高寒草地矮生嵩草内生解淀粉芽胞杆菌 262AG6 的发酵条件优化

魏立娟， 郭 海， 崔凌霄， 杨成德*

（甘肃省农作物病虫害生物防治工程实验室，甘肃农业大学植物保护学院，兰州 730070）

摘要 本研究以对多种植物病原真菌具有抑制能力的解淀粉芽胞杆菌 *Bacillus amyloliquefaciens* 262AG6 为试验对象，使用单因素和正交试验设计方法对其发酵培养基和发酵条件进行优化。结果表明，最优发酵培养基为马铃薯 200 g，葡萄糖 25 g，KNO_3 16 g，NaCl 15 g，水 1 000 mL；最优发酵条件为温度 34℃，150 mL 摇瓶装液 40 mL，振荡器转速 150 r/min，培养基初始 pH 9，最佳接种量为 14%；其在 100 L 发酵罐的生长曲线为 0～6 h 为调整期，6～26 h 为对数期，26 h 后菌株进入稳定期，即该菌最佳放罐时间为 26 h。

关键词 矮生嵩草； 解淀粉芽胞杆菌； 发酵培养基； 发酵条件； 优化

中图分类号： TQ 920.6 **文献标识码：** A **DOI：** 10.16688/j.zwbh.2018027

Optimization of the fermentation process of endophytic *Bacillus amyloliquefaciens* 262AG6 in alpine *Kobresia humilis*

WEI Lijuan， GUO Hai， CUI Lingxiao， YANG Chengde

（*Biocontrol Engineering Laboratory of Crop Diseases and Pests of Gansu Province*，
College of Plant Protection，*Gansu Agricultural University*，*Lanzhou* 730070，*China*）

Abstract *Bacillus amyloliquefaciens* 262AG6 has inhibitory activity against a variety of plant pathogenic fungi. Single-factor and orthogonal experimental design methods were used to optimize the fermentation conditions of this bacterium. The results showed that the optimum fermentation medium included 200 g of potato, 25 g of glucose, 16 g of KNO_3, 15 g of NaCl in 1 000 mL of water. The optimal fermentation conditions were as followed: shaking 40 mL liquid (the best inoculum size was 14%) in an 150 mL bottle at 150 r/min at 34℃, with an initial pH value of 9; its growth curve in the 100 L fermenter was composed of 0－6 h for the adjustment period, 6－26 h for the logarithmic phase, and the stable period after 26 h, suggesting a best fermentation time of 26 h.

Key words *Kobresia humilis*; *Bacillus amyloliquefaciens*; fermentation medium; fermentation condition; optimization

微生物发酵是指在适宜的条件下，利用微生物将原料经过特定的代谢途径转化为人类所需产物的过程[1]。微生物发酵工程具有极其强劲的发展动力，在许多学科领域发挥着不可替代的作用，微生物发酵同样是生防微生物从实验室培养研究到工业化生产实践应用过程中必须跨越的台阶。内生细菌作为一种宝贵的天然微生物资源，在宿主防病、杀虫、促生、耐盐及耐干旱等能力提升方面得到了国内外学者的广泛关注[2]，很多植保工作者对生防微生物及其发酵优化进行了研究报道，刘宁等[3]发现枯草芽胞杆菌 *Bacillus subtilis* BAB-1 的无菌发酵液在离体叶片上对番茄灰霉病的防治效果达 70.92%；刘旭等[4]的研究发现解淀粉芽胞杆菌 *Bacillus amyloliquefaciens* CS5 菌株对葡萄离体叶片上的霜霉病防治效果达 96.23%；蔡丽等[5]的研究表明内生细菌 FH01 的最佳发酵条件为麦芽提取物1.43%(m/v)，大豆蛋白胨 1.67%(m/v)，初始 pH 5.0，发酵温度 37℃，摇床转速 130 r/min，发酵时间 68 h；李乔曼等[6]研究发现枯草芽胞杆菌 *Bacillus subtilis* LYM3 的发酵上清液具有较高的抗菌活性，通过优

收稿日期： 2018－01－17 **修订日期：** 2018－05－10
基金项目： 国家自然科学基金(31660148)
* 通信作者 E-mail：yangcd@gsau.edu.cn

化其最适培养基组成为：可溶性淀粉 2%、胰蛋白胨 1%、酵母粉 0.8%、NaCl 1%，初始 pH 6.0，28℃，180 r/min，发酵培养 60 h，抗菌活性物质产量达到最高；雷白时等[7]对棉花黄萎病菌 *Verticillium dahliae* 的拮抗菌多黏芽胞杆菌 *Bacillus polymyxa* 7-4 产抑菌蛋白的发酵条件进行了优化，发现其最佳培养基组分为：葡萄糖 5.0%，大豆蛋白胨 5.0%，$MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.10%，$MnSO_4$ 0.02%，初始 pH 7.5，30℃摇床培养 48 h，可以提高对大丽轮枝菌的抑制作用。

