

内生枯草芽孢杆菌 E1R-J 对萝卜、白菜促生作用

王心选, 高小宁, 郑 刚, 王 辉, 魏国荣, 康振生, 黄丽丽*

(西北农林科技大学 植物保护学院和陕西省农业分子生物学重点实验室, 陕西杨凌 712100)

摘 要: 通过萝卜、白菜的种子萌发试验、幼苗盆栽试验以及小区试验, 对小麦内生枯草芽孢杆菌 E1R-J 菌株的促生作用进行了研究。结果表明: E1R-J 无菌滤液不同浓度稀释液及菌悬液可促进白菜种子的萌发, 使萌芽整齐、萌发率增高。其无菌滤液 10 倍稀释液浇灌处理的盆栽白菜幼苗, 株高、鲜质量、干质量分别比清水对照增长 53%、200% 和 700%。同时发现, 浇灌处理的盆栽萝卜幼苗与清水对照相比, 株高、鲜质量、干质量也分别增长 24.4%、215% 和 159%。田间小区试验结果也证明内生枯草芽孢杆菌 E1R-J 具有促生作用, 但促生效果低于盆栽试验。利用丙酮直接浸提法测定盆栽白菜叶片中的叶绿素含量, 发现无菌滤液 10 倍稀释液和菌悬液 10 倍稀释液处理的叶绿素含量增高 2 倍左右。

关键词: 萝卜; 白菜; 小麦内生枯草芽孢杆菌; 促生; 叶绿素

中图分类号: Q939

文献标识码: A

文章编号: 1004-1389(2009)06-0231-06

The Growth-promoting Effect of Endophytic Bacteria E1R-J on Radish and Cabbage

WANG Xinxuan, GAO Xiaoning, ZHENG Gang, WANG Hui,
WEI Guorong, KANG Zhensheng and HUANG Lili*

(College of Plant Protection and Shaanxi Key Laboratory of Molecular Biology for Agriculture,
Northwest A&F University, Yangling Shaanxi 712100, China)

Abstract: Effect of entophytic bacteria strain E1R-J on cabbage and radish seed germination, seedling growth was studied in plates, pot and outdoor field experiment. The results showed that the cell-free filtrate of strain E1R-J in different dilution and cell suspension promoted cabbage seed germination. In pot experiment, compared with untreated control, cabbage seedling height, fresh weight, dry weight increased 53%, 200%, 700%, and radish seedling height, fresh weight, dry weight increased 24.4%, 215%, 159% after treated with 10 × diluted E1R-J cell-free filtrate. The promotion of seedling growth by strain E1R-J was also found in the outdoor plot experiments. The chlorophyll content in the functional Leaves of the cabbage seedlings greatly increased in treatment of strain E1R-J 10 × diluted cell-free filtrate and cell suspension of 10^7 cfu/mL compared with untreated control.

Key words: Cabbage; Radish; Endophytic bacteria; Growth promotion; Chlorophyll

植物根际促生菌(PGPR)已被证明具有很好的促进植物生长作用,但由于这些土壤微生物易受外界条件的影响,在与土壤中习居微生物的竞争中不易长期定殖生存并占优势,因而极大地影

响了它们的实际防病效果^[1],除 K84 及其改造菌株 K1026 等少数菌株外,成功的事例不多^[2]。而植物内生微生物作为生物肥料资源具有很强的优势^[3]。内生菌作为植物微生态系统的组成成员,

收稿日期: 2009-05-07 修回日期: 2009-07-11

基金项目: 教育部“长江学者和创新团队”支持计划(PCSIRT200558); 高等学校学科创新引智计划资助项目(B07049); 公益性行业(农业)科研专项经费(nyhyzx07-055)。

作者简介: 王心选(1983—), 女, 山东烟台人, 在读硕士, 专业方向: 植物病害生物防治研究。E-mail: wangxinxuan7758@163.com

* 通讯作者: 黄丽丽。E-mail: huanglili@nwsuaf.edu.cn; kangzs@nwsuaf.edu.cn

可以在植物体内定殖及传导,具有广泛的生物学作用,并且几乎所有健康植物体内均含有大量内生细菌,具有很强的开发潜力^[4-5]。目前,内生细菌促生作用的研究绝大多数集中在其对自然寄主本身,迄今已从水稻、辣椒、马铃薯等多种作物中筛选到对其自然寄主有促生作用的内生菌^[6-8],但对自然寄主以外的其他植物的促生作用研究很少。菌株 E1R-J 是西北农林科技大学植物病害综合治理实验室从小麦根部分离得到的一株内生枯草芽孢杆菌,前期研究结果表明该菌株能够在小麦根、叶、茎秆等不同部位定殖,并且在温室及大田条件下, E1R-J 对小麦生长及产量有明显的促进作用^[9-10]。本研究拟进一步探索 E1R-J 菌株对白菜、萝卜的促生作用及其机理,为其作为微生物肥料的推广应用奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试植物品种 白菜:秦白 2 号,西北农林科技大学园艺学院蔬菜研究所提供;萝卜:大富领,宁夏巨丰种苗有限公司总经销。

