

## 明尼苏达被毛孢代谢物对大豆胞囊线虫二龄幼虫的影响

钱洪利<sup>1,2</sup>, 许艳丽<sup>2</sup>, 孙玉秋<sup>2</sup>, 李春杰<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>东北林业大学生命科学学院, 黑龙江 哈尔滨 150040; <sup>2</sup>中国科学院东北地理与农业生态研究所, 黑龙江 哈尔滨 150081)

**摘要:**明尼苏达被毛孢是大豆胞囊线虫幼虫专性寄生真菌, 是一类具有潜力的线虫生防资源。为了探讨明尼苏达被毛孢对大豆胞囊线虫的生防作用机制, 实验室条件下, 研究了明尼苏达被毛孢 1-10 代谢物原液及不同稀释液对大豆胞囊线虫二龄幼虫(J2)活性的影响和 J2 对大豆根浸出液及大豆根的趋性。结果表明: 代谢物原液及其不同稀释度可以显著抑制 J2 活性, 24 h 时原液、5 ×、10 ×、20 × 和 50 × 对 J2 致死率分别为 91%、75%、50%、36% 和 31%, 显著高于无菌水对照 7.2%, 且 J2 致死率随时间的延长而逐渐提高; J2 在 1-10 代谢物最近处 0~1 cm 分布率最低, 表明 J2 对 1-10 代谢物存在趋避性; J2 在根浸出液最近处 0~1 cm 分布率最高, 表明 J2 对根浸出液存在趋向性; 在距处理液 0~1 cm, J2 对根浸出液/1-10 代谢物混合液趋避性仍然十分明显; 大豆幼根蘸代谢物影响下 J2 在距豆根 0~1 cm 分布率低于无菌水处理的幼根, 且差异显著, 说明 1-10 代谢物可以降低 J2 对大豆根的趋向性。

**关键词:**明尼苏达被毛孢; 代谢物; 大豆胞囊线虫; 二龄幼虫; 趋向性

中图分类号: S565.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-9841(2009)01-0118-04

## Effects of *Hirsutella Minnesotensis* Metabolites on Soybean Cyst Nematode Juvenile

QIAN Hong-li<sup>1,2</sup>, XU Yan-li<sup>2</sup>, SUN Yu-qiu<sup>2</sup>, LI Chun-jie<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>College of Life Sciences, Northeast Forestry University, Harbin 150040, Heilongjiang; <sup>2</sup>Northeast Institute of Geography and Agroecology, Harbin 150081, Heilongjiang, China)

**Abstract:** As an fungal endoparasites of soybean cyst nematodes (SCN) juvenile, *Hirsutella minnesotensis* was a potential biological control agent. To discuss the mechanism of *Hirsutella minnesotensis* on SCN, the effect of *Hirsutella minnesotensis* 1-10 metabolites at the original and different dilute solution on second stage juveniles (J2) mortality and its effect on the attraction of J2 to soybean root diffusate or soybean root on agar plate was investigated. It was deduced that both the original and different dilute solution of 1-10 metabolites could significantly restrain the activity of J2, and that the effect of the metabolites at the original, 5, 10, 20 and 50 on the mortality of J2 were 91%, 75%, 50%, 36% and 31% after 24 hours. The difference between these treatments and water control were significant, and as the time went, the mortalities of J2 grew. J2 suspension was inoculated on the centre of a circle of water agar plate and the filter paper strips soaking up with root diffusate or the metabolites were place at a 3 cm distance around the centre. The results showed that J2 were repelled by 1-10 metabolites according the lowest distribution rates of J2 on 0-1 cm area nearby filter paper strips. In the same area, it showed that J2 were attracted toward the root diffusate according the highest distribution rates. Further more, J2 were significantly lower in the area treated by mixture of root diffusate and 1-10 metabolites than the sterile water ( $P < 0.05$ ). The same result was obtained by using soybean roots or the roots dipped with 1-10 metabolites ( $P < 0.05$ ). It is deduced that 1-10 metabolites can reduce the tendency of soybean cyst nematode toward soybean roots.

