

寡养单胞菌抑杀松材线虫的研究进展

高树博^{1,2}

1.东北林业大学生命科学学院 黑龙江 哈尔滨 150000

2.东北林业大学林木遗传育种国家重点实验室 黑龙江 哈尔滨 150000

【摘要】：寡养单胞菌（*Stenotrophomonas*）作为一类重要的细菌，近年来在生物防治领域，尤其是在线虫病害的抑制方面展现出巨大的潜力。线虫，包括植物寄生线虫和动物寄生线虫，对全球农业生产和动物健康造成了严重威胁，本综述旨在概述寡养单胞菌在抑制线虫方面的研究进展，主要关注其作用机制、活性代谢产物以及在不同生态系统中的应用前景。本综述强调了深入理解寡养单胞菌与线虫之间复杂相互作用的重要性，并指出了未来研究的方向，以期在线虫的生物防治提供新的思路和方法。

【关键词】：寡养单胞菌；松材线虫病；松材线虫；防治

DOI:10.12417/3041-0630.26.02.057

1 引言

Stenotrophomonas maltophilia，是一类革兰氏阴性，广泛存在于土壤、水体以及植物根际等多种环境中，许多寡养单胞菌菌株也被认为是植物

生长促进剂和生物防治剂，在降解异生物质方面表现出卓越能力。这些细菌通过分泌多种次级代谢产物，包括抗生素、酶类和挥发性有机化合物，展现出对线虫的直接抑制作用。几丁质酶在降解线虫卵和体壁的主要成分几丁质方面发挥关键作用，是潜在的杀线虫靶点。

本综述将深入探讨寡养单胞菌在抑制线虫方面的最新研究进展，旨在总结其多样化的抗线虫机制，鉴定关键的活性物质，并展望其在农业害虫综合管理中的应用潜力。通过对现有文献的梳理和分析，本研究旨在为寡养单胞菌作为一种环境友好型生物防治剂的进一步开发和应用提供理论依据。

2 杀虫寡养单胞菌的菌株资源筛选

2.1 菌株筛选生境与方法

目前杀松材线虫寡养单胞菌的筛选生境主要

集中在三个方向：一是松材线虫病疫区的健康松树组织，尤其是抗逆性强的马尾松、樟子松等树种的根际土壤与内生环境^[1]，这类生境中的菌株已适应松树微生态，定殖能力更强；二是病死松树的木质部及周围土壤，此类菌株可能通过竞争或拮抗作用与松材线虫长期共存，具备潜在杀线活性^[2]；三是林业生态系统中的伴生植物根际，如山东潍坊文冠果根系中曾分离出高活性菌株^[3]。

筛选流程通常包括三步：首先采用稀释涂布法从样品中分

离纯化菌株^[4]，通过LB培养基等常规培养基在30℃左右培养16-24小时后挑取单菌落；其次进行室内活性初筛，将菌株发酵液与松材线虫悬浮液共培养，以校正死亡率≥80%为标准筛选候选菌株；最后通过温室防病实验复筛，评估菌株对松树幼苗的保护效果及安全性。例如，在离体条件下，候选菌株发酵液处理松材线虫24小时后，需达到显著致死效果才能进入后续筛选环节^[5]。

2.2 代表性高效菌株及其特性

截至目前，全球已报道多株具有杀松材线虫活性的寡养单胞菌菌株，其中我国学者分离的菌株因适应性强、活性稳定而备受关注。

S.pavanii LC00168是典型代表菌株，其发酵液对松材线虫的离体校正死亡率高达95.76%，在温室条件下处理接种松材线虫的樟子松，病情指数仅为32.27，显著优于对照处理。该菌株发酵条件简单，对黑松、樟子松多种松树均具有保护作用，且环境兼容性好^{[1][3]}。

另一株重要菌株是*S.maltophilia* SMAL-007，从美国松材线虫体表分离获得，在福建三明林区的喷洒试验中表现出良好防治效果。其突出特点是能附着于线虫体表定殖，通过持续释放活性物质发挥长效杀线作用^[6]。

3 寡养单胞菌杀松材线虫的作用机制

研究表明，多种微生物，包括细菌和真菌，都能产生对线虫具有杀伤活性的次级代谢产物。例如，内生细菌能够产生奥来菌素（*aureothin*）和异奥来菌素（*alloaureothin*），这两种化合物对松材线虫具有显著的杀线活性^{[7][8]}。另一种内生细菌*Lysinimonas* M4也已被发现能产生两种对松材线虫有杀线作

作者简介：高树博（2001-10-17）性别：女 籍贯：黑龙江大庆，学历：硕士研究生 职称：学生，单位：黑龙江省哈尔滨市，研究方向：林木与微生物互作。

用的化合物^[9]。此外,有研究从放线菌中筛选出对松材线虫具有高杀伤活性的菌株,并从中分离出活性物质^[10]。

寡养单胞菌作为一种根际促生细菌,其代谢产物对线虫的活性得到了关注。虽然直接针对“寡养单胞菌”及其次级代谢产物对松材线虫直接杀伤作用的详细机制在提供的文献中没有具体描述,但结合现有微生物次级代谢产物对线虫的作用机制以及专家材料中的信息,可以推断其可能的作用方式。