1.1.2 供试菌体 小麦内生枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*) E1R-J 菌株由西北农林科技大学植物病害综合治理实验室提供。

1.1.3 菌体的培养 将供试菌体的新鲜菌落用接菌环挑取 3 环接入含有 150 mL LB 培养液的 250 mL 三角瓶中, 28℃ 下、150 r/min 振荡培养 72 h 后, 13 000 r/min 离心 30 min, 将上清液用细菌过滤器($\Phi=25\ \mu\text{m}$)过滤后得无菌滤液并经过涂皿检测确实无菌后(取无菌滤液涂布于 LB 平板, 培养 48 h, 无任何菌落出现, 表明无菌滤液中不含有活菌体或芽孢), 稀释或不稀释备用; 菌体(沉淀)用等量无菌水制成菌悬液(浓度约为 10^8 CFU/mL), 稀释或不稀释备用。

1.2 试验方法

1.2.1 种子萌发试验 将白菜、萝卜种子在 3.125% NaClO 溶液中消毒 1 min, 用无菌水冲洗 3 次后, 均匀排列在铺有滤纸的培养皿($D=20\ \text{cm}$)中, 每一培养皿放 20 粒种子。将 E1R-J 的菌悬液稀释 10 倍(10^7 CFU/mL)和 100 倍(10^6 CFU/mL), 无菌滤液分别稀释 10 倍和 100 倍, LB 培养液分别稀释 10 倍和 100 倍。每天分别依次吸取菌悬液原液、无菌滤液原液以及各稀释液、LB 培养液原液以及各稀释液 1 mL, 均匀滴于种

子表面(每粒种子 100 μL), 以清水为对照, 每个处理设 3 个重复。将培养皿置于 28℃ 培养箱中培养。每天观察种子萌发情况, 记录萌发率, 测量根长, 并于 7 d 后称量鲜、干质量。

1.2.2 盆栽实验 在种子萌芽试验的基础上, 选取有明显促生作用的处理继续进行温室盆栽试验。把土壤装入直径 12 cm、高 9 cm 的盆钵中, 每盆钵装土 700 g, 然后将白菜、萝卜种子分别均匀种植于以上盆钵中。将 E1R-J 的菌悬液分别稀释 10 倍(10^7 CFU/mL)和 100 倍(10^6 CFU/mL), 并将 E1R-J 无菌滤液原液稀释成 10 倍、100 倍、1000 倍, 以清水为对照。处理组每盆每次用对应稀释液 50 mL 灌根, 对照同时浇灌等量清水; 每个处理 6 盆, 每盆定植 1 株, 共 6 株。灌根时间为: 播种时浇灌 1 次, 播种后 3 d 浇灌第 2 次, 待长出第一片真叶后每隔 7 d 浇灌 1 次, 共 7 次, 种植 45 d 后收获; 观察其生长情况, 并记录各处理出苗数、测量其株高以及称量其鲜、干质量。

1.2.3 小区试验 在前两步试验的基础上进行小区试验。共设 13 个小区, 每个小区面积为(2.0×3.0) m^2 ; 包括 6 个处理: E1R-J 无菌滤液稀释 10 倍、100 倍、1000 倍, E1R-J 菌悬液稀释 10 倍(10^7 CFU/mL)和 100 倍(10^6 CFU/mL), 以清水为对照, 每小区为 1 个处理, 分 5 排, 每排 6 株, 共 30 株。白菜灌根时间为: 播种时浇灌 1 次, 待子叶展开后浇灌第 2 次, 之后分别于连座初期和包心初期浇灌各处理液 100 mL 于对应小区植株上; 萝卜灌根时间为: 播种时浇灌 1 次, 在幼苗生长出 2 片真叶时浇灌第 2 次, 之后分别与“破肚”时和“露肩”时浇灌各处理液 100 mL 于对应小区植株上; 对照组同时浇施等量清水; 种植 100 d 后收获测量株高、根长, 称量鲜、干质量。

