

石河子垦区盐碱地土壤嗜(耐)盐菌的分离与鉴定

赵路¹,李木子¹,冉茂双¹,雷勇辉²,孙燕飞^{1*}

(1. 石河子大学 生命科学学院,新疆 石河子 832003; 2. 石河子大学 农学院,新疆 石河子 832003)

摘要:为了开发利用石河子垦区盐碱地的嗜(耐)盐菌资源,从该区盐碱地土样及池底泥样中分离筛选嗜(耐)盐菌,并从形态特征、生理生化特性、16S rRNA 序列 3 个方面进行分析鉴定。结果表明,从土样及泥样中共分离获得 6 株嗜(耐)盐菌。其中,SYJ-7 是球菌,为革兰氏阳性;其余 5 株是杆菌,均为革兰氏阴性。在耐盐、碱试验中,6 株菌均在 NaCl 质量浓度 $\leq 200 \text{ g/L}$,pH 值 ≤ 9 条件下生长,6 株菌均为中度嗜盐菌。SYJ-9 耐盐、碱程度最高,可耐受的最高 NaCl 质量浓度为 280 g/L,最高 pH 值为 13。在功能酶筛选试验中,SYJ-3、SYJ-5、SYJ-7、SYJ-9 产淀粉酶,SYJ-7 产纤维素酶,SYJ-9 产蛋白酶。16S rRNA 序列分析表明,SYJ-1、SYJ-2、SYJ-3、SYJ-5 属于玛纳斯海藻芽孢杆菌 (*Oceanobacillus manasiensis*),SYJ-7 属于玫瑰色盐水球菌 (*Salinicoccus roseus*),SYJ-9 属于盐芽孢杆菌属 (*Halobacillus*)。其中,SYJ-9 可能为新种。

关键词:石河子垦区;嗜(耐)盐菌;分离纯化;菌种鉴定

中图分类号: S154.3 文献标志码: A 文章编号: 1004-3268(2016)06-0051-05

Isolation and Identification of Halophilic (Halotolerant) Microorganisms from Saline-alkaline Soils in Shihezi

ZHAO Lu¹, LI Muzi¹, RAN Maoshuang¹, LEI Yonghui², SUN Yanfei^{1*}

(1. College of Life Sciences, Shihezi University, Shihezi 832003, China;

2. College of Agriculture, Shihezi University, Shihezi 832003, China)

Abstract: In order to explore and utilize the resources of halophilic (halotolerant) microorganisms from saline-alkaline soils in Shihezi, the saline-alkaline soil mud samples were separated and purified in Shihezi, and the strains were identified through the morphological characteristics, physiological and biochemical characteristics, the 16S rRNA sequences. The experiment result showed that 6 halophilic (halotolerant) strains were obtained, SYJ-7 was coccus, Gram positive; the rest of the 5 strains were bacillus, Gram negative. Six strains could grow under the conditions of NaCl concentration $\geq 200 \text{ g/L}$ and pH value ≥ 9 , belonged to moderate halophytic bacteria. Among them, SYJ-9 had high levels of salt and alkali resistance, with the highest pH value of 13 and NaCl concentration of 280 g/L. SYJ-3, SYJ-5, SYJ-7, SYJ-9 produced amylase, SYJ-7 produced cellulose enzyme, SYJ-9 produced protease. 16S rRNA sequences analysis showed that SYJ-1, SYJ-2, SYJ-3 and SYJ-5 belonged to *Oceanobacillus manasiensis*, SYJ-7 belonged to *Salinicoccus roseus*, SYJ-9 belonged to *Halobacillus*. SYJ-9 may be the potential novel species.

