

普凤雅,谷书杰,何永宏,等. 2 株薏苡内生菌促生特性及其对种子萌发的影响[J]. 江苏农业科学,2022,50(14):115-122.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.14.016

2 株薏苡内生菌促生特性及其对种子萌发的影响

普凤雅¹, 谷书杰¹, 何永宏², 杨志清^{1,2,3}

(1. 云南农业大学农学与生物技术学院, 云南昆明 650201; 2. 云南农业大学云南省药用植物生物学重点实验室, 云南昆明 650201;
3. 云南农业大学西南中药材种质创新与利用国家地方联合工程研究中心, 云南昆明 650201)

摘要:探究 2 株薏苡内生菌株(L21、R24)分泌嗜铁素、羧甲基纤维素酶和 1-氨基环丙烷-1-羧酸(ACC)脱氨酶的能力,并通过纸床发芽法评价这 2 株内生菌对薏苡、玉米、水稻、大麦、小麦种子萌发和幼苗生长的促生作用。结果表明,2 株薏苡内生菌都具有产生嗜铁素、羧甲基纤维素酶和 ACC 脱氨酶的能力,其中,菌株 R24 合成嗜铁素的能力最强,其嗜铁素相对含量为 95.80%;菌株 L21 产羧甲基纤维素酶和 ACC 脱氨酶的能力最强,其羧甲基纤维素酶活性为 0.61 U/mL,滤纸酶活性为 1.43 U/mL,ACC 脱氨酶活性为 2.30 $\mu\text{mol}/(\mu\text{g}\cdot\text{h})$ 。种子发芽试验结果显示,2 株内生菌及其混合菌液都能提高薏苡、玉米、水稻、大麦、小麦种子的发芽率及促进幼苗生长,尤其是在幼苗根系的生长方面影响较为显著;其中,编号为 L21 的菌株的促生效果最佳。本研究结果可以为稳定薏苡产量,减少化肥施用提供理论依据,为后续研制生物菌肥提供了优良的菌株资源。

关键词:薏苡;嗜铁素;ACC 脱氨酶;纤维素酶;促生菌;种子萌发

中图分类号:S519.01;S182 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)14-0115-07

植物内生菌在植物体内的存在具有普遍性和多样性的特点,目前研究认为内生菌与宿主植物在长期共处中形成了一种复杂、特殊的互利共生关系^[1]。植物内生菌可以通过提高植物体内生长素和分裂素的代谢,促进植物的细胞分裂、根系发育、幼苗生长,如产生 1-氨基环丙烷-1-羧酸(ACC)脱氨酶、吲哚-3-乙酸(IAA)等^[2-3];还可以提高植物的固氮、溶磷、解钾作用,以及产生嗜铁素、羧甲基纤维素酶等促进植物对环境中有物质的吸收能力^[4]。如在缺铁的土壤环境中,植物会利用嗜铁素产生菌产生的铁载体满足植物对铁元素的需要^[5];在逆境下,ACC 脱氨酶能够降低乙烯含量来促进植物生长发育,缓解植物所受胁迫^[6]。Adnan 等研究发现,解磷细菌能够改善石灰性土壤中作物的生长发育和对磷元素的吸收^[7]。赵青云等的研究表明,接种解磷微生物显著增加了香草兰植株干质量、土壤有效磷含量^[8];王雪菲的研究表明,解磷细菌能够提高白菜的农艺性状和生物量^[9];接种解

磷细菌和丛枝菌根真菌显著提高了苜蓿地上生物量、株高、茎粗、粗蛋白含量等。

薏苡(*Coix lacryma-jobi* L.)属于禾本科(Gramineae)玉蜀黍族(Maydeae)薏苡属(*Coix*),是我国传统的药食同源植物,具有较高的营养和药用价值^[10-11]。目前国内外对薏苡促生菌的相关报道较少,筛选薏苡促生菌并研究其促生特性对薏苡生长发育、薏苡仁产量、品质、有效活性成分积累有一定的帮助,对推动薏苡产业发展具有重要意义。本研究以前期分离得到的 2 株薏苡内生菌为研究对象,通过测定 2 株薏苡内生菌分泌嗜铁素、羧甲基纤维素酶、ACC 脱氨酶的能力,探究这 2 株内生菌促进作物生长的生理机制;通过种子萌发试验评价 2 株薏苡内生菌及其混合菌液对薏苡种子萌发和幼苗生长的影响,同时也探究薏苡促生菌对禾本科作物(玉米、水稻、大麦、小麦)种子萌发和幼苗生长的影响;以期稳定薏苡产量、减少化肥施用以及为后期薏苡生物菌肥的开发利用提供理论依据和物质基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试菌株 本试验于 2019 年 12 月在云南农业大学农学与生物技术学院云南省高校作物种

收稿日期:2021-09-16

基金项目:云南省科技计划项目(编号:2014RE002)。

作者简介:普凤雅(1996—),女,云南临沧人,硕士研究生,研究方向为药用植物生理生态。E-mail:pfy996@163.com。

通信作者:杨志清,硕士,教授,研究方向为药食同源作物栽培与资源评价。E-mail:yzq1468@126.com。

质创新及可持续利用重点实验室进行。所需菌株由云南农业大学农学与生物技术学院作物种质创新与可持续利用重点实验室分离保存,编号为 L21 的菌株分离自文薏 2 号叶片,经笔者所在课题组鉴定为贝莱斯芽孢杆菌 (*Bacillus velezensis*),编号为 R24 的菌株分离自文薏 2 号根部,经鉴定为短小芽孢杆菌 (*Bacillus pumilus*)。

1.1.2 培养基 LB 培养基:蛋白胨 10 g、酵母粉 5 g、氯化钠 10 g、蒸馏水 1 000 mL,固体培养基在此基础上加入 17 g 琼脂,121 ℃ 灭菌 20 min。