1.2.4 E1R-J 菌株处理后白菜叶片内叶绿素含量的变化 根据盆栽试验结果, 分别用 E1R-J 的菌悬液 10 倍(10^7 CFU/mL)稀释液、E1R-J 无菌滤液 10 倍稀释液、LB 培养液 10 倍稀释液、清水处理白菜幼苗, 方法同 1.2.2。分别于播种后 0、7、14、21 和 28 d 取样, 每个处理剪取 3 个叶片, 剪碎混匀后取碎片 1 g。利用丙酮直接浸提法^[11]测定白菜叶片内的叶绿素含量。

1.3 数据分析

数据均使用 SAS 6.12 系统进行方差分析^[12]。

2 结果与分析

2.1 种子萌发试验

通过筛选试验,在 20 多株植物内生细菌中发现小麦内生枯草芽孢杆菌 E1R-J 对白菜、萝卜表现出明显的促生作用,其无菌滤液不同浓度稀释液及菌悬液可提高白菜种子的萌发率,对萝卜种子的萌发率没有明显影响(表 1)。皿内种子萌发试验证明,E1R-J 无菌滤液各稀释液及菌悬液处理的种子比对照晚 1d 左右萌发,但萌发后的根与

幼芽均比对照粗壮。而且经 E1R-J 无菌滤液 10 倍稀释液处理的白菜幼苗与对照相比,根长、苗鲜质量、干物质分别增长 20.55%、17.9% 和 280%;无菌滤液 10 倍稀释液处理的萝卜幼苗根长、苗鲜质量、干物质分别增长 58.97%、18.80%、55.60%。LB 培养基各稀释液对白菜、萝卜种子的萌发没有促生作用,而且 LB 培养基原液和 E1R-J 无菌滤液原液均强烈的抑制白菜萝卜种子的萌发,抑制率为 100%。由此可见,E1R-J 无菌滤液的促生效果与 LB 培养基无关。

表 1 菌株 E1R-J 对白菜、萝卜种子萌发以及幼苗生长的影响

Table 1 The effect of E1R-J strain on seed germination and seedling growth of cabbage and radish

处理 Treatments	白菜 Cabbage				萝卜 Radish			
	萌发率/% Germination rate	根长/cm Root length	鲜质量/mg Fresh weight	干质量/mg Dry weight	萌发率/% Germination rate	根长/cm Root length	鲜质量/mg Fresh weight	干质量/mg Dry weight
E1R-J 无菌滤液	原液	0d	—	—	0c	—	—	—
Cell-free filtrate	10 倍	100 a	19a	46a	8.8a	100a	14a	190a
	100 倍	90 a	13b	38b	7.3b	100a	13a	168b
E1R-J 菌悬液	原液	100 a	7c	36b	6.5c	90a	11b	140c
	10 倍	100a	7c	36b	6.9c	90a	14a	160b
Cell suspension	100 倍	100a	8c	39b	3.7d	90a	12b	132c
	100 倍	100a	8c	39b	3.7d	90a	12b	11b
LB 培养液	原液	0d	—	—	0c	—	—	—
LB Broth	10 倍	70c	4d	34c	6.6c	80b	7c	120d
	100 倍	80b	5d	38b	7.0b	90a	8c	130c
清水对照 Water (CK)		80b	5d	39b	7.3b	90a	9c	160b

注:“—”代表无数据。以上各数据均为 3 次重复平均值,按 Duncan's 新复极差检测($P=0.05$),同一列内相同字母表示处理间无显著差,下同。
Note: “—”no data; The data in the table were means of 3 replications, Data were analyzed with Duncan's method ($P=0.05$). The same letters in the column showed no significant difference.

2.2 盆栽试验

从表 2 可以看出,E1R-J 菌悬液和无菌滤液对萝卜的生长均具有不同程度的促生效果,经 E1R-J 菌悬液原液处理的萝卜与 CK 相比,株高、鲜质量分别增长 23.60%、77.60%,经 E1R-J 无菌滤液 10 倍稀释液处理后,萝卜的株高、鲜质量、干质量分别增长 24.4%、215% 和 159%。而对

于白菜的生长,E1R-J 无菌滤液 10 倍稀释液具有极显著的促生效果,经 E1R-J 无菌滤液 10 倍稀释液处理的白菜与对照相比,株高、鲜质量、干质量分别增长 53%、200%、700%;E1R-J 菌悬液对白菜株高的增长有一定的促进作用。可见,内生枯草芽孢杆菌 E1R-J 的代谢产物中,存在某些能够促进寄主植物生长的物质。

表 2 菌株 E1R-J 对温室盆栽白菜、萝卜生长的影响

Table 2 The effect of E1R-J strain on the growth of cabbage and radish seedlings in the greenhouse

