

不同土壤类型和纬度大豆田植物线虫分布特征

潘凤娟^{1,2}, 许艳丽¹, 李春杰¹, 赵 丹³

(1. 中国科学院 东北地理与农业生态研究所 作物生理生态实验室, 黑龙江 哈尔滨 150081; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100049; 3. 黑龙江省农业科学院 园艺分院, 黑龙江 哈尔滨 150069)

摘 要:大豆根围有多种植物线虫, 有些为重要的植物病原线虫, 可影响大豆的生长发育, 甚至造成严重的经济损失。利用贝曼浅盘法收集我国 9 个省 86 块大豆田土壤线虫, 分析不同土壤类型和纬度大豆根围植物线虫群体分布特征, 以明确大豆田植物线虫群体结构和分布, 为从线虫生态角度评价土壤健康状况、控制大豆根部病害和大豆根际微生物生态研究提供参考。结果表明: 大豆根围植物线虫的群体分布与土壤类型有一定的关系, 有机质丰富型土壤中植物线虫群体结构相对较丰富; 贫瘠型土壤中植物线虫的种类和数量相对较少; 纬度对其影响不明显。共鉴定出植物线虫 13 个属, 丝尾垫刃属 (*Filenchus*)、短体属 (*Pratylenchus*)、垫刃属 (*Tylenchus*)、螺旋属 (*Helicotylenchus*)、平滑垫刃属 (*Psilenchus*) 和茎线虫属 (*Ditylenchus*) 在黑龙江省大豆田首次发现。

关键词:大豆; 植物线虫; 土壤类型; 纬度

中图分类号: S565.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-9841(2009)05-0869-06

Distribution of Plant-Parasitic Nematodes in Soybean Fields under Different Soil Type and Latitude

PAN Feng-juan^{1,2}, XU Yan-li¹, LI Chun-jie¹, Zhao Dan³

(1. Crop Physiology & Ecology Laboratory, Northeast Institute of Geography and Agroecology, CAS, Harbin 150081, Heilongjiang; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049; 3. Horticultural Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150069, Heilongjiang, China)

Abstract: Several kinds of plant-parasitic nematodes survive in soybean rhizosphere, the growth of soybean was harmed and even significant economic damage was caused by some of them. The distribution of plant-parasitic nematodes in soybean fields under different soil type and latitude were investigated in this study, the objectives were to determine community structure and distribution of plant-parasitic nematodes in soybean fields, to provide data for assessing the soil health, controlling the soybean root diseases and further study on soybean rhizosphere microbe ecosystem from nematode ecology field. Total of 86 soil samples was collected from 9 provinces in China, the nematodes were extracted by Baermann plates. The results showed that the distribution and the community structure of plant-parasitic nematodes were affected by soil type in soybean fields, the soil with higher organic matter had better plant-parasitic nematodes community structure than in the soil with lower organic matter. Community structure and distribution of plant-parasitic nematodes in soybean fields were lightly affected by latitude. Total of 13 genera were identified, *Filenchus*, *Pratylenchu*, *Tylenchus*, *Helicotylenchus*, *Psilenchus* and *Ditylenchus* were firstly detected in soybean field of Heilongjiang province.

Key words: Soybean; Plant-parasitic nematodes; Soil type; Latitude

植物线虫是世界各种农作物、蔬菜、果树、林木、花卉及药材上重要的病原生物之一, 是影响植物寿命和生长潜能的重要因子, 被喻为植物的隐蔽敌害, 其为害超过细菌和病毒, 仅次于真菌病害^[1-3]。大

多数植物线虫都生活在土壤中, 土壤类型及其地域性对线虫群体结构和分布有重要影响^[4-8]。土壤类型影响土壤线虫群体结构和分布, 主要由于不同土壤类型具有不同土壤理化性质, 对于一些寄生植物

收稿日期: 2008-12-04
基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向资助项目 (kzcx2-yw-408)。
作者简介: 潘凤娟 (1979-), 女, 在读博士, 现主要从事土壤线虫生态研究。E-mail: panfj2008@yahoo.com.cn。
通讯作者: 许艳丽, 研究员, 博士生导师。E-mail: xuyll@neigaehrb.an.cn。

