

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

孙敬祖^{1a}, 薛泉宏^{1a}, 唐 明^{1b}, 曹书苗^{1a}, 邢胜利²

(1 西北农林科技大学 a 资源环境学院, b 林学院, 陕西 杨凌 712100;

2 陕西省农技推广总站, 陕西 西安 710003)

【摘 要】 【目的】探索放线菌制剂对草莓根域微生态的影响及其防病促生效果。【方法】采用露地小区试验和平皿培养法,测定接种放线菌制剂对草莓生长及其根域微生态的影响。【结果】①草莓移栽时,接种放线菌制剂 Act11 和 Act12 可以显著增加草莓根表细菌数量及根区、根表、根内放线菌数量,接种处理的草莓根表细菌、放线菌数量分别较对照提高 71.4%~100.0%,112.9%~234.9%,根内真菌、放线菌数量分别较对照提高 236.4%~254.5%,366.7%~916.7%;接种 Act11 和 Act12 可极显著提高草莓根表、根内 A/B 及根表 B/F、A/F,Act12 接种处理根区、根表及根内 A/B 分别为对照的 1.63,1.67 及 8.8 倍,根表、根内 A/F 分别为对照的 3.2,3.3 倍,与对照的差异达到了极显著水平($P<0.01$),Act11 处理与之类似。②Act11 和 Act12 能在草莓根区、根表土壤和根内定殖,其中根表的定殖密度最大,分别为 1.30×10^7 和 5.76×10^7 cfu/g,其定殖率分别为 32.3%和 92.4%。③Act11 和 Act12 能显著促进草莓根系、匍匐茎及地上部分生长,新根生物量分别较对照增加了 31.3%和 112.5%,匍匐茎增加了 109.4%和 168.8%。④Act11 和 Act12 对草莓连作病害有较为明显的防效,在露地试验中的相对防效分别为 28.6%和 84.7%。【结论】草莓移栽时接种 Act11 和 Act12 能显著改善草莓根域微生物生态,促进草莓生长,提高抗病性。

【关键词】 草莓;连作病害;生物防治;放线菌制剂;微生物区系

【中图分类号】 S668.4;S154.37

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2009)12-0153-06

Study on the effect of actinomycetes on microflora of replanted strawberry's root domain and the bio-control effectiveness

SUN Jing-zu^{1a}, XUE Quan-hong^{1a}, TANG Ming^{1b}, CAO Shu-miao^{1a}, XING Sheng-li²

(1 a College of Resource and Environment, b College of Forestry Science, 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 explored the effects of bio-control and growth promoting after actinomycetes Act11 and Act12 were inoculated, meanwhile investigated the population of microbe in the root domain of strawberry. 【Method】 Plot tests in unprotected field were carried out to reveal bio-control effects and growth influence, the dilution-plate culture was used to show the population of microbe in the root domain of strawberry. 【Result】 ① The results indicated that, when Act11 and Act12 were inoculated, the population of microbe was obviously affected, the gross amount of bacteria and actinomycetes in root surface increased by 71.4%—100.0% and 112.9%—234.9% respectively compared to control treatment, meanwhile the gross amount of fungi and actinomycetes in roots increased by 70.3%—71.8% and 78.6%—90.2% separately. The ratio of the actinomycetes/bacteria, actinomycetes/fungi, bacteria/fungi at root zone, root surface, roots also increased when Act11 and Act12 were inoculated, actinomycetes/bacteria

* [收稿日期] 2009-03-25

[基金项目] 陕西省农业科技攻关项目(2004K02-G7, 2003K03-G2);国家自然科学基金重点项目(30630054)

[作者简介] 孙敬祖(1981—),男,陕西扶风人,在读硕士,主要从事微生物资源研究。

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

in root zone, root surface, roots was 1.63 times, 1.67 times and 8.8 times more than control treatment separately, actinomycetes/fungi in root surface and roots increased 3.2 times and 3.3 times respectively. ② Act11 and Act12 could colonize in strawberry's root and the soil surroundings, the colonization density of Act11 and Act12 in the root surface was 1.30×10^7 cfu/g and 5.76×10^7 cfu/g respectively, colonization ratio was 32.3% and 92.4%. ③ Plot test showed that Act11 and Act12 had good promoting effects on the growth of the bio-mass of strawberry. The new fibre biomass was increased by 31.3% and 112.5% respectively, and the number of stolon was increased by 109.4% and 168.8% separately. ④ Act11 and Act12 could obviously control replant disease of strawberry, the relative efficiency in unprotected was 28.6% and 84.7% respectively. 【Conclusion】 It shows that Act11 and Act12 could ameliorate the micro-ecosystem of the root domain, enhance the disease resistance and improve the biomass of strawberry.