处理 Treatments		白菜 Cabbage			萝卜 Radish			
		株高 /cm Seedling height	鲜质量 /g Fresh weight	干质量 /g Dry weight	株高 /cm Seedling height	鲜质量 /g Fresh weight	干质量 /g Dry weight	
E1R-J 菌悬液/(CFU/mL)	原液	8.16 b	1.60 c	0.26 bc	15.2 a	2.54 b	0.24 b	
	Cell suspension	10 倍	6.28 d	0.92 c	0.20 bcd	13.0 d	1.67 c	0.25 b
		100 倍	6.43 d	1.00 c	0.11 d	11.1 d	1.51 c	0.28 b
E1R-J 无菌滤液	10 倍	11.18 a	4.00 a	1.12 a	15.3 a	4.50 a	0.57 a	
	Cell-free filtrate	100 倍	8.61 bc	1.51 c	1.21bc	14.1 b	2.35 b	0.30 ab
		1000 倍	7.58 cd	1.64 c	0.22 bcd	13.0 bc	1.90 c	0.20 ab
清水对照 Water (CK)		7.29 d	1.33 c	0.14 cd	12.3 cd	1.43 c	0.22 b	

2.3 小区试验

从图1可看出,E1R-J菌悬液对萝卜具有很好的促生效果,经E1R-J菌悬液原液处理的萝卜相对于对照,根长、鲜质量分别增长9.58%、41.7%,10倍稀释液处理的萝卜相对于对照,根长、鲜质量分别增长1.60%、13.71%。从图2可看出,E1R-J无菌滤液稀释液则对白菜具有很好

的促生效果,其中,稀释10倍后使用,株高、鲜质量分别比对照增长4.85%、13.99%;稀释100倍处理白菜,株高比对照增长1.33%。小区试验结果与盆栽试验有相同的趋势但促生效果有一定变化,可能是小区试验受环境、土壤等多种外界条件的影响以及随着生长时间的延长,不同处理的效果得以明显表现,从而使结果有一定的变化。

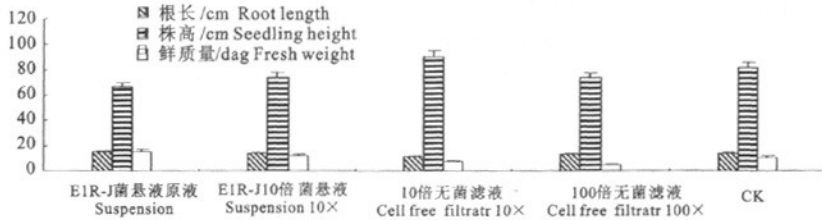


图1 菌株E1R-J不同处理对小区萝卜生长的影响

Fig. 1 The effect of different treatments on the growth of radish in the field

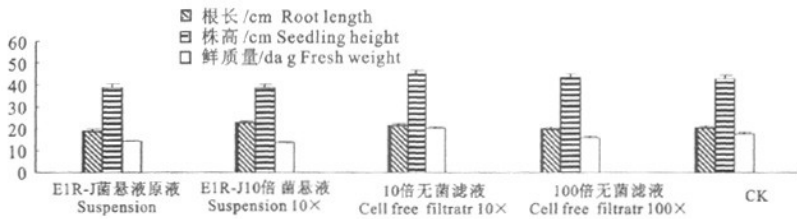


图2 菌株E1R-J不同处理对小区白菜生长的影响

Fig. 2 The effect of different treatments on the growth of cabbage in the field

2.4 菌株E1R-J处理后白菜叶片内叶绿素含量的变化

经不同处理液处理过的白菜幼苗,在移栽后的0~28 d,白菜叶片中的叶绿素含量的变化见图3。可以看出,在刚移栽时,各处理的白菜幼苗中的叶绿素含量大致相同;移栽7d后,经过E1R-J菌悬液10倍和无菌滤液10倍稀释液处理的白菜幼苗与用LB培养液10倍稀释液处理和用清水(CK)处理的白菜幼苗相比,叶绿素含量有明显增加;随着处理时间的延长,经过E1R-J菌悬液10倍和无菌滤液10倍稀释液处理的白菜幼苗中的叶绿素的含量又显著增多,E1R-J无菌滤液10倍稀释液处理过的幼苗,叶绿素增长趋势最为显著,而LB培养液10倍稀释液处理和用清水(CK)处理的白菜幼苗中的叶绿素含量没有明显变化。在移栽后的28 d,E1R-J无菌滤液10倍稀释液处理过的白菜幼苗中的叶绿素含量比对照高出145%,比用LB培养液10倍稀释液处理过的高出98%,比E1R-J菌悬液10倍稀释液处理过的高出30%。由此可见,白菜幼苗经E1R-J无菌滤