(1) 破坏细胞结构:微生物产生的次级代谢产物可以直接作用于线虫的体壁、头部和尾部,造成形态和超微结构的损伤^[11]。例如,链霉菌产生的次级代谢产物 Teleocidin B4 对松材线虫具有杀线活性^[12]。

(2) 抑制生理功能:次级代谢产物可能干扰线虫的关键生理过程,例如抑制其繁殖能力。例如,粘质沙雷氏菌(*Serratia marcescens*)的代谢产物在特定温度下能够抑制松材线虫的繁殖^[13]。

(3) 诱导细胞死亡:一些化合物已被证明可以通过激活程序性细胞死亡途径来杀伤线虫或其他病原体。例如,(-)-表

儿茶素((-)-Epicatechin)通过激活程序性细胞死亡途径(如凋亡和自噬)来杀伤棘阿米巴。虽然对象不同,但这一机制为寡养单胞菌代谢产物可能的杀伤机制提供了参考。

此外,植物内生菌如 *Paenibacillus polymyxa* 分离出的次级代谢产物对多种植物寄生线虫(包括松材线虫)表现出不同程度的杀灭作用,其活性随代谢产物浓度和暴露时间的增加而增强^[14]。某些微生物如放线菌,因其产生多种具有抗菌、抗真菌、抗癌和抗病毒等生物活性的天然化合物而备受关注,其中内生链霉菌被认为是发现新型天然药物的未充分探索来源。微生物的次级代谢产物可以包括萜类、生物碱、醌类、多糖、酚类和甾体等多种类型^[15]。

4 总结

寡养单胞菌在杀虫领域的应用主要体现在其生物降解农药、产生抑制性代谢产物、诱导植物抗性以及与其他微生物的协同作用等方面。尽管目前的研究主要集中在病原真菌的防治上,但其机制和潜力为开发新型生物杀虫剂提供了重要参考。未来研究可以进一步探索寡养单胞菌对特定害虫的直接抑制作用及其在综合害虫管理中的应用潜力。

参考文献:

- [1] 牛犇,史亚新,赵宇,等.一株防治松材线虫病的寡养单胞菌 LC00168 及其应用:202110141204[P][2025-12-27].
- [2] Zhao,B.G.Liu,Y.和 Lin,F.(2007),与松木线虫(*Bursaphelenchus xylophilus*)相关的细菌对线虫发育和产卵的影响.
- [3] 张弘弢,赵宇,牛犇等.生防细菌杀松材线虫的作用机制及应用[J].中国森林病虫,2021,40(4):26-33.
- [4] 曾丽琼,何学友,蔡守平,黄金水.具杀松材线虫活性细菌的筛选和鉴定[J].江苏林业科技,2018,45(2):6-9
- [5] 王浩宇等.ganA 在路德维希肠杆菌杀松材线虫中的功能解析[J].中国生物防治学报,2023,39(5):1094-1103.
- [6] 姚伍,郑催云,陈红梅,刘侃诚,韩正敏.2018.福建三明市应用 Smal-007 菌剂防治松材线虫病的效果.林业科学,54(1):168-173.
- [7] Kang,M.-K.,(2021).Nematicidal activities of aureothin and alloaureothin from endophytic bacteria
- [8] Kang,M.-K.,(2022).New discovery on the nematode activity of aureothin and alloaureothin isolated from endophytic bacteria *Streptomyces* sp.AE170020.Scientific Reports,12(1).
- [9] Sun,Y.Two Nematicidal Compounds from *Lysinimonas* M4 against the Pine Wood Nematode,*Bursaphelenchus xylophilus*.Forests 2022, 13,1191.
- [10] Liu,M.-J.,(2019),Screening, isolation and evaluation of a nematicidal compound from actinomycetes against the pine wood nematode,*Bursaphelenchus xylophilus*.Pest.Manag.
- [11] 王修清,王倩,王亚萍,等.杀线虫真菌 Sr18 发酵液对松材线虫超微结构的影响[J].北京林业大学学报,2017,39(07):69-75
- [12] Kang,M.-K.(2021),Nematicidal activity of teleocidin B4 isolated from *Streptomyces* sp.against pine wood nematode,*Bursaphelenchus xylophilus*.
- [13] Zhang,Y.(2023).Temperature-regulated metabolites of *Serratia marcescens* inhibited reproduction of pinewood nematode *Bursaphelenchus xylophilus*.iScience,.
- [14] Son,Nematicidal activity of secondary metabolites of a plant growth promoting rhizobacterium,*Paenibacillus polymyxa*.