

珠芽蓼内生菌 Z17 抑菌能力测定及其鉴定

李振东^{1,2}, 陈秀蓉¹, 杨成德¹

(1. 甘肃农业大学草业学院 草业生态系统教育部重点实验室 中一美草地畜牧业可持续发展研究中心, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省社会科学院农村发展研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要:以高寒草地优势植物珠芽蓼(*Polygonum viviparum*)的一内生细菌菌株 Z17 为研究对象,采用平板对峙法测定其对 7 种植物病原真菌的抑菌能力,利用形态学和分子生物学 2 种方法确定其分类地位。该菌对玉米小斑病菌(*Bipolaria maydis*)、立枯丝核病菌(*Rhizoctonia solani*)、菌核病菌(*Sclerotinia sclerotiorum*)、西瓜尖镰孢(*Fusarium oxysporum* f. *Niveum*)、番茄早疫病菌(*Alternaria solani*)、番茄灰霉病菌(*Botrytis cinerea*)和小麦离蠕孢菌(*Bipolaris sorokiniana*)等均有抑制作用,抑菌谱较广。菌体杆状,菌体大小为(1.4~3.6) μm × (0.4~0.6) μm ,革兰氏阳性,中生芽孢,与芽孢杆菌的形态一致;16S rDNA 基因序列与莫海威芽孢杆菌(*Bacillus mojavensis*)的模式菌株 BCRC 17531 相似度达 99.79%,在系统发育树上 Z17 与菌株 BCRC 17531 的遗传距离小于 0.000 5,故鉴定为莫海威芽孢杆菌。该菌可能具有开发生物农药的潜力。

关键词:高寒草地;内生拮抗菌;莫海威芽孢杆菌;鉴定

中图分类号:S816;S435.4

文献标识码:A

文章编号:1001-0629(2011)12-2096-06

*¹ 植物内生细菌是指那些在其生活史的一定阶段或全部阶段生活于健康植物组织和器官内的细菌,宿主植物(至少是暂时)不表现出外在病症,可以从经过严格表面消毒的植物组织中分离,或者通过组织学方法,或者直接从植物组织内扩增出细菌 DNA 的方法来证明其内生^[1]。目前,研究者从甘草(*Glycyrrhiza glabra*)、蛇足石杉(*Huperzia serrata*)、兰麻黄(*Ephedra glauca*)等药用植物和水稻(*Oryza sativa*)、棉花(*Gossypium hirsutum*)、马铃薯(*Solanum tuberosum*)等作物以及苦豆子(*Sophora alopecuroides*)、桑树(*Morus alba*)、樟树(*Cinnamomum camphora*)等植物体内已分离到对植物病原菌具有良好抑制或防治效果的内生细菌^[2-4];Chen 等^[5]从棉花中分离的 25 株内生菌能诱导黄瓜(*Cucumis sativus*)产生对炭疽病的抗性,李进荣等^[6]从大豆(*Glycine max*)根瘤中筛选出了 4 株对大豆胞囊线虫胞囊孵化具有强烈抑制作用的菌株。胡萝卜(*Daucus carota*)内生细菌有 83% 能促进胡萝卜生长的作用,有 33% 的胡萝卜内生细菌还能促进马铃薯生长^[7]。

珠芽蓼(*Polygonum viviparum*)为多年生草本植物,在我国主要分布于陕西、甘肃、西藏、青海等地,主要生长在海拔 2 200~4 200 m 的高山草原湿