液10倍稀释液处理后,无菌滤液中的某些物质有利于促进叶片叶绿素的合成,使白菜幼苗光合作用增强,促进白菜的生长。而经E1R-J菌悬液10倍稀释液处理过后,从菌体在植物内部定殖达到一定的菌量,至某些与叶绿素合成有关的物质的表达,需要经过一段时间,所以在移栽21 d后,经E1R-J菌悬液10倍稀释液处理的白菜叶片内部的叶绿素含量也有显著的增长。

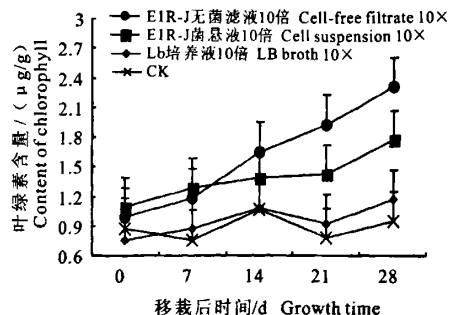


图3 菌株E1R-J不同处理对白菜幼苗叶绿素含量的影响

Fig. 3 The effect of different treatments on the chlorophyll content of cabbage seedlings

3 结论与讨论

自 20 世纪 80 年代,随着人们对微生物制剂的促生作用和无公害农业产品的日益重视,植物根围促生菌(Plant growth promoting rhizobacteria, PGPR)制剂也备受青睐。微生物制剂在最近 20 多年以来发展较快,新产品不断问世^[13]。比如,美国 *Bacillus subtilis* A13 的 PGPR 制剂、*Agrobacterium radiobacter* K84 等均已成功商品化生产,被广泛应用。而植物内生菌对寄主植物有促生、内生固氮、防病、抗虫、抗旱等多方面的生物学作用。Andrews^[14]就内生菌作为生物制剂的优点做了详尽阐述,植物内生菌分布于植物组织内,受到植物的保护,具有良好的生存环境,而且与植物长期生活在一起,可以缓减寄主植物的防卫反应,更易发挥作用。

Liu 等^[9]证明枯草芽孢杆菌(*Acillus subtilis*)E1R-j 菌株分离自小麦,是小麦的内生菌,可在小麦体内定殖,且对小麦具有明显的促生作用。本研究也进一步证实,该菌株的活菌体、无菌培养滤液不同处理对萝卜、白菜均表现出促生效果。对萝卜而言,小区和盆栽试验均表明,菌悬液原液具有明显的促生作用,尤其在小区试验中,E1R-J 菌悬液原液对萝卜的根长、鲜质量的促生效果明显好于无菌滤液。对白菜而言,无论小区试验还是盆栽试验,E1R-J 无菌滤液 10 倍稀释液均表现出显著促生作用。对不同类型的寄主表现出不同的促生效果,说明该菌株的活菌体、无菌培养滤液促生机理可能存在差异,也可能与内生枯草芽孢杆菌 E1R-J 在不同宿主的部位定殖能力等有密切关系。

在内生枯草芽孢杆菌 E1R-J 对白菜生长的促生机理的研究中发现,E1R-J 无菌滤液 10 倍稀释液与 E1R-J 菌悬液 10 倍稀释液均能不同程度地促进白菜叶片中叶绿素含量的增加。叶绿素合成的影响因子有:植物细胞内部的膜系统、酶系统,外部环境中的光照、温度、矿质元素(镁、铁等)、水分和 O₂^[15]。因此,本研究中,在控制的相对一致的外界环境条件下,白菜细胞内部的膜系统、酶系统,白菜对环境中的矿质元素的吸收,就成为影响白菜叶片中的叶绿素合成的关键因子。已有研究表明,促生菌可以产生很多铁载体,增加寄主植物对环境中的铁元素的竞争,从而改善植物的营养。在铁素贫瘠的土壤中这种效果更加明

显^[16];同时,促生菌还可以促进植物对氮、磷等多种营养元素的吸收^[17-18]。因此,内生枯草芽孢杆菌 E1R-J 作用于叶绿素合成的具体部位还需要进一步的研究。