**Key words:** *Hirsutella minnesotensis*; Metabolites; Soybean cyst nematode; Second stage juveniles; Tendency

大豆胞囊线虫 (*Heterodera glycines*) 是一种极难防治的土传病害, 它在幼虫阶段对植物根部组织进行侵染。大豆胞囊线虫主要以胞囊在土壤中越冬, 胞囊对不良环境的抵抗力很强, 胞囊中的卵可保持

生活力 3~4 年。当有寄主植物存在时, 根的分泌物促使土壤中大豆胞囊线虫的卵孵化, 继而幼虫游向根尖及新生侧根, 并侵染这些部位<sup>[1]</sup>。线虫寄生性真菌能侵染土壤中的大豆胞囊线虫各种虫态, 并利

收稿日期: 2008-11-19

基金项目: 土壤与农业可持续发展国家重点实验室课题资助; 国家“十一五”科技支撑计划资助项目(2006BAD21B01-15)。

作者简介: 钱洪利(1983-), 女, 在读硕士, 现主要从事大豆病害的生物防治研究。E-mail: hongliqian@163.com。

通讯作者: 许艳丽, 研究员, 博士生导师。E-mail: xyll@neigae.hrb.ac.cn。

用线虫营养进行繁殖,对于大豆胞囊线虫具有很高的生防潜力<sup>[2]</sup>。关于寄生真菌代谢物对大豆胞囊线虫的作用研究较多,有研究表明某些真菌代谢物有很强的杀线活性,可在不同程度上控制多种线虫卵及幼虫生长发育,使其停止发育或致畸,幼虫麻痹死亡<sup>[3]</sup>。孙漫红报道了在室内试验中寄生真菌淡紫拟青霉 M-14 的代谢物对大豆胞囊线虫致死率达 90% 以上,有明显的抑制作用<sup>[4]</sup>。明尼苏达被毛孢 (*Hirsutella minnesotensis*) 是一类重要的植物线虫幼虫寄生真菌,尤其是对大豆胞囊线虫有较高的寄生率<sup>[5]</sup>。Liu 等用温室试验研究了被毛孢对大豆胞囊线虫生防作用,防治效果较好<sup>[6]</sup>,但有关明尼苏达被毛孢代谢产物对大豆胞囊线虫活性影响及在被毛孢代谢物影响下大豆胞囊线虫对大豆根趋性的影响如何,对于被毛孢防治大豆胞囊线虫的应用尤为重要。研究在实验室条件下明尼苏达被毛孢 1-10 代谢物对大豆胞囊线虫活性及趋向性的影响,旨在探讨明尼苏达被毛孢对大豆胞囊线虫的生防作用机制。

## 1 材料方法

### 1.1 材料

1.1.1 供试菌株 明尼苏达被毛孢 (*Hirsutella minnesotensis*) 1-10,由中国科学院微生物研究所提供。

1.1.2 供试线虫 大豆胞囊线虫 3 号生理小种,本实验室温室繁殖。

### 1.2 测定项目和方法

1.2.1 被毛孢代谢物的制备 28℃ 下,菌株液体发酵摇瓶培养 7 d 后,2 500 r·min<sup>-1</sup>,5 min,取上清液过 0.25 μm 微孔滤膜去除孢子,制备真菌代谢物。

1.2.2 大豆胞囊线虫 J2 制备 取成熟的大豆胞囊线虫胞囊,用胶皮塞在 100 目筛上研磨,200 目筛网滤除碎片,500 目筛上收集卵,35% 蔗糖溶液中离心 (2 500 r·min<sup>-1</sup>,5 min) 后,上清液过 500 目筛网,清水洗去蔗糖,重新收集大豆胞囊线虫卵于 50 mL 离心管中。将线虫卵在 0.5% NaClO 溶液中消毒 1 min,反复冲洗后在 25℃,4 mmol·L<sup>-1</sup> ZnCl<sub>2</sub> 溶液中孵化。4 d 后开始收集幼虫,制备 J2 悬液。