Key words: strawberry; replant disease; bio-control; actinomycete; microflora

草莓连作障碍在草莓产区普遍存在,对草莓种植业危害很大,是限制草莓产业发展的瓶颈^[1-3]。目前,生产上防治草莓连作障碍多采用轮作倒茬、换土、无土栽培、选用抗病品种^[4]及溴甲烷化学消毒^[5]等方法。但是,这些方法存在各种问题,如老种植区长期倒茬,现已无地可轮作;换土工作量大,且生土肥力低;无土栽培成本高;抗病品种选育进展不大;溴甲烷等化学产品效果较好,但其毒性大,且抑制土壤中的其他微生物生长^[5]。因此,探索新的防治途径是目前草莓产区亟待解决的问题。由于草莓连作障碍是草莓和草莓根区土壤中的病原微生物共同作用引起的土壤微生态退化,故利用微生物生态学原理修复草莓连作障碍有望从源头上防止草莓连作障碍的发生。葛会波等^[1]和王占武等^[6]分别研究了 AS818 菌剂和拮抗菌 B501 对草莓连作及其根际微生物区系的影响,徐淑华等^[7]研究了 2 株拮抗细菌对草莓根腐病的抑制作用,甄文超等^[8]利用药用植物源添加剂控制草莓病害,许英俊等^[9]研究了 3 株放线菌对草莓的促生作用及对 PPO 活性的影响。但目前关于放线菌制剂对草莓连作病害,以及其引入后对草莓根系微生物区系的影响和生防效果的研究报道很少。本研究采用露地小区试验和平皿培养法,研究了接入放线菌制剂 Act11 和 Act12 对草莓根系微生物区系及生防效果的影响,以期放线菌制剂用于草莓连作障碍修复提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试草莓品种:意大利 17 号,由陕西杨凌草莓协会王来旺会长提供。

供试拮抗放线菌:Act11、Act12,从分离自青藏高原的 1 万余株放线菌中,通过平皿拮抗试验和生

物学试验筛选得到,并通过固态发酵制成活菌制剂,具有良好的防病促生作用^[9]。其中 Act12 经中国科学院微生物研究所鉴定为密螺旋霉菌(*Streptomyces pactum*),Act11 经本研究室进行 16 SrRNA 序列测定,为肉质链霉菌(*Streptomyces carnosus*)。

培养基:牛肉膏蛋白胨琼脂培养基(BPA),马铃薯蔗糖琼脂培养基(PSA),高氏 1 号琼脂培养基(GA)^[10]。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 试验于 2005-10~2006-06 在陕西省杨凌区五泉乡王上村进行,露地栽培,试验地为连续 4 年连茬种植草莓。设不接种(CK),接种 Act11 和 Act12 菌剂 3 个处理。每处理 2 个重复,每重复 133.4 m²,长、宽分别为 133.4 m,1 m。

1.2.2 接种 露地试验于 2005-10 草莓移栽时进行。将 Act11 或 Act12 菌剂与清水按质量比 1:4 配成糊状菌液,将草莓苗根系浸入其中,使根系充分蘸上菌液后按常规方法移栽。

1.2.3 微生物区系分析^[10] 2006-05-13 采集露地试验的土样和草莓植株样进行微生物区系分析。

(1)草莓根外土采集。用采样铲刮除地表约 1 cm 土层,采集草莓行间 0~20 cm 耕层土壤(即草莓根外土,其受草莓根系影响较小)。

(2)草莓根区土采集。根区土指与根系结合较紧密、受根系影响大的土壤。用采样铲将草莓整个植株挖出,尽量不影响根系的完整性;用采样铲轻敲根系,使与根系结合较松的土壤自然落下后弃去,将与根系紧密结合的土壤连同根系放入自封式采样袋带回实验室。测定前用手轻轻揉搓根系,使根上附着较紧密的土壤落入采样袋中,即为根区土,该土中测得的 Act11、Act12 数量为其在根区土中的定殖量。