解淀粉芽胞杆菌菌株 262AG6 是本实验室从东祁连山高寒草地矮生嵩草中分离的具有抑菌活性和多种促生功能的优良内生细菌，本试验旨在通过优化其最适发酵培养基和发酵条件，以期为该菌株的工业化生产提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试菌株

供试菌株为甘肃农业大学植物保护学院保存的东祁连山高寒草地矮生嵩草内生细菌解淀粉芽胞杆菌 262AG6。

1.1.2 供试培养基[8-9]

肉汁胨培养基（NA）用于内生细菌 262AG6 的活化、保存等。培养基 A～G 用作基础培养基筛选。A：牛肉膏 5 g，蛋白胨 10 g，蔗糖 20 g，水 1 000 mL；B：马铃薯 200 g，蛋白胨 10 g，蔗糖 20 g，水 1 000 mL；C：牛肉膏 3 g，蛋白胨 5 g，葡萄糖 8 g，NaCl 5 g，水 1 000 mL；D：牛肉膏 8 g，酵母膏 5 g，葡萄糖 10 g，水 1 000 mL；E：蛋白胨 10 g，酵母膏 5 g，NaCl 10 g，水 1 000 mL；F：玉米淀粉 3 g，$(NH_4)_2SO_4$ 10 g，KH_2PO_4 15 g，蔗糖 10 g，水 1 000 mL；G：牛肉膏 5 g，酵母膏 5 g，蛋白胨 10 g，葡萄糖 5 g，NaCl 5 g，水 1 000 mL。

1.1.3 试验仪器设备

BIOF-6100B/S/B/N 微生物发酵罐，上海高机生物工程有限公司；紫外/可见光分光光度计，上海洪纪仪器设备有限公司，用于测定发酵液的 OD_{600}。

1.2 试验方法

1.2.1 菌株 262AG6 的活化和种子液的制备

将保存的 262AG6 菌株接种于 NA 培养基上于 28℃培养箱中活化，然后接入 NA 液体培养基中在 28℃、180 r/min 的条件下过夜培养，制得种子液备用（液体培养基在 150 mL 的锥形瓶中装液量为 50 mL）。

1.2.2 基础培养基的优化

将 1.1.2 中 A～G 培养液分装入锥形瓶（40 mL/150 mL），调节 pH 为 7 后灭菌，再接入种子液 2 mL，恒温振荡器中振荡培养（28℃，180 r/min），3 次重复，培养 24 h 后通过发酵液的 OD_{600} 确定生物量，以确定最佳基础培养基。

1.2.3 碳源、氮源和无机盐的优化

用蔗糖、玉米淀粉、可溶性淀粉、麦芽糖、乳糖、无碳源、葡萄糖分别替换 1.2.2 筛选出的基础培养基中的碳源，其他同 1.2.2，以确定最佳碳源。

用尿素、$(NH_4)_2SO_4$、KNO_3、NH_4Cl、酵母膏、不加氮、蛋白胨、牛肉膏分别替换 1.2.2 筛选出的基础培养基中的氮源，其他同 1.2.2，以确定最佳氮源。

用 $MgSO_4$、KH_2PO_4、$MnSO_4$、$CuSO_4$、$CaCl_2$、不加无机盐离子、NaCl 分别替换 1.2.2 筛选出的基础培养基中的无机盐，其他同 1.2.2，以确定最佳无机盐。

1.2.4 最佳碳源、氮源和无机盐浓度的确定

将 1.2.3 筛选出的最佳碳源分别设置为 0、5、10、15、20、25 和 30g/L、其他同 1.2.2，以确定碳源的最适浓度。

将 1.2.3 筛选出的最佳氮源分别设置为 0、4、6、8、10、12、14 和 16g/L，其他同 1.2.2，以确定氮源的最适浓度。

将 1.2.3 筛选出的最佳无机盐分别设置 0、5、10、15、20、25、30、35 和 40 g/L，其他同 1.2.2，以确定无机盐的最适浓度。

1.2.5 碳源、氮源和无机盐的正交试验

根据 1.2.3 和 1.2.4 的筛选结果进行 $L_9(3^3)$ 正交试验（表 1），28℃，180 r/min 条件下培养 24 h 后测定发酵液的吸光度（OD_{600}），结果经方差检验分析，确定最佳的培养基组合。

表 1 $L_9(3^3)$ 正交试验设计

Table 1 Design of $L_9(3^3)$ orthogonal experiment

水平 Level	因素 Factors		
	碳源(A) Carbon source	氮源(B) Nitrogen source	无机盐(C) Inorganic salt
1	A1	B1	C1
2	A2	B2	C2
3	A3	B3	C3

1.2.6 摇瓶培养条件优化

设定 pH 为 3、4、5、6、7、8、9、10、11、12 和自然 pH,温度为 20、24、28、32、34 和 36℃,恒温振荡器转速为 120、150、180、210 和 240 r/min,摇瓶供氧量设置 150 mL 锥形瓶培养基装液量为 20、40、60、80 和 100 mL,接种量为 2%、6%、10%、14%、18% 和 22%。利用上述培养条件,在 1.2.5 最佳培养基组合的基础上,使用单因素试验的方法培养生防菌株 262AG6,通过测定发酵液的吸光度(OD_{600})确定生物量,优化最佳发酵培养条件。

