

一株纤维化纤维微细菌的生物学特性及其对几种苯环类化合物的利用研究

陈燕红 程萍 杨鹏 喻国辉*

(珠海市农业科学研究中心 珠海 519070)

摘要: 本文针对一株纤维化纤维微细菌 *Cellulosimicrobium cellulans* Ha8 菌株开展了生物学特性和苯环类物质代谢能力研究。该菌株革兰氏阳性, 长杆状, 培养后期逐渐变为短杆状; 能固氮, 水解蛋白质, 液化明胶, 利用淀粉、纤维素和果胶, 分解几丁质; 在 pH 6.0~9.0 和 20℃~40℃ 范围内生长较好; 能利用苯甲酸、苯酚、二甲苯、苯丙烯酸和二苯胺为唯一碳源进行生长, 对这几种苯环类物质浓度的耐受范围分别为 0 mmol/L~30 mmol/L、0 mmol/L~8 mmol/L、0 mmol/L~30 mmol/L、0 mmol/L~15 mmol/L 和 0 mmol/L~40 mmol/L, 但不能利用 2, 4-二硝基苯酚、邻硝基酚、邻甲氧基酚、氨基苯磺酸、邻苯二酚和邻菲罗啉为唯一碳源生长。

关键词: 纤维化纤维微细菌, 苯酚, 二甲苯, 苯甲酸, 苯丙烯酸, 二苯胺

The Biologic Characteristics of a Strain of *Cellulosimicrobium cellulans* and Its Utilization of Several Kinds of Benzoic Compounds

CHEN Yan-Hong CHENG Ping YANG Peng YU Guo-Hui*

(Zhuhai Agricultural Research Center, Zhuhai 519070)

Abstract: A strain of *Cellulosimicrobium cellulans* Ha8 was studied on its morphological, biological characteristics and its utilization of several kinds of benzoic compounds, the results showed this strain was Gram-positive, the long rod-shaped cells were changed into short rod-shape gradually. pH value from pH 6.0 to pH 9.0 and the temperature from 20℃ to 40℃ were good for its growth. It could not only hydrolyze protein and starch, use cellulose and pectin, decomposite chitin, liquify gelatin and fix nitrogen, but also use phenol, xylene, benzoic, cinnamic acids and diphenylamine as the sole carbon resource for its growth. It could tolerate 0 mmol/L~30 mmol/L, 0 mmol/L~8 mmol/L, 0 mmol/L~30 mmol/L, 0 mmol/L~15 mmol/L and 0 mmol/L ~ 40 mmol/L of benzoic acids, phenol, xylene, cinnamic acids and diphenylamine separately, but could not use 2,4-dinitrophenol, o-Nitrophenol, 2-Methoxyphenol, aminobenzenesulfonic acid, catechol and o-Phenanthroline as its sole carbon resource.

Keywords: *Cellulosimicrobium cellulans*, Phenol, Xylene, Benzoic acid, Cinnamic acid, Diphenylamine

纤维化纤维微细菌(*Cellulosimicrobium cellulans*)又名纤维化纤维单胞菌(*Cellulomonas cellulans*)、溶黄嘌呤厄菌(*Oerskovia xanthineolytica*)、藤黄节杆菌(*Arthrobacter luteus*)^[1], 原名纤维素诺卡氏菌(*Nocardia cellulans*), 2001年新定名为纤维化纤维微细菌^[2], 属放线菌门(Actinobacteria class)放线菌目(Actinomycetales order)微球菌亚目(Micrococceae suborder)纤维微菌属(*Cellulosimicrobium genus*)^[3,4]。

研究表明该菌有固氮^[5]、降解纤维素、木聚糖、淀粉、明胶等活性, 在添加少量酵母膏的基础上还能降解石蜡^[6]; 台湾的研究显示此菌为非病原菌, 具有酵素活性, 田间实验证明它可被用作微生物肥料, 并对此申请了专利保护^[7]; Ferrer 等的研究显示, 该类菌株能产生对植物真菌性病原菌有拮抗和生防作用的 β -1,3 葡聚糖酶^[8], 并在 2005 年对其进行了综合性阐述, 指出该类菌株可被用作植物病害的生防菌株^[1]; 此外, 还有报道称其可以产生广泛用于食品、渗透、制药业领域的重要保护性物质海藻糖^[9]; 此菌还广泛存在矿物^[10]和堆肥^[11]中, 在矿物风化和堆肥过程中起重要作用。这些研究结果显示此种微生物可用于肥料、植物保护和提取保护剂等, 有一定的应用前景和开发价值。