(3)根表土悬液的制备。将已取过根区土的根系从采样袋中取出,置无菌纸上称得质量 W1,然后放入装有 90 mL 无菌水的 250 mL 三角瓶中振荡,待根系上的土壤洗净后取出根系,用吸水纸吸干根系上的水分,称得质量 W2,W1-W2 差值为根表土质量;根系用于根内微生物分析。根表土中测得的 Act11 和 Act12 的数量即为其在根表土中的定殖量。

(4)根内微生物区系分析待测液的制备。将根表土悬液制备后的草莓须根称其质量,然后放入酒精中浸泡 30 s,再放入升汞(1 g/L)处理 1.5 min^[11]以杀死根系表面微生物;用无菌水反复冲洗除净升汞,取出根系,置于无菌研钵中,按 m(水):m(根)=1:5 加无菌水研磨,并稀释成不同浓度的悬液,根系样品中测得的 Act11、Act12 数量为其在根内的定殖量。

(5)草莓根外土、根区土、根表土及根内细菌、真菌和放线菌数量的测定。均采用稀释平皿涂抹法^[10]。

1.2.4 草莓生物学性状的测定 植株生物量测定采用称重法,草莓发病率测定采用田间调查法。发病植株指出现不可逆萎蔫、根系腐烂、甚至死亡的植株。

表 1 不同放线菌制剂处理草莓根区、根表、根内微生物区系的组成

Table 1 Population of microbe in the root zone and root surface and roots of strawberry with different treatments

处理 Treatment	细菌(10 ⁷)Bacterium			真菌(10 ⁴)Fungus			放线菌(10 ⁶)Actinomycete		
	根区	根表	根内	根区	根表	根内	根区	根表	根内
	Root zone	Root surface	Roots	Root zone	Root surface	Roots	Root zone	Root surface	Roots
CK	4.39 a	9.76 b	0.66 ab	2.63 b	25.97 a	0.11 b	1.91 c	18.89 c	0.06 c
Act11	4.10 a	16.73 a	0.50 b	2.91 b	27.17 a	0.39 a	3.81 a	40.22 b	0.28 b
Act12	3.86 a	19.54 a	0.76 a	7.44 a	24.40 a	0.37 b	2.74 b	63.27 a	0.61 a

注:①同列不同小写字母表示 0.05 水平上有显著差异,下表同。②根外土壤细菌、真菌及放线菌数量分别为 2.05×10⁷,2.50×10⁴ 及 2.58×10⁶ cfu/g。

Note:①The small letters indicate significant difference from treatments at P=0.05 respectively in the same column. ②The colonization capacity of the bacterium,fungus and actinomycete in the soil of root outside are 2.05×10⁷,2.50×10⁴,2.58×10⁶ cfu/g,respectively.

2.2 放线菌制剂对草莓根域微生物组成的影响

除微生物数量外,微生物组成比例也是作物根区土壤微生物生态系统正常及健康与否的重要指标。放线菌是抗生素的主要产生菌,在土壤放线菌中,有 30%~40%能产生不同数量的抗生素,故放线菌/细菌(A/B)、放线菌/真菌(A/F)愈大,土壤微生物中抗病微生物所占比例就愈高,该土壤对土传病的抗性就愈强;真菌适宜生长的土壤 pH 为微酸性,而植物的病原菌中 90%为真菌,故土壤中真菌数量增加及其所占比例提高是土壤退化、致病性提

1.2.5 计算公式

发病率=发病株数/调查株数×100%;

相对防效=(对照发病率-处理发病率)/
对照发病率×100%;

放线菌的定殖率=接入放线菌的检出数量/
放线菌的检出总数×100%。

1.3 数据处理

所有试验数据用 DPS7.05 统计软件进行分析,平均数按 Duncan 新复极差法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 放线菌制剂对草莓根域微生物数量的影响