线虫,土壤的通气性对其影响较大,土壤的 pH、磷、有机质的含量可能起到一个次要的作用^[9-10]。土壤溶重与植物线虫的群体结构一般呈负相关性^[11],但有些线虫例外,如 *Pratylenchus zeae* 和最短尾短体线虫(*Pratylenchus brachyurus*) 在砂土和粘性土壤中均为优势种^[12], *T. gladiolatus* 在粘性土壤中群体密度相对较大^[13]。植物线虫的群体密度还与土壤中沙子颗粒的大小有关,当土壤中沙子的直径大于 1 mm 时,植物线虫的整体密度与土壤中沙子的含量呈负相关^[14]。黑土中线虫的丰富度较高,灰化土和石质土壤中线虫的丰富度稍低一些,每个土层都有一些优势种群^[15]。

土壤线虫的群体结构和分布不仅受土壤理化性质的影响,而且受地理纬度的影响,具有明显的地理分布特点,Boucher 研究发现土壤线虫多样性在高纬度比低纬度低^[16]。以往人们从生态学的角度认为区域性越大,土壤中线虫种类越丰富,现在人们已对此产生质疑^[6,17]。尽管区域性在纬度梯度对线虫种类影响方面起重要作用,但它单独所产生的具体影

响还不确定^[18-19]。

大豆是我国重要的油料作物,其根围有多种植物寄生线虫,以往对大豆田线虫的研究多集中在大豆胞囊线虫上,陈立杰等曾对沈阳大豆田施用生防颗粒剂和涕灭威后土壤线虫群体结构变化进行了研究^[20-21]。目前,我国不同土壤类型、不同纬度大豆田植物线虫群体结构和分布特征少见报道^[22]。通过对我国大豆主产区主要土壤类型和不同纬度大豆田常见植物线虫进行研究,分析土壤类型及地理纬度对大豆田植物线虫群体动态的影响,明确大豆田植物线虫种类和分布,为从线虫生态角度评价土壤健康状况、控制大豆根部病害和大豆根际微生态研究提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

2005 年大豆花期(R2),取大豆根围 0~20 cm 深土样,土样分别采自黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、山西、山东、河北、河南、江苏 9 个省(自治区)42 个地点 86 块大豆田(表 1)。

表1 土壤样品采集情况
Table 1 Distribution of soybean soil samples

序号 No.	采集地点 Sites	土壤类型 Soil types	采集数量 Amount	序号 Number	采集地点 Sites	土壤类型 Soil types	采集数量 Amount
1	黑龙江哈尔滨 Harbin H	1	9	22	黑龙江尚志 Shangzhi H	1	1
2	黑龙江黑河 Heihe H	1	1	23	黑龙江五大连池 Wuda therme H	1	1
3	黑龙江密山 Mishan H	6	2	24	黑龙江通河 Tonghe H	1	2
4	黑龙江宁安 Ningan H	1	1	25	黑龙江克东 Kedong H	1	1
5	黑龙江富锦 Fujin H	2	3	26	黑龙江鸡西 Jixi H	3	1
6	黑龙江北安 Beian H	1	1	27	黑龙江绥化 Suiling H	1	1
7	黑龙江绥化 Suihua H	1	2	28	黑龙江肇东 Zhaodong H	3	1
8	黑龙江安达 Anda H	3	1	29	黑龙江伊春 Yichun H	7	1
9	黑龙江逊克 Sunke H	2	1	30	黑龙江大庆 Daqing H	1	1
10	黑龙江汤旺河 Tangwanghe H	2	1	31	江苏南京 Nanjing Js	7	1
11	黑龙江海伦 Hailun H	1	11	32	山东济南 Jinan Sd	8	1
12	黑龙江海林 Hailin H	6	2	33	吉林白城 Baicheng Jl	3	1
13	黑龙江抚远 Fuyuan H	1	1	34	吉林德惠 Dehui Jl	1	1
14	黑龙江孙吴 Sunwu H	1	1	35	吉林公主岭 Gongzhuling Jl	1	3
15	黑龙江拜泉 Baiquan H	1	1	36	吉林长春 Changchun Jl	1	3
16	黑龙江双城 Shuangcheng H	1	1	37	河北石家庄 Shijiazhuang Hb	7	1
17	黑龙江勃利 Boli H	7	1	38	河南濮阳 Puyang Hn	4	1
18	黑龙江齐齐哈尔 Qiqihaer H	5	5	39	内蒙古呼和浩特 Hohhot I	2	1
19	黑龙江佳木斯 Jiamusi H	1	5	40	辽宁沈阳 Shengyang L	7	1
20	黑龙江依安 Yian H	1	2	41	辽宁海城 Haicheng L	7	1
21	黑龙江八五三农场 853Farm H	1	5	42	山西汾阳 Fenyang Sx	4	3

