

施用化肥对黑土地区线虫群落组成及多样性产生的影响

梁文举^{1 2} 张万民^{1 3} 李维光² 段玉玺^{1 3}

1 (中国科学院沈阳应用生态研究所陆地生态过程开放研究实验室, 沈阳 110016)

2 (中国科学院沈阳应用生态研究所土壤与农业生态研究室, 沈阳 110016)

3 (沈阳农业大学植物保护系, 沈阳 110161)

摘要: 本文针对玉米生长期内施用化肥对东北黑土地区线虫群落组成及多样性产生的影响进行了研究, 共获得 14 科、16 属, 其中头叶科(*Cephalobidae*)、小杆科(*Rhabditidae*)、真滑刃属(*Aphelenchus*)、垫刃属(*Tylenchus*)为优势科/属。线虫总数在取样日期和处理之间存在着极显著差异($p < 0.01$)。应用多样性指数、均匀度指数、丰富度指数和优势度指数分析比较了施肥和不施肥试验小区土壤线虫群落多样性分布规律, 其中 Shannon 多样性指数和丰富度指数是评价线虫群落对化肥投入最敏感的指数。

关键词: 玉米生长期, 化肥, 土壤线虫, 群落组成, 多样性, 黑土地区

中图分类号: X503.22, S154.38+6 文献标识码: A 文章编号: 1005-0094(2001)03-0237-04

Effect of chemical fertilizer on nematode community composition and diversity in the Black Soil Region

LIANG Wen-Ju^{1 2}, ZHANG Wan-Min^{1 3}, LI Wei-Guang², DUAN Yu-Xi^{1 3}

1 Laboratory of Terrestrial Ecological Process, Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016

2 Department of Agroecology, Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016

3 Department of Plant Protection, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161

Abstract: The effects of chemical fertilizer on nematode community composition and diversity were investigated in a field throughout the corn-growing season in the Black Soil Region, Northeast China. 14 families and 16 genera were observed. *Cephalobidae*, *Rhabditidae*, *Aphelenchus*, and *Tylenchus* were found to be the dominant families/genera. Significant differences were found between sampling dates ($p < 0.01$) and between treatments ($p < 0.01$) in the total number of nematodes during the study period. Ecological indices of diversity, evenness, richness and dominance and the dynamics of the nematode community were compared between the treatment and the control plot. Shannon index and richness were found to be more sensitive indicators than other ecological indices for assessing the response of nematode communities to the application of chemical fertilizer.

Key words: corn-growing season, chemical fertilizer, soil nematode, community composition, diversity, Black Soil Region

1 引言 自由生活线虫在土壤有机质的分解、植物营养的矿化及养分循环过程中起着重要的作用(Ingham et al., 1985)。由于线虫是普遍存在的并且在土壤腐屑食物网中占有重要位置, 土壤线虫被看作是生态系统变化和农业生态系统受到农业管理等干扰的

敏感性指示生物(Bongers ,1990 ;Wardle ,1995)。然而 ,农业生态系统中自由生活线虫群落的研究还没有受到广泛的重视 ,以前更多的研究工作注重在对农业产生经济影响的植物寄生线虫方面(Liang et al. ,1999)。近年来 ,随着人们越来越多地认识到农业管理对土壤线虫群落组成及多样性的影响 ,美国、荷兰、新西兰、以色列等国家的许多土壤生态学者着重研究了施肥、灌溉等农业管理实践对土壤线虫群落动态变化产生的影响(Freckman & Ettema ,1993 ;Yeates & Bird ,1994 ;Porazinska & Coleman ,1995 ;Mc-Sorley & Frederick ,1996 ;Bongers et al. ,1997 ;Liang et al. ,1999 ;梁文举等 ,2000)。国内对土壤线虫群落多样性研究主要集中在森林、草地等自然生态系统方面(尹文英等 ,2000) ,而对农业生态系统中土壤线虫群落多样性的研究则很少见报道 ,尤其是在东北黑土地区农业土壤线虫群落组成及多样性研究尚未见文献发表。

