

施用有机无机养分对生防放线菌数量的影响

曹书苗¹, 薛泉宏¹, 邢胜利²

(1 西北农林科技大学, 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2 陕西省农技推广总站, 陕西 西安 710003)

[摘要] **【目的】**探索施肥途径增加生防放线菌数量的可行性。**【方法】**采用室内模拟试验,研究了自然和灭菌条件下,无机肥、有机肥、草木灰及腐植酸对土壤中接入生防放线菌 Act11、Act12 数量的影响。**【结果】**①自然和灭菌条件下,加入的养分对土壤中接入生防放线菌繁殖数量均有一定的影响。②自然条件下,不同用量的有机肥、无机肥、腐植酸和草木灰,对 Act11 和 Act12 数量的影响均达极显著水平($P < 0.01$)。灭菌条件下,不同用量有机肥和无机肥对 Act11 和 Act12 数量的影响均达极显著水平($P < 0.01$),草木灰对 Act11 及腐植酸对 Act12 数量的影响达极显著水平,其他处理差异无规律性。灭菌条件下生防放线菌数量远高于自然条件下。**【结论】**向土壤中施入有机肥,可明显促进接入放线菌在土壤中的生长繁殖,提高生防放线菌的防病促生效果。

[关键词] 有机养分;无机养分;生防放线菌;繁殖数量

[中图分类号] S154.38⁺3

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2010)10-0210-06

Effect of organic and inorganic nutrients on the quantity of soil bio-control actinomycetes

CAO Shu-miao¹, XUE Quan-hong¹, XING Sheng-li²

(1 College of Resource and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Centre for the Popularization of Advance Agritech of Shaanxi, Xi'an, Shaanxi 710003, China)

Abstract: **【Objective】** The study was done to explore the capability of increasing bio-control actinomycetes by the way of fertilizing. **【Method】** A simulated experiment was carried out to study the effect of inorganic nutrients, organic nutrients, plant ash and sodium humate on the quantity of inoculating bio-control actinomycetes in soil under unsterilized and sterilized conditions. **【Result】** ① The results indicate that under unsterilized and sterilized conditions, the quantity of actinomycetes have certain change when adding nutrients to soil. ② The variance analysis indicates that the quantities of 11th and 12th actinomycetes among organic treatment, inorganic fertilizers, sodium humate treatment and plant ash treatment of different nutrient amount have significant difference under natural condition. Under sterilized conditions different amounts of organic and inorganic fertilizer have significant influence on 11th and 12th actinomycetes, so do plant ash on 11th actinomycetes, sodium humate on 12th actinomycetes. But the other treatments have no marked difference. **【Conclusion】** Organic fertilizer can promote the growth of inoculating bio-control actinomycetes significantly. In conclusion, we can improve the disease resistance of actinomycetes and enhance their growth.

Key words: organic nutrient; inorganic nutrient; bio-control actinomycetes; reproduction quantity

作物连作引起的土传病害在集约化、专业化种植条件下危害很大,已成为现代农业亟待解决的重

大问题。化学农药对土传病害防效差,且防治费用高,污染环境,经常使用易使病原菌产生抗药性。生

* [收稿日期] 2010-03-16

[基金项目] 陕西省科技攻关项目(2004K02-G7);国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD05B07)