Key words: reclamation area of Shihezi; halophilic (halotolerant) microorganisms; separation and purification; identification of strains

新疆石河子垦区地处天山北麓中段($84^{\circ}58' \sim 86^{\circ}30'E$ 、 $43^{\circ}27' \sim 45^{\circ}20'N$)^[1]。在古生代以前,该地区地表风化壳及其析出的盐类随水由陆台向地槽

迁移,形成现在山系的含盐底层(包括盐山、盐岩、盐矿和石膏矿等),在蒸发量大、降水稀少的高温干旱气候作用下,该区四周环绕的山地岩石和成土母

收稿日期:2015-12-10

基金项目:石河子大学第 13 期 SRP 项目(SRP2015092);石河子大学高层次人才启动项目(RCZX201427)

作者简介:赵路(1995-),女,河南鹤壁人,在读本科生,研究方向:微生物学。E-mail:1270541716@qq.com

*通讯作者:孙燕飞(1976-),女,新疆石河子人,副教授,博士,主要从事微生物学研究。E-mail:syfei@shzu.edu.cn

质中的钠盐土通过微弱的季节性淋溶或地下水升降及潜水蒸发，在低平部位形成大面积的盐土和碱土^[2]。这种高盐、高碱的土壤中蕴藏着丰富多样的嗜(耐)盐菌类群。嗜盐菌是只在含盐的环境才能生长的微生物，一般生长在盐湖、盐碱湖、死海、盐场和海洋中^[3]。根据对盐的耐受程度和范围，将盐生生物分为 6 类：非嗜盐菌，其最适生长盐(NaCl)浓度 < 0.2 mol/L，主要是淡水微生物；轻度嗜盐菌，其最适生长盐浓度为 0.2 ~ 0.5 mol/L，多数海洋微生物属于这个类群；中度嗜盐菌，其最适生长盐浓度为 0.5 ~ 2.5 mol/L；边缘极端嗜盐菌，其最适生长盐浓度在 1.5 ~ 4.0 mol/L；极端嗜盐菌，其最适生长盐浓度为 2.5 ~ 5.2 mol/L；耐盐菌，其生长对 NaCl 浓度没有要求，其中对盐分的耐受浓度超过 2.5 mol/L 的称为极端耐盐菌^[4]。中度嗜盐菌基本上是真细菌，极端嗜盐菌属于古细菌^[5]。需要指出的是，一个中度嗜盐菌菌株，其耐受盐浓度范围会随着环境条件(如温度、营养状况等)的改变而不同。另外，也有人倾向于将中度嗜盐菌的最佳生长 NaCl 质量浓度定为 50 ~ 200 g/L^[6]。

由于嗜(耐)盐菌具有独特的环境适应模式和特殊的生理机制，在高盐生态系统中发挥着重要作用，是极为宝贵的极端微生物资源，具有重要的研究和开发利用价值^[7]。大量研究表明，嗜(耐)盐菌既可用于环境治理，如高盐废水的处理^[8-12]，也可用于盐碱土的修复^[13-15]。张桂玲^[13]在中性偏碱的棉田中施用中度嗜盐菌，发现短时间内土壤中细菌数量增加，真菌数量随土壤 pH 值降低而增多。刘彩霞^[14]从新疆、江苏地区盐碱土样品中分离筛选获得耐盐碱分解秸秆和产胞外多糖的细菌，该细菌与外源有机物相互作用可改善植物根际环境、增加土壤酶活性、提高保水性能、促进盐碱土团聚体的形成，从而改良盐碱地土壤并提高植物的耐盐性。Rao 等^[15]研究发现，通过耐盐碱微生物作用改善植物根际环境，可减轻盐分对作物生长的抑制作用，并改良盐碱地。新疆蕴含有丰富的嗜(耐)盐菌资源，目前，已经从新疆众多地区分离鉴定了很多嗜(耐)盐菌，顾晓颖等^[16]从巴里坤湖和玛纳斯湖水样共分离得到 51 株嗜盐菌；王建明等^[17]从塔里木盆地荒漠盐碱生境中分离到 120 株嗜(耐)盐碱细菌，其中 33 株为嗜盐碱细菌；迪丽拜尔等^[18]从新疆艾丁湖及邻近地区获得嗜盐菌 61 株，其中 3 株为新种；刘会强等^[19]从新疆达坂城盐湖中分离得到 17 株中度嗜盐菌。但对于石河子垦区盐碱地土壤嗜(耐)盐菌的分离、鉴定研究罕有报道。为此，从石河子垦区盐碱地土样及附近即将干涸的池底泥样中分离筛选嗜(耐)盐菌，并对其进行鉴定，以期为盐碱地土壤的