润地区^[8]。珠芽蓼的果实含丰富的蛋白质、总糖和多种对人体有益的矿物质元素,氨基酸种类齐全^[9],具有较高的食用价值,可作为优良的饲料;还可提栲胶;其全草粉剂或溶液可防治农作物害虫^[9-10]。珠芽蓼为传统藏药,别名“高原拳参”,具有退烧、调经、收敛止血、止泻的功效^[11]。最新研究发现,珠芽蓼根茎有抗超氧自由基^[12]、清除羟自由基^[13]和抗肿瘤等的作用^[9]。因此,以东祁连山高寒草地优势植物珠芽蓼内生细菌 Z17 为研究对象,测定其抑制植物病原真菌的能力,并利用形态特征和 16S rDNA 序列分析对其进行鉴定,以期开发经济环保的生物农药提供菌种资源,为高寒草地植物内生拮抗菌的开发和利用提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试菌株 供试珠芽蓼内生细菌菌株 Z17 分离自 2007 年 7 月在甘肃省天祝县金强河采集的优势植物珠芽蓼^[14]。枯草芽孢杆(*Bacillus subtilis*)

收稿日期:2011-05-03 接受日期:2011-07-11
基金项目:国家自然科学基金项目(30471232);甘肃农业大学草业学院草业科学国家级重点学科学术骨干科研项目暨草业生态系统教育部省部共建重点实验室(CY-GG-2006-01)
作者简介:李振东(1978-),男,甘肃临夏人,副研究员,博士, E-mail:lizhendong22@163.com
通信作者:陈秀蓉 E-mail:chenxiurong@gsau.edu.cn

购自中国普通微生物菌种保藏管理中心。

植物病原菌共 8 种,其中立枯丝核菌为 2 个菌株,均由甘肃农业大学植物病理实验室提供,分别是:1)辣椒立枯病菌(*Rhizoctonia solani*)和棉花立枯病菌[*Rhizoctonia solani* (cotton strain)];2)茄子菌核病菌[*Sclerotinia sclerotiorum* (egg plant strain)];3)玉米大斑病菌(*Exserohilum turcicum*);4)玉米小斑病菌(*Bipolaria maydis*);5)小麦根腐病菌(*Bipolaris sorokiniana*);6)西瓜尖镰孢(*Fusarium oxysporum* f. *Niveum*);7)番茄灰霉病菌(*Botrytis cinerea*);8)番茄早疫病菌(*Alternaria solani*)。

1.2 试剂和培养基 Taq DNA 聚合酶、dNTP、蛋白酶 K 和溶菌酶购自生工生物工程(上海)有限公司, DNA Marker 购自宝生物工程(大连)有限公司(TaKaRa)。其他化学试剂购自天津市光复精细化工研究所,均为分析纯。用于细菌基因组 DNA 提取的试剂制备方法参考文献[15]。细菌的活化与保存用牛肉膏蛋白胨培养基^[16],植物病原真菌的培养和对峙试验用马铃薯葡萄糖培养基(PDA)。

1.3 主要仪器 AL104 型电子天平、HH1.5Plus 型超净工作台、MJX 智能霉菌培养箱、高速冷冻离心机、电热恒温水浴锅、凝胶电泳仪、凝胶成像系统、PCR 热循环仪,各种剂量移液器(均为 Biometra 公司生产)。

1.4 方法

1.4.1 Z17 对病原菌抑菌能力测定 采用平板对峙培养法测定抑菌能力^[17]。将菌株 Z17 于牛肉膏蛋白胨培养基上活化培养 36 h,植物病原菌置 PDA 培养基上扩大培养,并打成直径为 7 mm 的菌饼,把植物病原菌菌饼接种到制作好的 PDA 培养基中央,再将 Z17 点接在距植物病原菌菌饼 2.5 cm 处,每平板十字法接 4 点,3 个重复;以十字法在距植物病原菌菌饼 2.5 cm 处点接无菌水为对照,置 25 °C 培养箱中培养。待对照中植物病原真菌长满培养皿后测量 Z17 的抑菌带宽度(即 Z17 菌落边缘到植物病原真菌菌落边缘的距离)。茄子菌核病菌、棉花立枯丝核病菌和辣椒立枯丝核病菌培养 7 d,小麦离蠕孢、番茄早疫病菌和西瓜尖镰孢培养 10 d,番茄灰霉病菌和玉米小斑病菌培养 14 d。

1.4.2 菌株 Z17 的鉴定 形态特征的观察参照《伯杰细菌鉴定手册》^[18]和《常见细菌系统鉴定手册》^[19]进行菌体形态观察。用枯草芽孢杆菌标准菌株作为