东北松嫩平原土地辽阔 ,土壤资源丰富 ,是我国著名的黑土带和商品粮基地 ,也是世界三大片黑土之一。开展施用化肥对农业土壤线虫群落组成及多样性产生影响的研究 ,可以为增进黑土地区土壤健康和提高土壤质量提供科学依据。

2 材料与方法

2.1 试验地点与取样方法

定位试验在中国科学院海伦农业生态实验站进行。该站位于黑龙江省中部黑土区的海伦市西郊 ,土壤为中厚黑土 ,质地重壤 ,有机质含量 $54.0\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,全氮 $3.0\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,有效磷 $25.8\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,有效钾 $191.0\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,土壤 pH 为 6.2。该地区属寒温带大陆性季风气候区 ,年平均气温 1.5°C ,年降水量 570 mm ,干燥度为 $0.7\sim 0.8$ (刘鸿翔等 ,2000)。

田间试验设置 2 个处理 :对照不施肥 ;处理施化肥 ,氮肥施用量为 $127.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。小区面积 224 m^2 ,供试作物为玉米 ,4 次重复。在玉米生长期取 5 次样 ,取样日期分别为 5 月 19 日(出苗期)、6 月 27 日(拔节期)、7 月 27 日(灌浆期)、9 月 28 日(成熟期)、10 月 10 日(收获期)。取样深度为 $0\sim 10\text{ cm}$,每个样方为 5 个点的混合样。在玉米根际用土钻取土约 500 g 装袋封口 ,做好标签 ,带回实验室处理 ,共取土样 40 个。

2.2 土壤线虫分离方法与分类鉴定

每个土样称取 100 g ,采用淘洗 - 过筛 - 蔗糖离

心法分离线虫(Jenkins ,1964 ;刘维志 ,2000)。依据土壤湿度 ,将土壤线虫种群数量折算成每 100 g 干土含有线虫的条数(Freckman & Ettema ,1993 ;Liang et al. ,1999)。

根据线虫的头部形态学特征和取食生境将土壤线虫分成以下 4 个营养类群 :食细菌类(Bacterivores)、食真菌类(Fungivores)、植物寄生类(Plant parasites)、捕食类/杂食类(Predators/Omnivores) (Yeates & Bongers ,1999 ;Liang et al. ,1999)。线虫分类尽可能鉴定到科属水平 ,分类检索参见《中国土壤动物检索图鉴》(尹文英等 ,1998)。

2.3 多样性指数度量方法

采用土壤线虫生态学者普遍应用的多样性指数来度量土壤线虫群落多样性(Yeates & Bird ,1994 ;McSorley & Frederick ,1996 ;Yeates & Bongers ,1999 ;Liang et al. ,1999)。三个基本的量化指标分别为 : N 为所鉴定的个体数目 ; S 为鉴定分类单元的数目 ,某一给定的分类单元可以看作是第 i 个分类单元 ; p_i 为第 i 个分类单元中个体所占的比例。根据上述三个指标可以计算以下几个基本的指数 :

$$\text{多样性指数 } H' = - \sum p_i \ln p_i$$

表 1 中国科学院海伦农业生态实验站玉米根际土壤线虫鉴定结果

Table 1 Soil nematode families and genera identified in corn rhizosphere at Hailun Agroecological Experimental Station ,Chinese Academy of Sciences