[作者简介] 曹书苗(1984—),女,陕西柞水人,硕士,主要从事微生物资源研究。E-mail: shumiao712100@yahoo.com.cn

[通信作者] 薛泉宏(1957—),男,陕西白水人,教授,博士生导师,主要从事微生物资源利用研究。E-mail: xuequanhong@163.com

物防治及生态调控措施有望从根本上控制土传病害。生物防治效果与生防菌在土壤中的数量和定殖能力有关^[1-4]。因此,研究土壤中生防菌生长繁殖的促进因子,对提高生防菌的防效有重要意义。关于影响生防细菌和真菌生长繁殖的因子,国内外均有报道。van Elsas 等^[5]对一种经遗传改造的荧光假单胞杆菌在土壤中的定殖进行研究,结果表明,在质地较好的粘土中,微生物的数量高于劣质沙土。童蕴慧等^[6]发现,灰葡萄孢拮抗细菌在番茄叶片和果实上的适宜定殖温度为 25~35℃,相对湿度为 95%~100%。赵瑞等^[7]研究发现,pH 值为 6~8 有利于定殖在油菜根际的枯草芽孢杆菌增殖。吴石平等^[8]研究发现,移栽用木霉沾根的辣椒时,不同施肥处理均能显著提高辣椒产量。目前,关于土壤中接入生防菌生长繁殖影响因素的研究,主要集中在生防细菌和真菌方面,对影响生防放线菌数量的研究报道很少。曹书苗等^[9]研究发现,向土壤中施入有机养分或有机、无机混合养分,可显著促进接入放线菌在土壤中的生长繁殖,提高生防放线菌的防病促生效果。生防放线菌能分泌抗生素,抑制多种植物病原菌生长,并能分泌激素促进植物细胞分裂和伸长^[10];制成的活菌制剂具有无毒、无残留、不伤害非靶标微生物、与环境兼容性好等优点。因此,研究肥料对土壤中接入生防放线菌数量的影响,对提高放线菌制剂的效果有重要意义。鉴于大田条件复杂多变,难以精确控制,本试验采用室内模拟法,研究了自然和灭菌条件下,有机无机养分施用对土壤中供试生防放线菌数量的影响,旨在探索从施肥途径增加生防放线菌数量、提高菌剂防病促生效果的可行

性及技术措施,以期为生防放线菌应用技术的开发提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试菌株 生防放线菌 Act11、Act12 属于链霉菌属(*Streptomyces*),由西北农林科技大学资源环境学院微生物资源研究室,从分离自青藏高原的 1 万余株放线菌中通过平皿和生物试验双重筛选法筛选得到,对草莓有良好的防病促生作用^[11],经 16S rRNA 序列测定,Act11、Act12 分别为肉质链霉菌(*Streptomyces carnosus*)和密旋链霉菌(*Streptomyces pactum*)。

1.1.2 供试土壤 采自陕西杨凌三道塬农田耕层。土样去杂风干磨碎,过孔径 0.5 cm 筛。

1.1.3 供试养分 无机养分为氮磷钾复合肥(18-18-18);有机养分为鸡粪,晒干磨碎成粉状;草木灰;所用腐殖酸为腐殖酸的钠盐。

1.1.4 放线菌培养基 采用高氏 1 号琼脂^[12]。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 采用 L₉(3⁴)正交试验方案,即无机肥(Inorganic Fertilizer, IF)、有机肥(Organic Fertilizer, OF)、草木灰(Plant Ash, PA)、腐殖酸钠(Sodium Humate, SH)4 因素 3 水平 9 处理试验,各种肥料用量水平见表 1。所有处理均设 2 种土壤状态:自然不灭菌(Unsterilized, US)和灭菌(Sterilized, S)。接入菌分别为 Act11 和 Act12 生防放线菌,每处理肥料与土样总量为 100 g。

表 1 L₉(3⁴)正交试验设计因素及水平
Table 1 L₉(3⁴) orthogonal design of different fertilizer levels g/kg

水平 Level	因素 Factor			
	有机肥 OF	无机肥 IF	草木灰 PA	腐殖酸 SH
T0	0	0	0	0
T1	30	0.25	2.5	2.5
T2	60	0.50	5.0	5.0

1.2.2 土样处理 定量称取土样加入 300 mL 组培瓶,按正交试验方案分别加入有机肥及草木灰,搅拌使土样与肥料混匀;再加入相应浓度的腐殖酸溶液(用腐殖酸钠配制)及无机肥溶液各 5 mL,不加腐殖酸和无机肥的处理补加蒸馏水,使每瓶加水量为 10 mL;静置,待水分渗入土样后搅拌。不灭菌处理直接接种;灭菌处理用报纸包扎后高压湿热灭菌 2 h^[13]。