铬天青 (CAS) 铁载体检测培养基、MKB 培养基、DF 培养基、ADF 培养基按照刘璐的方法^[12]进行配制;羧甲基纤维素钠培养基和产酶培养基按照吴静的方法^[13]进行配制。

1.1.3 供试作物品种 玉米:点谷 1 号;水稻:滇禾优 55,大麦:北青 7 号,小麦:云麦 53;以上品种均由云南农业大学农学与生物技术学院作物种质创新与可持续利用重点实验室提供。薏苡:文薏 2 号和师薏 1 号,由云南省文山州农科院提供。

1.2 试验方法

1.2.1 菌株产嗜铁素能力的定性和定量分析

(1)定性检测。将内生菌菌株点接种至铬天青固体培养基中,30 ℃ 恒温培养 48 h,观察菌落周围是否出现透明圈,出现透明圈即说明菌株产生嗜铁素。计算可溶性指数:可溶性指数 = D/d ,其中: D 代表透明圈直径, d 代表菌落直径。(2)定量测定。将菌液接种于液体 MKB 培养基中,30 ℃、180 r/min 振荡培养,分别在培养 24、36、48、60、72 h 后取上清液 5 mL,5 000 r/min 离心 10 min,保留嗜铁素发酵上清液 (SCS),将嗜铁素发酵上清液 (3 mL) 和 CAS (3 mL) 溶液以 1 : 1 的体积比混合均匀,暗反应 1 h,用分光光度计测反应液在 630 nm 处的吸光度,记为 D_s 。取 3 mL 未接种 MKB 液体加入等体积的 CAS 检测液,其余操作相同,吸光度记为 D_r 。

1.2.2 菌株产羧甲基纤维素酶能力的定性和定量分析 定性检测:将内生菌菌株点接种至纤维素酶鉴别培养基中,30 ℃ 恒温培养 48 h 后,加入刚果红溶液,再加入氯化钠溶液脱色。观察菌落周围是否产生纤维素水解圈,产生纤维素水解圈则说明菌株可产生纤维素酶。

定量测定:将产生纤维素酶的菌株接种至纤维素酶产酶培养基中,30 ℃、180 r/min 振荡培养,分别在培养 24、36、48、60、72、84 h 后取上清液 5 mL,

5 000 r/min 离心 10 min,采用 3,5 - 二硝基水杨酸 (DNS) 法^[14]测定菌株的纤维素酶活性和滤纸酶活性。

1.2.3 ACC 脱氨酶活性的测定 将供试菌株在液体 LB 培养基中活化过夜,4 ℃、8 000 r/min 离心 10 min,用无菌水收集菌体沉淀并将其重新悬浮于 ADF 培养基中,30 ℃、200 r/min 振荡培养过夜后按照秦宝军等的方法^[15]测定 ACC 脱氨酶的活性。

1.2.4 菌株对种子萌发和幼苗生长的影响 菌液准备:将供试菌株接种于液体 LB 培养基中,35 ℃ 过夜培养,4 ℃、8 000 r/min 离心收集沉淀,无菌水重悬,调节菌悬液浓度为 1×10^7 CFU/mL 备用。T1 处理:浓度为 1×10^7 CFU/mL 的 L21 菌液;T2 处理:浓度为 1×10^7 CFU/mL 的 R24 菌液;T3 处理:浓度为 1×10^7 CFU/mL 的 L21 和 R24 等比例复配的菌液;以无菌水处理作为对照 (CK)。

将所供试的种子用 75% 乙醇溶液消毒 10 min,用无菌水洗净,晾干后置于以上菌液中浸种 4 h,待风干后再放置于铺有无菌滤纸的培养皿中,25 ℃ 条件下进行培养,定时检查湿度,确保滤纸潮湿。定时记录种子的萌发数 (以胚根突破种皮 1 mm 为标准),直至第 10 天。第 4 天计算发芽势,第 10 天计算发芽率,并测定作物的鲜质量、芽长、根长、根系活力 (用 2,3,5 - 氯化三苯基四氮唑法^[16]测定)。

发芽率 = (发芽种子数/供试种子总数) \times 100% ;

发芽势 = (4 d 内发芽种子数/供试种子总数) \times 100% ;

发芽指数 (GI) = $\sum G_i/D_i$,其中: G_i 为每天的发芽数, D_i 为发芽天数;

活力指数 (VI) = $GI \times S$,其中: S 为平均幼苗长度 (芽长 + 根长)。

1.3 数据分析

采用 Excel 2010 和 SPSS 25.0 对数据进行记录、整理、统计和分析;对不同菌株处理的小组进行组间单因素方差分析比较。

2 结果与分析

2.1 菌株嗜铁素合成能力测定结果

2.1.1 定性测定结果 从图 1 中可看出,2 株内生菌在 CAS 检测平板上均可以生长并产生透明圈,R24 菌株的透明圈大于 L21 菌株。可溶性指数可初步判断菌株产嗜铁素的能力,该值越大其分泌的铁

载体在培养基中的分布范围越大,即其在相同培养条件和时间内产生铁载体的能力越强。本研究中 2 株供试菌株可溶性指数均在 1.5 以上,可溶性指数表现为 R24 菌株 > L21 菌株(表 1)。

