文章编号: 1674－7054(2021)03－0312－07

4 株放线菌对柱花草促生作用的测定

杨德友, 杨　琳, 闫向楠, 唐吉雲, 骆焱平, 王兰英
(海南大学 植物保护学院/热带农林生物灾害绿色防控教育部重点实验室, 海口 570228)

摘　要: 采用皿内测定和盆栽实验测定 4 株放线菌的发酵液对柱花草幼苗形态指标(鲜质量、株高、茎长、根长)和生理生化指标(叶绿素含量、可溶性蛋白含量、可溶性糖含量、根系活力)的影响, 探究供试菌株对柱花草的促生作用。实验结果表明, 4 株放线菌发酵液在一定浓度下均可促使幼苗鲜质量增加和茎的伸长, 提升柱花草的株高, 增加植株叶绿素、可溶性蛋白质含量。总体来看, 供试的 4 株放线菌对柱花草具有明显的促生长效应, 可在不同程度上提高柱花草的品质, 为柱花草增产栽培探索新的生物技术途径, 同时为菌株的开发利用奠定基础。

关键词: 植物内生放线菌; 促生效应; 柱花草; 生物应用
中图分类号: S 476　　**文献标志码:** A
引用格式: 杨德友, 杨琳, 闫向楠, 等. 4 株放线菌对柱花草促生作用的测定 [J]. 热带生物学报, 2021, 12(3): 312−318. DOI: 10.15886/j.cnki.rdswxb.2021.03.006

柱花草(*Stylosanthes* Sw.)又称巴西苜蓿、热带苜蓿等, 柱花草是我国热带、亚热带地区栽培的主要豆科牧草, 具有干物质产量高、粗蛋白含量高等特点, 被广泛应用到反刍动物饲料中[1－3]。中国南方如广东、广西等省 (区), 将柱花草与果树间种, 柱花草除用作饲草外, 还可起到覆盖、保持水土和绿肥作用[4]。中国热带农业科学院自 20 世纪 60 年代起从国际热带农业研究中心 (Centro International Agriculture Tropicals, CIAT) 等地引进柱花草种质, 先后培育了'热研 2 号'(*Stylosanthes guianensis* 'Reyan No.2')、'热研 5 号'(*Stylosanthes guianensis* 'Reyan No.5') 等优良柱花草品种 13 个[5]。近年来, 柱花草的根部和叶部病害日益严重, 严重影响了柱花草的产量和品质[6－8], 因此, 开展柱花草的增产促生作用研究具有一定的实际意义。

微生物通过调节生物地球化学循环、有机质重组和矿化的多种酶活性改善土壤条件[9] 从而在维持土壤的健康和促进健康土壤的形成中发挥重要作用。近年来, 微生物对植物的促生作用逐渐引起科研人员的关注, 正在成为应用微生物研究领域的热点。植物根际促生菌 (Plant-growth-promoting rhizobacteria, 简称 PGPR) 是指能够促进植物生长、增加作物产量、防治病虫害的有益细菌。根际促生菌对植物生长促进的机制可分为直接和间接 2 种方式。直接的促生作用是指 PGPR 能产生一些生长促进物质, 如生长激素和铁载体等, 供植物利用, 促进植物对营养物质的吸收; 间接的促生作用是指 PGPR 通过对病原微生物的生物防治, 减轻或抑制有害微生物, 从而间接促进植物生长[10－11]。有研究表明, 放线菌除具有很好的生防作用外, 也能通过产生长素, 溶解磷酸盐, 产生铁载体等方式促进植物生长[12－13]。本实验室在前期实验中分离得到 4 株对土传病害具有良好防效的内生放线菌 NM2、NM3、NM17 和 NM24。笔者以柱花草为供试植物, 采用皿内测定法和盆栽实验法, 研究本实验室在前期实验中分离得到的 4 株放线菌对柱花草形态指标和生理生化指标的影响, 旨在探究 4 株放线菌对柱花草的促生长作用及柱花草的增产机制。

收稿日期: 2020－11－13　　**修回日期:** 2021－05－18
基金项目: 国家自然科学基金(31760526); 2019 海南省基础与应用基础研究计划(自然科学领域)高层次人才项目(2019RC121)
第一作者: 杨德友(1994−), 男, 海南大学植物保护学院 2018 级硕士研究生. E-mail: 19808824939@163.com
通信作者: 王兰英(1976−), 女, 博士, 教授. 研究方向: 微生物源农药. E-mail: daivemuwly@126.com

