al* . Production of acyl-homoserine lactone quorum-sensing signals by gram-negative plant-associated bacteria . *Mol Plant Microbe Interact* , 1998 , **11** ( 11 ) : 1119 – 1129 .
- [ 15 ] Schauder S , Bassler B L . The languages of bacteria . *Genes Dev* , 2001 , **15** ( 12 ) : 1468 – 1480 .
- [ 16 ] Fuqua C , Greenberg E P . Listening in on bacteria : acyl-homoserine lactone signalling . *Nat Rev Mol Cell Biol* , 2002 , **3** ( 9 ) : 685 – 695 .
- [ 17 ] Dong Y H , Xu J L , Li X Z , *et al* . AiiA , an enzyme that inactivates the acylhomoserine lactone quorum-sensing signal and attenuates the virulence of *Erwinia carotovora* . *Proc Natl Acad Sci* , 2000 , **97** : 3526 – 3531 .
- [ 18 ] Dong Y H , Wang L H , Xu J L , *et al* . Quenching quorum-sensing-dependent bacterial infection by an N-acyl homoserine lactonase . *Nature* , 2001 , **411** ( 6839 ) : 813 – 817 .
- [ 19 ] 朱晨光 , 孙 明 , 喻子牛 . 带 *cry3Aa* 启动子的 *aiiA* 基因在苏云金芽孢杆菌中的表达 . *生物工程学报* , 2003 , **19** ( 4 ) : 397 – 401 .
- [ 20 ] Lin P H , Su S C , Tsai Y C , *et al* . Identification and characterization of a new gene from *Variovorax paradoxus* Iso1 encoding N-acyl-D-amino acid amidohydrolase responsible for D-amino acid production . *Eur J Biochem* , 2002 , **269** ( 19 ) : 4868 – 4878 .
- [ 21 ] Lin Y H , Xu J L , Hu J , *et al* . Acyl-homoserine lactone acylase from *Ralstonia* strain XJ12B represents a novel and potent class of quorum-quenching enzymes . *Mol Microbiol* , 2003 , **47** ( 3 ) : 849 – 860 .
- [ 22 ] Taga M E , Bassler B L . Chemical communication among bacteria . *Proc Natl Acad Sci USA* , 2003 [ Epub ahead of print ] : 1 – 6 .
- [ 23 ] Jelsbak L , Sogaard-Andersen L . Pattern formation by a cell surface-associated morphogen in *Myxococcus xanthus* . *Proc Natl Acad Sci USA* , 2002 , **99** ( 4 ) : 2032 – 2037 .
- [ 24 ] Mayville P , Ji G , Beavis R , *et al* . Structure-activity analysis of synthetic autoinducing thiolactone peptides from *Staphylococcus aureus* responsible for virulence . *Proc Natl Acad Sci* , 1999 , **96** : 1218 – 1223 .
- [ 25 ] Mok K C , Wingreen N S , Bassler B L . *Vibrio harveyi* quorum sensing : a coincidence detector for two autoinducers controls gene expression . *EMBO J* , 2003 , **22** ( 4 ) : 870 – 881 .
- [ 26 ] Chen X , Schauder S , Potier N , *et al* . Structural identification of a bacterial quorum-sensing signal containing boron . *Nature* , 2002 , **415** : 545 – 549 .
- [ 27 ] Xavier K B , Bassler B L . LuxS quorum sensing : more than just a numbers game . *Curr Opin Microbiol* , 2003 , **6** ( 2 ) : 191 – 197 .
- [ 28 ] Givskov M , DeNys R , Manfield M , *et al* . Eukaryotic interference with homoserine lactone-mediated prokaryotic signalling . *J Bacteriol* , 1996 , **178** : 6618 – 6622 .
- [ 29 ] Givskov M , de Nys R , Manfield M , *et al* . Eukaryotic interference with homoserine lactone-mediated prokaryotic signalling . *J Bacteriol* , 1996 , **178** ( 22 ) : 6618 – 6622 .
- [ 30 ] Mathesius U , Mulders S , Gao M , *et al* . Extensive and specific responses of a eukaryote to bacterial quorum-sensing signals . *Proc Natl Acad Sci USA* , 2003 , **100** ( 3 ) : 1444 – 1449 .

## Quorum Sensing in Bacteria

ZHOU Yi<sup>1,2</sup> LIU Xiao-Jin<sup>1</sup> ZHU Chen-Guang<sup>1</sup> SUN Ming<sup>1\*</sup> YU Zi-Niu<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> State Key Laboratory of Agricultural Microbiology, Huazhong Agricultural University Wuhan 430070, China)

(<sup>2</sup> Changjiang University, Jingzhou 434025, China)

**Abstract** :Bacteria can co-ordinate group activities by cell-cell communicate with each other. The interbacterial communication system known as quorum sensing( QS ) utilizes hormones , such as acyl-homoserine lactone( AHL ), oligopeptide and furanosyl borate diester , to regulate bacterial gene expression. This review describes bacterial QS regulatory cascades of gram negative and postive bacteria. Finally we discuss strategy of anti-QS system for plant controlling bacterial disease.

**Key words** :Bacteria , Quorum sensing , Acyl-homoserine lactone , Oligopeptide , Furanosyl borate diester

Foundation item : Chinese National Natural Science Foundation( 30270053 );Chinese National Programs for High Technology Research and Development ( 2001AA214011 )

\* Corresponding author. Tel 86-27-87283455 ;Fax 86-27-87280670 ;Email :m98sun@mail.hzau.edu.cn

Received date 05-21-2003

微生物学报

WEISHENGWU XUEBAO

( 双月刊 ,1953 年创刊 )

第 44 卷 第 1 期 2004 年 2 月

ACTA MICROBIOLOGICA SINICA

( Bimonthly ,Started in 1953 )

Vol.44 No.1 February 2004

编 辑	《微生物学报》编辑委员会 地址 北京海淀中关村中国科学院微生物研究所内 邮政编码 :100080 电话 :010-62630422 Http :/www.im.ac.cn/journals E-mail :actamicro@sun.im.ac.cn	Edited by	Editorial Board of Acta Microbiologica Sinica Add : Institute of Microbiology , Chinese Academy of Sciences , Zhongguancun , Beijing 100080 , China Tel 010-62630422 Http :/www.im.ac.cn/journals E-mail :actamicro@sun.im.ac.cn
主 编	李季伦	Editor-in-Chief	LI Ji-Lun
主 办	中国科学院微生物研究所 中国微生物学会	Sponsored by	Institute of Microbiology ,Chinese Academy of Sciences Chinese Society for Microbiology
出 版	科学出版社 地址 北京东黄城根北街 16 号 邮政编码 :100717	Published by	Science Press Add : 16 Donghuangchenggen North Street , Beijing 100717 , China
印刷装订	北京科信印刷厂	Printed by	Kexin Printing House
总 发 行	科学出版社 地址 北京东黄城根北街 16 号 邮政编码 :100717 电话 010-64034563 E-mail :journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add : 16 Donghuangchenggen North Street , Beijing 100717 , China Tel : 010-64034563 E-mail : journal@cspg.net
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址 北京 399 信箱 邮政编码 :100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add : P. O. Box 399 , Beijing 100044 ,China
广告经营许可证	京东工商广字第 0034 号		