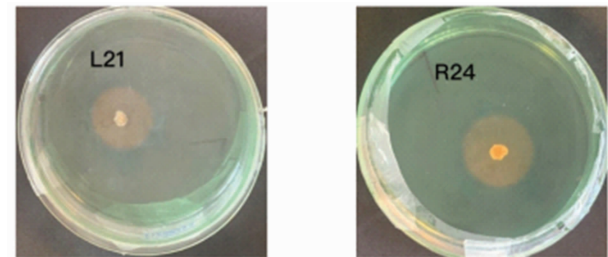


图1 L21、R24 菌株在 CAS 平板上的菌落形态

表 1 嗜铁素合成能力定性测定结果

菌株	菌落直径 (cm)	透明圈直径 (cm)	可溶性指数
R24	0.61 ± 0.08	1.05 ± 0.10	1.74 ± 0.18
L21	0.92 ± 0.06	1.49 ± 0.14	1.62 ± 0.09

注:L 表示分离自薏苡叶片,R 表示分离自薏苡根部,所有处理均为 3 个重复。下同。

2.1.2 定量测定结果 由图 2 可知,随着培养时间的增加,菌株分泌嗜铁素的能力逐渐增强,培养到 60 h 时 R24 和 L21 菌株分泌嗜铁素的能力最强,嗜铁素相对含量分别为 95.80%、90.08%。在整个培养过程中,R24 菌株分泌的嗜铁素相对含量均大于 L21 菌株,这与“2.1.1”节中的结果一致。

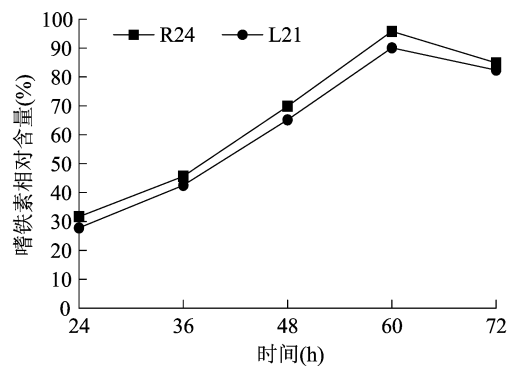


图2 R24 和 L21 菌株嗜铁素分泌曲线

2.2 羧甲基纤维素酶活性和滤纸酶活性测定

2.2.1 定性测定结果 2 株菌株均能在羧甲基纤维素酶鉴别培养基中形成纤维素水解圈(图 3),说明 2 株菌都能产生羧甲基纤维素酶。可溶性指数越大表明菌对纤维素的降解能力越强,由表 2 可知,菌株 R24 的可溶性指数为 5.29,L21 的可溶性指数为 5.11,降解纤维素酶的能力表现为 R24 菌株 > L21 菌株。

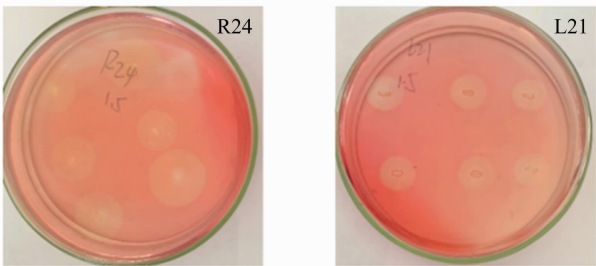


图3 L21、R24 菌株菌落的刚果红染色结果

表 2 羧甲基纤维素酶定性检测结果

菌株	菌落直径 (cm)	透明圈直径 (cm)	可溶性指数
R24	0.34 ± 0.03	1.77 ± 0.07	5.29 ± 0.45
L21	0.27 ± 0.02	0.27 ± 0.02	5.11 ± 0.25

2.2.2 定量测定结果 将菌株在发酵培养基中培养 24、36、48、60、72、84 h 后上清液的纤维素酶活性和滤纸酶活性测定结果如图 4 和图 5 所示;随着培养时间的延长,菌株的羧甲基纤维素酶活性和滤纸酶活性呈现出先增大后减小的趋势,在培养 72 h 后 R24 和 L21 菌株的羧甲基纤维素酶活性和滤纸酶活性均达到最大值,分别为 0.28、0.61 U/mL 和 0.86、1.43 U/mL。2 株菌的羧甲基纤维素酶活性均低于滤纸酶活性,菌株 L21 的羧甲基纤维素酶活性和滤纸酶活性均高于菌株 R24。

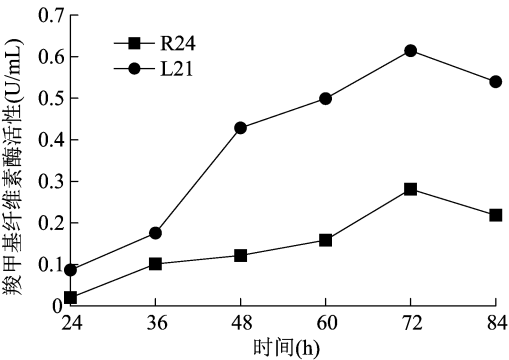


图4 羧甲基纤维素酶活性

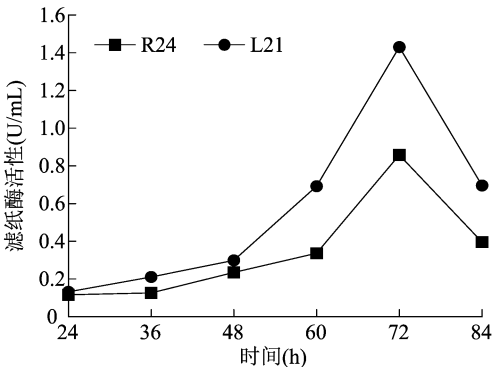
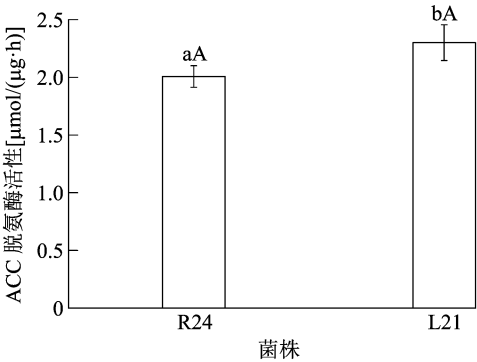