喻国辉等研究发现纤维化纤维微细菌(*C. cellulans*)Ha8 菌株能利用苯丙烯酸, 缓解苯丙烯酸对黄瓜生长的抑制, 并提到该菌株还能利用苯酚、苯甲酸等苯环类化合物^[12], 但未曾对其利用苯丙烯酸、苯酚、苯甲酸以及二甲苯等化合物的具体情况进行研究。本文旨在研究该菌株生物学特性, 并研究其对多种苯环类化合物的利用情况, 以发掘新的应用价值。

1 材料和方法

1.1 材料

1.1.1 菌种来源: Ha8 菌株系以苯丙烯酸为唯一碳源分离自珠海市香洲区污水排放入海口污泥, 经武汉大学中国典型培养物保藏中心(CCTCC)鉴定为 *Cellulosimicrobium cellulans*, 分别保藏于 CCTCC 和珠海市农业科学研究中心生物防治实验室。

1.1.2 培养基: LB 培养基: 蛋白胨 10.00 g/L, 酵

母粉 5.00 g/L, NaCl 10.00 g/L; NA 培养基: 牛肉膏 3.00 g/L, 蛋白胨 10.00 g/L, NaCl 5.00 g/L; 高氏 1 号: 可溶性淀粉 20.00 g/L, KNO₃ 1.00 g/L, K₂HPO₄·3H₂O 0.5 g/L, NaCl 0.5 g/L, MgSO₄·7H₂O 0.5 g/L, FeSO₄·7H₂O 0.01 g/L; 放线菌用淀粉铵培养基^[13]: 可溶性淀粉 10.00 g/L, (NH₄)₂SO₄ 2.00 g/L, KH₂PO₄ 1.00 g/L, MgSO₄·7H₂O 1.00 g/L, NaCl 1.0 g/L, CaCO₃ 3.00 g/L; W 培养基^[14]: KH₂PO₄ 0.85 g/L, Na₂HPO₄·12H₂O 4.90 g/L, (NH₄)₂SO₄ 0.50 g/L, MgSO₄·7H₂O 0.10 g/L, FeSO₄·7H₂O 9.50 mg/L, MgO 10.75 mg/L, CaCO₃ 2.00 mg/L, ZnSO₄·7H₂O 1.44 mg/L, MnSO₄·4H₂O 1.12 mg/L, CuSO₄·5H₂O 0.25 mg/L, CoSO₄·7H₂O 0.28 mg/L, H₃BO₄ 0.06 mg/L, HCl 5.13×10⁻² mL/L; Mandel's 营养盐^[15]: KH₂PO₄ 2.00 g/L, (NH₄)₂SO₄ 1.40 g/L, MgSO₄·7H₂O 0.3 g/L, CaCl₂ 0.3 g/L, FeSO₄·7H₂O 5.00 mg/L, MnSO₄·4H₂O 1.60 mg/L, ZnSO₄·7H₂O 1.4 mg/L, CoCl₂ 2.0 mg/L, 用 HCl 调 pH 至 5.5。

1.2 菌株的形态及生理生化测定

对菌株 Ha8 的形态特征及其水解蛋白、分解几丁质等多种生理生化特性进行了研究, 其中纤维素利用采用双层平板法^[16], 下层为 2% 的水琼脂, 上层为加有 2% 纤维素 CF11 粉的 Mandel 营养盐, 并调节 pH 为 7.0, 培养基灭菌后冷却至 45 ~ 50 时, 倾注平板。

1.3 生长特性测定

1.3.1 培养基对 Ha8 菌株生长的影响: 为了比较 Ha8 菌株在细菌和放线菌培养基中的生长情况, 对其在 2 种普通放线菌培养基(高氏 1 号和放线菌用淀粉培养基)和 2 种普通细菌培养基(NA 和 LB)中的生长情况进行了测定。

1.3.2 pH 值对 Ha8 菌株生长的影响: 用无菌的 4 mmol/L HCl 和 1 mmol/L NaOH 调节灭菌冷却后 LB 培养基的 pH 值为 4.0、5.0、6.0、7.0、8.0 和 9.0, 然后分别接种 Ha8 菌株, 30 , 160 r/min 振荡培养 24 h 后, 于 600 nm 处测定菌液 OD 值。

1.3.3 温度对 Ha8 菌株生长的影响: 将 Ha8 接种于 50 mL LB 培养基中(接种量为 1%), 不同温度下, 160 r/min 振荡培养 24 h 后, 于 600 nm 处测定菌液 OD 值。