微生物修复及高盐废水的治理提供菌种资源。

1 材料和方法

1.1 样品采集

取石河子垦区盐碱地土样及附近即将干涸的池底泥样置于塑料袋中运回实验室，用于菌株培养分析。

1.2 培养基

基础培养基：酸性酪蛋白 5.0 g/L、柠檬酸钠 3.0 g/L、酵母浸粉 10.0 g/L、KCl 2.0 g/L、蛋白胨 5.0 g/L、MgSO₄·7H₂O 2.0 g/L、NaCl 150 g/L、琼脂 20.0 g/L，调节 pH 值为 7.5。

Gibbons 改良培养基：酸性酪蛋白 5.0 g/L、柠檬酸钠 3.0 g/L、酵母浸粉 10.0 g/L、KCl 2.0 g/L、蛋白胨 5.0 g/L、MgSO₄·7H₂O 2.0 g/L、NaCl 200 g/L、琼脂 20.0 g/L，调节 pH 值为 7.5。

淀粉酶、纤维素酶、木聚糖酶、蛋白酶筛选培养基见文献[4,20]。

1.3 菌株的分离

采用 Gibbons 改良培养基，以微生物能够在 200 g/L NaCl 分离平板上生长作为嗜(耐)盐菌的分离依据，通过稀释涂布法和画线法分离纯化嗜(耐)盐菌。待菌落长出后，根据菌落大小、形态、颜色不同进行初步分类，反复划线分离，纯化菌株冷藏保存。

1.4 菌株形态和生理生化特性分析

1.4.1 菌株形态分析 取少量菌体，接种在 Gibbons 改良培养基平板上划线培养。于 37 °C 培养箱内培养 3 ~ 4 d，记录平板表面单菌落特征(形态、大小、颜色、透明程度、边缘和凸起等)。并经 2% 乙酸固定脱盐后采用常规革兰氏染色法在光镜下观察菌体形态。

1.4.2 菌株生理生化特性分析 对菌落进行革兰氏染色，并进行产酶试验，淀粉酶、纤维素酶、木聚糖酶、蛋白酶初筛方法见文献[21-22]。

耐盐性试验：在基础培养基中，加入 NaCl，使其质量浓度分别为 100、120、140、160、180、200、220、240、260、280、300 g/L。在含有不同质量浓度 NaCl 的培养基平板上接种菌株，37 °C 培养 7 ~ 15 d，观察并记载生长情况。

耐碱性试验：将基础培养基(NaCl 加入量为 150 g/L)的初始 pH 值分别调至 7、8、9、10、11、12、13，然后接种菌种，37 °C 培养 7 ~ 15 d，观察并记载生长情况。

1.5 基于 16S rRNA 序列的系统发育分析

采用 CTAB 法提取细菌 DNA，菌株 16S rRNA 基因片段的 PCR 扩增引物采用细菌通用引物 27F

和 1492R。PCR 扩增体系为 25 μL: 10 × buffer 2.5 μL、2.5 mmol/L dNTP 2.0 μL、MgCl₂ 1.5 μL、27F 1 μL、1492R 1 μL、DNA 模板 1 μL、Taq 酶 0.25 μL、ddH₂O 15.75 μL。PCR 程序为: 94 °C 5 min(预变性); 95 °C 30 s、55 °C 45 s、72 °C 75 s, 34 个循环; 72 °C 10 min。将 PCR 产物送测序公司(上海生工)测序。将测得的 16S rRNA 序列在 GenBank 中进行 BLAST 比对, 并采用 MEGA 6.0 软件中的 Clustal W 删减序列匹配排列中出现的插入和缺失。通过序列数据计算矩阵距离, 然后使用 Neighbor - joining 方法构建系统进化树。