图5 滤纸酶活性

2.3 ACC 脱氨酶含量测定结果

将菌株在 ADF 培养基中 30 ℃、200 r/min 条件下培养过夜后弃上清液收集菌体,测得 ACC 脱氨酶活性如图 6 所示,ACC 脱氨酶活性表现为 L21 菌株 > R24 菌株,其 ACC 脱氨酶活性分别为 2.30、2.00 μmol/(μg·h)。



柱上不同大写、小写字母分别表示处理间在 0.01、0.05 水平上差异显著。下图同
图6 菌株 ACC 脱氨酶活性

2.4 菌株对种子萌发和幼苗生长的影响

2.4.1 不同处理对种子萌发的影响 由表 3 可知,T1、T2、T3 处理均能提高薏苡、玉米、水稻、大麦、小麦种子的发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数,其中,处理效果最佳的是 T1 处理,T2 处理次之。在 T1 处理下,文薏 2 号、师薏 1 号、滇禾优 55、云麦 53 的发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数与 CK 相比差异均达到极显著水平($P<0.01$);点谷 1 号的发芽率、发芽势、活力指数和北青 7 号的发芽势、发芽指数、活力指数与 CK 相比差异也达到极显著水平($P<0.01$)。T1 处理下文薏 2 号和师薏 1 号的发芽率分别为 95.56%、84.44%,较无菌水处理分别增加了 13.16%、28.80%;发芽势分别为 82.22%、76.67%,较 CK 分别增加了 19.35%、25.46%;发芽指数分别为 43.69%、41.81%,较 CK 分别增加 24.30%、34.09%;活力指数分别为 17.03、15.63,较 CK 分别增加 160.80%、84.32%。

表 3 不同处理对种子萌发的影响

材料	处理	发芽率 (%)	发芽势 (%)	发芽指数 (%)	活力指数
文薏 2 号	T1	95.56 ± 3.85bB	82.22 ± 1.92cC	43.69 ± 0.67bB	17.03 ± 0.55dC
	T2	92.22 ± 1.92bB	81.11 ± 1.92cC	44.03 ± 0.63bB	15.81 ± 0.71cC
	T3	92.22 ± 1.92bB	75.56 ± 1.92bB	41.98 ± 1.73bB	8.68 ± 0.15bB
	CK	84.44 ± 1.92aA	68.89 ± 1.92aA	35.15 ± 2.81aA	6.53 ± 0.21aA
师薏 1 号	T1	84.44 ± 1.92cC	76.67 ± 3.33cB	41.81 ± 2.10cC	15.63 ± 1.51cC
	T2	76.67 ± 3.33bB	67.78 ± 1.92bA	35.01 ± 1.63bAB	11.84 ± 0.44bB
	T3	74.44 ± 1.92bB	66.67 ± 3.33bA	36.42 ± 1.91bB	11.84 ± 0.91bB
	CK	65.56 ± 1.92aA	61.11 ± 1.92aA	31.18 ± 1.15aA	8.48 ± 0.68aA
点谷 1 号	T1	96.67 ± 2.89bC	86.67 ± 2.89cC	34.71 ± 1.90aA	17.97 ± 0.71dC
	T2	90.00 ± 5.00bBC	76.67 ± 2.89bB	30.61 ± 1.79bB	14.80 ± 0.37cB
	T3	80.00 ± 5.00aAB	71.67 ± 2.89abAB	28.88 ± 0.51aA	13.41 ± 0.81bAB
	CK	73.33 ± 2.89aA	66.67 ± 2.89aA	28.37 ± 1.15aA	11.91 ± 0.15aA
滇禾优 55	T1	94.44 ± 1.92cC	86.67 ± 3.33cC	43.81 ± 0.96cC	11.42 ± 0.37cC
	T2	87.78 ± 1.92bB	81.11 ± 3.85cBC	38.71 ± 0.46bAB	8.14 ± 0.45bB
	T3	84.44 ± 1.92bAB	73.33 ± 3.33bAB	39.22 ± 2.11bB	7.36 ± 0.35bB
	CK	80.00 ± 3.33aA	65.56 ± 1.92aA	34.79 ± 1.65aA	5.91 ± 0.50aA
北青 7 号	T1	97.50 ± 2.50bA	90.00 ± 2.50bB	69.21 ± 1.11cC	19.72 ± 0.58dC
	T2	93.33 ± 3.82abA	85.83 ± 3.82bB	66.57 ± 0.17bB	17.19 ± 1.97cB
	T3	92.50 ± 2.50abA	85.00 ± 2.50bB	66.21 ± 0.86bB	14.45 ± 0.96bB
	CK	90.00 ± 2.50aA	70.00 ± 2.50aA	61.80 ± 1.13aA	12.10 ± 0.97aA
云麦 53	T1	95.83 ± 1.44cC	75.83 ± 5.77cB	52.07 ± 0.47dC	13.89 ± 0.66dD
	T2	89.17 ± 1.44bB	68.33 ± 3.82bA	45.87 ± 1.21cB	10.81 ± 0.42cC
	T3	85.83 ± 1.44aAB	65.00 ± 2.50abA	43.27 ± 1.09bA	9.21 ± 0.06bB
	CK	83.33 ± 1.44aA	60.83 ± 1.44aA	41.01 ± 0.42aA	7.65 ± 0.32aA

注:同列数据后不同大、小写字母分别表示不同处理间差异极显著($P<0.01$)和显著($P<0.05$)。下同。

2.4.2 不同处理对作物根系生长的影响 由图 7 可知,T1、T2、T3 处理均能够促进薏苡、玉米、水稻、大麦、小麦的根系生长,T1 处理下,所有供试材料的根系生长与 CK 相比差异都达到极显著水平($P < 0.01$),其中,效果最佳的是文薏 2 号,其根长较 CK 增加了 292.85%。T2 处理下,文薏 2 号、师薏 1 号、滇禾优 55、云麦 53 和北青 7 号的根长与 CK 相比差异达到极显著水平($P < 0.01$),点谷 1 号的根长与