1.4 Ha8 菌株在以苯酚等苯环类化合物为唯一碳源的基础培养基中的生长情况测定

将新鲜活化的 Ha8 单克隆接种于 10 mL LB 液体培养基中, 30 , 160 r/min 摇瓶培养 18 h~20 h 后, 3500 r/min, 5 min 离心收集菌体, 0.85% 生理盐水洗菌体 3 次, 然后用 10 mL 基础培养基(W 培养基)将菌体重悬, 并按 1% 的接种量分别接种于以苯酚、苯甲酸、二甲苯等化合物为唯一碳源的 W 培养基中, 30 , 160 r/min 振荡培养, 每隔 24 h, 于 600 nm 处测定菌液 OD 值。其中菌株对易挥发性物质二甲苯的利用是将 Ha8 接种于带盖螺口试管和带塞磨口三角瓶等密封体系中进行培养, 然后测定菌液 OD 值。

2 结果

2.1 菌株形态特征及理化特性

该菌株经武汉大学中国典型培养物保藏中心(CCTCC)鉴定为 *Cellulosimicrobium cellulans*。革兰氏染色阳性, 不产内孢子, 没有运动性; 细胞接触酶阳性; 幼龄细胞不规则, 弯曲或直的棒状, 大小为 0.625 μm~0.937 μm×1.25 μm~4.375 μm, 后期逐渐变为短杆状或球形细胞(图 1); 能水解明胶、淀粉和酪蛋白; 还能利用果胶和纤维素, 分解几丁质, 并有固氮的功能。

2.2 菌株生长特性

2.2.1 培养基对菌株生长的影响: 不同培养基显著影响Ha8 的生长(表 1), 虽然Ha8 为放线菌, 但其在 LB培养基中的生长能力最强, 48 h时菌液OD₆₀₀值最高, 达 1.8626; 其次为NA培养基, 菌液OD₆₀₀在 24 h时达到 0.8132; 对高氏 1 号培养基的适应性随培养时间延长而增强, 其菌液OD₆₀₀在 48 h、72 h时分别达到 1.5883 和 1.6237, 与同时期NA培养基

中的OD₆₀₀差异不显著; 但其对淀粉培养基的利用不如上述 3 种培养基。

2.2.2 pH值对菌株生长的影响: 菌株Ha8 在不同pH值的LB培养基中培养 24 h后测定菌液的OD₆₀₀, 结果显示, 适宜该菌株生长的pH值范围较窄, 在pH 6.0~9.0 之间; 其中在pH值为 6.0 时生长最好, 此时菌液OD₆₀₀值最高, 为 1.8624, 其次为pH 7.0; pH值大于等于 10 或小于等于 5 时, 菌株不生长(表 2)。

2.2.3 温度对菌株生长的影响: 温度也是影响菌株生长的一个重要因素, 通过测定Ha8 菌株在不同温度下培养 24 h后的菌液浓度, 发现其在 20 ~ 40 内生长较好(表 3), 30 是其最佳生长温度, 此时菌液OD₆₀₀值最大, 达 1.7763。

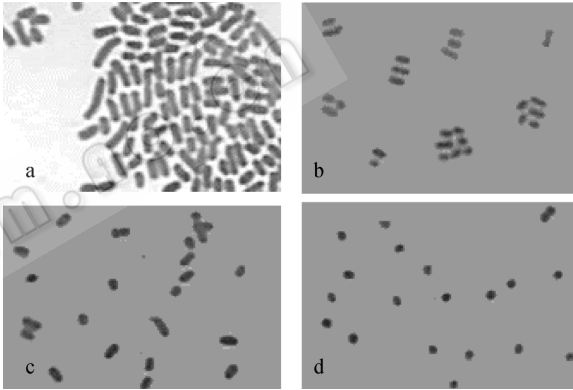


图 1 在 LB 平板上培养不同时间后 Ha8 菌株的细胞形态(Leica DMIL, ×1600)

Fig. 1 The morphology of Ha8 cell incubated for different times on the plate of LB(Leica DMIL, ×1600)

a : 培养 8 h 的细胞; b : 培养 24 h 的细胞; c : 培养 48 h 的细胞; d : 培养 72 h 的细胞
a: The cell incubated for 8 h; b: The cell incubated for 24 h; c: The cell incubated for 48 h; d: The cell incubated for 72 h

