

放线菌对棉花幼苗生长及抗旱能力的影响*

陈 秦¹,薛泉宏¹,申光辉²,薛 磊²,
段春梅¹,王玲娜²,赵 娟²,毛 宁¹

(1.西北农林科技大学 资源环境学院,陕西杨凌 712100;2.西北农林科技大学 生命科学学院,陕西杨凌 712100)

摘 要:采用种衣剂包衣接种及盆栽生物试验研究了放线菌对棉种发芽、棉苗抗旱能力、光合能力及生长能力的影响。结果表明:①单用放线菌剂做种衣剂,棉种的发芽势与发芽率分别提高了 11.75%与 7.41%;单用保水剂做种衣剂,棉种的发芽势、发芽率分别降低了 17.65%与 14.81%;二者混合做种衣剂,对棉种的发芽势和发芽率影响不大。②单用放线菌作种衣剂,棉苗在第 10 天和第 20 天时的萎蔫率分别较对照降低了 43.48%和 92.86%,其降低幅度随着棉苗苗龄增加而增强;单用保水剂作种衣剂,棉苗的萎蔫率在第 10 天和第 20 天时较对照分别降低了 56.52%和 28.57%,其降低幅度随着棉苗苗龄增加而减弱。③放线菌对棉花幼苗真叶面积、叶片绿色度和棉花幼苗生物量的菌剂效应分别约为保水剂效应的 8 倍、2 倍和 4 倍,保水剂对棉苗根系生长表现出抑制作用。供试放线菌制剂作为棉花种衣剂能显著促进棉苗生长并提高抗旱能力,与保水剂以适宜比例混合时,也表现出良好的效果。菌剂效果优于保水剂。

关键词:棉花;放线菌;保水剂;种衣剂;连作障碍

中图分类号:S114.2 文献标识码:A 文章编号:1004-1389(2010)08-0084-06

Effect of Actinomyces Seed Coating Agent on
Cotton Growth and Drought Resistance

CHEN Qin¹,XUE Quanhong¹,SHEN Guanghui²,XUE Lei²,
DUAN Chunmei¹,WANG Lingna²,ZHAO Juan² and MAO Ning¹

(1. College of Resources and Environment,Northwest A&F University,Yangling Shaanxi 712100,China;
2. College of Life Sciences,Northwest A&F University, Yangling Shaanxi 712100,China)

Abstract: The study was to research the effect of germination, drought-resistance, photosynthesis and biomass on cotton of inoculating with actinomycetes,using seed coating agent and potting experimental. The results showed as follows: (1)Inoculating with actinomycetes, germination energy and germination percentage increased 11.75% and 7.41% separately, and single water absorbent made that decreased 17.65% and 14.81% separately. (2)Inoculating with actinomycetes,the wilting percentage of cotton decreased 43.48% and 92.86% separately in 10 d and 20 d, the effect increased with cotton growth; water absorbent t decreased he wilting percentage of cotton 56.52% and 28.57% separately in 10 d and 20 d, the effect decreased with cotton growth. (3)Actinomycetes increased leaf area, SPAD value and biomass 8 times, 2 times and 4times than water absorbent separately. Actinomycetes can increased cotton biomass and drought resistances significantly, and still showed the same results when mixed with water absorbent; Actinomycetes was better than water absorbent.

Key words: Cotton; Bio-control Actinomycetes; Water Absorbent; Seed Coating Agent; Continuous Cropping Obstacles

* 收稿日期:2010-03-02 修回日期:2010-05-05
基金项目:“十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD05B07)。
第一作者:陈 秦,女,主要从事微生物资源利用研究。E-mail: chenqin19840915@163.com
通讯作者:薛泉宏,男,教授,主要从事微生物生态与资源利用研究。E-mail: xuequanhong@nwsuaf.edu.cn

棉花是关系国计民生的重要经济作物,在国民经济中具有重要地位。在中国新疆等优质棉种植区,棉花连作障碍日趋严重,严重影响棉花产业发展^[1-3]。微生物修复有望从源头上控制棉花连作障碍^[4-5]。在连作障碍的微生物修复技术中,生防菌的施用方式决定着修复效果及其能否在生产中推广。在新疆棉区,棉花采用机械化播种,如能将微生物菌剂作为种衣剂使用则可在生产上大面积推广。放线菌制剂蘸根接种和拌土接种对辣椒、草莓及西瓜的促生抗病作用与微生态效应已有研究^[6-9],但放线菌剂包衣接种对棉花生长有无影响尚不清楚。另外,聚丙烯酰胺保水剂吸水能力强,无毒副作用,可反复释水、吸水,对提高作物抗旱性有一定作用。为了探索改善棉花种子周围微环境水分状况对放线菌促生效应的影响,本试验研究了放线菌、保水剂单独包衣及混合包衣时对棉花幼苗的促生及抗旱作用,旨在为放线菌作为棉花种衣剂使用的可行性供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