对照菌株。

细菌基因组 DNA 的提取参考文献[15],略加改进^[2]。根据细菌 16S rDNA 两端的保守序列,采用一对细菌的通用引物 27f-1492r,用于 PCR 扩增,引物序列,27f: 5'-AGA GTT TGA TCA TGG CTC AG-3',1492r:5'-GGT TAC CTT GTT ACG ACT T-3'。引物由生工生物工程(上海)有限公司合成。PCR 反应体系为:10 × buffer 5 μL, MgCl₂ (25 mol/L) 5 μL, dNTP (5 mmol/L) 1 μL, 27 f(10 μmol/L) 1 μL, 1492r(10 μmol/L) 1 μL, Taq DNA 聚合酶 (2.5 U/μL) 0.5 μL, 菌株 Z17 基因组 DNA 1 μL, (加超纯水 1 μL 为阴性对照) 补 ddH₂O 至 50 μL。扩增程序为:94 °C 预变性 5 min;94 °C 变性 40 s, 47 °C 退火 30 s, 72 °C 延长 1 min, 35 个循环;72 °C 下延伸 8 min。扩增完成后,取 5 μL 的扩增产物在 1% 的琼脂糖凝胶上恒压 80 V 进行电泳检测,将特异性条带(1 500 bp 左右)亮度好、纯度高并且无非特异性条带的 PCR 产物冷冻条件下送生工生物工程(上海)有限公司测序。

将测得序列在 GenBank 中进行 Blast 相似性分析。然后,用 DNA 分析软件 CLUSTALX 1.8 进行多重序列比较,最后用 Mega 4.0 的邻接法(Neighbor-Joining)建立菌株 Z17 的 16S rDNA 基因的系统发育树,遗传距离用 Tamura-Nei 公式计算,其中的枝长代表了分歧程度,枝上的数字是 500 次 bootstrap 重抽样分析的支持百分比。

2 结果与分析

2.1 抑菌作用测定 对峙试验结果表明,Z17 对所选的 9 株病原真菌中的玉米小斑病菌、小麦平脐蠕孢菌、番茄灰霉病菌、西瓜尖镰孢、番茄早疫病菌、茄子菌核病菌、棉花立枯病菌和辣椒立枯病菌 7 种 8 个菌株有不同的拮抗作用,玉米小斑病菌在培养的第 10~14 天没有明显的生长,因此,图 1 中 4CK 没有长满(图 1),抑菌带宽分别为 10、9、8、8、8、7、5 和 5 mm。Z17 对玉米大斑病菌生长没有抑制能力。表明菌株 Z17 对多种植物根部病原真菌和叶斑病原真菌的生长均有良好的抑制作用,抑制的病原真菌种类涉及 6 个属的 8 种植物病原真菌,说明 Z17 具有较广的抑菌谱。