CK 相比差异达到显著水平($P < 0.05$)。T3 处理下,师薏 1 号的根长较 CK 增加了 22.08%,并与 CK 相比差异达到极显著水平($P < 0.01$);文薏 2 号和云麦 53 的根长与 CK 相比差异达到显著水平($P < 0.05$);点谷 1 号、滇禾优 55、北青 7 号的根长分别比 CK 增加了 8.05%、8.89%、55.56%,但是与 CK 相比差异均未达到显著水平。

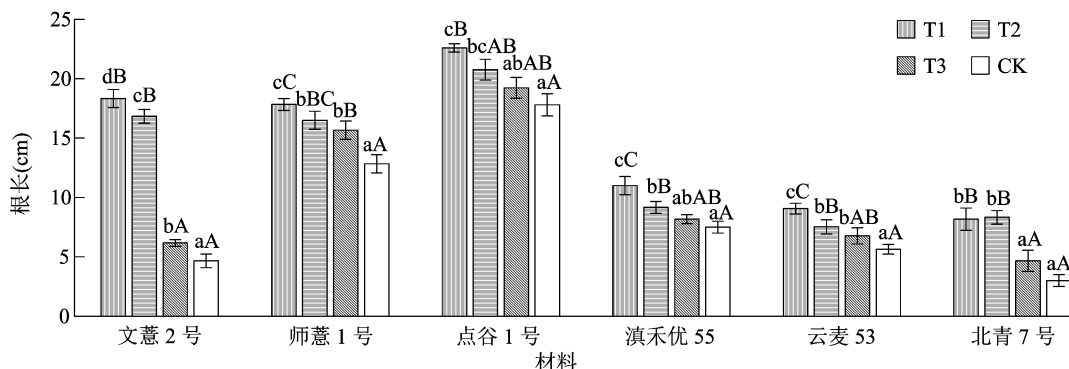


图7 不同处理对作物根系生长的影响

2.4.3 不同处理对作物芽长的影响 由图 8 可知,T1、T2、T3 处理均提升了供试作物芽的生长,处理效果表现为 T1 处理 > T2 处理 > T3 处理。除北青 7 号外其余供试材料在 T1 和 T2 处理下与 CK 相比差异均达到极显著水平($P < 0.01$)。在 T3 处理下,师薏 1 号和云麦 53 的芽长与 CK 相比差异达到极显

著水平($P < 0.01$);点谷 1 号和滇禾优 55 的芽长与 CK 相比差异达到显著水平($P < 0.05$);文薏 2 号和北青 7 号的芽长分别比 CK 增加了 3.81% 和 3.41%,但差异未达到显著水平。不同处理下幼苗的生长状态详见图 9。

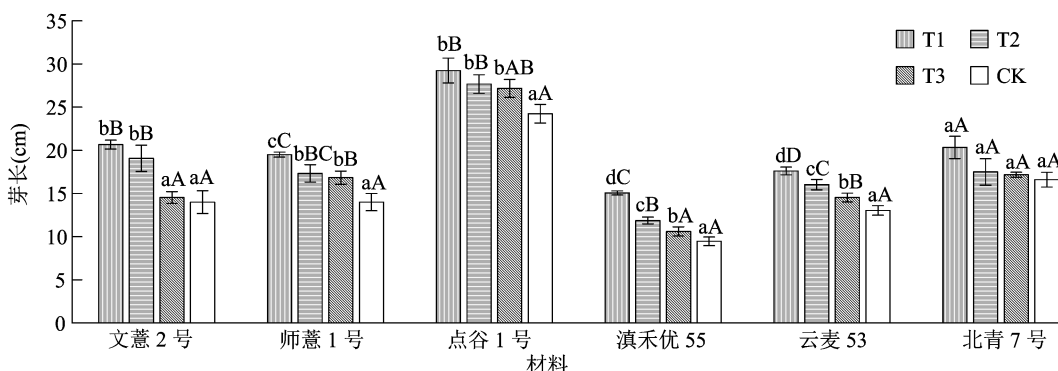


图8 不同处理对作物芽长的影响

2.4.4 不同处理对作物鲜质量的影响 由图 10 可知,T1、T2、T3 处理能够促进作物的生长发育,增加供试作物的鲜质量。在 T1 处理下,所有供试作物的鲜质量与 CK 相比差异均达到极显著水平($P < 0.01$)。在 T2 处理下,文薏 2 号、师薏 1 号和点谷 1 号的鲜质量与 CK 相比差异均达到显著水平($P < 0.05$),滇禾优 55、云麦 53 和北青 7 号的鲜质量与 CK 相比差异均达到极显著水平($P < 0.01$)。在 T3 处理下,点谷 1 号和云麦 53 的鲜质量与 CK 相比差

异均达到显著水平,文薏 2 号、师薏 1 号、滇禾优 55 和北青 7 号的鲜质量分别显著较 CK 增加了 3.44%、10.76%、10.89%、6.00%,但差异均未达到显著水平。

2.4.5 不同处理对作物根系活力的影响 由图 11 可知,T1、T2、T3 处理均能够提高供试作物的根系活力。在 T1 和 T2 处理下,所有供试材料的根系活力与 CK 相比差异均达到极显著水平($P < 0.01$);在 T1 和 T2 处理下,文薏 2 号的根系活力较 CK 分别增