棉花品种为新陆早 17 号;保水剂为聚丙烯酰胺。

盆栽土取自杨凌农田耕层土壤,除去石子和草根后过筛,并添加尿素和磷酸氢二钾作底肥每公斤土中加入 N:0.09 g,P₂O₅ 0.16 g,K₂O 0.11 g),充分拌匀,每盆装土量为 1.5 kg。

生防菌剂为放线菌的固态发酵产物,粉状,所用放线菌为 Act7,分离自青藏高原土壤,经 16S rRNA 序列测定为球孢链霉菌(*Streptomyces globisporus*)。该菌所产抗菌活性物质,对棉花黄萎、枯萎及立枯病菌有较强抑制作用,并有明显的促生功能。现保藏于西北农林科技大学微生物资源研究室。

将菌剂和保水剂按照表 1 比例配制,得到 5 种种衣剂,1、2 号种衣剂分别为纯保水剂、纯放线菌剂,3、4、5 号种衣剂为放线菌剂与保水剂按不同质量比混合得到的混合种衣剂。

1.2 方法

1.2.1 包衣 挑取优良的棉种,按照每公斤种子 250 mL 胶结剂的配比,向其中加入 6 g/L 的 CMCNa 溶液做为包衣胶结剂;将表面均匀粘附

胶结剂的棉种放入盛有种衣剂的容器中,摇动容器使棉花种子在容器中滚动,使种衣剂均匀附着在棉种表面;过筛,自然风干后待用。种衣剂包裹量约为每粒 89.5 mg。

表 1 不同处理种衣剂组成

Table 1 Composition of the seed coating agent in different treatment			
处理 Treatment	m(菌剂):m (保水剂)m (Actinomycetes): m(Water absorbent)	处理 Treatment	m(菌剂):m (保水剂)m (Actinomycetes): m(Water absorbent)
1	0:1	4	1:1
2	1:0	5	3:1
3	1:3		

试验共设 6 个处理,CK 仅包裹胶结剂 CMC-Na;其余 5 个处理分别包裹 5 种种衣剂,种衣剂编号与处理编号一致,每个处理重复 10 盆,每盆 3 粒。

1.2.2 发芽势和发芽率计算 以子叶展开为发芽标准,分别在第 4 天、第 12 天测棉种发芽势和发芽率,计算公式^[10]为:发芽势=4 d 发芽数/种子数×100%;发芽率=12 d 发芽数/种子数×100%。

1.2.3 抗旱能力 在出苗第 10 天和 20 天时,连续 5 d 不浇水,设置 2 次干旱胁迫,观察在干旱胁迫下不同处理棉苗的萎蔫情况。

1.2.4 光合能力 选取健康植株的第 1 片新叶,测定叶片长宽最大值,以其乘积作为叶片面积;用 SPAD-502 型叶绿素含量测定仪测定同一片叶的 SPAD 值。

1.2.5 生物学指标 用采样铲将棉苗轻轻挖出,用水冲去根系上的土壤及植株表面尘土,以获得带有完整根系的植株;用吸水纸吸干植株表面水分,然后将其从第一个须根生长出的位置处剪下,分别测量植株的茎高和根长,同时称出根质量、茎质量和植株总质量。

1.2.6 种衣剂处理效应计算 种衣剂效应 Δ =(处理-对照)/对照×100%;菌剂效应 A=(混合种衣剂处理-保水剂处理)/保水剂处理×100%;保水剂效应 W=(混合种衣剂处理-菌剂处理)/菌剂处理×100%。

1.2.7 数据分析 试验数据使用 DPS(6.55)数据分析软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 种衣剂对棉种发芽势和发芽率的影响

2.1.1 发芽势 由表 2 可知,单用放线菌做种衣剂,发芽势增加了 11.75%;单用保水剂做种衣剂,发芽势降低了 17.65%,表明菌剂对棉种的发芽势有促进作用,保水剂则起抑制作用。