1- 黑土,2- 草甸土,3- 盐碱土,4- 潮土,5- 风沙土,6- 白浆土,7- 棕壤土,8- 褐土;H- 黑龙江省,Js- 江苏省,Sd- 山东省,Jl- 吉林省,Hb- 河北省,Hn- 河南省,I- 内蒙古,L- 辽宁省,Sx- 陕西省

1- Black soil,2- Meadow soil,3- Alkaline saline soil,4- Aquic soil,5- Sandy soil,6- Albic soil,7- Aquic brown soil,8- Brown soil;H- Heilongjiang,Js- Jiangsu,Sd- Shandong,Jl- Jilin,Hb- Hebei,Hn- Henan,I- Inner Mongolia,L- Liaoning,Sx- Shaanxi

1.2 土壤线虫的分离与鉴定

用浅盘法分离土壤样品中线虫^[23],即将200 mL土样平放在铺有一层面巾纸的白瓷盘中,面巾纸下面铺有一层塑料筛网,白瓷盘中装上适量的水(其间需要补水),48 h后,移去塑料筛网,将白瓷盘中的线虫悬浮液通过500目(孔径26 μm)筛子收集线虫于小烧杯中,将收集到的线虫饥饿24 h后放在60℃的水浴锅中水浴2 min,冷却后用4%的福尔马林溶液固定,固定后的线虫保存在青霉素的小瓶中备用,在Motic相差显微镜下进行属的鉴定并采集图像^[24]。

2 结果与分析

2.1 不同土壤类型大豆田植物线虫分布

采集土样类型有黑土、草甸土、盐碱土、潮土、风沙土、白浆土、棕壤土和褐土8种,不同土壤类型大豆田植物线虫的种类有差异,黑土中植物线虫种类最丰富,鉴定出12个属,草甸土中鉴定出9个属,其

次是棕壤土和潮土,分别鉴定出6个属(表2)。在8种土壤类型中都发现了螺旋属线虫,此属线虫发生较普遍,其次是胞囊线虫和真滑刃线虫。在黑土中发现平滑垫刃属线虫,棕壤土中发现了滑刃属线虫,这2个属线虫在其它土壤类型中未见。

土壤类型对大豆根围植物线虫的群体结构有一定影响,有机质含量较高的土壤如黑土(表层有机质含量为3%~6%)、草甸土和棕壤土植物线虫种类丰富,相对贫瘠的土壤如盐碱土和白浆土植物线虫种类较少,这可能是由于土壤线虫的生长发育、群体分布等受土壤理化性质的影响^[14,25]。不同土壤类型有不同大小的空隙,土壤的空隙与土壤温度、湿度和通气状况等有关,是影响线虫生活习性的重要因素^[26]。同时土壤线虫分布也与土壤中有机的含量有关,正常情况下,植物寄生线虫种类的多少和群体数量的大小与土壤中有机的含量呈正相关^[27-29]。黑土中植物线虫种类最丰富,这可能与取样的份数有关,黑土取样相对较多。

表2 不同土壤类型大豆田植物线虫属分布

Table 2 Distribution of plant parasitic nematodes in different soil types soybean fields								
线虫属 Genera	黑土 Black soil	草甸土 Meadow soil	棕壤土 Aquic brown soil	盐碱土 Alkaline saline soil	褐土 Brown soil	白浆土 Albic soil	风沙土 Sandy soil	潮土 Aquic soil
滑刃属 <i>Aphelenchoides</i>	-	-	+	-	-	-	-	-
真滑刃属 <i>Aphelenchus</i>	+	-	+	+	+	+	-	+
茎线虫属 <i>Ditylenchus</i>	+	+	-	-	-	-	+	-
丝尾垫刃属 <i>Filenchus</i>	+	+	+	-	-	+	-	+
螺旋属 <i>Helicotylenchus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
胞囊属 <i>Heterodera</i>	+	+	+	+	-	+	+	+
拟盘旋 <i>Paratylenchus</i>	+	+	-	-	+	-	-	-
短体属 <i>Pratylenchus</i>	+	+	+	-	+	-	-	+
平滑垫刃属 <i>Psilenchus</i>	+	-	-	-	-	-	-	-
盘旋属 <i>Rotylenchus</i>	+	+	-	-	-	-	-	-
盾状线虫 <i>Scutellonema</i>	+	+	-	-	-	-	-	-
矮化属 <i>Tylenchorhynchus</i>	+	-	-	-	-	-	+	-
垫刃属 <i>Tylenchus</i>	+	+	-	+	-	-	-	+

表示土壤中有此属线虫;-表示未检测到此属线虫。
+ The nematode was detected in the soil;- The nematode wasn't detected in the soil.