1.2.7 发酵罐中生长曲线的测定

使用 1.2.5 和 1.2.6 筛选出的最佳培养基组合和最佳培养条件设定发酵参数,在发酵罐中对菌株 262AG6 进行培养,每隔 2 h 取样,重复 3 次,测定发酵液的生物量(OD_{600}),直到其 OD_{600} 稳定之后停止发酵并放罐,发酵液收集备用。

1.2.8 数据处理

利用 Excel 和 SPSS 22.0 等软件处理试验数据。

2 结果与分析

2.1 基础培养基以及碳氮源和无机盐的优化

2.1.1 基础培养基的筛选

试验结果表明(图 1),菌株 262AG6 在 B 培养基中培养 24 h 达到最大生物量,其 OD_{600} 为 1.926,在 E 培养基中的生物量低于 B 培养基,但差异不显著($P<0.05$),从培养基的原料来源和成本控制方面考虑,B 培养基(马铃薯 200 g,蛋白胨 10 g,蔗糖 20 g,水 1 000 mL)为菌株 262AG6 的基础培养基。

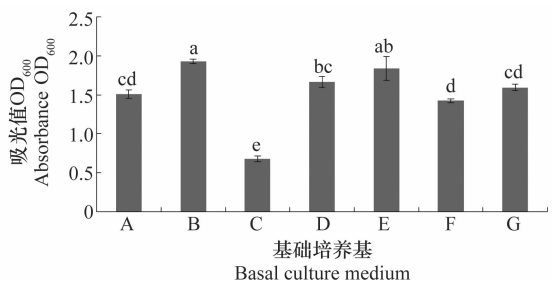

图 1 基础培养基对解淀粉芽胞杆菌菌株 262AG6 生长的影响

Fig. 1 Effects of basal culture medium on the growth of *Bacillus amyloliquefaciens* 262AG6

2.1.2 碳、氮源和无机盐的优化

单因素试验结果表明,生防菌株 262AG6 在以葡萄糖为碳源时发酵液的吸光值为 1.968,显著高于其他组合($P<0.05$),玉米淀粉为碳源时发酵液的吸光值最小,说明玉米淀粉不利于 262AG6 的生长(图 2);以 KNO_3 和 NH_4Cl 为氮源时发酵液 OD_{600} 分别为 2.093 和 2.070,显著高于其他氮源($P<0.05$),但两者差异不显著,由于 NH_4Cl 在高温时易分解,而且 KNO_3 可以通过多种途径得到,因此选择 KNO_3 作为最佳氮源(图 3);以 $MnSO_4$ 和 $CuSO_4$ 为无机盐时 262AG6 基本不生长,说明 Mn^{2+} 和 Cu^{2+} 可以抑制菌株 262AG6 的生长;$CaCl_2$ 和 NaCl 为无机盐时发酵液 OD_{600} 分别为 2.49 和 2.180,显著高于其他处理($P<0.05$),而 $CaCl_2$ 和 NaCl 两者间差异不显著,但由于 NaCl 比 $CaCl_2$ 更加常见和易得,所以选择 NaCl 作为最佳无机盐(图 4)。

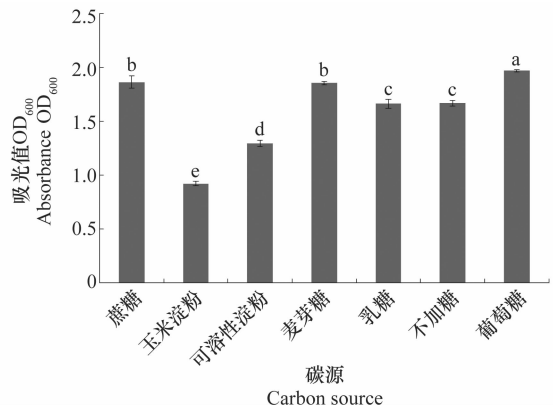

图 2 碳源对解淀粉芽胞杆菌菌株 262AG6 生长的影响

Fig. 2 Effects of carbon sources on the growth of *Bacillus amyloliquefaciens* 262AG6

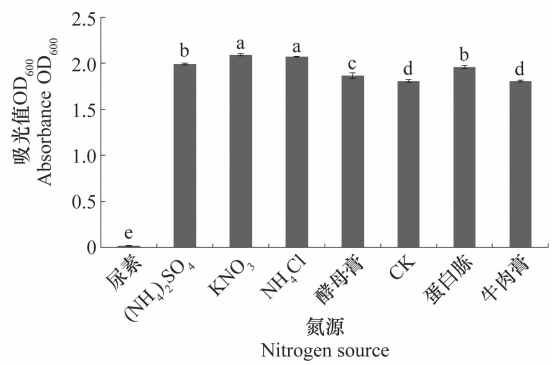

图 3 氮源对解淀粉芽胞杆菌菌株 262AG6 生长的影响

Fig. 3 Effects of nitrogen sources on the growth of *Bacillus amyloliquefaciens* 262AG6