内生菌的促生机理还表现在以下几个方面:一是通过产生吲哚乙酸以及细胞激动素等植物生长激素来促进植物生长^[19],蔡学清等发现用 BS-2 菌株处理的辣椒苗生长更健壮,辣椒苗内与生长有关的激素如 IAA、GA₃ 等含量增加,而抑制植物生长的激素如 ABA 含量下降^[7];二是内生菌可以通过防止植物病害的发生而提高宿主植物的抗逆境生存能力^[20-21],促进植物的生长。许英俊等研究发现生防菌接种后可提高草莓新叶和根系 PPO 活性,产生诱导抗性^[22];张璐等研究发现接种拮抗菌不同程度地提高了黄瓜叶片中 PPO 和 PAL 的活性,使之具有良好的修复和防卫能力,增强了植株对枯萎病的抗性,进而促进黄瓜生长发育^[23]。

对内生枯草芽孢杆菌 E1R-J 对萝卜、白菜的促生作用以及促生机理进行了初步研究,前期试验也证明内生枯草芽孢杆菌 E1R-J 对小麦具有很好的防病增产作用^[24]。已有研究结果表明,E1R-J 是一株集防病、促生于一身的优良菌株,有良好的开发利用前景。因此,在以后的工作中,应该更加深入研究 E1R-J 的促生机制,挖掘其开发利用的潜力,为其在实际生产中的应用提供理论依据与技术指导。

参考文献:

- [1] 李长松. 拮抗菌生物防治植物土传病害的研究进展 [J]. 生物防治通报, 1992, 8(4): 168-172.
- [2] 黄大防. 农业微生物基因工程 [M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [3] Wisniewski M E, Wilson C L. Biological control of post harvest diseases of fruits and vegetables; recent advance [J]. Hort Science, 1992, 27: 94-98.
- [4] Sturz A V, Christie B R, Nowak J. Bacterial entophytes; potential role in developing sustainable systems of crop production [J]. Critical Reviews in Plant Sciences, 2000, 19 (1): 1-30.
- [5] 杨海莲, 孙晓璐, 宋 未. 植物根际促生细菌和内生细菌的诱导抗病性的研究进展 [J]. 植物病理学报, 2000, 30(2): 106-110.
- [6] Adhikari T B, Joseph C M. Evaluation of bacteria isolated from rice for plant growth promotion and biological control of seedling disease of rice [J]. Can. J. Microbiol, 2001, 47: 916-924.

- [7] 蔡学清,何红,胡方平. 内生菌 BS-2 对辣椒苗的促生作用及对内源激素的影响 [J]. 亚热带农业研究, 2005, 1(4): 50-52.
- [8] 田宏先,崔林,王秀英,等. 马铃薯内生促生菌的促生长作用 [J]. 山西农业科学, 2003, 31(1): 28-30.
- [9] Liu B, Qiao H P, Huang L L, et al. Biological control of take-all in wheat by endophytic *Bacillus subtilis* EIR-j and potential mode of action [J/OL]. Biological Control, Online: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.02.007>.
- [10] 乔宏萍,黄丽丽,康振生. 小麦内生细菌及其对根茎部主要病原真菌的抑制作用 [J]. 应用生态学报, 2006, 17(4): 690-694.
- [11] 高俊凤. 植物生理学实验技术 [M]. 西安:世界图书出版社, 2000.
- [12] 胡小平,王长发. SAS 基础及统计实例教程 [M]. 西安:地图出版社, 2001.
- [13] Tandon H L S. Fertilizers, Organic Manures, Recyclable wastes and bio-fertilizers [M]. New Delhi (India): Fertilizer Development and Consultation Organisation, 1992.
- [14] Anderws J H. Biological control in the phyllosphere[J]. Ann Rev. Phytopathol, 1992, 30: 603-605.
- [15] 张继澎. 植物生理学 [M]. 西安:世界图书出版社, 1999.
- [16] Schippers B, Chanwaylm. Interactions of deleterious and beneficial photosphere microorganisms and the effect of cropping practices [J]. Apply Environ Microbiol, 1987, 25: 339-358.
- [17] Sonia E, Fischer Sandra I Fischer, Soledad Magris, et al. Isolation and characterization of bacteria from the rhizosphere of wheat [J]. World J. Microbiol Biotechnol, 2007, 23: 895-903.
- [18] Rodriguez H, Fraga R. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion [J]. Biotech Adv., 1999, 17: 319-339.
- [19] 刘健,李俊,葛城. 微生物肥料作用机理的研究新进展 [J]. 微生物杂志, 2001, 21(1): 33-37.
- [20] 黄晓东,李尚宁. 植物促生菌及其促生机理 [J]. 现代化农业, 2002, 276(7): 7, 13-15.
- [21] Lugtenberg B J, Bloemberg G V, Bolwerk A, et al. Biocontrol of pathogens. In: Tikhonovich I, Lugtenberg BJJ, Provovov N (eds) Biology of plant-microbe interactions [M]. International Society for Molecular Plant-Microbe Interactions, St Paul, Minnesota, USA, 2004: 305-309.
- [22] 许英俊,薛泉宏,邢胜利,等. 3 株放线菌对草莓的促生作用及对 PPO 活性的影响 [J]. 西北农业学报, 2007(6): 34-36.
- [23] 张璐,杜秉海,魏珉. 黄枯枯萎病拮抗菌的生防效果及其对植物生长代谢的影响 [J]. 山东农业科学, 2007(4): 89-92.
- [24] 乔宏萍. 小麦内生细菌对小麦全蚀病的生物防治研究 [D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2006.