根域指土壤中根系分布的区域及根系内部,包括根系主要分布区、根系表面土壤和根系内部。

由表 1 可知,不同放线菌制剂处理的草莓根外、根区、根表及根内的 3 大类群微生物的数量均呈现出根表>根区>根内的趋势;接种处理根表细菌、放线菌数量分别较其对照提高 71.4%~100.0%,112.9%~234.9%;根内真菌、放线菌也有类似趋势,提高幅度分别为 70.3%~71.8%,78.6%~90.2%;表明接种生防放线菌对草莓根表、根内微生物数量均有明显影响,特别是根表放线菌数量的增加对提高草莓的抗病性有重要作用。

高的标志。

从表 2 可以看出,接菌处理后草莓根区、根表及根内的 3 大类群微生物的组成与对照相比差异极显著(P<0.01),说明接种放线菌制剂显著改变了微生物的组成比例。就 A/B 而言,根区、根表及根内均表现为接种 Act11 和 Act12 处理大于未接菌处理,如 Act12 处理根区、根表及根内的 A/B 分别为对照的 1.63,1.67 及 8.8 倍,Act11 处理与之类似。A/F 具有与 A/B 相同的规律,即接种 Act11 后根区、根表 A/F 极显著高于对照,分别为对照的 1.63,

2.04 倍;Act12 处理的草莓根表、根内 A/F 分别为对照的 3.2,3.3 倍,与对照的差异达到了极显著水平($P<0.01$)。表 2 结果说明,接种放线菌制剂大

幅度提高了放线菌在微生物系统中的比例,对提高土壤微生物生态系统的抗病性有益。

表 2 不同放线菌制剂处理草莓根区、根表、根内的微生物区系

Table 2 Comparison of microbe in the root zone and root surface and roots of strawberry with different treatments									
处理 Treatment	放线菌/细菌(10^{-2})(A/B)			细菌/真菌(B/F)			放线菌/真菌(A/F)		
	根区	根表	根内	根区	根表	根内	根区	根表	根内
	Root zone	Root surface	Roots	Root zone	Root surface	Roots	Root zone	Root surface	Roots
CK	4.35 D	19.35 C	0.91 C	1 734 A	376 C	5 696 A	76.2 B	72.7 C	50.0 B
Act11	9.29 B	24.04 B	5.60 B	1 406 B	615 B	1 364 B	124.2 A	148.2 B	71.8 B
Act12	7.10 C	32.38 A	8.03 A	518 D	713 A	971 C	36.8 C	231.0 A	164.9 A

注:同列标不同大写字母表示 0.01 水平上有显著差异,下表同。根外土壤的 A/B、B/F 及 A/F 分别为 12.59×10^{-2} ,781 及 98.4。

Note:Capital letter indicate significant difference from treatments at $P=0.01$ respectively in the same column. B/A,B/F and A/F represent bacterium/actinomycetes and bacterium/fungi and actinomycetes/fungi 12.59×10^{-2} ,781,98.4.

B/F 反映了土壤微生物系统中细菌和真菌的比例,B/F 愈大,真菌数量及所占比例愈低,则土壤的健康程度愈高;B/F 的变化是放线菌接种后间接作用的结果。从表 2 可以看出,接种放线菌制剂后,草莓根表土壤 B/F 较对照极显著提高,Act11 和 Act12 处理分别为对照的 1.6,1.9 倍;而根区土壤及根内 B/F 呈降低趋势。

定植密度最大,分别为 1.30×10^7 和 5.76×10^7 cfu/g,其定殖率分别为 32.3%和 92.4%;Act11 和 Act12 在草莓根区的定植密度次之,分别为 8.37×10^5 和 6.89×10^5 cfu/g,其定殖率分别为 22.0%和 25.1%;Act11 和 Act12 在草莓根内的定植密度最小,分别为 0.20×10^5 和 0.43×10^5 cfu/g,但其作用不可忽视。

2.3 放线菌制剂在草莓根域的定殖情况

由表 3 可以看出,Act11 和 Act12 均可以在草莓的根区、根表和根内定殖,但是定殖密度差异极显著($P<0.01$),其中 Act11 和 Act12 在草莓根表的