在保水剂和菌剂混合制备的 3 种种衣剂中,菌剂效应 $\angle A\%$ 均为正值,表明在混合种衣剂中菌剂同样对棉种的发芽势起促进作用,其促进效应随着菌剂在混合种衣剂中比例的增加而增强。

如在 3、4 及 5 号种衣剂中,菌剂所占比例分别为 25%、50% 及 75%,菌剂对发芽势的效应 $\angle A$ 分别为 21.43%、21.43% 及 28.56%。与纯菌剂相比,在 3 种混合种衣剂中,保水剂效应 $\angle W$ 均为负值,表明在混合种衣剂中,保水剂同样对棉种的发芽势起抑制作用,其抑制效应随着保水剂在种衣剂中比例的减小而减弱。如在 3、4 及 5 号种衣剂中,保水剂所占比例分别为 75%、50% 及 25%,保水剂的抑制效应 $\angle W$ 分别为 -10.52%、-10.52% 及 -5.26%。

表 2 不同处理棉种的发芽势和发芽率
Table 2 Germination energy and germination rate in different treatments

处理 Treatment	发芽势/% Germination energy				发芽率/% Germination percentage			
	$\bar{X}$	$\angle$	$\angle A$	$\angle W$	$\bar{X}$	$\angle$	$\angle A$	$\angle W$
CK	56.67	—	—	—	90.00	—	—	—
1	46.67	-17.65	—	—	76.67	-14.81	—	—
2	63.33	11.75	—	—	96.67	7.41	—	—
3	56.67	0.00	21.43	-10.52	86.67	-3.70	13.04	-10.34
4	56.67	0.00	21.43	-10.52	93.33	3.70	21.73	-3.46
5	60.00	5.88	28.56	-5.26	96.67	7.41	26.09	0.00

注:CK 仅包裹胶结剂 CMCNa。
Note:CK only coated cementing agent CMCNa.

2.1.2 发芽率 由表 2 可知,单用放线菌作种衣剂,发芽率增加了 7.41%;单用保水剂作种衣剂,发芽率降低了 14.81%,表明菌剂对棉种的发芽率有促进作用,保水剂则起抑制作用。

在保水剂和菌剂混合制备的 3 种种衣剂中,菌剂效应 $\angle A$ 均为正值,表明在混合种衣剂中,菌剂同样对棉种的发芽率起促进作用,其促进效应随着菌剂在混合种衣剂中比例的增加而增强。如在 3、4 及 5 号种衣剂中,菌剂所占比例分别为

25%、50% 及 75%,菌剂的效应 $\angle A$ 分别为 13.04%、21.73% 及 26.09%。与菌剂相比,在 3 种混合种衣剂中,保水剂效应 $\angle W$ 均为负值,表明在混合种衣剂中,保水剂同样对棉种的发芽率起抑制作用,其抑制效应随着保水剂在种衣剂中比例的减小而减弱。如在 3、4 及 5 号种衣剂中,保水剂所占比例分别为 75%、50% 及 25%,保水剂的抑制效应 $\angle W$ 分别为 -10.34%、-3.46% 及 0。

表 3 不同处理棉种在水分胁迫条件下的萎蔫情况
Table 3 The wilting situation under water stress in different treatments

处理 Treatment	第 10 天 10th day			第 20 天 20th day		
	萎蔫株数 Wilting plants	萎蔫率/% Wilting percentage	$\angle$ / %	萎蔫株数 Wilting plants	萎蔫率/% Wilting percentage	$\angle$ / %
CK	23	76.67	—	14	46.67	—
1	10	33.33	-56.52	10	33.33	-28.57
2	13	43.33	-43.48	1	3.33	-92.86
3	13	43.33	-43.48	7	23.33	-50.00
4	8	26.67	-65.22	8	26.67	-42.86
5	9	30.00	-60.87	9	30.00	-35.71

2.2 放线菌对棉花幼苗抗旱能力的影响

由表 3 可知,单用保水剂、菌剂作种衣剂时,棉花在干旱条件下的平均萎蔫率分别降低了 45.95%、62.16%,即单用菌剂包衣对棉苗抗旱能力的提高幅度优于保水剂。

单用菌剂作种衣剂时,棉苗在第 10 天和第 20 天时的萎蔫率分别较对照降低了 43.48%和 92.86%,其降低幅度随着棉苗的苗龄增加而增强;单用保水剂作种衣剂,棉苗的萎蔫率在第 10 天和第 20 天时较对照分别降低了 56.52%和 28.57%,其降低幅度随着棉苗苗龄增加而减弱。