1.2.3 接种 将 Act11 和 Act12 在斜面管中活化后接入培养皿中培养产孢,再用无菌刮铲从皿中

将孢子分别刮入 100 mL 无菌水中,充分混匀制得 2 种孢子悬液,血球板法计数,Act11 和 Act12 的孢子浓度分别为 2.94×10⁷,4.80×10⁷ cfu/mL。每瓶接种 5 mL 孢子悬液,再补加 20 mL 无菌水,静置过夜,使培养土样处于充分湿润和土粒分散状态,无菌操作条件下,搅匀土样,使土样与菌、肥混匀后置于 28℃培养 8 d。

1.2.4 接入放线菌数量的测定 培养好的土样在 40℃烘箱中烘干,磨细。采用稀释平板涂抹法测定

接入的放线菌数量,培养基用高氏 1 号琼脂,稀释液用 1 g/L 羧甲基纤维素钠(CMC),每个稀释度重复 3 次。

1.2.5 结果计算 放线菌数量增率(Growth Rate of the Actinomycetes, GRA)用下式计算:

$$\Delta GRA = \frac{A_t - A_{CK}}{A_{CK}} \times 100\%$$

式中:At、ACK 分别代表施肥(T1、T2)、不施肥(T0)处理的放线菌数量。

1.3 数据处理

试验基本数据用 Excel 软件计算,对结果进行极差分析和差异检验,用 DPS(7.05)软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 自然条件下 4 种肥料对土壤中接入放线菌繁殖数量的影响

试验设计的“自然条件”指试验所用土壤为不进行灭菌处理的自然土壤,接入供试放线菌后的繁殖过程是在土壤中“土著”微生物存在的情况下进行的,即模拟菌剂接种到土壤后,与土壤中的各种微生物相互作用条件下的真实生长繁殖过程,所得结果更接近土壤中的实际情况。

由表 2 极差分析可知,自然条件下,影响

表 2 自然条件下 4 种肥料对土壤中接入放线菌繁殖数量影响的极差分析

Table 2 Range analysis of actinomycetes quantities in four fertilizer treatments under natural condition

放线菌 Actino- mycet	水平 Level	有机肥 OF		无机肥 IF		草木灰 PA		腐殖酸 SH	
		放线菌数量/ (10 ⁶ cfu · g ⁻¹)	ΔGRA/%	放线菌数量/ (10 ⁶ cfu · g ⁻¹)	ΔGRA/%	放线菌数量/ (10 ⁶ cfu · g ⁻¹)	ΔGRA/%	放线菌数量/ (10 ⁶ cfu · g ⁻¹)	ΔGRA/%
		Actinomycetes		Actinomycetes		Actinomycetes		Actinomycetes	
Act11	T0	1.2±0.03 C	—	3.4±0.02 C	—	3.6±0.03 C	—	4.7±0.03 A	—
	T1	4.4±0.04 B	253.2	3.9±0.02 B	15.9	3.7±0.04 B	3.9	3.1±0.03 C	−34.5
	T2	5.7±0.07 A	362.1	4.0±0.03 A	18.2	4.0±0.04 A	11.7	3.5±0.02 B	−25.6
	极差 Range	4.49		0.62		0.42		1.63	
Act12	T0	2.0±0.03 C	—	4.9±0.04 Aa	—	4.4±0.05 B	—	4.5±0.02 B	—
	T1	4.1±0.01 B	108.1	4.4±0.04 Bb	−9.8	4.1±0.04 C	−6.9	4.8±0.02 A	6.0
	T2	7.7±0.02 A	289.9	4.4±0.03 Bb	−9.8	5.3±0.02 A	22.5	4.4±0.03 C	−1.8
	极差 Range	5.71		0.48		1.28		0.35	

注:同列数据后标不同小写字母者表示差异显著(P<0.05),标不同大写字母者表示差异极显著(P<0.01)。下表同。
Note: Different small letters in the same vertical line indicate significant difference(P<0.05), different capital letters indicate remarkably significant difference (P<0.01). The same as follows.