2.2 碳、氮源和无机盐浓度的优化

碳、氮源和无机盐浓度筛选结果表明,葡萄糖浓

度为 25 g/L 时，262AG6 的生物量达到最大(图 5)；在 KNO_3 和 NaCl 的浓度分别为 14 g/L 和 15 g/L 时(图 6～图 7)，菌株 262AG6 生物量达到最大，且显著高于其他浓度($P<0.05$)。因此确定菌株 262AG6 的最适碳、氮源和无机盐的浓度分别是 25、14 和 15 g/L。

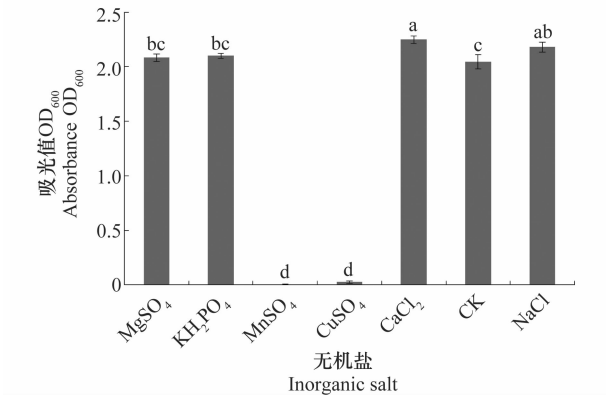

图 4　无机盐对解淀粉芽胞杆菌菌株 262AG6 生长的影响

Fig. 4　Effects of inorganic salts on the growth of *Bacillus amyloliquefaciens* 262AG6

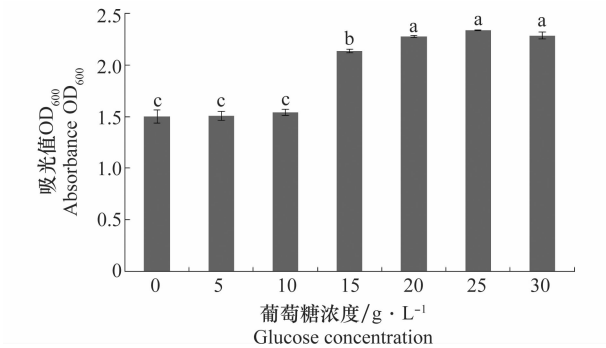

图 5　葡萄糖浓度对解淀粉芽胞杆菌菌株 262AG6 生长的影响

Fig. 5　Effects of glucose concentration on the growth of *Bacillus amyloliquefaciens* 262AG6

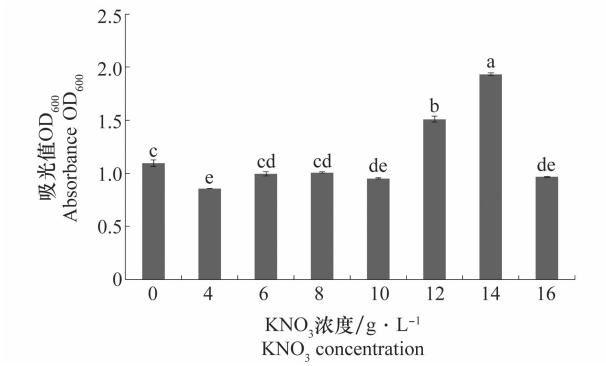

图 6　KNO_3 浓度对解淀粉芽胞杆菌菌株 262AG6 生长的影响

Fig. 6　Effects of KNO_3 concentration on the growth of *Bacillus amyloliquefaciens* 262AG6

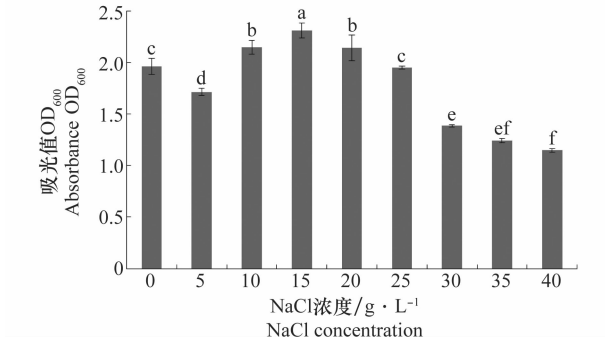

图 7　NaCl 浓度对解淀粉芽胞杆菌菌株 262AG6 生长的影响

Fig. 7　Effects of NaCl concentration on the growth of *Bacillus amyloliquefaciens* 262AG6

2.3　正交试验

正交试验对碳、氮源和无机盐浓度优化结果表明，9 号处理的生物量显著高于其他处理和 CK($P<0.05$)，其 OD_{600} 为 2.201；因此，菌株 262AG6 的最适宜碳、氮源和无机盐浓度配比组合为马铃薯 200 g，葡萄糖 25 g，KNO_3 16 g，NaCl 15 g 和水 1 000 mL(表 2)。