表 1 培养基对 Ha8 生长的影响 Table 1 Effect of medium on the growth of Ha8			
培养基 Medium	时间(h) Time		
	24	48	72
LB	1.7196±0.0057 a	1.8626±0.0049 a	1.8084±0.0026 a
NA	0.8132±0.0026 b	1.5804±0.0020 b	1.6327±0.0002 b
高氏 1 号 Gause 1	0.5926±0.0122 d	1.5883±0.0031 b	1.6237±0.0020 b
放线菌用淀粉铵培养基 Starch medium for actinomycetes	0.6839±0.0051 c	1.1296±0.0021 c	1.3346±0.0119 c

注：表中同一列数据后不同的小写字母表示 LSD 检测差异显著(P<0.05)(下同)
Note: The different letter in a column means significant difference at P<0.05 by LSD test(the same in the follow)

表 2 pH 值对菌株 Ha8 生长的影响 Table 2 Effect of pH value on the growth of Ha8								
pH 值 pH Value	4	5	6	7	8	9	10	11
生长(OD_{600}) Growth	0±0 e	0±0 e	1.8624±0.0073 a	1.7144±0.0027 b	1.0467±0.0368 c	0.7589±0.0029 d	0±0 e	0±0 e

表 3 温度对菌株 Ha8 生长的影响 Table 3 Effect of temperature on the growth of Ha8						
温度(℃) Temperature	20	25	28	30	37	40
生长(OD_{600}) Growth	1.5834±0.0011 f	1.6313±0.0012 e	1.7316±0.0004 b	1.7763±0.0012 a	1.6389±0.0037 d	1.7133±0.0006 c

2.3 Ha8 菌株对苯酚、苯甲酸、二甲苯、苯丙烯酸以及二苯胺等化合物的利用

2.3.1 菌株对苯酚的利用: Ha8 菌株能够在以苯酚为唯一碳源的基础培养基(W培养基)中生长,其菌液 OD_{600} 值随苯酚浓度不同而不同(图 2),当苯酚浓度为 5 mmol/L 时其菌液 OD_{600} 值最高,达 0.39693;但当苯酚浓度大于等于 8 mmol/L 时,菌株不能生长。通过测定菌株在最佳苯酚浓度(5 mmol/L)下的生长曲线,发现该菌株对苯酚有一个适应期(图 3),在接种后第 3 天开始生长,在第 8 天左右生长最好,此时菌株的 OD_{600} 值最高,达 0.3466,然后进入衰退期。

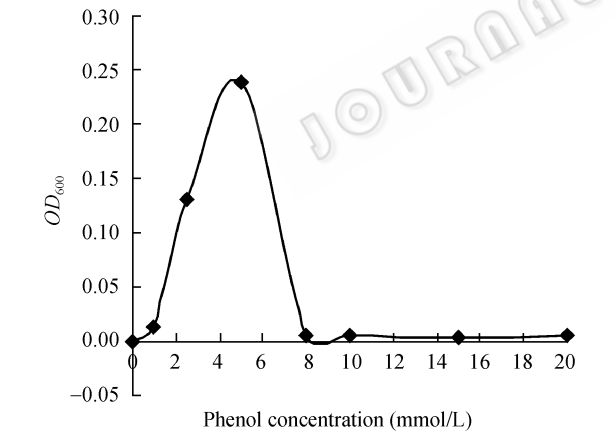


图 2 Ha8 菌株在以不同浓度苯酚为唯一碳源的 W 培养基中的生长情况
Fig. 2 Growth of Ha8 in W medium contained different concentration of phenol as its sole carbon resource

2.3.2 菌株对苯甲酸的利用: Ha8 菌株在以苯甲酸为唯一碳源的基础培养基中的生长情况见图 4,菌液 OD_{600} 值随苯甲酸浓度变化而变化,当苯甲酸浓度为 10 mmol/L 时,菌株生长最好,其 OD_{600} 值最高,达到 0.5907;但当苯甲酸浓度大于等于 15 mmol/L 时,菌株生长很差,其 OD_{600} 值小于 0.1;当苯甲酸浓

度大于等于 30 mmol/L 时,Ha8 菌株不能生长。菌株在最佳苯甲酸浓度(10 mmol/L)下的生长曲线测定结果(见图 5)显示:菌株对苯甲酸的适应期很短,接种后就开始稳步生长,在第 5 天左右生长最好,此时菌液的 OD_{600} 值最高,达 0.6396,此后菌株生长进入一个很长的稳定生长期。