2.2 灭菌条件下 4 种肥料对土壤中接入放线菌繁殖数量的影响

由表 3 可知,灭菌条件下,影响 Act11、Act12 在土壤中繁殖数量的 4 种肥料的极差排序分别为有机肥(1 060.4)>无机肥(587.6)>草木灰(490.2)>腐殖酸(423.3)和有机肥(241.6)>无机肥(220.9)>

Act11、Act12 在土壤中繁殖数量的 4 种肥料的排序依次分别为有机肥>腐殖酸>无机肥>草木灰和有机肥>草木灰>无机肥>腐殖酸;有机肥的极差最大,对 Act11 和 Act12 的繁殖影响最大。

由表 2 可见,有机肥、无机肥、腐殖酸和草木灰处理对 Act11 和 Act12 数量的影响均达极显著水平(P<0.01)。有机肥用量为 30 和 60 g/kg 时,Act11 数量较对照分别增加了 253.2%和 362.1%,Act12 数量较对照分别增加了 108.1%和 289.9%;腐殖酸用量为 2.5 和 5.0 g/kg 时,Act11 数量较对照分别减少了 34.5%和 25.6%,Act12 数量在腐殖酸为 2.5 g/kg 时较对照增加了 6.0%,而在用量 5.0 g/kg 时较对照减少了 1.8%,表明腐殖酸用量较高(2.5~5.0 g/kg)时,对 Act11 和 Act12 在土壤中的繁殖促进作用不明显;草木灰用量为 2.5 和 5.0 g/kg 时,Act11 数量较对照分别增加了 3.9%和 11.7%,Act12 数量在草木灰用量为 2.5 g/kg 时较对照减少了 6.9%,而在用量为 5.0 g/kg 时较对照增加了 22.5%,表明草木灰在用量较高(5.0 g/kg)时对 Act11 和 Act12 在土壤中的繁殖有促进作用;无机肥用量为 0.25 和 0.50 g/kg 时,Act11 数量较对照分别增加了 15.9%和 18.2%,而 Act12 数量均减少了 9.8%,可见无机肥对土壤中接入生防放线菌的繁殖有一定影响。

腐殖酸(170.5)>草木灰(138.7);有机肥的极差最大,对 Act11 和 Act12 的生长繁殖影响最明显。

表 3 表明,有机肥、无机肥对 Act11 和 Act12 数量的影响均达极显著水平(P<0.01),草木灰对 Act11 数量及腐殖酸对 Act12 数量的影响均达极显著水平,其他处理的差异无规律性。有机肥施用量

为 30 和 60 g/kg 时,Act11 数量较对照分别增加了 338.8%和1 544.3%,Act12 数量较对照分别增加了 330.8%和 363.6%;腐殖酸用量为 2.5 和 5.0 g/kg时,Act11 数量较对照分别增加了 1.8%和 118.8%;Act12 数量在腐植酸用量为 2.5 g/kg 时较对照增加了 94.8%,而在腐植酸用量为 5.0 g/kg 时较对照减少了 5.6% ,表明腐殖酸用量较高(2.5~5.0 g/kg)时,对 Act11 在土壤中繁殖有促进作用,用量较低(0~2.5 g/kg)时对 Act12 的繁殖有

促进作用;草木灰用量分别为 2.5 和 5.0 g/kg 时, Act11 数量分别较对照增加了 107.5%和 198.0%, Act12 数量较对照分别增加了 80.2%和 2.0%,表明草木灰在一定的用量范围内能促进 Act11 和 Act12 在土壤中的繁殖;无机肥用量为 0.25 和 0.50 g/kg 时,Act11 数量较对照分别减少了 68.9%和 55.2%,Act12 数量较对照分别减少了 59.1%和 61.2%,可见无机肥用量较高(0.25~0.50 g/kg) 时,对土壤中接入生防放线菌的繁殖有抑制作用。