在保水剂和菌剂混合制备的 3 种种衣剂中,其种衣剂效应 Δ 均为负值,表明在水分胁迫条件下,由菌剂和保水剂按的不同比例混合而成的种衣剂均可抑制棉苗萎蔫,提高棉花幼苗的抗旱性。如在 3、4 及 5 号种衣剂中,随着菌剂所占比例提高,种衣剂对萎蔫率的降低幅度随棉花的苗龄而异,在第 10 天时,随菌剂比例增加,由种衣剂导致的萎蔫率的降低幅度有所增大,与菌剂所占比例 25%、50%及 75%对应的萎蔫率的降低幅度分别

为 43.48%、65.22%和 60.87%,说明混合种衣剂产生的抗旱作用与菌剂关系密切;在第 20 天时,则呈相反趋势,即随菌剂比例增加,由种衣剂导致的萎蔫率的降低幅度略有降低,与菌剂所占比例 25%、50%及 75%对应的萎蔫率的降低幅度分别为 50.00%、42.86%及 35.71%。

2.3 放线菌对棉花幼苗光合能力的影响

2.3.1 真叶面积 由表 4 可知,2 号和 4 号种衣剂对棉苗真叶面积的增加效应达到了差异显著水平,1 号、3 号及 5 号种衣剂对棉苗真叶面积的增加效应差异不显著。

单用菌剂、保水剂作种衣剂时,棉苗的真叶面积分别增加了 26.19%、3.23%,即菌剂能够更有效增加棉苗的真叶面积。在保水剂和菌剂混合制备的 3 种种衣剂中,菌剂效应 ΔA 均为正值,保水剂效应 ΔW 均为负值,表明在混合种衣剂中,菌剂同样对棉苗的真叶面积起促进作用,而保水剂则起抑制作用。其中 4 号种衣剂棉苗真叶面积增率 Δ 为 25.33%,约为 3、5 号种衣剂的 2 倍。

表 4 不同处理棉苗真叶的光和能力
Table 4 Photosynthesis ability of cotton leaf in different treatments

处理 Treatment	叶片面积 Leaf area				SPAD			
	$\bar{X}$ /mm ²	Δ /%	ΔA /%	ΔW /%	$\bar{X}$	Δ /%	ΔA /%	ΔW /%
CK	1054 b	—	—	—	39.62 b	—	—	—
1	1088 ab	3.23	—	—	40.44 ab	2.07	—	—
2	1330 a	26.19	—	—	41.63 a	5.07	—	—
3	1171 ab	11.10	7.63	—11.95	43.29 a	9.26	7.05	3.99
4	1321 a	25.33	21.42	—0.68	39.57 a	—0.13	—2.15	—4.95
5	1174 ab	11.39	7.9	—11.73	42.74 a	7.87	5.69	2.67

2.3.2 叶片绿色度 由表 4 可知,2 号、3 号、4 号及 5 号种衣剂对棉苗真叶面积的增加效应达到了差异显著水平,而单纯施用保水剂的 1 号种衣剂对棉苗真叶面积的增加效应差异不显著。

单用菌剂、保水剂作种衣剂时,棉苗真叶绿色度分别增加了 5.07%、2.07%。即菌剂能够有效增加真叶叶片绿色度。在保水剂和菌剂混合制备的 3 种种衣剂中,除 4 号种衣剂叶片绿色度略有下降外,3、5 号种衣剂叶片绿色度的增率 Δ 分别为 9.26%、7.87%,其中菌剂的增率 ΔA 分别为 7.05%、5.69%。

2.4 放线菌对棉花幼苗生物学性状的影响

2.4.1 株高 由表 5 可知,2 号和 4 号种衣剂对棉苗株高的增加效应达到了差异显著水平,1 号、3 号及 5 号种衣剂对棉苗株高的增加效应差异不显著。

单用菌剂、保水剂作种衣剂时,棉花株高分别增加了 7.31%、3.38%,即菌剂能够有效增加棉苗的株高。在保水剂和菌剂混合制备的 3 种种衣剂中,棉花的株高平均增加了 5.28%,表明混合种衣剂也可有效增加棉苗的株高。其中 4 号种衣剂的株高增率 Δ 为 8.52%,菌剂在 4 号种衣剂中的增率 ΔA 为 4.96%。

2.4.2 根长 由表 5 可知,各处理对棉苗株高的

增加效应均差异不显著。单用菌剂作种衣剂时,棉花根长增加了 0.42%,影响不大;单用保水剂作种衣剂时,棉花根长减少了 8.81%。在保水剂和菌剂混合制备的 3 种种衣剂中,随着混合种衣