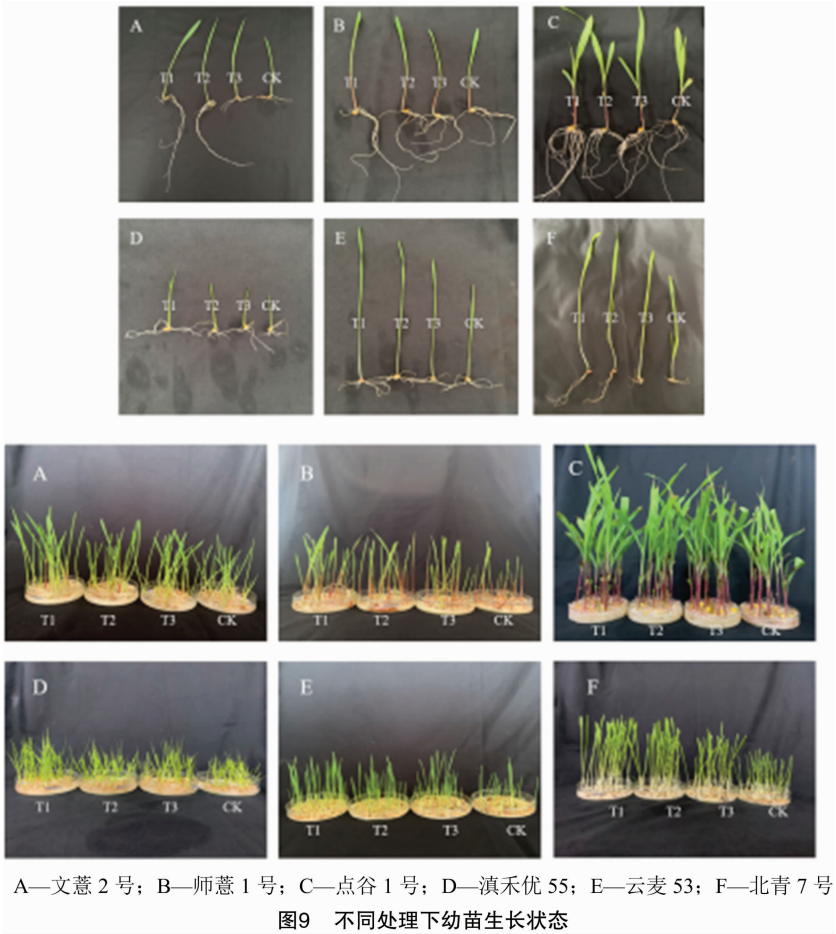


图9 不同处理下幼苗生长状态

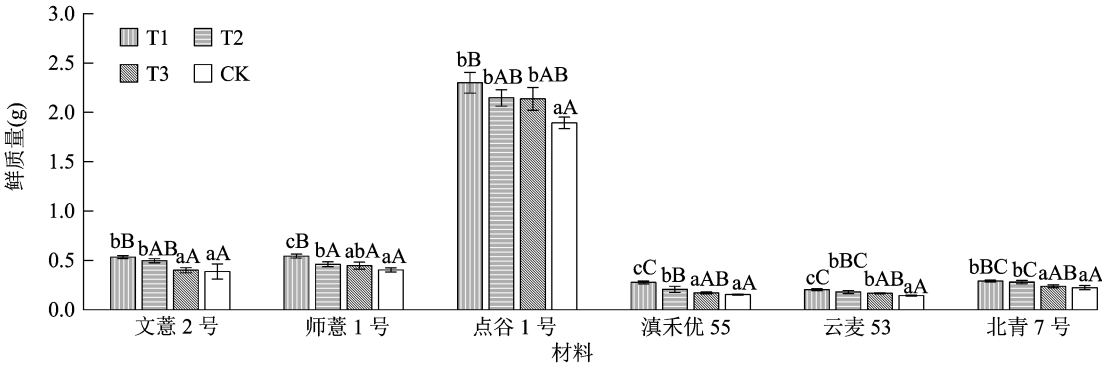


图10 不同处理对作物鲜质量的影响

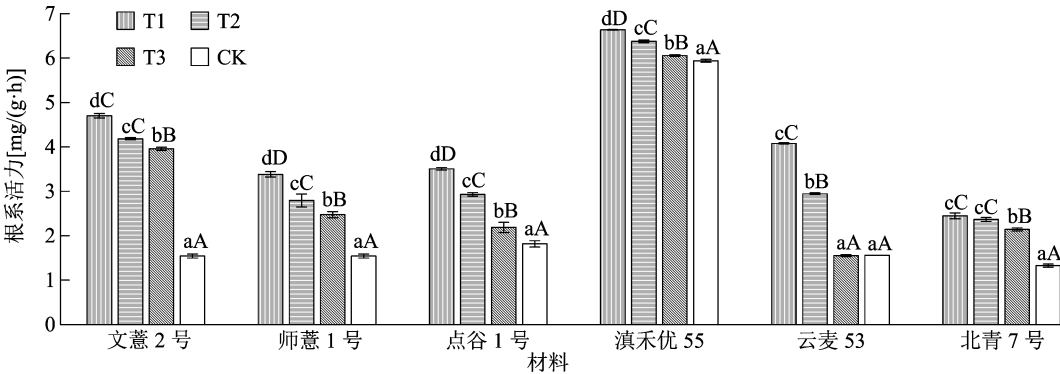


图11 不同处理对作物根系活力的影响

加了 205.04% 和 171.35%。在 T3 处理下,除了云麦 53,其余供试材料的根系活力与 CK 相比差异均达到极显著水平($P < 0.01$)。

3 讨论与结论

植物促生菌能够有效提高植物对土壤养分的吸收利用、改善土壤耕层环境以及田间生态环境^[17],还能通过自身作用或者产生代谢产物来缓解逆境对植物的伤害,从而来促进植物生长,在作物生产和生态环境方面都具有一定的潜能^[18]。本研究利用 L21 和 R24 这 2 株薏苡内生菌来探究其促生长的特性,结果表明,2 株薏苡内生菌均能够产生嗜铁素、ACC 脱氨酶和羧甲基纤维素酶。在本研究中,产生嗜铁素能力最强的是分离自文意 2 号根系的 R24 菌株,摇瓶 60 h 后嗜铁素相对含量为 95.80%,高于吴娟丽等在土壤中分离得到的 E7 和 W7 菌株的嗜铁素相对含量^[19],但是菌株产生的嗜铁素的种类需要进一步研究。梁烨等的研究表明,接种含 ACC 脱氨酶的根际促生细菌后,在各种盐碱处理条件下,大豆地上部和根系的干质量均增加^[20]。本研究中,2 株薏苡内生菌 L21 和 R24 菌株的 ACC 脱氨酶活性为 2.30、2.00 $\mu\text{mol}/(\mu\text{g} \cdot \text{h})$ 。促生菌株可以通过利用能够降解纤维素的微生物,把秸秆降解为腐殖质物质,增加土壤肥力,从而促进作物生长^[21]。在本研究中,2 株菌中产生羧甲基纤维素酶和滤纸酶能力最强的是分离自文意 2 号叶片的菌株 L21,其活性分别为 0.61、1.43 U/mL,2 株菌的羧甲基纤维素酶活性均低于滤纸酶活性。在筛选羧甲基纤维素酶高产菌株的过程中发现,在定性筛选培养基平板上水解圈较大的菌株经发酵培养基培养后测得的酶活性不高,其原因可能是筛选所用的固体培养基和发酵所用的液体培养基培养条件不同;另外,筛选培养基的厚度和菌落菌体量的差异也会影响水解圈的大小。

韩丽珍等的研究结果表明,HGD12 溶磷菌株显著促进了辣椒和花生种子的萌发,对辣椒和花生幼苗植株的鲜质量、株高及根长均有显著的促生作用^[22]。汪焱等的研究结果表明,促生菌对植物种子的萌发和幼苗的生长具有一定的促进作用^[23];蔡红丹等的研究结果表明,用溶磷细菌处理过的水稻种子出苗速度、出苗整齐度和发芽率最好^[24]。本研究通过种子萌发试验探究了 2 株薏苡内生菌及其混合菌液对其宿主植物薏苡以及其他禾本科作物(玉