1　材料与方法

1.1　供试菌株　供试内生放线菌分别为娄彻氏链霉菌(*Streptomyces roche*, 代号 NM2、NM3)和密旋链霉菌(*Streptomyces pactum*, 代号 NM17、NM24), 由海南大学植物保护学院农药研究室保存并提供。

1.2　制备供试放线菌的孢子悬浮液　按照文献 [14] 的方法制备高氏 1 号培养基: 可溶性淀粉(20 g), KNO_3(1 g), K_2HPO_4(0.5 g), $MgSO_4·7H_2O$(0.5 g), NaCl(0.5 g), $FeSO_4·7H_2O$(0.01 g), 琼脂 (16 g), 蒸馏水 1 L, pH=7.2 ~ 7.4, 121 ℃ 灭菌 20 min。分别配制 4 种供试放线菌的孢子悬浮液(10^9 cfu·mL^{-1}), 并按 10% 接种量分别接种在高氏 1 号培养液中, 28 ℃, 160 r·min^{-1} 振荡培养 5 d。分别取振荡培养 5 d 的发酵液 300 mL, 经 8 000 r·min^{-1} 离心 10 min 后, 将上清液经 0.22 μm 滤膜过滤制得发酵液原液。将原液用无菌水稀释成 10 倍、50 倍、100 倍的发酵液, 与原液一同备用;

1.3　种子与土壤　柱花草种子由中国热带农业科学院品质资源研究所提供。精选均一且颗粒饱满无破损的柱花草种子, 用 1% 高锰酸钾表面消毒, 再用无菌水冲洗 3 次后, 用温烫法催芽直到种子露白(备用)。盆栽所用土壤(采自海南大学植物保护学院教学基地)过筛并进行干热灭菌。

1.4　柱花草皿内测定法实验　皿内测定方法在文献 [15] 的方法上做一定的修改: 取 10 粒称质量后的露白柱花草种子放入直径为 9 cm 铺有滤纸的培养皿内, 沿培养皿边缘每天同一时间分别加入 3 mL 供试菌株, 用无菌水稀释成 10 倍、100 倍的发酵液, 在日夜温度 [(18±2) ℃ ~ (25±2) ℃] 下进行, 每天自然光照为 10 h, 培养 4 d。分别以无菌高氏 1 号液体培养液和无菌水为对照, 每个处理重复 3 次。

1.5　盆栽实验　盆栽实验于 2019 年 11−12 月在海南大学植物保护学院实验教学基地进行。温室条件: 28 ℃、湿度 70%、自然光照。将催芽露白的柱花草种子均匀放置于装满灭菌土壤的盆钵里, 再覆盖 1 层无菌土。出苗后第 5 天移植于装有 1 400 g 土的培养钵中, 每处理 30 株。每株放线菌对柱花草促生长实验设 3 个处理, 3 个处理为分别淋施发酵液原液、10 倍稀释发酵液、50 倍稀释发酵液, 对照为分别淋施无菌高氏 1 号液体培养液和无菌水, 实验共设 12 个处理组, 2 个对照组, 每处理 3 次重复。间苗时尽量使各培养钵内幼苗间隔一致。从拌土种植后连续 3 次每隔 7 d 浇灌处理液 50 mL, 以维持和加强放线菌的作用。

1.6　生物性状测定　皿内测定法实验: 待无菌水处理的种子根和茎出现明显区分时, 测量幼苗培养前后的质量, 计算净增重值、茎长、根长。盆栽实验: 第 3 次浇灌 7 d 后取样, 测量形态指标, 包括幼苗鲜质量、幼苗株高; 生理生化指标, 包括叶绿素总含量[16]、可溶性糖含量(蒽酮法)[17]、可溶性蛋白质含量(考马斯亮蓝法测定)[18]、根系活力强度 (TTC 法)[19]。

1.7　数据处理　采用 SPSS 22.0 进行数据差异性分析, 其中使用单因素方差分析法(ANOVA)分析数据, 并使用 LSD 进行多重比较分析。各项数据均以平均值±标准差(Mean ± SD)表示。采用 OriginPro 2018C 软件作图。