2.2 不同纬度大豆田植物线虫分布

对北纬32°~52°范围内线虫分布研究发现,纬度对大豆根围植物线虫分布的影响不大(表3),北纬47°~52°线虫种类较丰富,共鉴定出12个属,平滑垫刃属在其它纬度未见,丝尾垫刃属、短体属、垫

刃属、螺旋属、平滑垫刃属和茎线虫属在黑龙江省大豆田首次发现。在北纬32°~37°和北纬37°~42°范围内均鉴定出7个属,北纬42°~47°范围内鉴定出8个属。在4个纬度段范围内都发现了胞囊属、螺旋属、短体属、垫刃属和真滑刃属线虫,盾状线虫

属、盘旋属、矮化属和平滑垫刃属线虫只在高纬度出现。纬度对土壤线虫分布的影响主要是由于气候不同所致,温度和湿度对土壤线虫生长发育影响较大^[11],取样时间集中在大豆花期,此时,4 个纬度段温度差异不大,而温度在 10 ~ 30℃ 范围内,如果土壤湿度适宜,多数线虫都能够正常生长发育。有些线虫如胞囊线虫属、螺旋属和真滑韧属线虫等分布较广,受地域性影响较小,所以纬度对大豆田植物线虫分布的影响不明显^[12]。

2.3 大豆根际植物线虫发生频率

86 份大豆根际土样鉴定的 13 个属植物线虫中,真滑刃属、胞囊属和螺旋属发生频率较高,分别为 75%、69.1% 和 63.1% (表 3)。其中螺旋属、盾

表 3 不同纬度大豆田植物线虫属分布与发生频率

Table 3 Distribution and occurrence frequency of plant parasitic nematodes in soybean rhizosphere with different latitudes					
线虫属 Genera	32°N - 37°N	37°N - 42°N	42°N - 47°N	47°N - 52°N	发生频率 Occurrence frequency/%
滑刃属					
<i>Aphelenchoides</i>	+	+	-	-	2.4
真滑刃属					
<i>Aphelenchus</i>	+	+	+	+	75.0
茎线虫属					
<i>Ditylenchus</i>	-	-	-	+	11.9
丝尾垫刃属					
<i>Filenchus</i>	-	+	+	+	22.6
螺旋属					
<i>Helicotylenchus</i>	+	+	+	+	63.1
胞囊属					
<i>Heterodera</i>	+	+	+	+	69.1
拟盘旋属					
<i>Paratylenchus</i>	+	-	+	+	13.1
短体属					
<i>Pratylenchus</i>	+	+	+	+	13.1
平滑垫刃属					
<i>Psilenchus</i>	-	-	-	+	1.2
盘旋属					
<i>Rotylenchus</i>	-	-	-	+	3.6
盾状线虫属					
<i>Scutellonema</i>	-	-	-	+	3.6
矮化属					
<i>Tylenchorhynchus</i>	-	-	+	+	8.3
垫刃属					
<i>Tylenchus</i>	+	+	+	+	32.1

+ 表示土壤中有此属线虫; - 表示未检测到此属线虫。
+ The nematode was detected in the soil; - The nematode was not detected in the soil.

状线虫属、垫刃属、丝尾垫刃属、真滑刃属、盘旋属、胞囊属、短体属、矮化属和茎线虫属等在南非、巴西、田纳西州等大豆田分别都有报道,在南非大豆田螺旋线虫、短体线虫和盾线虫为优势种群发生频率较高^[12],研究结果发现螺旋线虫为大豆根际植物线虫优势种群之一,可能是螺旋属线虫种类多且受地域性影响小所致。