1.2.3 大豆根浸出液的制备 大豆种子用 3% NaClO 溶液消毒 3 min,在无菌土中种植,温室环境生长 21 d,扣盆,流水冲洗去除根上的土,无菌水中

浸泡 24 h,制备大豆根浸出液备用<sup>[7]</sup>。

1.2.4 大豆幼根的培养 无菌土播种大豆,7 d 后备用。

1.2.5 被毛孢代谢物对大豆胞囊线虫 J2 致死率的测定 在经灭菌的培养皿 (φ=4.5 cm) 中分别加入 4.5 mL 不同浓度的被毛孢代谢物,再加入 200 μL 新孵化的 J2 悬液 (约 500 条·mL<sup>-1</sup>)。待测培养皿放入 25℃ 培养箱中,分别在 24 h、48 h 和 72 h 后记录线虫死亡情况,计算死亡率<sup>[8]</sup>,线虫死活判断采用 NaOH 刺激法<sup>[9]</sup>。

共 5 个处理:被毛孢代谢物原液、5×、10×、20× 和 50× 代谢物,以等量无菌水为对照,处理和对照各 4 次重复。

1.2.6 被毛孢代谢物、大豆根浸出液及幼根对大豆胞囊线虫 J2 平板上分布影响测定 采用两种方法模拟土壤中大豆根附近的 J2 寻找寄主过程,滤纸片法 (间接法) 是采用根浸出液模拟大豆环境,直接法是采用大豆幼根模拟大豆环境。

1.2.6.1 滤纸片法 (间接法) 参照孙漫红的方法<sup>[7]</sup>,略作改进。取灭菌培养皿 (φ=10 cm),如图 1 所示:以皿底中央为圆心,划直径 0.5 cm 区域,培养皿中倒入 WA 培养基待凝固后,滴加 20 μL (100~200 条) J2 悬液;此区域外每隔 1 cm 半径划定测量区间,共三个区间;在三个区间外放置蘸有不同处理液的滤纸片圆环 (半径 0.5 cm),24 h 后检测 J2 在不同区间范围内的分布,计数。滤纸片边缘内新孵化的侧记为 0 点。

处理液分别为:1-10 代谢物、50% 1-10 代谢物、大豆根浸出液、50% 根浸出液、根浸出液/代谢物 (1:1)、CK (无菌水),每个处理设 4 次重复。

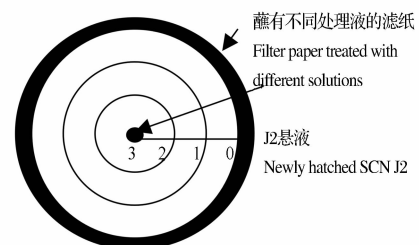


图 1 WA 平板检测 J2 趋性区域示意图

Fig. 1 Diagram for testing SCN J2 attraction on WA plate

1.2.6.2 直接法 参照孙漫红的方法<sup>[7]</sup>,略作改进。将生长 7 d 的大豆幼根蘸被毛孢代谢物代替滤纸片放置在三个测量区间外缘,其余同上,测定大豆胞囊线虫 J2 在平板不同区间内的分布,以无菌水处

理的幼根为对照。每个处理设 4 次重复。

2 结果与分析

2.1 被毛孢 1-10 代谢物对大豆胞囊线虫 J2 活性的影响

通过对大豆胞囊线虫 J2 致死率的测定结果看出(图 2),1-10 代谢物原液及不同浓度稀释液对 J2 在 24 h 就表现出明显的抑制作用,48 h 后抑制作用又有所增加。24 h 时 1-10 代谢物原液、5 ×、10 ×、20 × 和 50 × 对 J2 致死率分别为 91%、75%、50%、36% 和 31%,远高于无菌水对照致死率 7.2%,且差异显著;原液在 48 h 后 J2 致死率达到 100%,强烈地抑杀了 J2。1-10 代谢物对大豆胞囊线虫 J2 的致死作用随浓度的提高而增加。

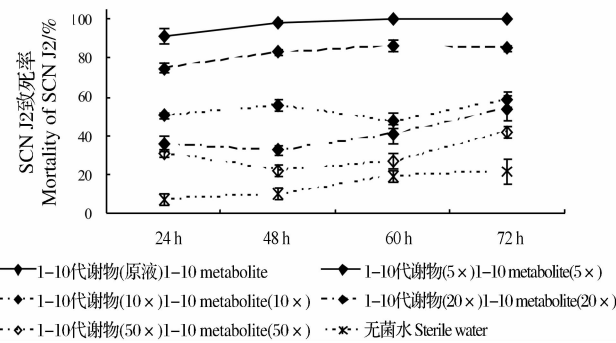


图 2 不同浓度 1-10 代谢物对大豆胞囊线虫 J2 致死率

Fig 2 Mortality of SCN J2 in 1-10 metabolites at the different concentration /%

表 1 根浸出液和 1-10 代谢物处理下大豆胞囊线虫 J2 在 WA 平板上的分布率

Table 1 Distribution rates of SCN J2 on WA plate with root diffusate and 1-10 metabolites