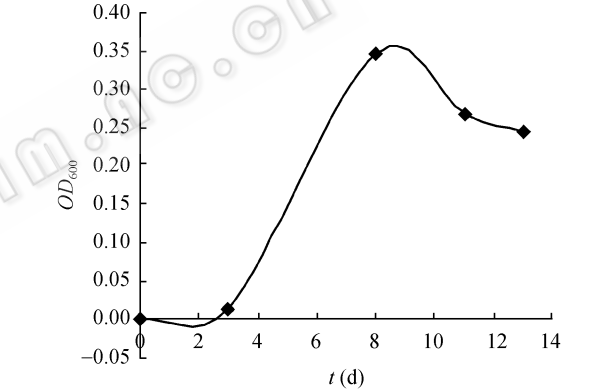


图 3 Ha8 菌株在以 5 mmol/L 苯酚为唯一碳源的 W 培养基中的生长曲线
Fig. 3 Growth curve of Ha8 in W medium contained 5 mmol/L phenol as its sole carbon resource

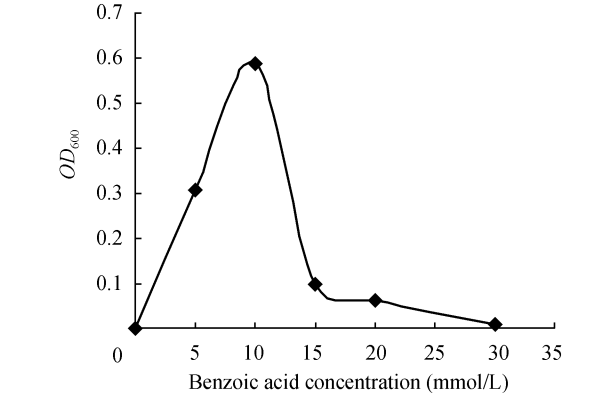


图 4 Ha8 菌株在以不同浓度苯甲酸为唯一碳源的 W 培养基中的生长情况
Fig. 4 Growth of Ha8 in W medium contained different concentration of benzoic acid as its sole carbon resource

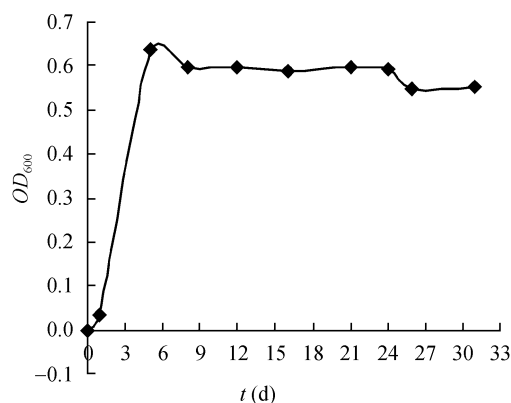


图 5 Ha8 在以 10 mmol/L 苯甲酸为唯一碳源的 W 培养基中的生长曲线

Fig. 5 Growth curve of Ha8 in W medium contained 10 mmol/L benzoic acid as its sole carbon resource

2.3.3 菌株对二甲苯的利用: 二甲苯浓度严重影响菌株的生长(图 6), 当二甲苯浓度为 5 mmol/L 时, 其生长最好, 菌液的 OD_{600} 值最高, 达 0.3791; 但当二甲苯浓度达到 30 mmol/L 时, 菌株几乎不能生长, 其菌液的 OD_{600} 值小于 0.01。通过测定菌株在最佳二甲苯浓度(5 mmol/L)中的生长曲线, 显示该菌株对二甲苯有一段适应期(图 7), 在接种后第 3 天开始生长, 第 5 天左右生长最好, 此时菌液的 OD_{600} 值最高, 达 0.3759, 此后开始进入衰退期, 在第 15 天左右其 OD_{600} 值趋于零。

2.3.4 菌株对苯丙烯酸的利用: 当以苯丙烯酸为唯一碳源时(图 8), 菌液 OD_{600} 值随苯丙烯酸浓度升高而增高, 当苯丙烯酸浓度为 10 mmol/L 时菌液 OD_{600} 值达到最高, 为 0.9992; 但当苯丙烯酸浓度大于 10 mmol/L 时, 苯丙烯酸对菌株生长呈抑制状态, 此时菌液浓度随苯丙烯酸浓度升高而降低; 而且当苯丙烯酸浓度达到 15 mmol/L 时, 菌株几乎不生长, OD_{600} 值小于 0.1。菌株在最佳苯丙烯酸浓度(10 mmol/L)下的生长情况显示, 菌株在接种后第 2 天就开始生长, 到第 8 天时生长最好, 菌液达到最高浓度(图 9)。