3 结论与讨论

土壤类型对大豆根田植物线虫的群体结构有一定影响,有机质含量较高的土壤,植物线虫种类丰富,相对贫瘠的土壤植物线虫种类较少。在黑土、草甸土、盐碱土、潮土、风沙土、白浆土、棕壤土和褐土 8 种土壤类型中,黑土中植物线虫种类最丰富,鉴定出 12 个属,草甸土壤中鉴定出 9 个属,其次是棕壤土和潮土,鉴定出 6 个属。植物线虫的种群结构丰富性与土壤中有有机质含量呈正相关^[13,26]。Pate 等^[14]2000 年发现黑土中线虫的丰富度较高,灰化土和石质土壤中线虫的丰富度稍低一些。每个土层都有一些优势种群。Yeates 等 1999 年报道收获期粉砂壤土中胞囊线虫数量是粘土中的 6 倍^[10]。不同土壤类型土壤中养分的含量也不同,线虫在土壤养分充足的地方生活周期要比营养贫瘠的地块短,因此线虫的种群密度相对就大,且肥沃的土壤中线虫的种群结构较好^[24]。

土壤类型样本数量对结果可能有一定的影响,黑土取样相对较多,褐土和潮土取样相对较少,因此,黑土土壤类型中线虫的种类相对较多。盐碱土、风沙土和白浆土中线虫种群结构相对较差,这主要与土壤的理化性质有关。不同类型的土壤,土壤颗粒的大小和形状、pH 和有机质的含量等都不相同,这对线虫的种群结构、分布和生长发育等都有影响^[14]。盐碱土中存在大量盐分积累现象,pH 较高,有些线虫对 pH 较敏感,适宜在低 pH 下生存。Hendrika 等 2001 年发现 pH 偏酸性,钙、镁离子较少,钠离子较丰富时有利于咖啡短体线虫 (*Pratylenchus brachyurus*) 的生存^[12]。在 8 种土壤类型中都发现了螺旋线虫,Iuliana 等 2000 年报道土壤类型对螺旋属线虫影响不大,是发生较普遍的一类线虫^[15]。

纬度对线虫的种群结构和分布也有一定影响^[17]。主要是由于地理、气候等因素引起的,当纬度跨度很大时,可能会包含不同的积温带,这样气候

差异性就会较大,气候的差异直接影响土壤的温度和湿度,进而影响土壤线虫的种群结构和种群密度。而我国北纬 32°~52°范围内,研究发现纬度对大豆根围植物线虫的种群结构影响不明显,对真滑刃属和螺旋属几乎无影响。原因可能是因为纬度跨度小,夏季各取样地点地理条件和气候差异不大。试验取样时间集中在大豆盛花期至结荚期,此时,黑龙江省平均气温在 24℃左右,南京平均气温在 33℃左右,而在 10~30℃范围内,如果降水适度,土壤湿度适宜,这样的环境条件下,大多数线虫都能正常的生长发育,所以线虫的种群结构差别不大。同一作物田不同气候带植物线虫的优势种也可能不同,就短体线虫而言,在中国较适合于温带半干旱半湿润地区和半干旱地区。而大豆根围植物线虫有一些种类分布广泛,适应性比较强,受地域性影响较小,如 Hendrika 等 2001 年在南非的大豆田也发现了假强壮螺旋线虫和最短尾短体线虫^[12],所以土壤类型及其纬度对大豆田植物线虫分布的影响因种类而异,还需进一步深入研究。

致谢:感谢中国农科院植保所彭德良研究员、沈阳农业大学线虫学研究室段玉玺教授和陈立杰教授对线虫鉴定的指导。感谢刘学义、杨彩云、张万海、许翠华、邢邯、李长松和王守义等各位老师对试验取样时的帮助。

参考文献

[1] Shashi B, Nigel S, John Bridge, et al. Present and future of plant nematology in international agricultural research centres [J]. Nematological Abstracts, 1997, 66: 12-16.

[2] Steinberger Y, Liang W J, Savkina E, et al. Nematode community composition and diversity associated with a topoclimatic transect in a rain shadow desert [J]. European Journal of Soil Biology, 2001, 37: 315-320.

[3] Coyne D, Plowright A. Assessment of the importance of individual plant-parasitic nematode species in a community dominated by *Heterodera sacchari* on upland rice in Côte d'Ivoire [J]. Nematology, 2002, 4: 661-669.

[4] Norton D C. Relationship of physical and chemical factors to populations of plant parasitic nematodes [J]. Annual Review of Phytopathology, 1979, 17: 279-299.

[5] Norton D C. Abiotic soil factors and plant-parasitic nematode communities [J]. Journal of Nematology, 1989, 21: 299-307.