表 2　正交试验优化结果

Table 2　Orthogonal test results

试验号 No.	因子 Factor			OD_{600}
	葡萄糖含量/g Glucose concentration	KNO_3 含量/g Potassium nitrate concentration	NaCl 含量/g Sodium chloride concentration	
1	15	12	10	1.110 e
2	15	14	15	1.182 de
3	15	16	20	1.242 d
4	20	12	15	1.224 d
5	20	14	20	1.230 d
6	20	16	10	1.204 d
7	25	12	20	1.937 c
8	25	14	10	2.027 b
9	25	16	15	2.201 a
CK	20	14	15	2.068 b

2.4　培养条件的优化

2.4.1　初始 pH 的优化

最适 pH 筛选结果表明(图 8)，菌株 262AG6 对 pH 的适应范围广，在 pH5～10 的范围内均可生长，其中 pH=8 时生物量达到最大，OD_{600} 为 2.176，显著高于其他处理($P<0.05$)，说明碱性条件更适合菌株生长，在 pH 小于 5 和大于 10 的条件下不能正常生长，说明极端的 pH 条件可以抑制菌株生长。该结果表明，菌株 262AG6 生长的最佳 pH 为 8。

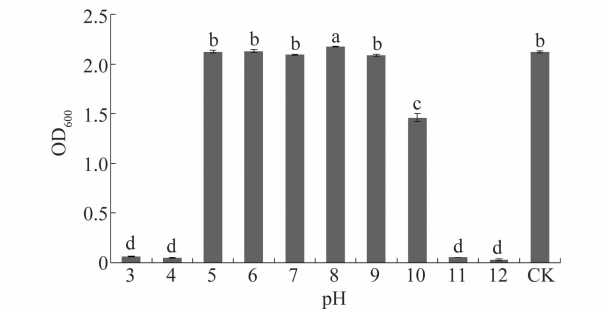

图 8　不同 pH 对解淀粉芽胞杆菌菌株生长的影响

Fig. 8　Effects of different pH values on the growth of *Bacillus amyloliquefaciens* 262AG6

2.4.2　温度的优化

试验结果表明(图 9),262AG6 能够在 20～36℃下正常生长,但在 34℃时菌株生物量达到最大,OD_{600} 为 2.49,之后开始下降,说明菌株生长的最适温度为 34℃。

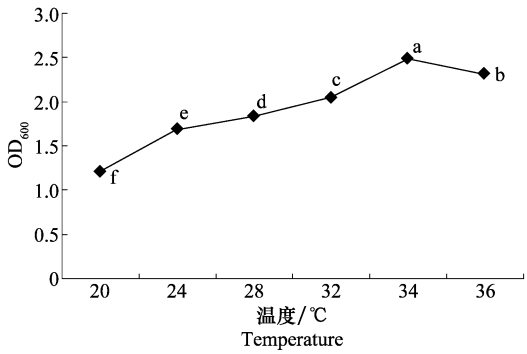

图 9　温度对解淀粉芽胞杆菌 262AG6 菌株生长的影响

Fig. 9　Effects of temperature on the growth of *Bacillus amyloliquefaciens* 262AG6

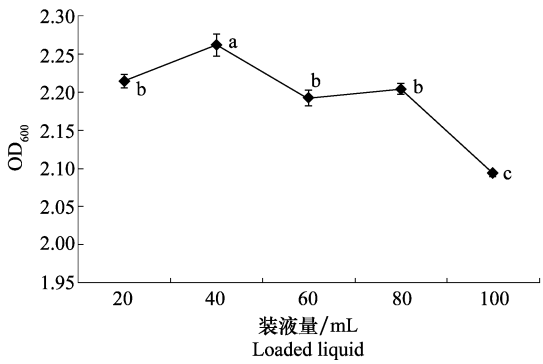

图 10　摇瓶装液量对解淀粉芽胞杆菌 262AG6 菌株发酵的影响

Fig. 10　Effects of liquid volumes on the growth of *Bacillus amyloliquefaciens* 262AG6

2.4.3　装液量和转速的优化

试验结果表明,菌株 262AG6 发酵的最佳摇瓶装液量为 150 mL 摇瓶中装液 40 mL,其 OD_{600} 为 2.261(图 10),装液量过高或过低菌株生物量均低于该值,即 150 mL 摇瓶的最佳装液量为 40 mL;转速在 120～240 r/min 之间菌株均可以正常生长(图 11),在转速为 150 r/min 时,发酵液的 OD_{600} 为 1.993,显著高于其他转速条件下的生物量,即最佳转速为 150 r/min。

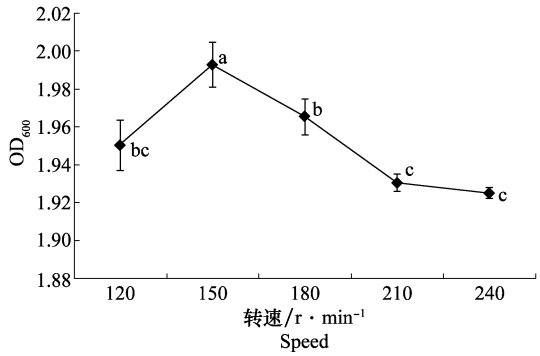

图 11　转速对解淀粉芽胞杆菌 262AG6 菌株发酵的影响

Fig. 11　Effects of rotation speed on fermentation of *Bacillus amyloliquefaciens* 262AG6