表 3 灭菌条件下 4 种肥料对土壤中接入放线菌繁殖数量影响的极差分析

放线菌 Actino- mycet		有机肥 OF		无机肥 IF		草木灰 PA		腐殖酸 SH	
水平 Level		放线菌数量/ (10 ⁶ cfu · g ⁻¹) Actinomycetes	ΔGRA/%	放线菌数量/ (10 ⁶ cfu · g ⁻¹) Actinomycetes	ΔGRA/%	放线菌数量/ (10 ⁶ cfu · g ⁻¹) Actinomycetes	ΔGRA/%	放线菌数量/ (10 ⁶ cfu · g ⁻¹) Actinomycetes	ΔGRA/%
Act11	T0	68.7±0.7 C	—	852.4±3.4 A	—	247.6±0.7 C	—	356.4±3.4 Bb	—
	T1	301.3±2.7 B	338.8	264.9±2.7 C	-68.9	513.8±6.9 B	107.5	362.9±5.1 Bb	1.8
	T2	1 129.1±4.7 A	1 544.3	381.8±2.1 B	-55.2	737.8±3.4 A	198.0	779.8±1.0 Aa	118.8
	极差 Range	1 060.4		587.6		490.2		423.3	
Act12	T0	66.4±2.1 C	—	367.6±3.7 A	—	172.9±1.5 Bb	—	169.8±3.4 B	—
	T1	286.2±1.0 B	330.8	150.4±3.4 B	-59.1	311.6±1.7 Aa	80.2	330.7±1.8 A	94.8
	T2	308.0±2.3 A	363.6	142.7±4.2 C	-61.2	176.2±2.0 Bb	2.0	160.2±1.0 C	-5.6
	极差 Range	241.6		220.9		138.7		170.5	

由表 4 可知,自然条件下,Act11 在处理 9(无机肥 0.50 g/kg+有机肥 60 g/kg+草木灰 2.5 g/kg+腐殖酸 0 g/kg)中数量最高(6.87×10⁷ cfu/g),Act12 在处理 3(无机肥 0 g/kg+有机肥 60 g/kg+草木灰 5.0 g/kg+腐殖酸 5.0 g/kg)中数量最高(8.60×10⁷ cfu/g);所有施用有机肥的处理

(30~60 g/kg)放线菌数量均较高,说明在一定的肥料用量范围内,施用有机肥可明显促进接入放线菌的繁殖;腐殖酸和草木灰在用量较高时,部分处理放线菌数量也较高,说明在一定的用量范围内,加入腐殖酸和草木灰也能够促进接入放线菌的繁殖。

表 4 肥料对土壤中接入放线菌繁殖数量影响的多重比较

处理 Treatment		肥料用量/(g · kg ⁻¹) Nutrient amount				Act11 数量/(10 ⁷ cfu · g ⁻¹) Actinomycetes		Act12 数量/(10 ⁷ cfu · g ⁻¹) Actinomycetes	
		有机肥 OF	无机肥 IF	草木灰 PA	腐殖酸 SH	自然 US	灭菌 S	自然 US	灭菌 S
1	0	0	0	0	0	1.61 Gg	26.00 Ii	2.00 Hh	116.00 Ee
2	30	0	0	2.5	2.5	3.26 Ff	531.33 Cc	4.10 Ee	635.33 Aa
3	60	0	0	5.0	5.0	5.31 Cc	2 000 Aa	8.60 Aa	351.33 Bb
4	0	0.25	0.25	2.5	5.0	1.09 Hh	128 Gg	1.13 Ii	28.00 Hh
5	30	0.25	0.25	5.0	0	5.71 Bb	161.33 fF	4.64 Dd	122.00 Ee
6	60	0.25	0	0	2.5	5.02 Dd	505.33 dD	7.50 Bb	301.33 Cc
7	0	0.50	0.50	5.0	2.5	1.03 Hh	52.00 Hh	2.77 Gg	53.33 Gg
8	30	0.50	0	0	5.0	4.16 Ee	211.33 Ee	3.57 Ff	101.33 Ff
9	60	0.50	0.50	2.5	0	6.87 Aa	882.00 Bb	6.93 Cc	271.33 Dd

由表 4 可知,灭菌条件下,Act11 在处理 3 中数量最高(2×10¹⁰ cfu/g),Act12 在处理 2 中数量最高(6.35×10⁹ cfu/g);各有机肥处理的放线菌数量均较高,说明接入生防菌时配合施用有机肥可促进供试放线菌繁殖;在一定的用量范围内,加入腐殖酸和草木灰对放线菌繁殖也有一定的促进作用。