2.3.5 菌株对二苯胺的利用: Ha8 菌株具有降解二苯胺的能力(图 10), 菌液浓度(OD_{600})随二苯胺浓度升高而增加, 当二苯胺浓度为 12 mmol/L 时菌液 OD_{600} 最高, 达 1.2648; 但当二苯胺的浓度高于 12 mmol/L 时, 菌液浓度随底物浓度升高而降低, 其中二苯胺浓度达到 40 mmol/L 时菌株几乎不能生长, 此时菌液 OD_{600} 值只有 0.037。菌株在最佳二苯胺浓

度(12 mmol/L)下的生长情况显示, 其菌液在第 10 天左右达到最高浓度, 此后进入衰退期(图 11)。

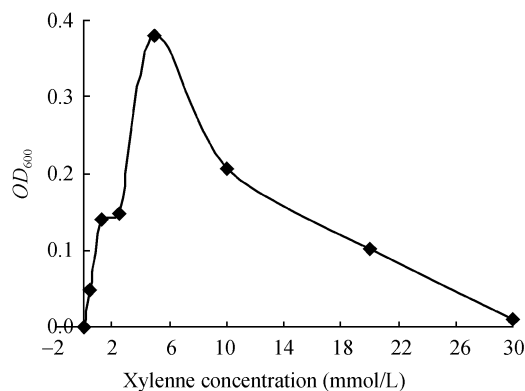


图 6 Ha8 菌株在以不同浓度二甲苯为唯一碳源的 W 培养基中的生长情况

Fig. 6 Growth of Ha8 in W medium contained different concentration of xylene as its sole carbon resource

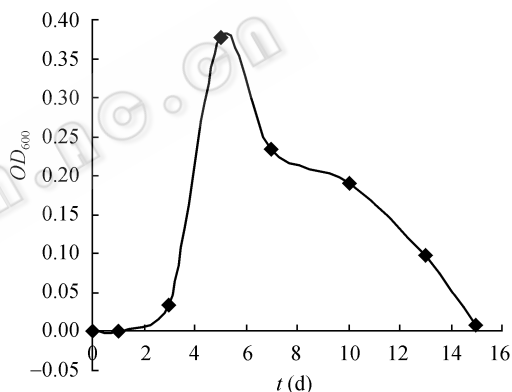


图 7 Ha8 菌株在以 5 mmol/L 二甲苯为唯一碳源的 W 培养基中的生长曲线

Fig. 7 Growth of Ha8 in W medium contained 5 mmol/L xylene as its sole carbon resource

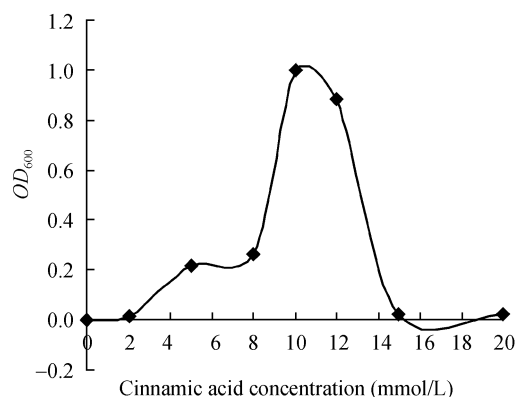


图 8 Ha8 菌株在以不同浓度苯丙烯酸为唯一碳源的 W 培养基中的生长情况

Fig. 8 Growth of Ha8 in W medium contained different concentration of cinnamic acid as its sole carbon resource

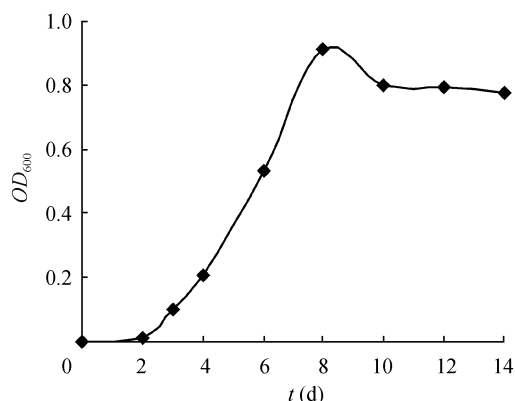


图9 Ha8菌株在以10 mmol/L的苯丙烯酸为唯一碳源的W培养基中的生长曲线

Fig. 9 Growth curve of Ha8 in W medium contained 10 mmol/L cinnamic acid as its sole carbon resource