2 结果与分析

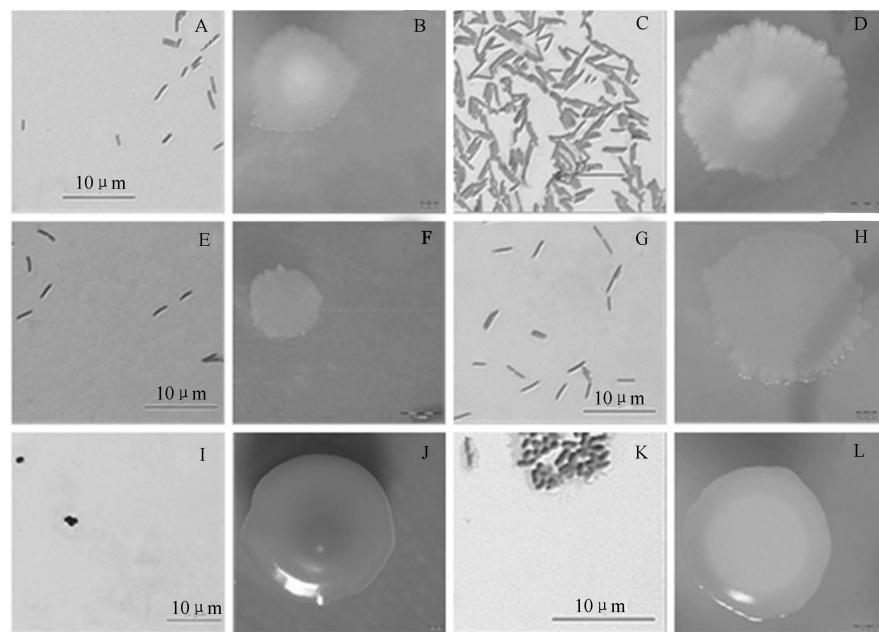
2.1 嗜(耐)盐菌的菌株形态及生理生化特性

根据分离平板 NaCl 质量浓度以及菌落形态差

异去掉部分冗余菌株, 最终从 14 个分离物中确定了 6 个表型特征不同的菌株, 对 6 株嗜(耐)盐菌的菌落形态、菌体形态及一些生理生化特性研究(表 1、图 1、表 2)发现: SYJ - 1、SYJ - 2、SYJ - 3、SYJ - 5、SYJ - 9 均为杆菌, 革兰氏染色均为阴性, 但 SYJ - 9 菌体长宽比较小, 菌体形状呈短杆状; SYJ - 7 为球菌, 革兰氏染色为阳性, 菌落为橙红色, 表面凸起; SYJ - 9 菌落形态与 SYJ - 7 相似, 但 SYJ - 9 菌落颜色为白色, 表面微凸; 其余 4 株菌的菌落形态相似。单从菌落及菌体形态上看, SYJ - 1、SYJ - 2、SYJ - 3、SYJ - 5 可能为同一类, SYJ - 7 为一类, SYJ - 9 为一类。6 株嗜(耐)盐菌的产酶结果(表 2)表明, 4 株可以产淀粉酶, 分别为 SYJ - 3、SYJ - 5、SYJ - 7、SYJ - 9; 6 株均不产木聚糖酶; 1 株可以产纤维素酶, 为 SYJ - 7; 1 株可以产纤蛋白酶, 为 SYJ - 9。

表 1 6 株嗜(耐)盐菌的菌落形态

项目	SYJ - 1	SYJ - 2	SYJ - 3	SYJ - 5	SYJ - 7	SYJ - 9
菌落及边缘形状	圆形, 边缘波状	圆形, 边缘齿状	圆形, 边缘波状	圆形, 边缘波状	圆形, 边缘整齐	圆形, 边缘整齐
透明度, 颜色	不透明, 白色, 中央区域较边缘颜色深	不透明, 白色, 中央区域较边缘颜色深	稍微透明, 白色	较透明, 白色	橙红色, 中央颜色较边缘深	白色, 边缘透明
表面形态	扁平, 光滑	扁平, 光滑	扁平, 光滑	扁平, 光滑	凸起, 光滑	微凸, 光滑



A、C、E、G、I、K 分别为 SYJ - 1、SYJ - 2、SYJ - 3、SYJ - 5、SYJ - 7、SYJ - 9 菌株的菌体形态; B、D、F、H、J、L 分别为 SYJ - 1、SYJ - 2、SYJ - 3、SYJ - 5、SYJ - 7、SYJ - 9 菌株的菌落形态