由表 2~4 可知,在自然和灭菌条件下,影响土壤中接入生防放线菌繁殖的 4 种肥料排序中,有机肥影响最大。灭菌条件下生防放线菌数量明显高于自然条件下,在灭菌条件下,处理 3 中 Act11 的数量约是自然条件下的 377 倍,Act12 的数量约是自然条件下的 41 倍。这是因为自然条件下接入放线菌

后,土壤中原有“土著”微生物对接入放线菌有一定的竞争抑制作用所致。

3 讨 论

研究表明,施肥对土壤中微生物数量有很大影响^[14]。有机肥是引起土壤中微生物数量增加的主要因素之一^[15]。腐殖酸生物活性肥料能够促进土壤有益微生物繁衍,使其数量明显增加^[16]。湖南红壤长期定位试验结果表明,除 NPK 配施有机肥能明显提高土壤中各类有益微生物的数量外,单施有机肥也有较好的效果,而单施 N 肥土壤的各项指标均处于最低值^[17]。研究表明,向土壤中施入肥料能促进土壤微生物繁殖^[14],但目前尚无施肥对放线菌活菌制剂施入土壤后繁殖数量影响的报道。

施用有机肥不仅可为放线菌生长提供充足的碳源和能源,而且对土壤结构有改良作用,使土壤更疏松,有利于通气。草木灰含有钾及多种微量元素,为放线菌的生长提供了所需的无机离子。腐殖酸既是有机质的重要组成部分,同时也能改良土壤理化性状^[18]。无机养分 NPK 复合肥对放线菌数量无明显促进作用,主要原因在于土壤中的 N、P、K 元素已能满足放线菌生长需要。自然条件下生防放线菌数量明显低于灭菌条件下,这与土壤中原有“土著”微生物对接入的土壤外源微生物有一定竞争抑制作用有关^[17]。

4 结 论

自然和灭菌条件下,有机肥、无机肥、草木灰及腐殖酸 4 种肥料对土壤中接入生防放线菌繁殖数量的影响不同;有机肥能极显著促进土壤中接入生防放线菌的繁殖,氮磷钾复合肥、草木灰和腐殖酸用量过大对接入放线菌有一定的抑制作用;由于“土著”微生物的影响,自然不灭菌土壤中放线菌数量明显低于灭菌土壤;使用生防活菌制剂时配合施用有机肥,可促进供试生防放线菌繁殖,增强生防菌活菌制剂的防病促生作用。

[参考文献]

[1] 龙良鲲,肖崇刚. 内生细菌 01-144 在番茄根茎内定殖的初步研究 [J]. 微生物学通报,2003,30(5):53-56.
Long L K, Xiao C G. Preliminary study on the colonization of entophytic bacterium 01-144 in tomato root and stem [J]. Microbiology,2003,30(5):53-56. (in Chinese)

[2] 江木兰,赵 瑞,胡小加,等. 油菜内生防菌 BY-2 在油菜体内的定殖与对油菜菌核病的防治作用 [J]. 植物病理学报,

2007,37(2):192-196.

Jiang M L,Zhao R,Hu X J,et al. Colonization of antifungal endobacterium BY-2 in oilcrop rape and its control effect on disease caused by *Sclerotinia sclerotiorum* [J]. Acta Phytopathologica Sinica,2007,37(2):192-196. (in Chinese)

[3] 杨 猛,宗兆锋,郭小芳,等. 生防菌 FO47 和 FO47B10 的应用研究 [J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2005,33(5):57-60.
Yang M,Zong Z F,Guo X F,et al. Effect of biocontrol agents FO47 & FO47B10 on watermelon and cucumber [J]. Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition,2005,33(5):57-60. (in Chinese)

[4] 李纪顺,杨合同,陈 凯,等. 两株多功能生防细菌在小麦根际定殖及其对小麦病害的防治效果 [J]. 山东农业科学,2005(5):38-39.
Li J S, Yang H T, Chen K, et al. Colonization in the wheat roots and bio-control efficiency against wheat diseases of two bio-control bacteria [J]. Shandong Agricultural Sciences,2005(5):38-39. (in Chinese)

[5] van Elsas J D,van Overbeek L S,Feldmann A M,et al. Survival of genetically engineered *Pseudomonas fluoresces* in soil in competition with the parent strain [J]. FEMS Microbial Ecol,1991,85:53-64.