2.2 菌株 Z17 的鉴定

2.2.1 形态特征 菌株 Z17 菌落近圆形,边缘不整

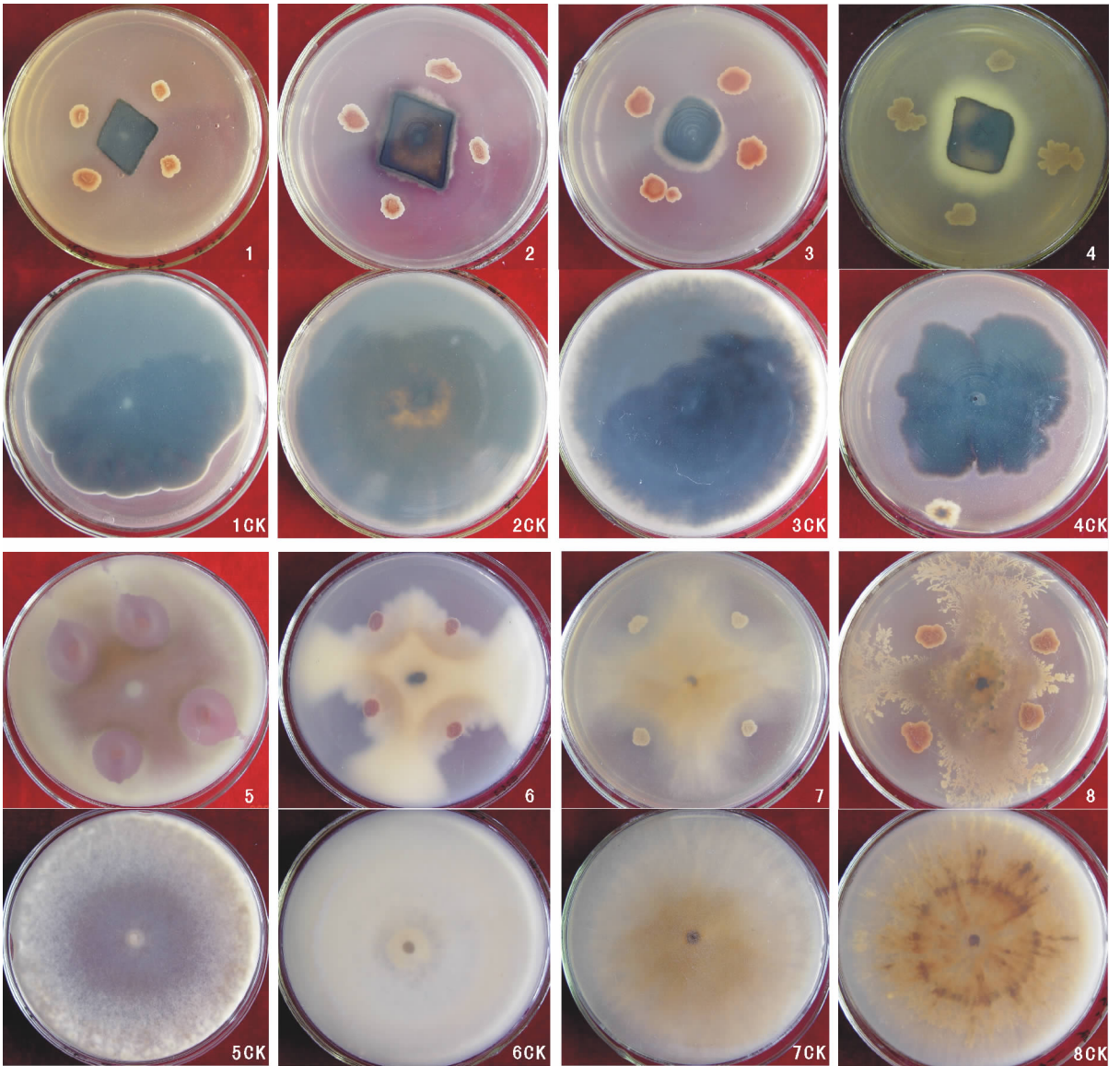


图1 Z17与8种病原真菌对峙

注:1.小麦离蠕孢,2.番茄早疫病菌,3.番茄灰霉病菌,4.玉米小斑病菌,5.茄子菌核病菌,6.西瓜尖镰孢,7.棉花立枯丝核病菌,8.辣椒立枯丝核病菌;CK均为相应的病原真菌点接无菌水对照。