处理 Treatments	J2 距处理液距离 The distance of J2 nearby filter paper strips		
	0 ~ 1 cm	1 ~ 2 cm	2 ~ 3 cm
1-10 代谢物 Metabolites of 1 - 10	15.9 ± 2.7 aA	29.0 ± 10.6	55.1 ± 8.7 a
50% 1-10 代谢物 Metabolites of 1 - 10 percent/50	17.0 ± 1.5 aA	31.2 ± 5.9	49.9 ± 8.2 ab
根浸出液 Soybean root diffusate	38.5 ± 8.5 bB	27.4 ± 8.9	37.2 ± 7.1 c
50% 根浸出液 Root diffusate percent/50	37.6 ± 3.0 bB	20.7 ± 2.4	46.4 ± 3.6 c
代谢物/根浸出液 = 1:1 Diffusate/metabolites = 1:1	20.3 ± 5.9 aB	30.2 ± 2.1	47.7 ± 6.0 ab
无菌水 Sterile water	28.0 ± 2.9 cAB	27.2 ± 7.8	46.3 ± 4.1 abc

趋性的变化 将被毛孢代谢物及无菌水处理的大豆幼根放置在三个测量区间的外缘,24 h 后测定 J2 在 WA 平板上各区域分布率(表 2)。在 0 ~ 1 cm 区间,无菌水处理幼根后 J2 分布率(32.0%)远高于 1-10 代谢物处理幼根(17.6%);对两处理 0 ~ 1 cm 区间分布率测定结果进行 *t* 检验, *P* <

2.2 被毛孢 1-10 代谢物、大豆根浸出液及大豆幼根对大豆胞囊线虫 J2 趋性影响

2.2.1 被毛孢 1-10 代谢物和大豆根浸出液对大豆胞囊线虫 J2 趋性的影响 在 1-10 代谢物和根浸出液等处理后 24 h,对 J2 在 WA 平板上分布的结果显示(表 1),1-10 代谢物和根浸出液对 J2 趋性影响存在差异,在距处理液最远处 2 ~ 3 cm 区间,J2 分布差异显著(*P* < 0.05),尤其是最近处 0 ~ 1 cm 区间,J2 分布差异极显著(*P* < 0.01)。J2 在距 1-10 代谢物原液最近处 0 ~ 1 cm 区间分布率最低,最远处 2 ~ 3 cm 区间分布率最高,表明 J2 朝 1-10 代谢物方向运动缓慢,对 1-10 代谢物存在显著的趋避性;J2 在距根浸出液原液 0 ~ 1 cm 区间分布率最高,最远处 2 ~ 3 cm 区间分布率最低,表明 J2 朝大豆根浸出液方向运动迅速,对根浸出液存在着一定的趋向性;J2 在根浸出液/1-10 代谢物混合液的 0 ~ 1 cm 区间分布率低于无菌水对照,2 ~ 3 cm 区间分布率高于无菌水对照,表明 J2 对混合液的趋避性仍然十分明显;1-10 代谢物原液、50% 稀释液与根浸出液/1-10 代谢物对 J2 在 0 ~ 1 cm 分布率影响效果在 *P* = 0.01 水平上无显著差异,说明在根浸出液诱导下线虫 J2 对被毛孢代谢产物依然有较强的趋避性,由此推断 1-10 代谢物可能具有影响和抑制大豆胞囊线虫幼虫寻找寄主过程的能力。

2.2.2 被毛孢 1-10 代谢物影响下 J2 对大豆幼根

0.05,即被毛孢代谢物处理的大豆幼根对 J2 分布与清水处理幼根差异显著,表明 J2 对 1-10 代谢物有一定趋避性,且 1-10 代谢物能显著降低 J2 对大豆幼根的趋向性,进一步说明 1-10 代谢物可能在大豆胞囊线虫幼虫游动寻找寄主过程中起到抑制作用。