2　结果与分析

2.1　皿内测定法实验结果分析

2.1.1　放线菌对皿内柱花草幼苗鲜质量和茎长的影响　由图 1 可见, 与无菌水对照组(KQ)和无菌高氏 1 号液体培养液对照组(KP)相比, 4 株放线菌发酵液在不同稀释浓度下均能促使幼苗鲜质量增加和茎的伸长, 其中, 放线菌 NM24 的发酵液在稀释 10 倍和稀释 100 倍后均可显著提高幼苗的鲜质量; 与 KP 相比, 在稀释 10 倍条件下, 放线菌 NM3、NM24、NM17 和 NM2 促进茎的伸长百分比依次为 48.34%、39.34%、38.01% 和 37.70%, 稀释 100 倍条件下则为 28.00%、29.60%、34.40% 和 36.25%; 与 KQ 相比, 在稀释 10 倍条件下, 放线菌 NM3、NM24、NM17、NM2 促进茎的伸长百分比依次为 49.56%、40.50%、39.15% 和 38.84%, 稀释 100 倍条件下则为 32.23%、33.88%、38.84% 和 40.75%, 差异显著。

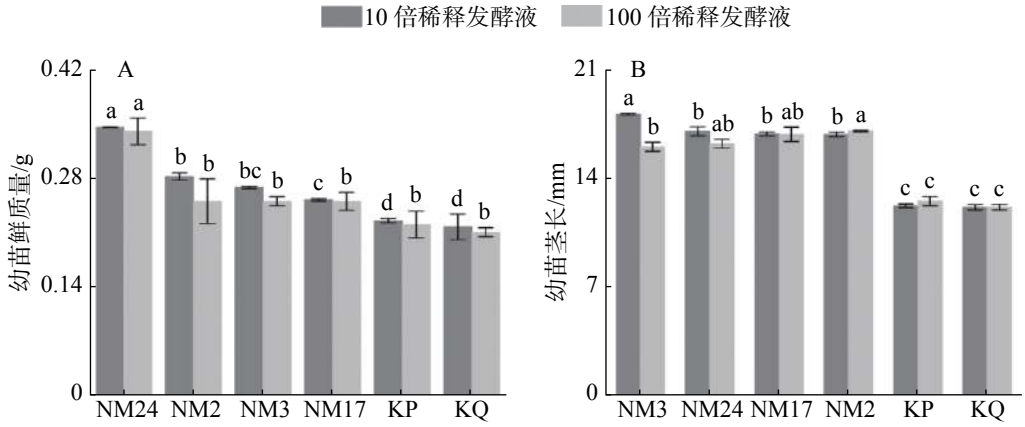

图 1 4 株放线菌对柱花草幼苗鲜质量和茎长的影响

4 株放线菌: NM2、NM3、NM17、NM24; KQ: 无菌水对照组; KP: 空白培养液对照组。不同小写字母表示差异显著($P<0.05$), 下同。

Fig. 1 Effect of 4 strains of *Streptomyces* on the fresh weight and stem length of the *Stylosanthes* seedlings

4 strains of *Streptomyces* spp: NM2, NM3, NM17 and NM24; KQ: Sterile water control group; KP: Blank medium control group. Different lowercase letters indicate significant difference at $P<0.05$ between groups. Similarly hereinafter.

2.1.2 放线菌对柱花草幼苗根长的影响 由图 2 可见, 经放线菌发酵液处理后的柱花草幼苗根长的伸长生长与无菌水对照组(KQ)和空白培养液对照组(KP)相比, 均受到不同程度的抑制作用, 菌株 NM2 和 NM17 的抑制随发酵液浓度的降低而减弱。

2.2 盆栽实验结果分析

2.2.1 放线菌对柱花草株高的影响 盆栽实验结果(图 3)表明, 经放线菌发酵液处理后的柱花草幼苗株高, 与无菌水对照组(KQ)和培养液对照组(KP)相比有所增加。其中, 与对照组(KP、KQ)相比, 4 株放线菌不同浓度的发酵液对柱花草的促进作用均达到显著水平, 其中, 放线菌 NM2、NM3 和 NM17 随发酵液浓度降低, 对柱花草株高的促进作用减弱; 放线菌 NM24 对柱花草株高的促进作用随发酵液浓度降低呈现增加趋势。