图2 Z17的菌落

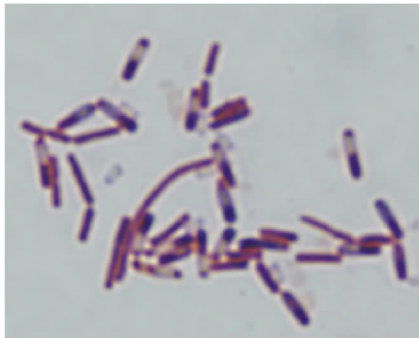


图3 Z17革兰氏染色

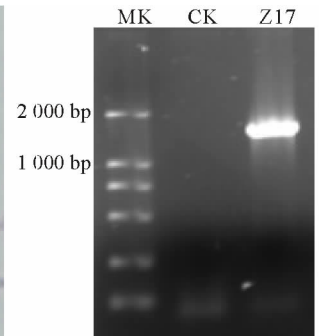


图4 Z17 16S rDNA PCR电泳图

齐有缺刻,中央隆起、从中央向四周形成多个放射褶皱,中心有光泽,浅土黄色,不透明(图2),菌体杆状,革兰氏阳性菌,中生芽孢,菌体大小为(1.4~3.6) $\mu\text{m} \times (0.4 \sim 0.6) \mu\text{m}$ (图3),根据培养性状及形态特征确定为芽孢杆菌(*Bacillus* sp.)。

2.2.2 16S rDNA 序列系统发育学分析 经 0.8% 琼脂糖凝胶电泳检测,提取的细菌基因组 DNA 条带清楚,亮度高,且无非特异性条带,说明获得的基因组 DNA 纯度高,可用作 16S rDNA PCR 扩增的模板。16S rDNA PCR 扩增产物经 1% 琼脂糖凝胶电泳检测,在 1500 bp 左右处有一条明亮的 PCR 目的条带,浓度均为 60~100 ng/ μL ,且无其他非特异性条带(图4)。表明 16S rDNA PCR 扩增获得的目的 DNA 片断产量高、纯度好。经测序获得菌株 Z17

的 16S rDNA 基因有 1469 个碱基,其在 GenBank 中的登录号为 EU236745。

经 Blast 相似性分析,菌株 Z17 与枯草芽孢杆菌(AY553094)和莫海威芽孢杆菌(*Bacillus mojavensis*)的模式菌株 BCRC 17531(DQ993678)相似度均达 99.79%。从系统发育树来看(图5),Z17 与莫海威芽孢杆菌的 3 株模式菌株^[20] BCRC 17531、NRRLB-14698 和 NBRC 1571 聚在一起,Z17 与菌株 BCRC 17531 的遗传距离小于 0.0005;枯草芽孢杆菌的 5 株模式菌株^[20] JCM 1465、IAM 12118、DSM 10、NRS 744 和 NRRLB-23049 聚在另一枝,没有与 Z17 聚到同一枝上。说明 Z17 与莫海威芽孢杆菌遗传距离更近。因此,初步鉴定 Z17 为莫海威芽孢杆菌。