[6] 童蕴慧,纪兆林,徐敬友,等. 灰葡萄孢拮抗细菌在番茄植物体表的定殖 [J]. 中国生物防治,2003,19(2):78-81.
Tong Y H, Ji Z L, Xu J Y, et al. Colonization of antagonistic bacteria against botrytis cinerea on tomato [J]. Chinese Journal of Biological Control,2003,19(2):78-81. (in Chinese)

[7] 赵 瑞,江木兰,胡小加,等. 培养条件对枯草芽胞杆菌 TU100 生长和产生抗菌物质的影响 [J]. 中国油料作物学报,2007,29(1):69-73.
Zhao R,Jiang M L, Hu X J, et al. The effect of culture conditions on growth and antibiotic production of *Bacillus subtilis* TU100 [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences,2007,29(1):69-73. (in Chinese)

[8] 吴石平,燕嗣皇,陆德清. 施肥及栽培方法对木霉菌在辣椒上的促生增产效应的影响 [J]. 贵州农业科学,2002,30(4):13-15.
Wu S P, Yan S H, Lu D Q. Effect of fertilizer and cultivation on yield increasing in chilli by trichoderma biocontrol strain [J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2002, 30(4): 13-15. (in Chinese)

[9] 曹书苗,薛泉宏,杜晓霞,等. 模拟施肥条件下养分对生防放线菌数量的影响 [J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2009,37(1):172-176.
Cao S M, Xue Q H, Du X X, et al. Effect of nutrients on the quantity of soil bio-control actinomycetes under simulated fertilization [J]. Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition,2009,37(1):172-176. (in Chinese)

[10] 尹莘耘. 我国利用抗生素防治农作物病害的进展 [C]//农牧渔业部植物保护总站. 中国生物防治. 北京:中国农业出版社,1984:424-437.
Yin S Y. Progress on the use of antibiotics in controlling crop

disease [C]//Compilation by Plant Protection Station of the Agriculture-Livestock-Fisheries Ministry. Chinese Journal of Biological Control. Beijing: China Agriculture Press, 1984: 424-437. (in Chinese)

[11] 许英俊,薛泉宏,邢胜利,等. 3 株放线菌对草莓促生作用及对 PPO 活性的影响 [J]. 西北农业学报,2007,16(6):146-153. Xu Y J, Xue Q H, Xing S L, et al. Growth promoting effect and induced endurance of three actinomycetes strains to strawberry [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2007, 16(6): 146-153. (in Chinese)

[12] 程丽娟,薛泉宏. 微生物学实验技术 [M]. 西安:世界图书出版公司,2000:80-83,383-384. Cheng L J, Xue Q H. Microbe experiment technology [M]. Xi'an: World Publishing Corporation, 2000: 80-83, 383-384. (in Chinese)

[13] 梁 智,周 勃,邹耀湘,等. 土壤湿热灭菌对连作棉花生长发育的影响 [J]. 西北农业学报,2007,16(2):87-89. Liang Z, Zhou B, Zou Y X, et al. Effect of soil sterilization on growth of continuous cropping cotton [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2007, 16(2): 87-89. (in Chinese)

[14] 张成林,刘丽丽. 施用不同肥料对土壤状况的影响 [J]. 天津师范大学学报:自然科学版,2008,28(2):5-10. Zhang C L, Liu L L. Effects of different fertilizers on the properties of soils [J]. Journal of Tianjin Normal University; Natural Science Edition, 2008, 28(2): 5-10. (in Chinese)

[15] 徐 晶,陈婉华,孙瑞莲,等. 不同施肥处理对湖南红壤中微生物数量及酶活性的影响 [J]. 土壤肥料,2003(5):8-11. Xu J, Chen W H, Sun R L, et al. Effects of different fertilization systems on amount of soil microorganism and enzyme activity in red soil of Hunan [J]. Soils and Fertilizers, 2003(5): 8-11. (in Chinese)