表2 豆根和豆根蘸 1-10 代谢物处理下大豆胞囊线虫 J2 在 WA 平板上的分布率

Table 2 Distribution rates of SCN J2 on WA plate with soybean root and the root dipping with 1-10 metabolites

处理 Treatments	J2 距豆根距离 The distance of J2 nearby soybean young root		
	0 ~ 1 cm	1 ~ 2 cm	2 ~ 3 cm
幼根蘸代谢物 Young root with metabolites	17.6 ± 1.5	32.0 ± 7.2	50.4 ± 8.7
大豆幼根蘸无菌水 Soybean young root with sterile water	32.0 ± 5.2	33.2 ± 2.2	34.8 ± 6.3

### 3 讨论

J2 是大豆胞囊线虫进行繁殖重要的虫态,大豆幼根浸出液对大豆胞囊线虫 J2 则具有明显的趋向性,而明尼苏达被毛孢 1-10 代谢物对大豆胞囊线虫 J2 具有驱逐作用。在试验中,明尼苏达被毛孢 1-10 代谢物原液在 24 h 后对 J2 致死率达 91%,对于幼虫活性有较强的抑制作用,低浓度代谢物会导致线虫僵直不动,暂时麻痹,呈现假死状态,即线虫产生一定耐受性<sup>[10]</sup>,但时间继续延长逐渐死亡。真菌代谢物使 J2 麻痹是非常关键的环节,影响了 J2 在土壤中寻找寄主机率,进而避免豆根被其感染。

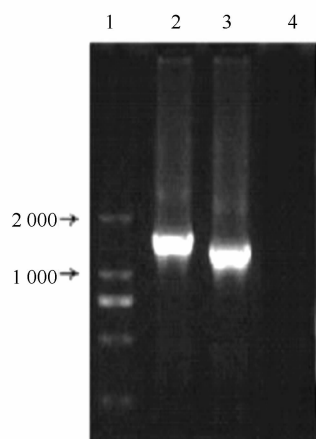
病原线虫与其寄主植物存在一定的亲和关系,即趋向性,室内试验中表现为幼虫在靠近根浸出液及大豆幼根的区域分布率相对较高,这可能是由于根分泌物作用下线虫识别、运动的结果<sup>[11]</sup>。大豆胞囊线虫幼虫 J2 的活动受大豆根分泌物、被毛孢代谢产物的重要影响。在被毛孢代谢物作用下,大豆胞囊线虫幼虫表现出明显的趋避性,表明可能内寄生真菌被毛孢在代谢过程中产生出具有抑线、杀线的活性物质,已有研究表明被毛孢的胞外感染性丝氨酸蛋白酶产物有可能作用于线虫体壁的外表蛋白<sup>[12]</sup>。同时根际微生物的存在会影响或改变根分泌物的浓度和组份,进而影响植物线虫的发育,影响线虫对植物根的趋向性<sup>[2,13-14]</sup>。在自然条件下,被毛孢对一些植物寄生线虫寄生率很高,且与寄主线虫呈密度依赖寄生关系<sup>[15]</sup>。

被毛孢作为一种重要的生防真菌,不仅能够寄生包括根结线虫、胞囊线虫在内的多种植物病原线虫的卵<sup>[3]</sup>、幼虫及成虫<sup>[15]</sup>,而且在代谢过程中能够产生具有杀线虫活性的物质,抑制线虫卵的孵化,并强烈抑杀二龄幼虫,并通过代谢物的作用影响甚至破坏线虫对其寄主植物的趋向性,从而减少线虫对植物的感染,控制线虫密度。在土壤中,若食线虫真菌能够在大豆胞囊线虫感染大豆的前期实现对线虫的识别并发挥杀线作用,不失为一种具有很大潜力的大豆胞囊线虫生防资源。