[6] Prot J C, Van Gundy S D. Influence of soil type and temperature on the migration of *Meloidogyne incognita* juveniles toward tomato roots [J]. Nematropic, 1979, (9): 104-105.

[7] Prot J C, Gundy S D. Effect of soil texture and the clay component on migration of *Meloidogyne incognita* second-stage juveniles [J]. Journal of Nematology, 1981, 13: 213-217.

[8] Castro C E, Belser N O, McKinney H E, et al. Strong repellency of the root knot nematode, *Meloidogyne incognita* by Specific Inorganic ions [J]. Journal of Chemical Ecology, 1990, 16: 1199-1205.

[9] Yeates G W, Shepherd T G, Francis G S. Contrasting response to cropping of opulations of earthworms and predacious nematodes in four soils [J]. Soil Tillage Res, 1998, 48: 255-264.

[10] Yeates G W, Wardle D A, Watson R N. Responses of soil nematode populations, community structure, diversity and temporal variability to agricultural intensification over a seven-year period [J]. Soil Biology and Biochemistry, 1999, 1: 1721-1733.

[11] Patrice C, Thioulouse J. Identification of soil factors that relate to plant parasitic nematode communities on tomato and yam in the french west indies [J]. Applied Soil Ecology, 1998, (8): 35-49.

[12] Hendrika F, Alexander H, Gideon C, et al. Plant-parasitic nematodes in field crops in south africa. 6. soybean [J]. Journal of Nematology, 2001, 3: 447-454.

[13] Patrice C, Dominique M, Thioulouse J. Relationships between plant-parasitic nematode community, fallow duration and soil factors the sudano-sahelian area of senegal [J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2005, 102-111.

[14] Pate E, Ndiaye-Faye N, Thioulouse J, et al. Successional trends in the characteristics of soil nematode communities in cropped and fallow lands in senegal (Sonkorong) [J]. Applied Soil Ecology, 2000, (14): 5-15.

[15] Iuliana P, Marcel C. Diversity and distribution of nematode communities in grasslands from romania in relation to vegetation and soil characteristics [J]. Applied Soil Ecology, 2000, (14): 27-36.

[16] 李迅东, 翟留香, 孙茂林. 云南省香蕉线虫发生分布和种群密度调查 [J]. 西南农业学报, 1999, 12(1): 92-95. (LI D X, Zhai L X, Sun M L. Distribution and density of nematode parasitized banana in Yunnan Province [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 1999, 12(1): 92-95.)

[17] Guy B, John P. Ecological biodiversity of marine nematodes in samples from temperate, tropical, and deep-sea regions [J]. Conservation Biology, 1995, 9(6): 1594-1604.

[18] Prot J C, Gundy S D. Effect of soil texture and the clay component on migration of *Meloidogyne incognita* second-stage juveniles [J]. Journal of Nematology, 1981, 13: 213-217.

[19] Kandji S T, Callistus K P, Alain A. Diversity of plant-parasitic nematodes and their relationships with some soil physico-chemical characteristics fallows in western kenya [J]. Applied Soil Ecology, 2001, (18): 143-157.

[20] 陈立杰, 段玉玺, 梁文举, 等. 涕灭威对大豆田土壤线虫生物多样性的影响 [J]. 大豆科学, 2006, 25(2): 164-169. (Chen L J, Duan Y X, Liang W J, et al. Effects of aldicarb on community structure and bio-diversity of soil nematodes in soybean field [J]. Soybean Science, 2006, 25(2): 164-169.)

[21] 陈立杰,梁文举,段玉玺,等.施用生防颗粒剂对大豆田土壤线虫群落结构和生物多样性的影响[J].大豆科学,2003,22(4):251-256. (Chen L J,Liang W J,Duan Y X,et al. Effects of bio-nematicide on community structure and bio-diversity of soil nematodes in soybean field [J]. Soybean Science,2003,22(4):251-256.)

[22] 阮维斌,王敬国,张福锁.根际微生态系统中的大豆胞囊线虫[J].植物病理学报,2002,32(3):200-204. (Ruan W B,Wang J G,Zhang F S. The soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*) in Rhizosphere micro-ecologic system[J]. Acta Phytopathologica Sinica,2002,32(3):200-204.)

[23] 刘维志.植物线虫学研究技术[M].沈阳:辽宁科学技术出版社,1995. (Liu W Z. Research technology of plant nematode[M]. Shenyang:Liaoning Science and Technology Press,1995.)