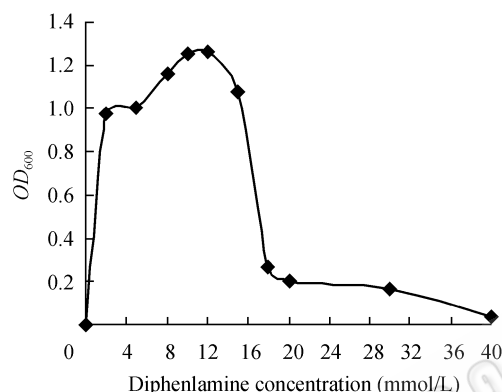


图10 Ha8菌株在以不同浓度二苯胺为唯一碳源的W培养基中的生长情况

Fig. 10 Growth of Ha8 in W medium contained different concentration of diphenylamine as its sole carbon resource

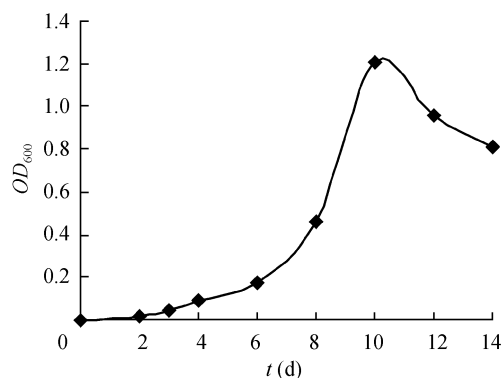


图11 Ha8菌株在以12 mmol/L的二苯胺为唯一碳源的W培养基中的生长曲线

Fig. 11 Growth curve of Ha8 in W medium contained 12 mmol/L diphenylamine as its sole carbon resource

2.3.6 菌株对其它几种化合物的利用：参照前面的方法，还分别测定了本菌株对2, 4-二硝基苯酚、邻

硝基酚、邻甲氧基酚、氨基苯磺酸、邻苯二酚和邻菲罗啉等几种苯环类化合物的利用情况，发现该菌株不能利用这几种化合物为唯一碳源进行生长。

3 小结

本文研究表明纤维化纤维微生物Ha8菌株是一种多功能菌株，能水解明胶、淀粉和蛋白质；还能利用果胶和纤维素，分解几丁质，具有固氮的能力，与以往报道结果一致^[5,6]。Ha8菌株还具以下特点：pH值耐受范围较窄，仅能在pH 6.0~9.0之间生长，其中在pH为6.0时生长最好；生长的适宜温度范围较广，在20~40℃范围内均能生长较好。

文献报道Ha8菌株具有代谢苯丙烯酸的能力^[12]，本研究显示该菌株能够利用0 mmol/L~15 mmol/L的苯丙烯酸为唯一碳源生长。此外，Ha8菌株能够在浓度范围分别为0 mmol/L~30 mmol/L、0 mmol/L~8 mmol/L、0 mmol/L~30 mmol/L和0 mmol/L~40 mmol/L的苯甲酸、苯酚、二甲苯和二苯胺为唯一碳源的基础培养基中生长，显示出该菌株具有治理环境污染的潜力，有一定的应用价值。尤其是二苯胺，此化合物为农药、医药和塑料工业的重要原料，广泛存在制药、橡胶和其它化工厂的废水中，能够使动物中毒，对人类和其它动物构成严重危害^[17]，而本菌株能够有效利用二苯胺，对于缓解二苯胺引起的环境污染有一定的应用价值。但Ha8菌株对上述苯环类环境污染物的具体代谢途径和代谢产物还需进一步研究。

参考文献

- [1] Ferrer P. Revisiting the *Cellulosimicrobium cellulans* yeast-lytic β -1,3-glucanases toolbox: A review. *Microbial Cell Factories*, 2006, 5(10): 1-8.
- [2] Schumann P, Weiss N, Stackebrandt E. Reclassification of *Cellulomonas cellulans* (Stackebrandt and Kiedde 1986) as *Cellulosimicrobium cellulans* gen. nov., comb. nov. *Int J Syst Evol Microbiol*, 2001, 51(3): 1007-1010.
- [3] Stackebrandt E, Rainey FA, Ward-Rainey NL. Proposal for a new hierarchic classification system, *Actinobacteria* classis nov. *Int J Syst Bacteriol*, 1997, 47(4): 479-491.
- [4] 徐丽华, 李文均, 刘志恒, 等. 放线菌系统学—原理/方法及实践. 北京: 科学出版社, 2007, pp. 273-274.
- [5] 刘东波, 霍洪亮, 夏红梅, 等. 纤维诺卡氏菌 HD-86 的固氮特性研究. 农业与技术, 1996, 16(3): 44-45.