剂中菌剂比例增加,菌剂对棉花根长生长的促进作用减弱,如在 3、4、5 号种衣剂中,菌剂对根长的增率△A 分别为 12.92%、8.18%及 4.18%。

表 5 不同处理棉苗株高和根长
Table 5 Plant height and root length of cotton in different treatments

处理 Treatment	株高 Plant height				根长 Root length			
	$\bar{X}$ /cm	△/%	△A/%	△W/%	$\bar{X}$ /cm	△/%	△A/%	△W/%
CK	9.16b	—	—	—	11.80a	—	—	—
1	9.47ab	3.38	—	—	10.76a	−8.81	—	—
2	9.83a	7.31	—	—	11.85a	0.42	—	—
3	9.53ab	4.04	0.63	−3.05	12.15a	2.97	12.92	2.53
4	9.94a	8.52	4.96	1.12	11.64a	−1.36	8.18	−1.77
5	9.46ab	3.28	−0.11	−3.76	11.21a	−5.00	4.18	−5.40

2.4.3 根鲜质量 由表 6 可知,单用菌剂做种衣剂时棉花根质量的增加效应达到差异显著水平,棉花根质量平均增加 17.31%。其他各处理差异均不显著。单用保水剂做种衣剂时根质量平均降低了 13.46%。在保水剂和菌剂混合制备的 3 种

种衣剂中,4 号种衣剂对根系质量的增率△%为 19.23%,其中,菌剂对根系质量的增率△A%为 37.78%,约为 3、5 号菌剂的 2 倍,表明菌剂与保水剂在适宜比例混合时,菌剂对根系质量的促进作用最强。

表 6 不同种衣剂处理单株棉苗生物量
Table 6 Biomass of cotton in different treatments

处理 Treatment	茎质量 (g/株) Stem weight	根质量 Root weight				总生物量 Biomass			
		$\bar{X}$ /(g/株)	△/%	△A/%	△W/%	$\bar{X}$ /(g/株)	△/%	△A/%	△W/%
CK	1.17b	0.52c	—	—	—	1.63b	—	—	—
1	1.26ab	0.45bc	−13.46	—	—	1.71ab	4.91	—	—
2	1.38a	0.61ab	17.31	—	—	1.99a	22.09	—	—
3	1.24ab	0.53abc	1.92	17.78	−13.11	1.77ab	8.59	3.51	−11.06
4	1.29ab	0.62a	19.23	37.78	1.64	1.91a	17.18	11.70	−4.02
5	1.21ab	0.52abc	0	15.56	−14.75	1.73ab	6.13	1.17	−13.07

2.4.4 植株总鲜质量 由表 6 可知,2 号和 4 号种衣剂对棉苗植株总鲜质量的增加效应达到了差异显著水平,1 号、3 号及 5 号种衣剂对棉苗植株总质量的增加效应差异不显著。

单用菌剂、保水剂作种衣剂时,棉花植株总鲜质量分别增加了 22.09%、4.91%。说明菌剂较保水剂而言可更有效的促进植株生物量的增加。在保水剂和菌剂混合制备的 3 种种衣剂中,菌剂效应 A △均为正值,对棉花总鲜质量表现促进作用;保水剂效应△W 均为负值,表现出抑制作用。3 号种衣剂中,菌剂和保水剂的比例为 1∶1,此时种衣剂的增率△为 17.18%,约分别为 3、5 号

种衣剂的 2、3 倍,其中菌剂的增率△A 约分别为 3、5 号种衣剂的 4、10 倍,表明在适宜的菌剂和保水剂的比例时,种衣剂的促生效果最明显。

3 讨论

本研究发现,放线菌剂包衣接种时除表现出促生作用外,能显著提高棉花的抗旱性,放线菌对棉花抗旱性的增强效果优于聚丙烯酰胺保水剂。供试放线菌制剂单独或按适宜比例与保水剂混合接种,可有效提高棉种发芽势、发芽率,显著促进棉花幼苗生长及根系发育,并能有效提高棉花幼苗的抗旱能力,菌剂和保水剂按 1∶1 混合而成的

种衣剂效果较佳;保水剂作种衣剂也可以提高棉花幼苗的抗旱能力,对光合能力和总生物量也有一定促进作用,但会同时降低棉种的发芽势和发芽率,对棉花根系生长也表现出一定的抑制作用。