由表 3 还可以看出,Act11 和 Act12 的定殖能力存在差异,Act12 在草莓根表和根内的定殖密度分别是 Act11 的 4.4 倍和 2 倍。

表 3 供试放线菌制剂在草莓根区、根表、根内的定殖情况

Table 3 Colonization density of actinomycetes tested in the root zone and root surface and roots of strawberry				
检测部位 Location	Act11		Act12	
	定殖密度/(cfu·g ⁻¹)	定殖率/%	定殖密度/(cfu·g ⁻¹)	定殖率/%
	Colonization density	Colonization ratio	Colonization density	Colonization ratio
根区 Root zone	8.37×10^5 C	22.0	6.89×10^5 D	25.1
根表 Root surface	1.30×10^7 B	32.3	5.76×10^7 A	92.4
根内 Root	0.20×10^5 E	0.07	0.43×10^5 E	0.07
根表/根区 Root surface/Root zone	15.54	—	83.61	—

2.4 放线菌制剂对草莓土传病害的防效

由表 4 可以看出,接种 Act12 菌剂后,露地草莓的发病率显著低于对照($P<0.05$)。在发病初期,由于发病较轻,接种 Act11 处理与对照的发病率差异不明显,接种 Act12 处理与对照的发病率差异显著,接种 Act11 和 Act12 菌剂的相对防效分别为 28.6%和 84.7%;说明在发病初期和中期,Act12 的相对防效优于 Act11,分别是 Act11 的 2.4 倍和 2.9 倍。

32.3%和 77.8%;在发病中期,接种 Act11 处理与对照的发病率差异也不明显,接种 Act12 处理与对照的发病率差异显著,接种 Act11 和 Act12 菌剂的相对防效分别为 28.6%和 84.7%;说明在发病初期和中期,Act12 的相对防效优于 Act11,分别是 Act11 的 2.4 倍和 2.9 倍。

表 4 放线菌制剂对露地草莓连作病害的防治效果

Table 4 Control efficiency of actinomycetes agents to open air trial strawberry					
调查日期 Investigation time	处理 Treatment	调查总株数 Total number	病株数 Disease number	发病率/% Disease ratio	相对防效/% Relative efficiency
04-19	CK	2 120	36	1.57 a	—
	Act11	1 869	20	1.07 ab	32.3
	Act12	1 360	5	0.35 b	77.8
04-29	CK	2 120	534	24.43 a	—
	Act11	1 792	327	17.53 a	28.6
	Act12	1 360	51	3.75 b	84.7

2.5 放线菌制剂对草莓的促生作用

由表 5 可以看出,接种 Act11 和 Act12 后,露地草莓的整株生物量显著高于对照($P<0.05$),分别较对照提高 37.3%,52.9%,草莓地上部分生物量

分别较对照提高 46.7%,59.2%,草莓全根系生物量分别较对照提高 7.9%,29.3%,须根生物量分别较对照提高 40.8%,45.2%,其中新根生物量分别较对照提高 31.3%,112.5%,增幅显著。

表 5 放线菌制剂对草莓生长的影响

Table 5 Growth index of different actinomycetes agents treatment

处理 Treatment	整株 Whole plant		地上部分 Above ground biomass			
	生物量/ (g·株 ⁻¹) Biomass	增率/% Increase ratio	生物量/ (g·株 ⁻¹) Biomass	增率/% Increase ratio	匍匐茎/ (g·株 ⁻¹) Stolon	增率/% Increase ratio
CK	23.39 b	—	19.22 b	—	1.60 c	—
Act11	32.68 a	37.3	28.19 a	46.7	3.35 b	109.4
Act12	35.99 a	52.9	30.61 a	59.2	4.30 a	168.8

处理 Treatment	地下部分生物量 Ground biomass					
	全根系/ (g·株 ⁻¹) Root	增率/% Increase ratio	须根/ (g·株 ⁻¹) Fibrous root	增率/% Increase ratio	新根/ (g·株 ⁻¹) New root	增率/% Increase ratio
CK	4.17 b	—	1.57 b	—	0.32 c	—
Act11	4.50 ab	7.9	2.21 a	40.8	0.42 b	31.3
Act12	5.39 a	29.3	2.28 a	45.2	0.68 a	112.5

此外,由表 5 还可以看出,接种 Act11 和 Act12 菌剂可促使草莓匍匐茎增加,接种 Act11 和 Act12 菌剂后,草莓匍匐茎分别较对照增加 1.75 和 2.70 g/株,增率达 109.4%和 168.8%。