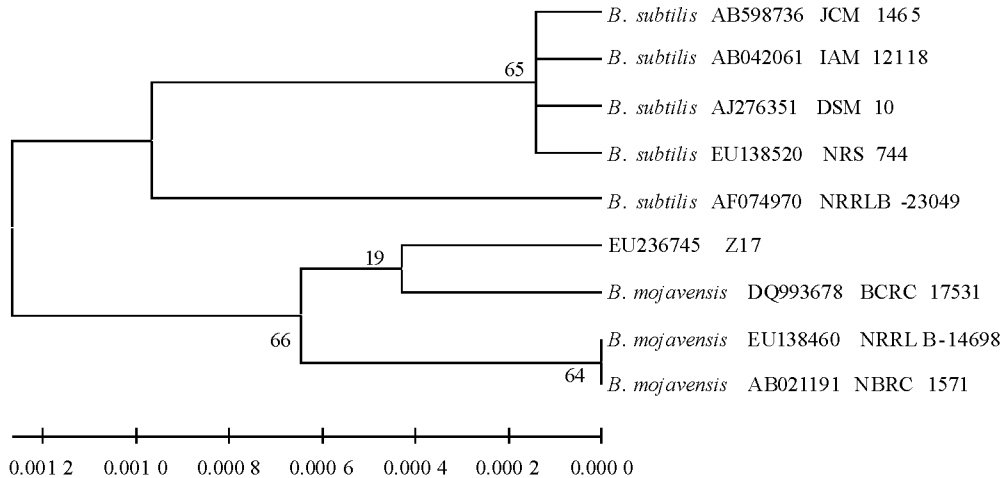


图5 Z17 的 16S rDNA 系统发育树

3 讨论

目前广泛用于防治植物病害的芽孢杆菌种类有枯草芽孢杆菌、蜡状芽孢杆菌(*B. cereus*)、多粘芽孢杆菌(*B. polymyxa*)、巨大芽孢杆菌(*B. megaterium*)和短小芽孢杆菌(*B. pumilis*)等^[21]。有关莫海威芽孢杆菌作为植物内生拮抗菌对植物病原真菌拮抗作用的报道很少。徐雪莲和代鹏^[22]从红树(*Rhizophora apiculata*)的健康叶片中分离到 1 株对枯萎病尖镰孢菌具有明显抑制作用的莫海威芽孢杆菌。本研究中的珠芽蓼内生菌莫海威芽孢杆菌 Z17 对植物病原真菌具有抗菌谱广的特征,抑制的病原菌种类涉及到蠕孢属(*Bipolaris*)、葡萄孢属(*Botrytis*)、镰孢菌属(*Fusarium*)、链格孢属(*Alternar-*

ia)、核盘菌属(*Sclerotinia*)和丝核菌属(*Rhizoctonia*)6 个属的植物病原真菌。目前国内有关珠芽蓼病害的报道不多,仅报道有分别发生在新疆和甘肃的珠芽蓼白霉病(*Bostrichonema alpestreces*)^[23]和珠芽蓼黑粉病(*Ustilago bistortarum*)^[24],未见蠕孢属、葡萄孢属、镰孢菌属、链格孢属、核盘菌属和丝核菌等属的植物病原真菌为害珠芽蓼的报道。说明高寒草地优势植物珠芽蓼对多种植物病原真菌有较强的抑菌能力。因此,像珠芽蓼这样具有较强抗真菌病菌感染的植物,应给予足够的重视,使其成为分离、寻找拮抗菌的重要来源之一。植物内生细菌通过产生抗生素、水解酶、生物碱及植物生长调节剂等次生代谢产物或与病原菌竞争生态位和营养等方式

来抑制植物病害发生和发展从而有利于植物,达到间接促生作用^[3,25-26],Z17对珠芽蓼的生长可能具有一定的促进作用。导致土壤种子库中种子死亡的一个重要原因是病原真菌^[27],Z17对减少土壤种子库中珠芽蓼种子的死亡可能具有一定的作用,对保持珠芽蓼优势种的地位有积极的作用。因此,本研究认为菌株Z17是一株具有开发潜力的生防菌,但其抑菌机理及环境相容性等尚需进一步研究。

4 结论

珠芽蓼内生细菌Z17菌体杆状,中生芽孢,菌体大小为(1.4~3.6) μm ×(0.4~0.6) μm ,革兰氏阳性,形态特征和16S rDNA基因序列分析结果Z17为莫海威芽孢杆菌。Z17对所选的9株病原真菌中的玉米小斑病菌、小麦离蠕孢菌、番茄灰霉病菌、西瓜尖镰孢、番茄早疫病菌、茄子菌核病菌、棉花立枯丝核病菌和辣椒立枯丝核病菌8株有不同的拮抗作用,说明Z17具有较广的抑菌谱,是一株具有开发成为经济环保性生物农药潜力的菌种。