关于生防放线菌诱导植株产生抗性,促进植株生长,改良病害土壤等方面已有不少报道。周永强等^[9]研究发现,生防放线菌能够促使西瓜根域土壤由真菌型向细菌型转变,可在西瓜根域形成含有大量拮抗性放线菌、可抗御西瓜枯萎菌等土传病害致病菌的生物屏障。许英俊等^[8]研究发现生防菌能显著促进草莓根系发育及茎叶生长,并使草莓产生诱导抗性。本研究表明放线菌剂对棉花幼苗具有明显促生作用;同时首次发现,供试生防菌剂单独使用或与保水剂以适宜比例混合,均能显著提高棉花幼苗的抗旱能力,这可能与生防放线菌促进棉苗根系生长有关;本研究还发现,单用菌剂作种衣剂时,其对棉苗抗旱能力的提高效应随着棉苗苗龄增加而增强,但其详细机理尚待研究。目前尚无生防放线菌提高植株抗旱能力的报道。

马晓娣等^[10]研究发现,在鸡冠花育苗时,用保水剂对鸡冠花种子进行包衣和造粒,可有效促进种子的萌发和幼苗生长。高会东等^[12]报道,应用1%~2%的保水剂溶液对花生种子涂层包衣,可促进种子早生快发,出苗率提高。李布青、向晓明等^[12-13]报道,用抗旱包衣剂对小麦种子进行包衣处理,对小麦的出苗及生长发育有明显的促进作用。但本研究发现,用保水剂作棉花种衣剂,会降低棉种的发芽率和发芽势,同时对幼苗根系的生长也表现出一定的抑制作用。究其原因,可能是保水剂做种衣剂时会与棉花种子争夺水分,在土壤水分供应不足时,抑制棉种的吸水萌发及幼苗对水分的吸收,使其发芽势和发芽率降低,其详细机理尚不清楚。

供试放线菌 Act7 为球孢链霉菌(*Streptomyces globisporus*),由本研究室分离筛选自青藏高

原土壤。该菌所产抗菌活性物质对棉花黄、枯萎及立枯病菌有较强抑制作用,并刺激棉花发育,对棉花具有显著的防病促生作用,可作为棉花连作障碍微生物修复剂用菌进行深入研究。

参考文献:

[1] 马 存,简桂良,陈 其,等.我国棉花抗黄萎病育种现状及对策[J].中国农业科学,1997,30(2):58-64.

[2] Jian G L, Ma C, Zhang C L, *et al.* Advances in cotton breeding for resistance to Fusarium and Verticillium wilt in the last fifty years in China [J]. Agricultural Sciences in China, 2003, 2(3): 280-288.

[3] 简桂良,邹亚飞,马 存.棉花黄萎病连年流行原因及对策[J].中国棉花,2003,30(3):13-14.

[4] 薛泉宏,同延安.土壤生物退化及其修复技术研究进展[J].中国农业科技导报,2008,10(4):28-35.

[5] 白 霜,薛泉宏,赵邑尘,等.新疆棉区不同含盐土壤棉花健株与黄萎病株根区放线菌研究[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2009,39(7):183-190.

[6] 张晓鹿,薛泉宏,郭志英,等.混合接种对辣椒疫病生防菌定殖、辣椒生长及诱导抗性的影响[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2008,36(4):151-158.

[7] 梁军锋,薛泉宏,牛小磊,等.7株放线菌在辣椒根部定殖及对辣椒叶片 PAL 与 PPO 活性的影响[J].西北植物学报,2005,25(10):2118-2123.

[8] 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,2007,16(6):146-153.

[9] 周永强,薛泉宏,杨 斌,等.生防放线菌对西瓜根域微生态的调整效应[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2008,36(4):143-150.

[10] 张鹤云,姚 成,吴爱琼.不同温度对棉种发芽的影响[J].中国棉花,2001,28(12):14-15.

[11] 马晓娣,孙玉霞,黄美玉,等.保水剂在鸡冠花育苗和移栽中的应用研究[J].安徽农业科学,2007,35(3):706-707.

[12] 高会东,杜彩云,梁伟玲.保水剂对夏花生种子萌发和植株生长的影响[J].河南农业科学,2006,(10):36-37.

[13] 李布青,郭肖颖,何传龙.抗旱保水剂在小麦种子包衣上的应用[J].安徽农业科学,2004,32(6):1131-1132.

[14] 向晓明,刘作新,郑昭佩.保水剂包衣对春小麦出苗及产量的影响[J].中国农学通报,2001,17(3):38-40.