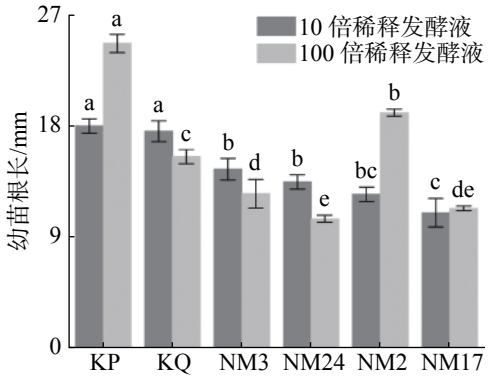

图 2 4 株放线菌对皿内柱花草幼苗根长的影响

Fig. 2 Effect of 4 strains of *Streptomyces* on root length of the *Stylosanthes* seedlings

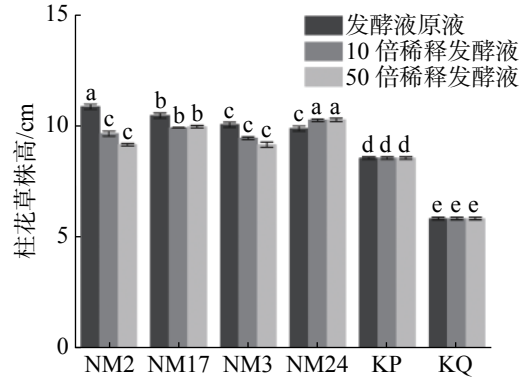

图 3 4 株放线菌对皿内柱花草幼苗株高的影响

Fig. 3 Effect of 4 strains of *Streptomyces* on the plant height of the *Stylosanthes* seedlings

2.2.2 放线菌对柱花草鲜质量的影响 由图 4 可见, 经过放线菌发酵液处理后的柱花草幼苗鲜质量, 与无菌水对照组(KQ)和空白培养液对照组(KP)相比有所增加。与无菌水对照组(KQ)相比, 4 株菌株的发酵液原液、10 倍稀释发酵液和 50 倍稀释发酵液处理都显著增加柱花草幼苗鲜质量。其中, 在发酵液原液浓度下, 放线菌 NM2、NM17、NM24 和 NM3 对柱花草鲜质量增加百分比在发酵液原液浓度下依次为

67.53%、64.94%、49.35% 和 46.75%; 在 10 倍稀释液条件下依次为 64.94%、62.34%、59.74% 和 46.75%; 在 50 倍稀释液条件下依次为 54.55%、41.56%、62.34% 和 33.77%。与培养基对照组相比, 差异并不显著, 推测可能是培养液中含有一些柱花草生长需要的营养物质对柱花草鲜质量的变化产生了影响。

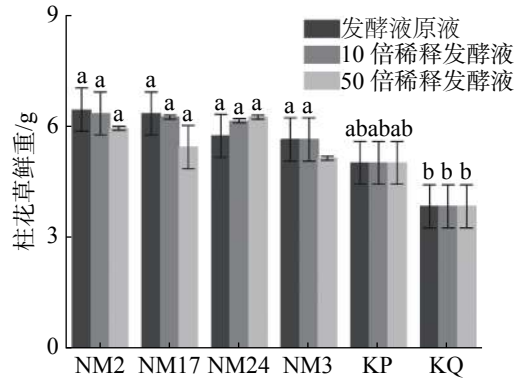

图 4　4 株放线菌对柱花草幼苗鲜质量的影响

Fig. 4　Effect of 4 strains of *Streptomyces* on the plant height of the *Stylosanthes* seedlings