米、水稻、大麦、小麦)种子萌发和幼苗生长的影响。结果表明,L21、R24 菌株均能显著提高宿主植物薏苡以及玉米、水稻、大麦、小麦种子的发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数、根系活力以及幼苗生长;其中,经 L21 和 R24 菌株处理的文意 2 号的根长较无菌水处理分别增加了 292.85% 和 260.71%,说明菌株 L21 和 R24 具有极强的促生长能力,主要表现在促进其根系的生长发育,且 L21 菌株的效果更佳;L21 和 R24 菌株的等比例混合菌液与 CK 相比,在种子萌发和幼苗生长方面促进效果显著,但是低于 L21 和 R24 菌株单独处理的效果,可能的原因是 2 株菌在营养物质和生态位等方面有竞争关系。综上可知,L21 和 R24 菌株能显著促进作物苗期生长发育,可作为后续研制生物菌肥的优良菌株资源。本研究结果为薏苡减肥增效提供了理论依据和基础,对推动薏苡产业发展具有重要意义。

参考文献:

- [1] 孙真,郑亮,邱浩斌. 植物根际促生细菌定殖研究进展[J]. 生物技术通报,2017,33(2):8-15.
- [2] 高沙尔·卡依尔哈力,热子亚·麦麦吐逊,祖丽皮亚·玉努斯. 地锦草内生细菌多样性、拮抗及促生特性测定[J]. 微生物学通报,2021,48(2):392-406.
- [3] 李章雷,刘爽,王艳宇,等. 5 株耐盐碱促生细菌的筛选鉴定及其对红小豆的促生作用[J]. 微生物学通报,2021,48(5):1580-1592.
- [4] 刘丽辉,蒋慧敏,区宇程,等. 南方野生稻内生细菌的分离鉴定及促生作用[J]. 应用与环境生物学报,2020,26(5):1051-1058.
- [5] 余贤美,周广芳,辛力. 枯草芽孢杆菌 Bs-15 产嗜铁素条件及其对甜椒的防病促生效应[J]. 农药学报,2010,12(2):135-141.
- [6] 王琪媛,王甲辰,叶磊,等. 含 ACC 脱氨酶的根际细菌提高植物抗盐性的研究进展[J]. 生物技术通报,2021,37(2):174-186.
- [7] Adnan M, Fahad S, Zamin M, et al. Coupling phosphate-solubilizing bacteria with phosphorus supplements improve maize phosphorus acquisition and growth under lime induced salinity stress[J]. Plants,2020,9(7):900.
- [8] 赵青云,邢治彰,王辉,等. 解磷细菌 Burkholderia 的分离鉴定及对香草兰生长和 P 吸收的影响[J]. 热带作物学报,2018,39(10):1913-1919.
- [9] 王雪菲. 解磷细菌 YL6 在小白菜植株中的定殖及促生机制研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2019:21-30.
- [10] 李晓凯,顾坤,梁慕文,等. 薏苡仁化学成分及药理作用研究进展[J]. 中草药,2020,51(21):5645-5657.
- [11] 戴焱,李祥栋,潘虹,等. 薏苡干物质积累、分配及源库特征解析[J]. 种子,2020,39(6):43-47.
- [12] 刘璐. 植物根际促生菌的筛选与应用[D]. 大连:大连工业大学,2019:6-10.