参考文献

- [1] Stone J K, Bacon C W, White J F. An overview of endophytic microbes: endophytism defined[A]. In: Bacon C W, White J F. Microbial Endophytes [M]. New York: Marcel Dekker, 2000: 3-29.
- [2] 李振东, 陈秀蓉, 李鹏, 等. 珠芽蓼内生菌Z5产IAA和抑菌能力测定及其鉴定[J]. 草业学报, 2010, 19(2): 61-68.
- [3] 石晶盈, 陈维信, 刘爱媛. 植物内生菌及其防治植物病害的研究进展[J]. 生态学报, 2006, 26(7): 2395-2400.
- [4] 牟志美, 路国兵, 冀宪领, 等. 桑树内生拮抗细菌 *Burkholderia cepacia* Lu10-1 的分离鉴定及其内生定殖[J]. 微生物学报, 2008, 48(5): 623-630.
- [5] Chen C, Bauske E M, Musson G, et al. Biological control of *Fusarium* wilt on cotton by use of endophytic bacteria[J]. Biological Control, 1995, 5(1): 83-91.
- [6] 李进荣, 段玉玺, 陈立杰, 等. 大豆根瘤内生细菌对大豆胞囊线虫影响研究[J]. 大豆科学, 2005, 24(2): 154-156.
- [7] Surette M A, Sturz A V. Bacterial endophytes in processing carrots (*Daucus carota* L. var. *sativus*): their localization, population density, biodiversity and their effects on plant growth[J]. Plant and Soil, 2003, 253: 381-390.
- [8] 陆建英, 杨晓明, 马瑞君. 青藏高原东缘克隆植物珠芽蓼的 RAPD 遗传多样性研究[J]. 西北师范大学学报(自然科学版), 2008, 44(3): 66-72.
- [9] 张彩霞, 胡凤祖. 珠芽蓼果实营养成分分析[J]. 天然产物研究与开发, 2005(5): 614-616.
- [10] 王一峰, 杨文玺, 王春霞, 等. 甘肃野生药用植物珠芽蓼[J]. 中兽医医药杂志, 2005(2): 24-26.
- [11] 张彩霞, 李玉林, 胡凤祖. 珠芽蓼果实化学成分研究[J]. 西北植物学报, 2005(2): 386-387.
- [12] 陈仕江, 马开森, 钟国跃. 珠芽蓼抗超氧自由基作用研究[J]. 西南农业学报, 2005(1): 33-35.
- [13] 蔡仲军, 陈仕江, 马开森, 等. 珠芽蓼清除羟自由基作用研究[J]. 中国药物与临床, 2004(2): 96-98.
- [14] 满百膺, 陈秀蓉, 李振东. 高寒牧草内生细菌分离培养条件的优化[J]. 草原与草坪, 2008(5): 27-30.
- [15] 奥斯伯 F, 布伦特 R, 金斯顿 R E, 等. 精编分子生物学实验指南[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 39-40.
- [16] 方中达. 植病研究方法[M]. 第三版. 北京: 中国农业出版社, 1998: 110, 182-183.
- [17] 张苗苗, 张蓉, 陈伟, 等. 线叶蒿草内生真菌抗植物病原真菌活性测定[J]. 草业科学, 2009, 26(7): 122-126.
- [18] Buchanan R E, Gibbons N E. 伯杰细菌鉴定手册[M]. 中国科学院微生物研究所译. 北京: 科学出版社, 1984: 729-748.
- [19] 东秀珠, 蔡妙英. 常见细菌系统鉴定手册[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 62-65, 353-412.
- [20] Garrity G M, Bell J, Lilburn T G. Taxonomic Outline of the Prokaryotes, Bergey's Manual of Systematic Bacteriology[M]. Second Edition, Release 5. 0. New York: Springer-Verlag, 2004.
- [21] 周晓梅, 刘强, 王瑛璐, 等. 拮抗菌生物防治农作物病害的研究进展[J]. 吉林师范大学学报(自然科学版), 2010, 31(4): 36-39.
- [22] 徐雪莲, 代鹏. 2株抗枯萎病尖镰孢菌内生细菌菌株的分离及鉴定[J]. 果树学报, 2007, 24(4): 483-486.
- [23] 木合塔尔·艾买提, 刘杏忠, 沈崇尧. 新疆牧草病害新记录(简报)[J]. 中国农业大学学报, 1993, 19(2): 124.
- [24] 王生荣, 郑华平, 何冬云, 等. 天祝高寒草原草地植物黑粉病调查研究[J]. 草业学报, 2008, 9(1): 37-42.
- [25] Keel C, Défago G. Interactions Between Beneficial Soil Bacteria and Root Pathogens: Mechanisms and Ecological impact[M]. London, United Kingdom: Blackwell Scientific Publishers, 1997: 27-46.
- [26] 陈秀蓉, 南志标. 细菌多样性及其在农业生态系统中的作用[J]. 草业科学, 2002, 19(9): 34-38.
- [27] 侯金伟, 南志标. 植物病原真菌对土壤种子库的影响[J]. 草业学报, 2009, 18(4): 241-250.