图 1 6 株嗜(耐)盐菌的菌体及菌落形态

表 2 6 株嗜(耐)盐菌的菌体形态及理化特性

项目	SYJ - 1	SYJ - 2	SYJ - 3	SYJ - 5	SYJ - 7	SYJ - 9	项目	SYJ - 1	SYJ - 2	SYJ - 3	SYJ - 5	SYJ - 7	SYJ - 9
菌体形态	长杆状	长杆状	长杆状	长杆状	球形	短杆状	木聚糖酶	-	-	-	-	-	-
革兰氏染色	-	-	-	-	+	-	纤维素酶	-	-	-	-	+	-
淀粉酶	-	-	+	+	+	+	蛋白酶	-	-	-	-	-	+

注: + 表示阳性; - 表示阴性。

2.2 嗜(耐)盐菌的耐盐性生长状况

耐盐试验结果(表 3)表明,6 株嗜(耐)盐菌均能在含≤200 g/L NaCl 的培养基中生长,SYJ - 1 与 SYJ - 2 可耐受的最高 NaCl 质量浓度为 200 g/L; SYJ - 3、SYJ - 5、SYJ - 7 可耐受的最高 NaCl 质量浓度为 220 g/L; SYJ - 9 可耐受的最高 NaCl 质量浓度为 280 g/L。其中,SYJ - 1、SYJ - 2、SYJ - 3 在含≤140 g/L NaCl 的培养基中均能够旺盛生长,SYJ - 5、SYJ - 7、SYJ - 9 在含≤180 g/L NaCl 的培养基中均能够旺盛生长。综上,SYJ - 9 的耐盐性最高,其次

是 SYJ - 3、SYJ - 5、SYJ - 7, SYJ - 1、SYJ - 2 的耐盐性较低。由于 SYJ - 1 能在含≤140 g/L NaCl 的环境中旺盛生长, SYJ - 2、SYJ - 3、SYJ - 5、SYJ - 7 均能在含≤180 g/L NaCl 的环境中良好生长, SYJ - 9 能在含≤200 g/L NaCl 的环境中良好生长, 各菌株超过上述 NaCl 质量浓度则生长不佳,甚至不能生长。因此,6 株菌不属于边缘极端嗜盐菌和极端嗜盐菌,可初步鉴定为中度嗜盐菌,且其生长的最佳盐浓度可能与培养温度、营养状况有关^[6]。

表 3 6 株嗜(耐)盐菌的耐盐性生长状况

菌株编号	NaCl 质量浓度/(g/L)										
	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
SYJ - 1	+++	+++	+++	+	+	+	-	-	-	-	-
SYJ - 2	+++	+++	+++	++	++	+	-	-	-	-	-
SYJ - 3	+++	+++	+++	++	++	+	+	-	-	-	-
SYJ - 5	+++	+++	+++	+++	+++	+	+	-	-	-	-
SYJ - 7	+++	+++	+++	+++	+++	+	+	-	-	-	-
SYJ - 9	+++	+++	+++	+++	+++	++	+	+	+	+	-

注: +++ 表示生长旺盛; ++ 表示生长良好; + 表示能生长; - 表示不能生长。下同。

2.3 嗜(耐)盐菌的耐碱性生长状况

耐碱试验结果(表 4)表明,SYJ - 1 可耐受的最高 pH 值为 9, SYJ - 2 可耐受的最高 pH 值为 10, SYJ - 3 与 SYJ - 5 可耐受的最高 pH 值为 11, SYJ - 7 可耐受的最高 pH 值为 12, SYJ - 9 可耐受的最高 pH

值为 13。其中,SYJ - 7 在 pH 值≤10 的培养基上均能够旺盛生长,SYJ - 9 在 pH 值≤11 的培养基上均能够旺盛生长,其他菌株总体上不能够达到旺盛生长的状态,最多只是良好生长。综上,SYJ - 9 的耐碱性最高,其次为 SYJ - 7, SYJ - 1 的耐碱性最低。

表 4 6 株嗜(耐)盐菌的耐碱性生长状况

菌株编号	pH						
	7	8	9	10	11	12	13
SYJ - 1	+	+	+	-	-	-	-
SYJ - 2	++	++	++	+	-	-	-
SYJ - 3	++	++	+++	++	+	-	-
SYJ - 5	+	+	+	++	+	-	-
SYJ - 7	+++	+++	+++	+++	++	++	-
SYJ - 9	+++	+++	+++	+++	+++	++	+