2.4.4　接种量的优化

接种量优化结果表明(图 12),菌株的生物量在一定范围随接种量的增加而增加,但接种量超过 14%之后,生物量的增量不显著,综合考虑将最佳接种量确定为 14%。

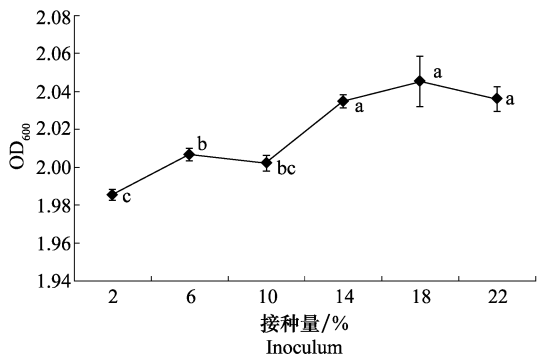

图 12　接种量对解淀粉芽胞杆菌 262AG6 菌株发酵的影响

Fig. 12　Effects of inoculation size on fermentation of *Bacillus amyloliquefaciens* 262AG6

2.5　菌株生长曲线的测定

在最佳培养基和最优发酵条件下,解淀粉芽胞杆菌 262AG6 的生物量调整期为 4 h,对数期为 4～26 h,在 26 h 处菌株生物量达到最大值,OD_{600} 为 10.225,之后进入稳定期。

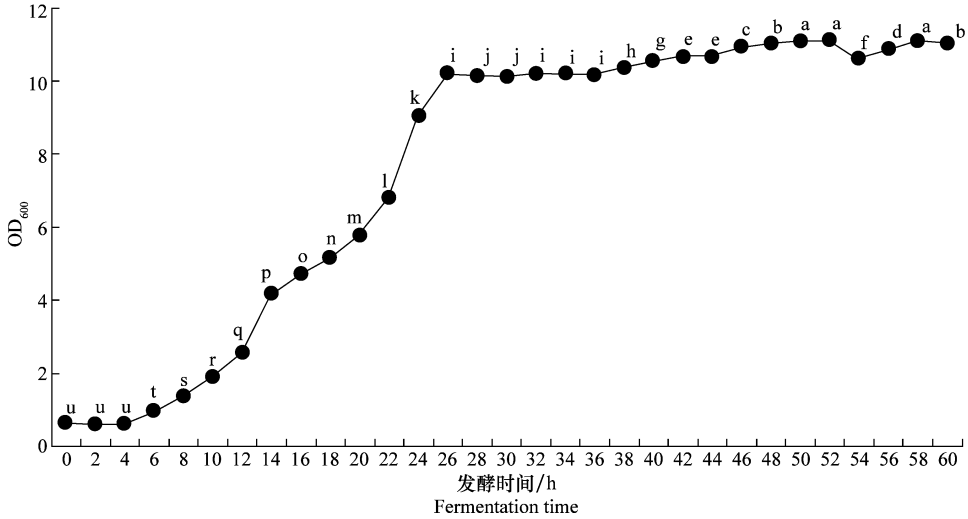

图 13 发酵罐中解淀粉芽胞杆菌 262AG6 菌株的生长曲线

Fig. 13 Growth curve of *Bacillus amyloliquefaciens* 262AG6 in a fermentation tank

3 结论与讨论

近年来,化学农药的大规模和不合理使用造成了一系列严重的环境以及食品安全方面的问题,而多种微生物特别是芽胞杆菌的代谢产物被证明对病原物具有优良的控制效果,具有开发为生物农药的潜力,且不污染环境,对人畜安全,是化学农药的理想替代品,是未来植物病虫害防治的重要方向,具有极大的研究价值。关于生防微生物的发酵培养国外有较多报道[10-11],国内报道了红树内生细菌 RS261[12]、枯草芽胞杆菌[13]、番茄枯萎病拮抗菌[14]等产抑菌物质的培养基的优化;本试验通过对发酵工艺的优化筛选,菌株 262AG6 的生物量从优化前的 1.926 增至 10.225,是优化前的 5.3 倍,效果显著,与车晓曦等[15]、李浩等[16]的研究结果优化发酵条件可以显著提高微生物发酵的菌体量相一致,达到了试验预期的工业化生产条件。