王 沛,王 进,刘 芳,等. 成都地区避雨栽培葡萄苗期光合特性及耐弱光性分析[J]. 江苏农业科学,2022,50(14):122-131.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.14.017

成都地区避雨栽培葡萄苗期光合特性及耐弱光性分析

王 沛¹,王 进¹,刘 芳²,吕秀兰¹,梁 东¹,赵小岩¹,黄 鸿¹,罗元佑¹,杨苏勉¹

(1. 四川农业大学,四川成都 611130; 2. 乐山师范学院,四川乐山 614000)

摘要:以 41 种一年生葡萄植株为试材,自然光照条件下避雨栽培,测定其光合生理指标、叶绿素荧光等参数,综合各项指标评价分析,对不同葡萄品种间的光合特性进行比较并对其耐弱光能力进行排序。首先仅根据光补偿点表征的耐弱光分级标准将 41 个葡萄品种分为了 4 个耐弱光等级,极耐弱光品种有葡之梦、晶红宝、卓越玫瑰。根据光合特性分析,葡之梦、卓越玫瑰为耐弱光品种,也是抗高温品种。再综合光补偿点、表观量子效率、暗呼吸速率、叶绿素总含量、叶绿素 a 含量/叶绿素 b 含量、株高、新梢粗度、节间长度、叶片数、比叶重多个指标作为葡萄耐弱光品种筛选的适用指标,运用 TOPSIS 法根据相对接近度,得出葡萄耐弱光能力的优劣排序,最优的前 5 个葡萄品种分别为葡之梦、晶红宝、卓越玫瑰、丝路红无核、超级女皇。本研究结果可为四川省成都地区葡萄的引种、优质栽培提供理论依据。

关键词:葡萄;光合特性;叶绿素荧光特性;耐弱光;TOPSIS 法;避雨栽培

中图分类号:S663.101 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)14-0122-10

葡萄属于葡萄科葡萄属,落叶藤本植物,浆果类水果^[1],我国是葡萄生产大国之一^[2]。成都地区降水较多,因此成都地区葡萄栽培多为避雨设施栽培。成都地区气候环境特点是云雾多,光照较少,避雨栽培的棚膜覆盖加之成都地区光照较少的气

候特点造成葡萄生长在一个弱光环境,而葡萄的生长与光合作用直接相关,叶片光合能力直接影响到葡萄浆果品质和产量的形成,光合作用生成的有机化合物不仅为葡萄浆果发育提供能量,也是其用以建造自身躯体的原料^[3]。如果葡萄不能够适应成都地区的弱光环境将直接影响其生长及浆果品质和产量的形成。弱光是成都地区葡萄栽培所面临的重要问题之一,研究适宜成都地区栽培的耐弱光品种尤为重要。

弱光会对植株的株高、叶面积、茎粗、节间长、比叶重等^[4-11]产生影响。叶绿素作为光合作用的载体,在光合作用中起着吸收、传递光能的作用,其含量高低直接影响植株光合作用的强弱^[12]。众多研究表明,弱光会影响植株的叶绿素含量^[12-15]。而

收稿日期:2022-02-11

基金项目:四川省科技计划项目(编号:2020YJ0351);葡萄资源四川省科技资源共享服务平台项目(编号:2020JDPT0004);国家现代农业产业技术体系四川水果创新团队项目(编号:scextd-04);四川省成都市科技项目(编号:2021-YF05-00076-SN)。

作者简介:王 沛(1997—),女,陕西渭南人,硕士,主要从事园艺植物生产与管理。E-mail:994751962@qq.com。

通信作者:王 进,博士,副教授,硕士生导师,主要从事果树栽培与生理生态教学与研究。E-mail:251040278@qq.com。

[13] 吴 静. 高产纤维素酶霉菌的筛选及纤维素酶系的分离纯化[D]. 贵阳:贵州大学,2020:10-20.

[14] 李正风,朱 杰,唐 丽,等. 烟草秸秆中产纤维素酶细菌筛选、鉴定及酶活测定[J]. 西南农业学报,2020,33(3):645-650.

[15] 秦宝军,罗 琼,高 森,等. 小麦内生固氮菌分离及其 ACC 脱氢酶测定[J]. 中国农业科学,2012,45(6):1066-1073.

[16] 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.

[17] 温宏伟,杨 斌,王东胜. 植物根际促生菌促进小麦生长及其抗旱性的研究进展[J]. 核农学报,2021,35(9):2194-2203.

[18] 纪 超,王晓辉,刘训理. 盐胁迫环境下植物促生菌的作用机制研究进展[J]. 生物技术通报,2020,36(4):131-143.

[19] 吴娟丽,薛林贵,牛军波,等. 两株嗜铁菌对土壤有效铁浓度及

嗜铁素活性单位的影响[J]. 兰州交通大学学报,2020,39(2):125-131.

[20] 梁 烨,何楚婷,杨 悦,等. 碱胁迫条件下含 ACC 脱氢酶的根际细菌对大豆生长的影响[J]. 生物技术通报,2020,36(9):100-108.

[21] 傅科鹤,范莉莉,陈慧颖,等. 高产纤维素酶菌株的筛选及产酶条件优化[J]. 江苏农业科学,2021,49(3):214-218.

[22] 韩丽珍,林佳静,郑 欢,等. 一株溶磷菌的抗逆促生特性及对种子萌发的研究[J]. 种子,2019,38(10):34-40.

[23] 汪 焱,张 英,苏贝贝,等. 溶磷菌对 3 种牧草种子发芽和幼苗生长的影响[J]. 青海畜牧兽医杂志,2019,49(6):1-5.

[24] 蔡红丹,王碧盈,肖翠红,等. 解磷、溶磷菌对水稻种子萌发的影响[J]. 黑龙江农业科学,2019(7):42-45.