2.2.3　放线菌对柱花草根系活力和叶绿素含量的影响　经放线菌发酵液处理后的柱花草幼苗根系活力和叶绿素含量的测定结果(图 5)表明, 与无菌水对照组(KQ)和空白培养液对照组(KP)相比, 4 株放线菌发酵液均显著提高了柱花草的根系活力(图 5-A), 且菌株 NM2、NM3 和 NM17 随发酵液浓度降低, 根系活力呈现减弱的趋势; 在叶绿素含量结果中(图 5-B), 与无菌水对照组(KQ)和空白培养液对照组(KP)相比, 4 株放线菌发酵液原液和 10 倍稀释液都显著增加了柱花草的叶绿素含量, 且随着发酵液浓度降低, 增加效果减弱。其中, 与 KQ 相比, 放线菌 NM17、NM2、NM24 和 NM3 对柱花草叶绿素含量增加百分量在发酵液原液浓度下依次为 27.84%、18.13%、13.19% 和 11.36%; 在 10 倍稀释液条件下依次为 17.21%、12.64%、7.51% 和 11.17%; 与 KP 相比, 放线菌 NM17、NM2、NM24 和 NM3 对柱花草叶绿素含量增加百分量在发酵液原液浓度下依次为 28.33%、18.59%、13.62% 和 11.79%; 在 10 倍稀释液条件下依次为 17.67%、13.07%、7.93% 和 11.60%。

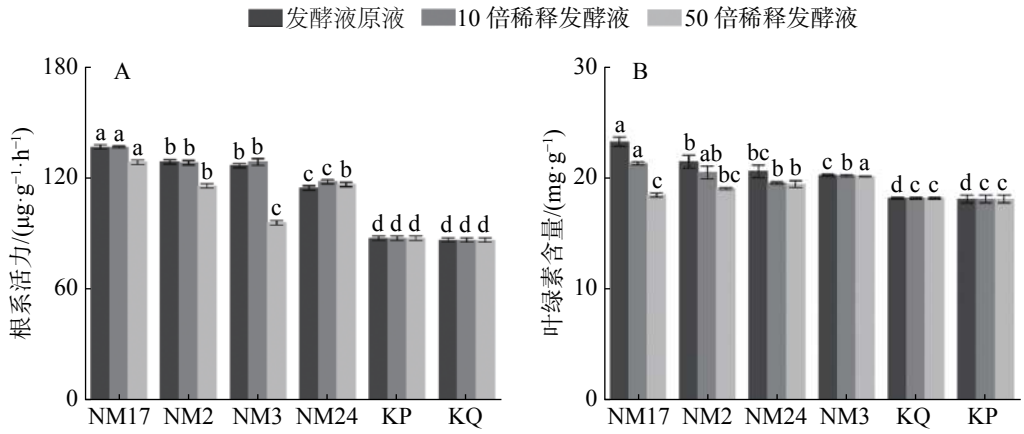

图 5　4 株放线菌对柱花草幼苗根系活力和叶绿素含量的影响

Fig. 5　Effect of 4 strains of *Streptomyces* on root activity and chlorophyll content of the *Stylosanthes* seedlings

2.2.4　放线菌对柱花草可溶性蛋白和可溶性糖含量的影响　经过放线菌发酵液处理后柱花草幼苗可溶性蛋白和可溶性糖含量的测定结果(图 6)表明, 与无菌水对照组(KQ)和空白培养液对照组(KP)相比, 淋施放线菌不同稀释浓度的发酵液均相应提高了柱花草的可溶性蛋白含量(图 6-A), 其中, 与 KQ 相比, 放线菌 NM2、NM24、NM17 和 NM3 对柱花草可溶性蛋白含量增加百分量在发酵液原液条件下依次为 36.10%、33.17%、29.36% 和 27.32%; 在 10 倍稀释液条件下依次为 24.39%、34.63%、26.44% 和 11.51%; 在 50 倍稀释液条件下依次为 26.15%、15.61%、11.51% 和 10.63%; 与 KP 相比, 放线菌 NM17、NM2、NM24 和 NM3 对柱花草可溶性蛋白含量增加百分量在发酵液原液条件下依次为 28.81%、26.04%、22.44% 和 20.50%; 在 10 倍稀释液条件下依次为 17.73%、27.42%、19.67% 和 5.54%; 在 50 倍稀释液条件下依次为 19.39%、9.42%、5.54% 和 4.71%, 且菌株 NM2、NM3 和 NM17 随发酵液浓度降低, 可溶性蛋白含量呈现降低的趋势。可溶性糖含量结果(图 6-B)表明, 与无菌水对照组(KQ)相比, 淋施菌株 NM2、NM17 和