[24] Yin W Y. Pictorial keys to soil animals of China[M]. Beijing:Science Press,1998,51-59.

[25] 孙志高,刘景双,李新华.三江平原不同土地利用方式下土壤氮库的变化特征[J].农业系统科学与综合研究,2008,24(3):270-274. (Sun Z G,Liu J S,Li X H. Changes of nitrogen storage in soil under diferent land uses in the Sanjiang Plain[J]. System Sciences and Comprehensive Studies In Agriculture,2008,24(3):270-274.)

[26] 冯志新.植物线虫学[M].北京:中国农业出版社,2000. (Feng Z X. Plant nematology [M]. Beijing: China Agriculture Press,2000.)

[27] 赵映霞,刘奇志,曹志平,等.培肥措施对植物线虫种群数量动态的影响[J].植物保护,2003,(6) 231-239. (Zhao Y X,Liu Q Z,Cao Z P,et al. Effect of fertilization on population dynamic of plant-parasite nematode [J]. Plant Protection, 2003, (6) 231-239.)

[28] 宋春雨,张兴义,刘晓冰,等.土壤有机质对土壤肥力与作物生产力的影响[J].农业系统科学与综合研究,2008,24(3):357-362. (Song C Y,Zhang X Y,Liu X B,et al. Effect of soil organic matter on soil fertility and crop productivity [J]. System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture, 2008, 24 (3): 357-362.)

[29] 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 Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture,2008,24(2):205-207.)

(上接第 868 页)

[14] 刘卮洲,陈志谊,刘永峰,等.拮抗菌株 C8-8 控病促生作用机制初探[J].中国生物防治,2007,23(4):397-400. (Liu Y Z,Chen Z Y,Liu Y F,et al. Mechanisms of diseases control and growth promotion with biocontrol strain C8-8[J]. Chinease Journal of Biological Control,2007,23(4):397-400.)

[15] Zhou J,Mary B. James M T. DNA recovery from soils of diverse composition[J]. Applied Environmental Microbiology, 1992, 62: 316-322.

[16] Muyzer G, Ellen C W, Andre G U. Profiling of complex microbial populations by denaturing gradient gel electrophoresis analysis of polymerase chain reaction genes coding for 16S rRNA[J]. Applied Environmental Microbiology, 1993, 59: 695-700.

[17] Zwart G, Huismans R, Agterveld M P. Divergent members of the bacterial division *Verrucomicrobiales* in a temperate freshwater lake [J]. FEMS Microbiology Ecology, 1998, 25: 159-169.

[18] 邢德峰,任南琪,宋佳秀,等.不同 16S rDNA 靶序列对 DGGE 分析活性污泥群落的影响[J].环境科学,2006,27(7):1424-1428. (Xing D F,Ren N Q,Song J X,et al. Community of activated sludge based on different targeted sequence of 16S rDNA by denaturing gradient gel electrophoresis [J]. Enviroment Science, 2006,27(7):1424-1428.)

[19] 温广月,许艳丽,李春杰,等.6 株生防细菌对大豆根腐病防治效果初步评价[J].大豆科学,2005,24(2):121-125. (Wen G Y,Xu Y L,Li C J,et al. Evaluation of six potential biocontrol agents against soybean root rot[J]. Soybean Science,2005,24(2):121-125.)

[20] 刘海龙,李春杰,许艳丽.生防细菌的抑菌谱和对大豆根腐病的防治[J].大豆通报,2008,1:10-13. (Liu H L,Li C J,Xu Y L. Antagonistic spectrum of biocontrol bacteria and inhibition to soybean root rot[J]. Soybean Bulletin,2008,1:10-13.)

[21] Hu Y S,Wu K,Liu N,et al. Dynamics of microbial communities in bulk and developing cucumber rhizosphere soil [J]. Agricultural Sciences in China, 2004,3(5):376-383.

[22] 张炳欣,张平.植物根围外来微生物定殖的检测方法[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2000,26(6):624-628. (Zhang B X,Zhang P. Detection of introduced microorganisms to rhizosphere[J]. Journal of Zhejiang University (Agric. &Life Sci.), 2000,26(6):624-628.)

[23] 黄海婵,裘娟萍.枯草芽孢杆菌防治植物病害的研究进展[J].浙江农业科学,2005,3:213-215. (Huang H C,Qiu J P. Advance on *Bacillus subtilis* controlling plant disease[J]. Zhejiang Agricultural Science,2005,3:213-215.)