### 参考文献

- [1] 杨荣铮,陈建军,张杰. 大豆胞囊线虫对寄主的侵染过程及其所致生理变化的研究[J]. 安徽农业科学,1987,31(1):69-72. (Yang R Z, Chen J J, Zhang J. Infection process of host by soybean cyst nematode *Heterodera glycines* and physiological changes of the host [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 1987, 31(1):69-72. )
- [2] Jaffee B A. Population biology and biological control of nematodes [J]. Canadian Journal of Microbiology, 1992, 38:359-364.
- [3] Cayrol J C, Castet R, Samson R A. Comparative activity of different *Hirsutella* species towards three plant parasitic nematodes [J]. Revue de Nématologie, 1986, 9:412-414.
- [4] 孙漫红,刘杏忠,晋治波. 淡紫拟青霉对大豆胞囊线虫卵及二龄幼虫的影响[J]. 植物保护学报,2002,29(1):57-61. (Sun M H, Liu X Z, Jin Z B. Effects of *Paecilomyces lilacinus* on egg hatching and juvenile mortality of *Heterodera glycines* [J]. Acta Phytophylacica Sinica, 2002, 29(1):57-61. )
- [5] 向梅春,明尼苏达被毛孢(*Hirsutella minnesotensis*)相关种分类及其分子生态学研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2006. (Xiang M C. Taxonomy of *Hirsutella minnesotensis* and allied species and its molecular ecology [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2006. )
- [6] Liu S F, Chen S Y. Efficacy of the fungi *Hirsutella minnesotensis* and *H. rhossiliensis* from liquid culture for control of the soybean cyst nematode *Heterodera glycines* [J]. Nematology, 2005, 7(1):149-157.
- [7] 孙漫红,刘杏忠. 淡紫拟青霉发酵滤液对大豆胞囊线虫趋化性的影响[J]. 植物病理学报,2004,34(4):376-379. (Sun M H, Liu X Z. Effects of *Paecilomyces lilacinus* M-14 fermentation filtrate on the affinity between soybean cyst nematode and soybean root [J]. Acta Phytopathologica Sinica, 2004, 34(4):376-379. )
- [8] 刘霆,王莉,段玉玺,等. Sn907 真菌代谢物对大豆胞囊线虫卵及二龄幼虫的影响[J]. 大豆科学,2006,25(3):325-328. (Liu T, Wang L, Duan Y X, et al. Effect of Sn907 fungal metabolites on egg hatching and juvenile mortality of *Heterodera glycines* [J]. Soybean Science, 2006, 25(3):325-328. )
- [9] Chen S Y, Dickson D W. A technique for determining live second-stage juveniles of *Heterodera glycines* [J]. Journal of Nematology, 2000, 32(1):117-121.
- [10] 韩新华,许艳丽. 线虫对环境胁迫适应机制[J]. 农业系统科学与综合研究,2008,24(2):205-207. (Han X H, Xu Y L. Adaptation strategies of nematodes to environmental stresses [J]. System Science and Comprehensive Studies in Agriculture, 2008, 24(2):205-207. )

(下转第 129 页)



1: D 2000 Marker; 2: HDMJ-2; 3: HDMJ-23; 4: 水 CK

图 7 16SrDNA 阳性克隆 PCR 鉴定

Fig. 7 PCR detection of positive clones

### 3 讨论

大豆蚜虫、食心虫是目前黑龙江省大豆生育期内主要虫害,尤其是近几年虫害发生频繁,危害面积之大已严重影响到粮食的产量和质量。在防治这类害虫上主要以乐果、氧化乐果、敌敌畏、氯氰菊酯等农药为主,并多为内吸性药剂,因此造成土壤和植株中农药残留严重。生物降解是消除农药污染物并且二次污染低的有效方式,也是目前研究农药残留降