NM24 发酵液原液和 10 倍稀释液都增加了柱花草的可溶性糖含量，其中，放线菌 NM24、NM17 和 NM2 对柱花草可溶性糖含量增加百分量在发酵液原液条件下依次为 33.48%、23.08% 和 9.80%；在 10 倍稀释液条件下依次为 22.62%、5.43% 和 4.52%。随着发酵液浓度降低，柱花草可溶性糖含量增加效果减弱，且菌株 NM24 的促进效果与对照相比具有显著差异，但菌株 NM3 对柱花草可溶性糖含量的增加则起到抑制作用。随着发酵液浓度降低，抑制效果减弱。

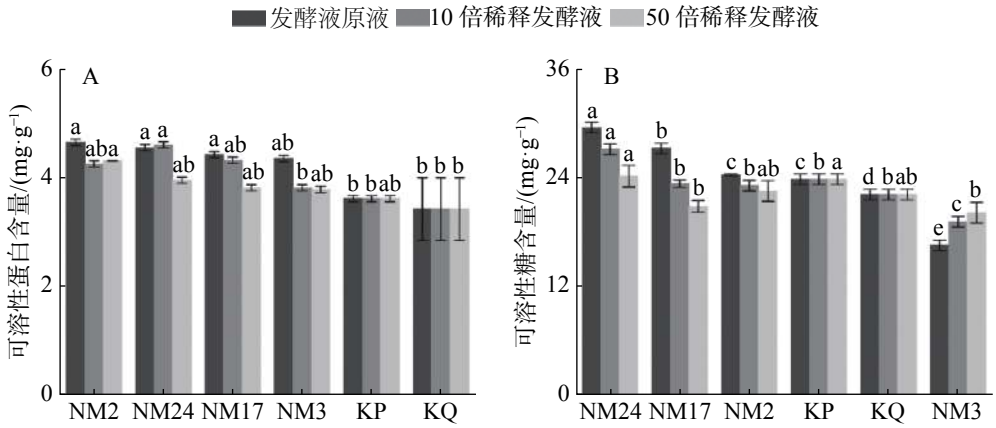

图 6 4 株放线菌对柱花草幼苗可溶性蛋白和可溶性糖含量的影响

Fig. 6 Effect of 4 strains of *Streptomyces* on the soluble protein and soluble sugar contents of the *Stylosanthes* seedlings

3 讨 论

关于放线菌的促生作用已经开展了大量的研究，如王艳等[20] 的报道表明，内生放线菌 SR-1102 不仅能有效防治蔬菜立枯病，同时能使番茄、辣椒产量分别提高 10.10% ~ 14.61%、7.67% ~ 13.53%；据李兴昱等[21] 报道，放线菌 ZZ-9 可通过有效促进小麦幼苗的生长来提高小麦植株的抗病性；BAOUNE 等[22] 分离的 17 株链霉菌属的内生放线菌，均能够通过产生铁载体、溶解磷酸盐、IAA、固氮等方式促进植物生长。可见，放线菌不仅可作为重要的生防资源，还对植物表现出良好的促生作用[23]。对放线菌的促生作用主要从对植物的形态指标和生理生化指标的影响进行评价。植株根长、茎长、株高和鲜质量是容易观察和测定的直观指标，一般作为形态指标测定内容。植物中叶绿素含量直接影响光合作用强度，对提高植物的产量有一定意义[24－25]；可溶性蛋白质可以反映出植物体的代谢强度，它参与新器官的建成，而且有一部分是直接调控各种生化反应的酶[26]；可溶性糖既是高等植物的主要光合产物，又是碳水化合物代谢和暂时贮藏的主要形式，在植物碳代谢中占有重要位置[27]；根系活力是衡量根系功能的主要指标之一，植物根系是植物营养和水分的吸收器官，根的生长情况和活力水平直接影响地上部的生长和营养状况[28]，上述这些指标可以较全面地代表植株的生长健康状况，一般作为生理生化指标测定内容。本研究结果表明，4 株放线菌发酵液在不同稀释浓度下都促使幼苗鲜质量的增加和茎的伸长，并且在高浓度下均能提高柱花草叶绿素、可溶性蛋白质的含量。同时除 NM3 外，其余 3 株放线菌在高浓度下也能提高柱花草植株可溶性糖的含量。由此可见，供试的放线菌可以显著地增加柱花草形态指标量的变化，也能在高浓度下显著地增强柱花草生理生化指标质的提升，对柱花草具有很好的促生作用，具有提升柱花草产量和品质的潜质。本研究结果表明，利用不同放线菌发酵液对柱花草幼苗进行处理，可显著提高柱花草生理指标和增加干物质积累量。故推测其增产机制可能是放线菌产生的次级代谢产物通过直接促生长作用，促进柱花草地下部根的伸长，吸收更多的水分和养分，从而增加地上部鲜质量，提高幼苗叶绿素含量，促进柱花草光合能力增强，进而增加干物质的积累，最终提高柱花草的品质和产量。