(上接第 200 页)

- [5] 何 鹏,吴初梅,符永兴.“妃子笑”荔枝果实发育与温度关系的初步分析[J]. 中国农业气象,2008(293):320-324.
- [6] 欧世金,朱建华,彭宏祥,等.花后温度和湿度条件对台农1号芒果坐果率的影响[J]. 果树学报,2007,24(3):334-338.
- [7] 齐维强,贺超兴,张志斌,等.温室番茄繁殖器官消长动态与有效积温的关系研究[J]. 陕西农业科学,2004(2):20-22.
- [8] 李 瑛,阎殿海,安成立,等.小麦优质高产栽培数学模型研究[J]. 西北农业学报,2008,17(2):86-89.
- [9] 陈为真,汪秉文,胡晓姬.多因子预测模型在连续梁桥中的应用[J]. 重庆大学学报,2009,32(3):353-362.
- [10] 王 静,叶冬青.多个二项反应变量多层次因子分析模型的原理及应用[J]. 中国卫生统计,2008,2(25):22-25.
- [11] 山东农业大学主编.蔬菜栽培学各论(北方本)第三版
- [12] 李建明,邹志荣,黄 志.温光驱动甜瓜幼苗指数模型研究[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2008,36(1):149-152.
- [13] 陈新伟.番茄花粉活力及坐果率对环境温度变化的反应[J]. 园艺学报,1996,23(4):392-394.
- [14] 倪纪恒,罗卫红,李永秀,等.温室番茄干物质分配与产量的模拟分析[J]. 应用生态学报,2006(175):811-816.
- [15] 陈年来,王 刚,陶永红.甜瓜叶系统发展动态研究[J]. 西北植物学报,2003,23(4):615-621.
- [16] 刘雪松,刘贞琦.烟苗各器官的生长模型[J]. 贵州农学院学报,1993,12(1):127.
- [17] 曹卫星,罗卫红.作物系统模拟及智能管理[M]. 北京:高等教育出版社,2000.

刊名: [西北农业学报](#) [ISTIC](#) [PKU](#)
英文刊名: [ACTA AGRICULTURAE BOREALI-OccIDENTALIS SINICA](#)
年, 卷(期): 2009, 18(6)
被引用次数: 1次

参考文献(24条)

1. 李长松 [拮抗细菌生物防治植物土传病害的研究进展](#) 1992(04)
2. 黄大昉 [农业微生物基因工程](#) 2001
3. Wisniewski M E;Wilson C L [Biological control of post harvest diseases of fruits and vegetables;recent advance](#) 1992
4. Sturz A V;Christie B R;Nowak J [Bacterial entophytes;potential role in developing sustainable systems of crop production](#)[外文期刊] 2000(1)
5. 杨海莲;孙晓璐;宋未 [植物根际促生细菌和内生细菌的诱导抗病性的研究进展](#)[期刊论文]-[植物病理学报](#) 2000(02)
6. Adhikari T B;Joseph C M [Evaluation of bacteria isolated from rice for plant growth promotion and biological control of seedling disease of rice](#) 2001
7. 蔡学清;何红;胡方平 [内生菌BS-2对辣椒苗的促生作用及对内源激素的影响](#)[期刊论文]-[亚热带农业研究](#) 2005(04)
8. 田宏先;崔林;王秀英 [马铃薯内生促生菌的促生长作用](#)[期刊论文]-[山西农业科学](#) 2003(01)
9. Liu B;Qiao H P;Huang L L [Biological control of take-all in wheat by endophytic Bacillus subtilis E1R-j and potential mode of action](#) 2009
10. 乔宏萍;黄丽丽;康振生 [小麦内生细菌及其对根茎部主要病原真菌的抑制作用](#)[期刊论文]-[应用生态学报](#) 2006(04)
11. 高俊凤 [植物生理学实验技术](#) 2000
12. 胡小平;王长发 [SAS基础及统计实例教程](#) 2001
13. Tandon H L S [Fertilizers, Organic Manures, Recyclable wastes and bio-fertilizers](#) 1992
14. Anderws J H [Biogical control in the phylloshere](#) 1992
15. 张继澎 [植物生理学](#) 1999
16. Schippers B;Chanwaylm [Interactions of deleterious and beneficial photosphere microorganisms and the effect of cropping practices](#) 1987
17. Sonia E;Fischer Sandra I Fischer;Soledad Magris [Isolation and characterization of bacteria from the rhizosphere of wheat](#) 2007
18. Rodriguez H;Fraga R [Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion](#)[外文期刊] 1999
19. 刘健;李俊;葛城 [微生物肥料作用机理的研究新进展](#)[期刊论文]-[微生物学杂志](#) 2001(01)
20. 黄晓东;季尚宁 [植物促生菌及其促生理理](#)[期刊论文]-[现代化农业](#) 2002(07)
21. Lugtenberg B J;Bloemberg G V;Bolwerk A [Biocontrol of pathogens. In:Tikhonovich I, Lugtenberg BJJ, Provorov N \(eds\) Biology of plant-microbe interactions](#) 2004