解的主要方向。通过对剧毒农药氧化乐果降解菌的筛选和分离,获得降解效率较高且具有广谱降解效果的两株菌株,关于菌株复配制剂及其在田间应用还有待于进一步研究。

### 参考文献

- [1] 柏文琴,何凤琴,邱星辉. 有机磷农药生物降解研究进展[J]. 应用与环境生物学报,2004,10(5):675-680. (Bo W Q, He F Q, Qiu X H. The researching progress on biodegradation organ phosphorus pesticide[J]. Application and Environment Biology Journal, 2004,10(5):675-680.)
- [2] 石成春,徐升,傅彦斌. 氧化乐果曲霉降解特性和中间产物的研究[J]. 中国环境科学,2004,24(2):180-183 (Shi C C, Xu S, Fu Y B. Researching on characteristics and middle production of aspergilli on biodegradation omethoate [J]. China Environment Science, 2004,24(2):180-183.)
- [3] 沈德新,封志纯,杜江. 细菌 DNA 提取方法比较[J]. 中原医刊, 2006,31(10):20-22. (Shen D X, Feng Z C, Du J. Comparison on extracting bacterium DNA [J]. Central Plain Medicine Journal, 2006,31(10):20-22.)
- [4] Mulberry W, Kames J. Parathion hydrolyses specified by the Flavobacterium pod gene[J]. Journal of Bacteriology, 1989,6740-6746.
- [5] Ramirez M, Carrion Gigabitobi Y, Nava Acampo A. Theoretical approach to the mechanism of biological oxidation of organ phosphorus pesticide[J]. Toxicology, 2000, 149:63-68.
- [6] Neck D M. Enzymatic detoxify fiction of waste organ phosphate pesticide[J]. Agricultural Food, 1980, 28:10-11.
- [7] 张文明,娄远来,江荣昌. 选择性除草剂对不同龄期豚草的防除研究[J]. 植物保护,1993,19(2):37-38. (Zhang W M, Lou Y L, Jiang R C. Research on control of different age ragweed using selectivity herbicide[J]. Plant Protection, 1993, 19(2):37-38.)
- [8] 孙备,李建东. 豚草防治研究进展[J]. 农业现代化研究. 2005, 26(7):317-320. (Sun B, Li J D. Research advance on control of ragweed[J]. Research of Agricultural Modernization. 2005, 26(7):317-320.)
- [9] 祝心如,王威,赵国镇,等. 三裂叶豚草 (*Ambrosia trifida*) 对大豆根系生长及结瘤的影响[J]. 生态学报,1997,17(4):407-410. (Zhu X R, Wang W, Zhao G Z. Effect Of *Ambrosia trifida* on root growth and nodulation of soybean[J]. Acta Ecologica Sinica, 1997, 17(4):407-410.)
- [10] 孙漫红,刘杏忠. 淡紫拟青霉在大豆根际的定殖及对根际微生物的影响[J]. 微生物学通报,1998,25(3):133-136. (Sun M H, Liu X Z. Colonization of *Paecilomyces lilacinus* on soybean root and its effect on Rhizosphere micro-organisms [J]. Microbiology, 1998,25(3):133-136.)
- [11] Valerie M W, Cynthia A G. Plant - nematode interactions [J]. Plant Biology, 2003,6:327-333.
- [12] Wang B, Wu W P, Liu X Z. Purification and characterization of a neutral serine protease with nematocidal activity from *Hirsutella rhossiliensis*[J]. Mycopathologia, 2007, 163:169-176.
- [13] 孙漫红,刘杏忠. 淡紫拟青霉在大豆根际的定殖及对根际微生物的影响[J]. 微生物学通报,1998,25(3):133-136. (Sun M H, Liu X Z. Colonization of *Paecilomyces lilacinus* on soybean root and its effect on Rhizosphere micro-organisms [J]. Microbiology, 1998,25(3):133-136.)
- [14] Sun M H, Gao L, Shi Y X, et al. Fungi and actinomycetes associated with *Meloidogyne* spp. eggs and females in China and their bio-control potential [J]. Journal of Invertebrate Pathology, 2006, 93:22-28.
- [15] Chen S Y. Infection of *Heterodera glycines* by *Hirsutella rhossiliensis* in a Minnesota soybean field[J]. Journal of Nematology, 1997, 29:573.
- [4] 李秀梅. 恶性害草豚草的综合防治研究进展[J]. 杂草科学. 1997(1):7-9. (Li X M. The progress of the study on comprehensive control of ragweed which is the malignant damage grass [J]. Weed Science, 1997(1):7-9.)
- [5] 刘培廷,汪海洋,汪中遗. 山区豚草的发生及其防除技术[J]. 植物检疫,1996,10(6):374-375. (Liu P T, Wang H Y, Wang Z Y. Occurrence and control technology of ragweed in mountain area[J]. Plant Quaaantine, 1996, 10(6):374-375.)
- [6] 陈贤兴,何献武. 浙江省南麂岛豚草生物学特性及防除研究[J]. 河南科学,2003,21(1):51-53. (Chen X X, He X W. Research on biological characters and elimination of *Ambrosia artemisiifolia* in Nanji island, Zhejiang province [J], Henan Science, 2003, 21(1):51-53.)