通过前期的研究发现,从东祁连山高寒草地矮生嵩草中分离的内生细菌 262AG6 对多种病原真菌具有良好的抑制作用[17],本试验优化了 262AG6 菌株的发酵培养基和发酵条件,同时通过 100 L 发酵罐测定其生长曲线,结果表明,解淀粉芽胞杆菌 262AG6 生长的最适发酵培养基为马铃薯 200 g,葡萄糖 25 g,KNO_3 16 g,NaCl 15 g,水 1 000 mL;最佳的培养条件为温度 34℃,150 mL 摇瓶装液 40 mL,振荡器转速 150 r/min,培养基初始 pH 8,最佳接种量为 14%,100 L 发酵罐中 0～4 h 为调整期,4～26 h 为其菌株生长的对数期,26 h 后菌株生长进入稳定期,因此最佳发酵时间为 26 h。该研究结果与张慧等[18]对枯草芽胞杆菌 CS16 的研究结论相似,但与梁艳琼等[19]对解淀粉芽胞杆菌 TWC2 的研究结果相比较,除最适发酵条件中温度(34℃)与本试验一致外,其他发酵条件及发酵培养基(5 g/L 麦芽糖,10 g/L 果糖,10 g/L 蛋白胨,10 g/L 酵母浸出粉,1 g/L $CaCl_2$)均有很大差别,原因可能是 262AG6 采自东祁连山高寒草地而 TWC2 采自台湾热带地区,气候上的极大反差使两个菌株的生物学特性有很大差异;与赵晓燕等[20]研究的解淀粉芽胞杆菌 XLA03 的最佳发酵培养基的碳、氮源为玉米淀粉和豆粕也不同,也可能由菌株间的生物学特性差异所致,从而造成试验结果差异很大。大多数研究认为芽胞杆菌属最佳发酵 pH 在 7 左右[3,20-23],262AG6 初始 pH 为 8,与侯美玲等[24]研究得出玉米内生枯草芽胞杆菌的初始 pH 一致,且 pH 范围在 5～8 的条件下生长良好,说明该菌株对碱性条件的耐受度较高,适应范围更广,有更广阔的应用前景;最佳发酵时间为 26 h,比魏娇洋等[25]报道的解淀粉芽胞杆菌 X-278 的最佳发酵时间为 72 h 缩短了接近三分之二,最佳接种量 14%约为祁之秋等[26]报道的生防菌 Hj33-7 30%接种量的一半,说明 262AG6 对培养条件的要求较低,在发酵过程中可节省成本和时间。解淀粉芽胞杆菌是一种植物根际促生细菌[27],而秦宇轩等[28]利用固体发酵的方法研究得出解淀粉芽胞杆菌 L-H15 能够有效促进植株生长,为该菌株能够更好地在生产应用中提供了有力依据,接下来应利用固体发酵的方法对 262AG6 进行研究。

参考文献

[1] 韦革宏,杨祥. 发酵工程[M]. 北京:科学出版社,2008.

[2] 傅蕾,李霞,高璐,等. 盐胁迫下泛菌属内生细菌对杂交狼尾草发芽及生理的影响[J]. 草业科学,2017,34(10):2099 - 2108.

[3] 刘宁,郭庆港,安海,等. 番茄灰霉病生防细菌 BAB-1 的鉴定及发酵条件的优化[J]. 中国农业科技导报,2009,11(2):56 - 62.

[4] 刘旭,杨晓畅,陶怡,等. 葡萄霜霉病拮抗细菌的筛选、鉴定及发酵条件优化[J]. 果树学报,2015,32(4):681 - 688.

[5] 蔡丽,欧燕清,章斌,等. 凤凰单丛茶抗菌活性内生细菌 FH01 发酵条件的优化[J]. 中国食品添加剂,2016(1):95 - 103.

[6] 李乔曼,吴亚腾,柳志强,等. 催吐萝芙木内生细菌 LYM3 的分离鉴定及产抗菌活性物质的发酵条件优化[J]. 广东农业科学,2015(5):53 - 57.

[7] 雷白时,张冬冬,王全,等. 大丽轮枝菌拮抗细菌多粘芽胞杆菌 7-4 菌株发酵产抗菌蛋白条件的优化[J]. 河北农业大学学报,2009,32(4):60 - 65.

[8] 方中达. 植病研究方法[M]. 第 3 版. 北京:中国农业出版社,1998:124 - 125.

[9] 冯中红,畅涛,杨成德,等. 一株抗马铃薯坏疽病莫海威芽胞杆菌(*Bacillus mojavensis* ZA1)培养条件的优化[J]. 草业学报,2016,25(2):77 - 86.

[10] REDDY L V A, YOUNG J W, JONG S Y, et al. Optimization of alkaline protease production by batch culture of *Bacillus* sp. RKY3 through Plackett-Burman and response surface methodological approaches [J]. Bioresource Technology,2008,99:2242 - 2249.

[11] SONG X J, ZHANG X C, KUANG C H, et al. Optimization of fermentation parameters for the biomass and DHA production of *Schizochytrium limacinum* OUC88 using response surface methodology [J]. Process Biochemistry,2007,12:1391 - 1397.

[12] 柳凤,卢仕严,刘博凤,等. 红树内生细菌 RS261 抗菌物质的发酵优化和性质分析[J]. 植物保护,2009,35(5):70 - 75.

[13] 叶云峰,黎起秦,袁高庆,等. 枯草芽胞杆菌 B47 菌株高产抗菌物质的培养基及发酵条件优化[J]. 微生物学通报,2011,38(9):1339 - 1346.