另外，本研究结果还表明，供试的 4 株放线菌对柱花草不同测定指标活性顺序不同，如在 10 倍稀释液浓度下，4 株放线菌对皿内幼苗鲜质量促进作用的大小依次为 NM24>NM2>NM3>NM17，对盆栽幼苗

鲜质量促进作用的大小依次为 NM2>NM17>NM24>NM3, 对叶绿素含量促进作用的大小依次为 NM17>NM2>NM3>NM24。可见, 每种放线菌产生的次生代谢产物明显存在差异, 对不同测定指标起作用的活性物质也不同。因此, 在后续研究中有必要进一步开展放线菌的促生活性成分的研究, 以便为放线菌次生代谢产物的开发应用奠定基础。

参考文献:

[1] 王坚, 李雪枫, 王学梅, 等. 添加剂对柱花草青贮过程中蛋白降解及营养成分影响[J]. 饲料研究, 2020, 43(10): 84 − 89.

[2] GUSTAVO J B, RAMOS A K B, CARVALHO M A, et al. Liveweight gain of beef cattle in *Brachiaria brizantha* pastures and mixtures with *Stylosanthes guianensis* in the Brazilian savannah [J]. Grass and Forage Science, 2020, 73(4): 203 − 211.

[3] 刘远, 吴贤锋, 陈鑫珠, 等. 牧草叶作为饲料原料的营养价值分析[J]. 中国农学通报, 2018, 34(17): 135 − 139.

[4] 郑仲登, 黄秀声, 蔡尊福, 等. 香根草等草本植物对水土保持作用的研究[J]. 福建农业学报, 1998(S1): 3 − 5.

[5] 白昌军, 刘国道, 陈志权, 等. 热研 20 号太空柱花草选育研究报告[J]. 热带作物学报, 2011, 32(1): 33 − 41.

[6] 古艳. 热研 2 号柱花草花芽分化及传粉受精作用的研究[D]. 海口: 海南大学, 2010.

[7] 古艳, 罗丽娟. 热研 2 号柱花草传粉受精作用的研究[J]. 热带农业科学, 2010, 30(3): 25 − 29.

[8] 尹晓畅. 柱花草品种 (系) 评价及部分性状与分子标记的关联分析[D]. 海口: 海南大学, 2014.

[9] LUAN F G, ZHANG L L, LOU Y Y, et al. Analysis of microbial diversity and niche in rhizosphere soil of healthy and diseased cotton at the flowering stage in southern Xinjiang [J]. Genet. Mol. Res., 2015, 14(1): 1602 − 1611.

[10] 陈晓斌, 张炳欣. 植物根围促生细菌 (PGPR) 作用机制的研究进展[J]. 微生物学杂志, 2000(1): 38 − 41.

[11] BERENDSEN R L, PIETERSE C M, BAKKER P A. The rhizosphere microbiome and plant health [J]. Trends Plant Sci., 2012, 17(8): 478 − 86.

[12] 梁新冉, 李乃荟, 周新刚, 等. 番茄根内促生放线菌的分离鉴定及其促生效果[J]. 微生物学通报, 2018, 45(6): 1314 − 1322.

[13] LI Y, GUO Q, HE F, et al. Biocontrol of root diseases and growth promotion of the tuberous plant *Aconitum carmichaelii* induced by Actinomycetes are related to shifts in the rhizosphere microbiota [J]. Microb. Ecol, 2020, 79(1): 134 − 147.

[14] 肖珂, 周双清, 许云, 等. 海绵共附生放线菌的分离鉴定与抑菌活性分析[J]. 热带生物学报, 2020, 11(2): 156 − 162.