3 讨 论

当前关于生防菌防病机制的研究集中在生防菌在植物根际的竞争能力^[12-13]和抗菌物质^[14]方面。本研究结果表明,接种生防菌制剂后草莓根区、根表及根内的 3 大类群微生物的数量均呈现出根表>根区>根内的趋势。说明植物根系分泌物和生防菌的引入对根域微生物生态有显著影响。根系分泌物和腐解物中糖类、氨基酸类、维生素、有机酸类等均是微生物生长繁殖所需要的碳、氮源及生长因子。甄文超等^[8]对草莓连作微生物区系动态研究认为,连作条件下根系分泌物和腐解物的大量积累有利于真菌的繁殖,限制了细菌和放线菌的生长,进而影响到土壤、根际和根表微生物区系,最终反馈于再植作物,成为再植病害发生的重要因素。本研究所用的生防菌 Act11 和 Act12 可以在草莓的根表和根内定殖,同时由于生防菌的引入,使草莓根区、根表、根内 A/B、B/F 及根区、根表 A/F 极显著增加,特别是草莓根表 B/F 极显著增加,可使土壤微生物区系向健康方向发展,提高对草莓连作土传病害的抗性。

从本研究 04-29 的调查结果可以看出,Act12、Act11 2 种处理及对照的发病率分别为 3.75%,17.53%及 24.43%,这与草莓根区、根表及根内微生物组成的变化趋势一致,说明接种放线菌制剂所

引起的草莓根区、根表 A/F、A/B 及根表 B/F 的增加使草莓根系的生长微环境得到改善,连作发病率显著下降。

目前,草莓连作病害的生物防治主要集中在细菌、真菌和药用植物上,有关放线菌制剂的研究报道较少。王占武等^[6]利用芽胞杆菌防治草莓枯萎病,徐淑华等^[7]利用对石楠拟盘多毛孢菌生长具有极强抑制作用的细菌抑制引起草莓发病的多种真菌,马宝红等^[15]利用 VAM 真菌防治草莓黄萎病,甄文超等^[8]利用药用植物防治由镰刀菌等真菌引起的草莓再植病害,张丽萍等^[16]利用木霉 T42 与枯草芽孢杆菌 Bs-6 防治由尖孢镰刀菌和立枯丝核菌引起的草莓连作病害。这些生防因子虽然表现出一定的防病效果,但是由于细菌制剂保藏困难,VAM 真菌孢子产量较少,药用植物源有限等原因,难以大面积推广。本试验所用的放线菌属于链霉菌,前期室内抑菌试验表明,其对多种植物病原真菌都有很强的抑制效果,而且这 2 株生防菌易于培养,可以得到大量孢子,这为该菌在生产上的应用推广提供了便利。

4 结 论

(1)草莓移栽时接种放线菌制剂可以显著增加草莓根区、根表及根内放线菌的数量,极显著提高草莓根区、根表及根内 A/B、B/F 及根区、根表 A/F,进而改善草莓根域微生物生态系统的健康状况。

(2)生防放线菌 Act11 和 Act12 能在草莓根区、根表土壤和根内定殖,其中根表的定殖量最大,它们可在根表形成强大的放线菌生物屏障,以阻止

病原菌对草莓根系的侵染。

(3)生防放线菌 Act11 和 Act12 能显著促进草莓根系、匍匐茎及地上部分生长。

(4)生防放线菌 Act11 和 Act12 对草莓连作病害有较为明显的防效。

[参考文献]

[1] 葛会波,高志华,李青云,等. AS818 菌剂对连作草莓影响的研究 [J]. 河北科技师范学院学报,2004,18(2):14-17.
Ge H B,Gao Z H,Li Q Y,et al. Study on the effects of AS818 on replanted strawberries [J]. Journal of Hebei Normal University of Science & Technology,2004,18(2):14-17. (in Chinese)

[2] 李汉霞. 草莓四季栽培 [M]. 北京:科学技术文献出版社,1998:1-7.
Li H X. Plant strawberry four seasons[M]. Beijing:Scientific and Technological Literature Press House,1998:1-7. (in Chinese)

[3] 刘喜更. 草莓重茬土壤病害防治技术研究 [J]. 北京农业科学,1998(8):33.
Liu X G. Study on controlling replanted soil-borne disease of strawberry [J]. Beijing Agricultural Sciences,1998(8):33. (in Chinese)