[14] 侯敏,詹发强,张慧涛,等. 番茄枯萎病拮抗细菌 S13 产芽胞发酵培养基及发酵条件优化[J]. 新疆农业科学,2014,51(7):1269 - 1276.

[15] 车晓曦,李校堃,李社增. 利用响应曲面确定解淀粉芽孢杆菌高发酵产量的区间[J]. 贵州农业科学,2010,38(5):110 - 112.

[16] 李浩,任嘉红,叶建仁. 响应面法优化生防菌吡咯伯克霍尔德氏菌 JK-SH007 的发酵工艺[J]. 生物工程学报,2013,29(2). 243 - 246.

[17] 郭海,杨成德,姚玉玲,等. 高寒草地牧草内生细菌 262AG6 拮抗功能测定及鉴定[J]. 西北农业学报,2017,26(10):1529 - 1536.

[18] 张慧,白丹虹,陈济琛,等. 枯草芽胞杆菌 CS16 发酵条件及其抑菌活性物质研究[J]. 福建农业学报,2015,30(4):386 - 393.

[19] 梁艳琼,黄兴,吴怀伟,等. 解淀粉芽胞杆菌 TWC2 发酵条件优化[J]. 中国糖料,2017,39(6):17 - 22.

[20] 赵晓燕,杨欢,陈建刚,等. 一株烟草青枯病生防菌的筛选鉴定及其发酵优化[J]. 湖北农业科学,2014(8):1810 - 1814.

[21] 杨良,史应武,娄恺. 甜瓜细菌性斑点病拮抗菌 P-13 产抑菌物质培养条件的优化[J]. 西北农业学报,2012,21(4):181 - 186.

[22] 车晓曦,李社增,李校堃. 1 株解淀粉芽胞杆菌发酵培养基的设计及发酵条件的优化[J]. 安徽农业科学,2010,38(18):9402 - 9405.

[23] 林天兴,管芩澜,龚明福. 内生细菌 YBS106 菌株发酵条件优化[J]. 科技资讯,2014,12(6):140 - 14143.

[24] 候美玲,辛媛媛,郝志敏,等. 玉米内生细菌 YY1 菌株高产抗菌物质的发酵条件优化[J]. 玉米科学,2012,20(3):142 - 147.

[25] 魏娇洋,冯龙,李亚宁,等. 内生解淀粉芽胞杆菌 X-278 发酵条件的优化[J]. 北方园艺,2014(5):106 - 110.

[26] 祁之秋,李修伟,李兴海,等. 辣椒根腐病内生拮抗细菌 Hj33-7 发酵条件研究[J]. 沈阳农业大学学报,2010,41(6):677 - 680.

[27] COOK R J. Making greater use of introduced microorganisms for biological control of plant pathogens [J]. Annual Review of Phytopathology,1993,31:53 - 80.

[28] 秦宇轩,王卉,张志刚,等. 解淀粉芽胞杆菌 L-H15 固态发酵参数优化与试验[J]. 农业机械学报,2017,48(5):258 - 266.

(责任编辑:田　喆)

本刊动态

我刊论文入选第三届中国科协优秀科技论文遴选计划

日前,中国科协公布了第三届中国科协优秀科技论文遴选计划入选论文名单,《植物保护》刊出的“雾滴大小和覆盖密度与农药防治效果的关系”成为入选的 95 篇优秀论文之一,也是农业学科入选的 10 篇论文之一,该论文由中国农业科学院植物保护研究所袁会珠、王国宾撰写,原刊登于《植物保护》2015 年第 6 期,为我刊特约稿件。

农药的使用是防治病虫草害的重要手段之一,科学、合理、有效地使用农药,使其最大限度地发挥作用,同时减少农药浪费及环境污染是大家十分关注的问题。随着国家农药减量施用目标的提出,如何提高农药利用效率更成为农药使用过程中的关键问题。袁会珠等撰写的“雾滴大小和覆盖密度与农药防治效果的关系”一文论述了雾滴粒径大小、覆盖密度与杀虫剂、杀菌剂和除草剂药效之间的关系,对于指导科学用药、精准化施药、增效减药等有重要的参考价值。论文发表 2 年多来,受到广泛关注,被引频次达 40 次。

据悉,中国科协优秀论文评选活动是中国科协为深入贯彻落实党的十九大精神,服务创新型国家建设,引导更多高水平科研成果在我国科技期刊首发,提高我国科技期刊汇聚科学发现、引领学科发展、培育顶尖人才的能力,从 2016 年开始发起和组织的一项重要活动,通过专家推荐、初评遴选、终评审定以及公示等程序,评选出每年的中国科协优秀论文。本届入选的 95 篇论文是 2014 年以来发表在我国科技期刊上的优秀论文的代表。

在此,我们谨向入选科协优秀论文的作者表示衷心祝贺!也希望更多的作者能够把更多优秀论文首先发表在我国科技期刊上。《植物保护》编辑部也将继续努力,力争把更多优秀论文凝聚到本刊发表,为广大科技工作者提供更加优质的服务。

2018 年 11 月 1 日