[16] 毕 军,夏光利,毕研文,等. 腐殖酸生物活性肥料对冬小麦生长及土壤微生物活性的影响 [J]. 植物营养与肥料学报,2005,11(1):99-103. (in Chinese) Bi J, Xia G L, Bi Y W, et al. Effect of humic bio-active fertilizer on winter wheat and soil microbial activity [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2005, 11(1): 99-103. (in Chinese)

[17] 王 英,王 爽,李伟群,等. 长期定位施肥对土壤微生物区系的影响 [J]. 东北农业大学学报,2007,38(5):632-636. Wang Y, Wang S, Li W Q, et al. Effects of long-term located fertilization on soil microflora [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2007, 38(5): 632-636. (in Chinese)

[18] 孙 羲. 农业化学 [M]. 上海:上海科学技术出版社,1989:242-244. Sun X. Agricultural chemistry [M]. Shanghai: Science & Technology Publishing House of Shanghai, 1989: 242-244. (in Chinese)

(上接第 209 页)

[11] 杨春明. 新疆生产建设兵团垦区土壤 [M]. 乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,1993. Yang C M. The cultivation soil of production and build corps in Xinjiang [M]. Urumqi: Xinjiang Science and Technology and Sanitation Press, 1993. (in Chinese)

[12] 张 炎,史军辉,罗广华,等. 新疆农田土壤养分与化肥施用现状及评价 [J]. 新疆农业科学,2006,43(5):375-379. Zhang Y, Shi J H, Luo G H, et al. The status and evaluation on soil nutrient and fertilization in Xinjiang [J]. Xinjiang Agricultural Science, 2006, 43(5): 375-379. (in Chinese)

[13] 袁巧霞,朱端卫,张观长. 大棚土壤浸提液电导率与盐分关系的研究 [J]. 华中农业大学学报,2008,27(2):239-242. Yuan Q X, Zhu D W, Zhang G C. Relationship between electrical conductivity and salt components of soil extract in plastic greenhouse [J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2008, 27(2): 239-242. (in Chinese)

[14] 蔡阿兴,陈章英,蒋正琦,等. 我国不同盐渍地区盐分含量与电导率的关系 [J]. 土壤,1997(1):54-56. Cai A X, Chen Z Y, Jiang Z Q, et al. The relationship between salinity content and conductivity of soil in different area of China [J]. Soil, 1997(1): 54-56. (in Chinese)

[15] 熊汉琴,王朝辉,罗贵斌. 不同种植年限蔬菜大棚土壤次生盐渍化发生机理的研究 [J]. 陕西林业科技,2006(3):22-26. Xiong H Q, Wang Z H, Luo G B. The effects of cropping duration on the mechanism of secondary salinization in greenhouse vegetable [J]. Shaanxi Forest Science and Technology, 2006(3): 22-26. (in Chinese)

[16] 宋付朋,张 民,于 林. 石灰性菜园土壤中各形态磷素的富集与变异特征 [J]. 水土保持学报,2005,19(6):65-69. Song F P, Zhang M, Yu L. Enrichment and variation of various forms of phosphorus in calcareous vegetable cultivated soils [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2005, 19(6): 65-69. (in Chinese)

[17] 谢林花,吕家珑,张一平,等. 长期施肥对石灰性土壤磷素肥力的影响: I. 有机质、全磷和速效磷 [J]. 应用生态学报,2004,15(5):787-789. Xie L H, Lü J L, Zhang Y P, et al. Influence of long-term fertilization on phosphorus fertility of calcareous soil: I. Organic matter, total phosphorus and available phosphorus [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15(5): 787-789. (in Chinese)

[18] Chardon W J, Oenema O. Organic phosphorus in solutions and leachates from soils treated with animal slurries [J]. Environ Qul, 1997, 26: 372-378.

[19] 高小杰,胡嵩堂. 菜地土壤供钾状况研究 [J]. 土壤,1997(3):142-144. Gao X J, Hu A T. Study on K supplying condition of vegetable soil [J]. Soil, 1997(3): 142-144. (in Chinese)