2.4 基于 16S rRNA 序列的嗜(耐)盐菌的系统发育分析

研究表明,当菌株 16S rRNA 序列同源性≥97% 时可以认为属于一个属,当序列同源性≥98% 时则可以认为属于一个种^[23]。对 6 株嗜(耐)盐菌的 16S rRNA 序列进行 BLAST 比对并构建系统发育进化树(图 2)发现,SYJ - 1、SYJ - 2、SYJ - 3、SYJ - 5 的 16S rRNA 序列与玛纳斯海洋芽孢杆菌(*Oceanobacillus manasiensis*)的 16S rRNA 序列相似性为 99% ~ 100%,因此 SYJ - 1、SYJ - 2、SYJ - 3、SYJ - 5 属于玛纳斯海洋芽孢杆菌(*Oceanobacillus manasiensis*); SYJ - 7 的 16S rRNA 序列与玫瑰色盐水球菌(*Salinicoccus roseus*)的 16S rRNA 序列有 98% 的相似性,因此初步判断 SYJ - 7 属于玫瑰色盐水球菌(*Salinicoccus roseus*);

SYJ - 9 的 16S rRNA 序列与盐芽孢杆菌(*Halobacillus*)的 16S rRNA 序列有 97% 的相似性,故判断其属于盐芽孢杆菌属(*Halobacillus*),具体种还需进一步鉴定,暂且命名为 *Halobacillus* sp. SYJ - 9。

3 结论与讨论

从石河子垦区盐碱地土样及泥样中分离出 6 株嗜(耐)盐细菌,分别命名为 SYJ - 1、SYJ - 2、SYJ - 3、SYJ - 5、SYJ - 7、SYJ - 9。SYJ - 1、SYJ - 2、SYJ - 3、SYJ - 5 菌落形态及菌体形态相似,但生理生化特性存在差异。其中,SYJ - 1、SYJ - 2 的耐盐及耐碱性较 SYJ - 3、SYJ - 5 低,且 SYJ - 3、SYJ - 5 为产淀粉酶菌株。经 16S rRNA 序列比对及系统发育分析发现,SYJ - 1、SYJ - 2、SYJ - 3、SYJ - 5 属于玛纳斯

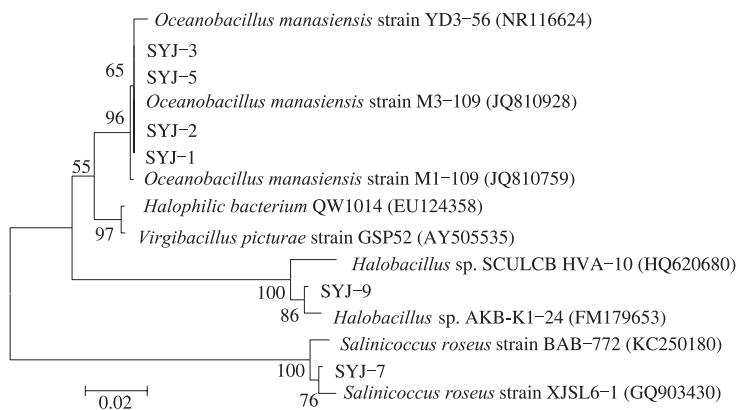


图2 基于16S rRNA序列构建的菌株系统发育进化树

海洋芽孢杆菌(*Oceanobacillus manasiensis*)，SYJ-1、SYJ-2与SYJ-3、SYJ-5可能分属2个不同亚种，还需做进一步鉴定。SYJ-7为革兰氏阳性菌且菌体为球状，能产淀粉酶和纤维素酶，属于玫瑰色盐水球菌(*Salinicoccus roseus*)。SYJ-9为革兰氏阴性菌且菌体为短杆状，能产淀粉酶和蛋白酶，属于盐芽孢杆菌属(*Halobacillus*)，暂且命名为*Halobacillus* sp. SYJ-9。李新等^[24]研究表明，*Halobacillus* sp. LY6属于高产蛋白酶中度嗜盐菌，本研究中的*Halobacillus* sp. SYJ-9蛋白酶活性强度还需进一步测定。