[4] 齐永志,甄文超,代 丽,等. 连作条件下不同品种草莓生长发育和根部病害发生状况的研究 [J]. 中国农学通报,2008,24(6):374-378.
Qi Y Z,Zhen W C,Dai L,et al. Study on growth and root diseases of different strawberry cultivars from continuous cropping [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2008,24(6):374-378. (in Chinese)

[5] Yuen G Y,Schroth M N,Weinhold A R,et al. Effects of soil fumigation with methyl bromide and chloropicrin on root health and yield of strawberry [J]. Plant Disease,1991,75(4):416-420.

[6] 王占武,李晓芝,葛建国,等. 拮抗菌 B501 在草莓根际的定殖及对其他根际微生物的影响 [J]. 河北农业科学,2002,6(3):14-18.
Wang Z W,Li X Z,Ge J G,et al. Colonization and effect on the microorganism of antagonistic microbe B501 in the rhizosphere of strawberry [J]. Journal of Hebei Agricultural Sciences,2002,6(3):14-18. (in Chinese)

[7] 徐淑华,蒋继志,姚克文,等. 两株拮抗细菌对草莓根腐病菌的抑制作用 [J]. 河北农业大学学报,2005,28(3):81-83.
Xu S H,Jiang J Z,Yao K W,et al. Inhibition effect of two strains of antagonistic bacteria against *Pestalotiopsis photinia* [J]. Journal of Agricultural University of Hebei,2005,28(3):81-83. (in Chinese)

[8] 甄文超,曹克强,代 丽,等. 利用药用植物源土壤添加物控制草莓再植病害的研究 [J]. 中国农业科学,2005,38(4):730-735.
Zhen W C,Cao K Q,Dai L,et al. Management of strawberry (*Fragria ananassa* Duch) replanting problem by soil amendments of medicinal herbs [J]. Scientia Agricultura Sinica,2005,38(4):730-735. (in Chinese)

[9] 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.
Xu Y J,Xue Q H,Xing S L,et al. The growth promoting effect and induced endurance of three actinomyces strains to strawberry [J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica,2007,16(6):146-153. (in Chinese)

[10] 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,2000:80-83,383-385.
Cheng L J,Xue Q H. Microbe experiment technology [M]. Xi'an:World Publishing Corporation,2000:80-83,383-385. (in Chinese)

[11] 梁军锋,薛泉宏,牛晓磊,等. 7 株放线菌在辣椒根部定殖及对辣椒叶片的 PAL 与 PPO 活性的影响 [J]. 西北植物学报,2005,25(10):2118-2123.
Liang J F,Xue Q H,Niu X L,et al. Root colonization and effects of seven strains of actinomycetes on leaf PAL and PPO activities of capsicum [J]. Acta Botany Boreali-occidentalis Sinica,2005,25(10):2118-2123. (in Chinese)

[12] John,Whipps M. Microbial interactions and biocontrol in the rhizosphere [J]. Journal of Experimental Botany,2001,52:478-511.

[13] Oric A,Makoto S. Biocontrol of rhizoctonia solani damping-off tomato with *Bacillus subtilis* RB14 [J]. Applied and Environmental Microbiology,1996,62:4081-4085.

[14] Dowling D N,O'Gara F. Metabolites of *Pseudomonas* involved in the biocontrol of plant disease [J]. Trends in Biotechnology,1994,16:721-729.

[15] 马宝红,甄文超,曹克强,等. VAM 真菌对草莓促生、防草莓黄萎病效应初探 [J]. 河北农业大学学报,2004,27(4):71-73.
Ma B H,Zhen W C,Cao K Q,et al. A primary study on effect of VAM fungi to strawberry and *Verticillium wilt* [J]. Journal of Agricultural University of Hebei,2004,27(4):71-73. (in Chinese)

[16] 张丽萍,黄亚丽,程辉彩,等. 土壤微生物制剂防治草莓连作病害的研究 [J]. 土壤,2007,39(4):604-607.
Zhang L P,Huang Y L,Cheng H C,et al. Disease control with bio-preparation in continuous cropping of strawberry [J]. Soil,2007,39(4):604-607. (in Chinese)