[15] HAN D D, WANG L, LUO Y. Isolation, identification, and the growth promoting effects of two antagonistic actinomycete strains from the rhizosphere of *Mikania micrantha* Kunth [J]. Microbiol Res, 2018, 208(3): 1 − 11.

[16] 朱玉. 复合菌肥研制及其在毫菊种植上的应用[D]. 阜阳: 阜阳师范大学, 2020.

[17] 韩烨, 马永强, 王鑫, 等. 微量滴定蒽酮法测定甜玉米芯可溶性糖含量方法的建立[J]. 食品科技, 2019, 44(11): 327 − 334.

[18] 曾燕. 野生与种植黄连总生物碱总蛋白的检测及其盐酸小檗碱的生源代谢酶初探[D]. 长沙: 湖南中医药大学, 2018.

[19] 朱秀云, 梁梦, 马玉. 根系活力的测定 (TTC 法) 实验综述报告[J]. 广东化工, 2020, 47(6): 211 − 212.

[20] 王艳, 刘琴, 黄金金, 等. 内生放线菌 SR-1102 对蔬菜立枯病的防效及其促生作用[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(7): 123 − 126.

[21] 李兴昱, 李发康, 李培, 等. 放线菌 ZZ-9 发酵液与腐植酸钠混施对小麦的促生作用[J]. 中国植保导刊, 2020, 40(4): 5 − 10.

[22] BAOUNE H, OULD E H A, PUCCI G, et al. Petroleum degradation by endophytic *Streptomyces* spp. isolated from plants grown in contaminated soil of southern Algeria [J]. Ecotoxicol Environ Saf, 2018, 147(1): 602 − 609.

[23] 孙敬祖, 薛泉宏, 唐明, 等. 放线菌制剂对连作草莓根区微生物区系的影响及其防病促生作用[J]. 西北农林科技大学学报 (自然科学版), 2009, 37(12): 153 − 158.

[24] 冯双华. 水稻叶绿素含量的简易测定[J]. 福建农业科技, 1997(4): 9 − 10.

[25] 崔闯, 吴娇, 刘东峻, 等. 缺氮对槟榔幼苗叶片光合特性的影响[J]. 热带生物学报, 2020, 11(4): 446 − 454.

[26] 周永强. 西瓜枯萎病生防放线菌筛选及其防病促生作用研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2008.

[27] 姜东, 于振文, 李永庚, 等. 冬小麦叶茎粒可溶性糖含量变化及其与籽粒淀粉积累的关系[J]. 麦类作物学报, 2001(3): 38 − 41.

[28] 仪美芹, 姜兴印, 李学锋, 等. 吡虫啉对番茄幼苗根系活力及生理生化指标的影响[J]. 植物保护, 2010, 36(2): 71 − 74.

Determination of the Effect of Four Strains of Actinomycetes on the Growth of *Stylosanthes*

YANG Deyou, YANG Lin, YAN Xiangnan, TANG Jieyun, LUO Yanping, WANG Lanying
（Key Laboratory of Green Prevention and Control of Tropical Plant Diseases and Pests, Ministry of Education/ College of Plant Protection, Hainan University, Haikou, Hainan 570228, China）

Abstract: *Stylosanthes* were cultured on culture dishes, pot cultured and then inoculated with fermentation broths of 4 strains of Streptomyces spp, one of the genus of Actinomycetes., to observe tTheir growth were observed h, and their morphological indexes (fresh weight, plant height, stem length and root length) and physiological and biochemical indexes (chlorophyll content, soluble protein content, soluble sugar content and root activity) were determined. The results showed that the fermentation broths of the four strains of Streptomyces spp. increased the fresh weight, stem length and plant height as well as the contents of chlorophyll and soluble protein of the seedlings of *Stylosanthes*. In general, the four strains of Streptomyces spp had an obvious effects on promoting of the growth of *Stylosanthes*, and improved the quality of *Stylosanthes* to various degrees. These results, which indicates that Actinomycetes can be used to increase the yield of *Stylosanthes*.

Keywords: plant endophytic actinomycetes; growth-promoting effect; *Stylosanthes*; biological application

(责任编委:罗启香　责任编辑:叶　静)