参考文献：

- [1] 丁连军,吕新,李鲁华.石河子荒漠绿洲农业自然资源空间分布特征与资源潜力分析[J].中国生态农业学报,2007,15(3):8-13.
- [2] 靳姗姗.干旱地区膜下滴灌条件下水盐运移规律及防治盐碱化的研究[D].西安:长安大学,2011.
- [3] 安立超,严学亿,胡磊,等.嗜盐菌的特性与高盐废水生物处理的进展[J].环境污染与防治,2002,24(5):293-296.
- [4] 曹军卫,沈萍,李朝阳.嗜极微生物[M].武汉:武汉大学出版社,2004:5.
- [5] 陶卫平.嗜盐菌的嗜盐机制[J].生物学通报,1996(1):23-24.
- [6] 任培根,周培瑾.中度嗜盐菌的研究进展[J].微生物学报,2003,43(3):427-431.
- [7] 韩剑.新疆罗布泊嗜盐细菌的多样性及产酶特性研究[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2008.
- [8] Sudarno U, Bathe S, Winter J, et al. Nitrification in fixed-bed reactors treating saline wastewater[J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 2010, 85(6): 2017-2030.
- [9] Woolard C R, Irvine R L. Treatment of hypersaline wastewater in the sequencing batch reactor [J]. Water Research, 1995, 29(4): 1159-1168.
- [10] Ferrer M R, del Moral A, Quesada E, et al. Growth rate and some physiological features of *Deleya halophila* CCM 3662 at different salt concentrations[J]. Annales de l'Institut Pasteur. Microbiology, 1987, 138(1): 49-57.
- [11] 李维国,马放,魏利,等.一株盐单胞菌及其强化高盐制革废水处理的研究[J].湖南科技大学学报(自然科学版),2007,22(4):117-121.
- [12] 崔有为,丁洁然,李晶,等.野生型嗜盐混合菌群处理高盐生活污水的硝化性能[J].化工学报,2011,62(12):3511-3517.
- [13] 张桂玲.施用中度嗜盐菌盐碱地棉田细菌群落结构研究[D].石河子:石河子大学,2010.
- [14] 刘彩霞.耐盐碱微生物的筛选及在盐碱土团聚体形成中的作用[D].南京:南京农业大学,2009.
- [15] Rao D L N, Burns R G. The influence of blue-green algae on the biological amelioration of alkali soils [J]. Biology and Fertility of Soils, 1991, 11(4): 306-312.
- [16] 顾晓颖,李冠,吴敏.巴里坤湖和玛纳斯湖嗜盐菌的分离及功能酶的筛选[J].生物技术,2007,17(3):26-30.
- [17] 王建明,罗晓霞,贺江舟,等.塔里木盆地荒漠盐碱生境嗜盐碱细菌的初步研究[J].微生物学杂志,2009,29(1):79-85.
- [18] 迪丽拜尔·托乎提,徐晓晶.新疆艾丁湖及邻近地区嗜盐菌和耐盐菌的数量分布[J].生态学报,2001,21(8):1388-1391.
- [19] 刘会强,赵春梅,黄瑞虎.新疆达坂城盐湖中度嗜盐菌的分类研究[J].新疆师范大学学报(自然科学版),2007,26(3):146-149,159.
- [20] 王钱福.嗜盐菌的分离及其多相分类学研究[D].兰州:兰州大学,2007.
- [21] 宁卓,张波.嗜盐菌的研究进展及应用[J].苏盐科技,2007(1):31-32.
- [22] 刘永强.中度嗜盐菌产功能酶菌株的筛选及发酵条件优化[D].哈尔滨:东北林业大学,2012.
- [23] 张琦,田伟,李芳,等.四川泡菜中中度嗜盐菌的分离与鉴定[J].食品科学,2013,34(21):264-268.
- [24] 李新,刘晓雪,高霞,等.高产蛋白酶中度嗜盐菌*Halobacillus* sp. LY6的分离鉴定及其粗酶性质[J].江苏农业学报,2011,27(4):872-877.