22. [许英俊;薛泉宏;邢胜利](#) [3株放线菌对草莓的促生作用及对PPO活性的影响](#)[期刊论文]-[西北农业学报](#) 2007 (06)
23. [张璐;杜秉海;魏珉](#) [黄瓜枯萎病拮抗菌的生防效果及其对植物生长代谢的影响](#)[期刊论文]-[山东农业科学](#) 2007 (04)
24. [乔宏萍](#) [小麦内生细菌对小麦全蚀病的生物防治研究](#) 2006

本文读者也读过(10条)

1. [李晓锋. 朱玉英. 侯瑞贤. 朱红芳](#) [白菜单株产量与相关农艺性状的灰色关联度分析初探](#)[期刊论文]-[江苏农业科学](#) 2010 (5)
2. [刘洋](#) [葡萄国内套种“大蒜-夏白菜-普通白菜”](#)[期刊论文]-[北方园艺](#)2009 (4)
3. [脲菌酯与戊唑醇不同配比对白菜黑斑病菌的毒力测定](#)[期刊论文]-[菌物研究](#)2009, 7 (3)
4. [姜新. 张立刚. 王雪菁](#) [腐殖酸型水溶肥料在大白菜上的肥效小区试验](#)[期刊论文]-[吉林农业C版](#)2010 (7)
5. [颜冬云. 张民](#) [控释复肥对盆栽白菜生长发育的影响](#)[期刊论文]-[山东农业科学](#)2003 (3)
6. [陈阳. 吴晓华. 陈晟](#) [春白菜品种比较试验](#)[期刊论文]-[福建农业科技](#)2009 (4)
7. [洪鹏翔](#) [Bt杀虫基因vip3A \(a\) 转化芽孢杆菌TB2的研究](#)[学位论文]2007
8. [徐幼平. 臧荣春. 陈卫良. 娄沂春. XU You-Ping. ZANG Rong-chun. CHEN Wei-liang. LOU Yi-chun](#) [阴沟肠杆菌B8发酵液对植物的促生作用和IAA分析](#)[期刊论文]-[浙江大学学报\(农业与生命科学版\)](#) 2001, 27 (3)
9. [郭敏. 韩鹏飞. 陈琳. 朱晓芳. 宗良纲](#) [不同调控措施对酸性土壤中白菜生长的影响](#)[期刊论文]-[江苏农业科学](#) 2010 (2)
10. [陈晓斌. 张炳欣. 楼兵干. M. H. Ryder. 许志刚. CHEN Xiao-Bin. ZHANG Bing-Xin. LOU Bing-Gan. M. H. Ryder. XU Zhi-Gang](#) [BIOLLOG系统鉴定黄瓜根围促生菌的初步研究](#)[期刊论文]-[微生物学通报](#)2000, 27 (6)

引证文献(1条)

1. [胡青平. 徐建国. 程丽萍. 李斌. 马晓山. 田呈瑞](#) [枯草芽孢杆菌QM3浸种后对小麦种子萌发过程中形态指标的影响](#)[期刊论文]-[中国微生态学杂志](#) 2011 (7)

引用本文格式: [内生枯草芽孢杆菌E1R-J对萝卜、白菜促生作用](#)[期刊论文]-[西北农业学报](#) 2009 (6)