Identification of *Polygonum viviparum* endophytic bacteria Z17 and its capacity to antagonistic towards pathogenic fungi

LI Zhen-dong^{1,2}, CHEN Xiu-rong¹, YANG Cheng-de¹

(1. Pratacultural College, Gansu Agricultural University, Key Laboratory of Grassland Ecosystem Ministry of Education, Sino-U. S. Centers for Grazingland Ecosystem Sustainability, Agricultural University, Gansu Lanzhou 730070, China;

2. Institute of Rural Development, Gansu Academy of Social Sciences, Gansu Lanzhou 730070, China)

Abstract: *Polygonum viviparum* is the dominant species of alpine meadow community. A experiment was conducted to estimate the capacity of *P. viviparum* endophytic bacteria Z17 to antagonistic towards pathogenic fungi by PDA plates and to determine the taxonomic status of Z17 by morphological and molecular biology methods. The results of this study showed that Z17 inhibited *Bipolaria maydis*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Fusarium oxysporum* f. *Niveum*, *Alternaria solani*, *Botrytis cinerea*, *Bipolaris sorokiniana*, indicating that Z17 had a wide antibacterial spectrum. Z17 was rod shape with a size of (1.4–3.6) $\mu\text{m} \times (0.4–0.6) \mu\text{m}$, Gram-positive, and produced spore in the center, and it was same morphological characteristics with *Bacillus* sp. Similarity between 16S rDNA gene sequence of Z17 and *Bacillus mojavensis* model strain BCRC 17531 reached 99.79%, and the genetic distance between Z17 and BCRC 17531 in the phylogenetic tree was less than 0.0005. These results suggested that Z17 could be identified as *Bacillus mojavensis* and had the potential to be explored as Biopesticides.

Key words: *Alpine grassland*; *Antagonistic endophytic bacteria*; *Bacillus mojavensis*; identification

2011年11月国内市场主要畜产品与饲料价格分析

猪肉批发价西部分别高于东、中部 12.1%、8.1%；牛肉批发价西部分别高于东、中部 3.2%、7.5%；羊肉批发价东部分别高于中、西部 7.7%、6.3%；鸡肉批发价中部分别高于西、东部 12.6%、2.9%；鸡蛋批发价中西部均高于东部 2.6%。本月国内主要畜产品批发价格除羊肉外均有所下降，猪肉、牛肉、鸡肉、鸡蛋批发价格环比分别下降 5.9%、0.5%、1.1%、5.7%；羊肉批发价格环比上涨 2.4%。

玉米批发价格西部分别高于东、中部 5.7%、10.7%；大豆批发价格西部分别高于东、中部 0.8%、1.5%；豆粕批发价格西部分别高于东、中部 7.4%、1.2%。与 10 月相比，大豆批发价格变化不明显，环比仅上涨 0.4%；玉米、豆粕批发价格环比分别上涨 11.9%、4.9%。

表 1 11月国内市场主要畜产品批发价格 元/kg

畜产品	东部	中部	西部	平均
	地区	地区	地区	
猪肉	23.16	24.01	25.96	24.38
牛肉	35.20	33.80	36.32	35.11
羊肉	44.63	41.73	42.00	42.79
鸡肉	14.00	15.76	15.32	15.03
鸡蛋	8.43	8.65	8.65	8.58

表 2 11月国内市场主要饲料价格 元/t

饲料	东部	中部	西部	平均
	地区	地区	地区	
玉米	2 314	2 208	2 445	2 322
大豆	4 086	4 060	4 120	4 089
豆粕	3 155	3 348	3 388	3 297
棉粕	2 575	2 800	2 267	2 547

(兰州大学草地农业科技学院 杨林杰)