- [6] 房 岩, 刘东波, 霍洪亮, 等. 纤维素诺卡氏菌 HD 86 对大分子化合物的降解特性的研究. 农业与技术, 1996, 16(3): 46-47.
- [7] 多功能微生物肥料之菌种及其制剂. 2005年台北国际发明暨技术交易展览会中可交易技术/专利摘要说明. www.twtm.com.tw/ 2005tech/ doc/B510-2509.doc.
- [8] Ferrer P, Halkier T, Hedegaard L, et al. Nucleotide sequence of a beta-1,3-glucanase isoenzyme IIA gene of *Oerskovia xanthineolytica* LL G109 (*Cellulomonas cellulans*) and initial characterization of the recombinant enzyme expressed in *Bacillus subtilis*. *J Bacteriol*, 1996, 178(15): 4751-4757.
- [9] Seto A, Yoshijima H, Toyomasu K, et al. Effective extracellular trehalose production by *Cellulosimicrobium cellulans*. *Appl Microbiol Biotechnol*, 2004, 64(6): 794-799.
- [10] Christopher Belnap. Characterization of microorganisms on well-exposed igneous surfaces and their role in mineral weathering. *Bachelor's thesis, of Department of Biology Hartwick College, Oneonta*, 2003, pp. 89-96.
- [11] Takashi N, Akira H. Microbiology of fed-batch composting. *Microbes Environ*, 2005, 20(1): 1-13.
- [12] 喻国辉, 谢银华, 陈燕红, 等. 利用微生物缓解苯丙烯酸对黄瓜生长的抑制. 微生物学报, 2006, 46(6): 934-938.
- [13] 李阜棣, 喻子牛, 何绍江. 农业微生物学实验技术. 北京: 中国农业出版社, 1996, p. 306.
- [14] Xue P, Norihiko M, Shigeaki H. Isolation and characterization of *Thermophilic bacilli* degrading cinnamic, 4-coumaric, and ferulic acids. *Applied and Environmental Microbiology*, 2003, 69 (3): 1417-1427.
- [15] 廖雪义, 蓝 荣, 葛俊宏. 菌株 As56 对饲料中非淀粉多糖的降解研究. 饲料工业, 2005, 26(14): 20-23.
- [16] 曲音波, 高培基, 王祖农. 青霉的纤维素酶抗降解物阻遏突变株的选育. 真菌学报, 1984, 3(3): 238-243.
- [17] 任随周, 郭 俊, 曾国驱, 等. 2 株苯胺降解菌的分离鉴定及其降解特性研究. 环境科学, 2006, 12(27): 2525-2530.

新辟栏目介绍

教学科研单位及成果展示

为了更好地宣传我国生命科学领域取得的成绩, 总结和交流我国微生物学研究和开发的新成果, 增强学术刊物与科研、教学和开发等各界同仁的广泛合作与联系, 共谋发展, 决定开设“教学科研单位及成果展示”栏目, 现诚邀有关单位参加。具体安排如下:

- 1、在《微生物学通报》显著位置开辟精美彩色专版, 刊登科研、开发、教学单位介绍, 展示科研成果、学科建设成就、生物技术新产品等, 图文并茂, 生动活泼, 每页内容要求: 图片 2~5 张, 文字 1000 字以内。
- 2、参加单位将获赠刊有本单位宣传内容的本期《微生物学通报》刊物 5 本; 获赠《微生物学通报》杂志全文检索数据光盘版(1974~2006)一张。
- 3、参加单位提供的简介、科研及教学成果、学科建设成就、新产品新技术展示、招生信息、人才引进及招聘启事、优秀人才推介等内容均可在本刊网站的“科研单位成果展示”等栏目免费发布一年, 并可将主页网址与我刊友情链接。
- 4、参加单位应保证宣传材料真实客观、数据翔实、文责自负, 来稿请加盖公章, 以示负责。
- 5、本栏目将适当收取版面制作及网页维护费。
- 6、本栏目联系方式:
电话/传真: (010)64117524 联系人: 李 平 胡 丹
E-mail: wswxtb@163.com