营养类群 Trophic groups	科 Family	属 Genus
食细菌类群 Bacterivores	头叶科 Cephalobidae	*
	双胃科 Diplogasteridae	双胃属 <i>Diplogaster</i>
	绕线科 Plectidae	绕线属 <i>Plectus</i>
	小杆科 Rhabditidae	*
食真菌类群 Fungivores	真滑刃科 Aphelenchidae	真滑刃属 <i>Aphelenchus</i>
	滑刃科 Aphelenchoidae	滑刃属 <i>Aphelenchoides</i>
植物寄生类群 Plant-parasites	环科 Criconematidae	环属 <i>Criconema</i>
	纽带科 Hoplolaimidae	螺旋属 <i>Helicotylenchus</i>
		拟盘旋属 <i>Paratotylenchus</i>
	长针科 Longidoridae	长针属 <i>Longidorus</i>
	毛刺科 Trichodoridae	拟毛刺属 <i>Paratrachorus</i>
	针科 Paratylenchidae	针属 <i>Paratylenchus</i>
	短体科 Pratylenchidae	短体属 <i>Pratylenchus</i>
	垫刃科 Tylenchidae	纵纹盖垫刃属 <i>Coslenchus</i>
		狭尾垫刃属 <i>Malenchus</i>
		裸矛属 <i>Psilenchus</i>
杂食-捕食类群 Omnivores- predators		垫刃属 <i>Tylenchus</i>
	矛线科 Dorylaimidae	矛线属 <i>Dorylaimus</i>

* 包括许多属 ,没有鉴定到属。 * Including many genera but not identifying to genus level.

表 2 0 ~ 10 cm 土层内处理与对照小区土壤线虫群落组成、相对丰度(%)与优势度
Table 2 The nematode community composition , relative abundance (RA)(%) , and dominance at the depth of 0 to 10 cm in treatment and control plots

取样日期 Sampling date	2000.05.19		2000.06.27		2000.07.27		2000.09.28		2000.10.10		平均相对丰度 Mean RA		优势度 Dominance	
	处理 Treat	对照 Control	处理 Treat	对照 Control	处理 Treat	对照 Control	处理 Treat	对照 Control	处理 Treat	对照 Control	处理 Treat	对照 Control	处理 Treat	对照 Control
食细菌类群 Bacterivores														
头叶科 Cephalobidae	28.1	16.4	16.6	37.8	17.4	17.0	11.9	16.3	19.7	19.9	18.74	21.48	+++	+++
双胃属 Diplogaster	0	0	4.4	0	0	0	7.6	0	3.0	0	3.00	0	++	+
绕线属 Plectus	0	0	0	0	0	0	0	5.1	0	0	0	1.02	+	++
小杆科 Rhabditidae	18.0	16.5	20.5	18.5	19.3	19.0	24.1	18.5	16.9	17.3	19.76	17.96	+++	+++
食真菌类群 Fungivores														
滑刃属 Aphelenchoides	1.2	6.9	6.4	0	5.9	3.8	11.6	6.9	11.2	8.8	7.26	5.28	++	++
真滑刃属 Aphelenchus	8.1	25.1	14.8	8.6	16.0	17.8	14.7	10.8	10.3	13.3	12.78	15.12	+++	+++
植物寄生类群 Plant-parasites														
纵纹盖垫刃属 Coslenchus	0	0	1.1	0	1.0	0	1.9	1.1	1.5	0.5	1.10	0.32	++	+
环属 Criconema	0	0	0	0	0	0	2.4	1.1	0	0	0.48	0.22	+	+
螺旋属 Helicotylechus	11.7	12.4	10.7	20.1	10.3	10.7	3.6	7.4	9.3	9.6	9.12	12.04	++	+++
长针属 Longidorus	1.2	0	1.1	0.9	0.5	1.9	0.9	0	0	0.9	0.74	0.74	+	+
狭尾垫刃属 Malenchus	0	0.7	0	0	0	0	0	0.4	0	0.0	0	0.22	+	+
拟盘旋属 Paratotylenchus	0	0	3.1	0	0	1.0	1.6	0.2	3.4	1.8	1.62	0.60	++	+
拟毛刺属 Paratrichodorus	0	1.0	0	0	1.0	0	0	0.6	0	0	0.20	0.32	+	+
针属 Paratylenchus	0	1.0	0	0	1.0	0	0	0.6	0	0	0.20	0.32	+	+
裸矛属 Psilenchus	0	1.8	0.6	0	0	0	0.5	2.4	2.2	0	0.66	0.84	+	+
短体属 Pratylenchus	2.2	0.9	2.0	0.9	4.5	2.7	1.9	2.4	1.0	0.5	1.92	1.48	++	++
垫刃属 Tylenchus	29.5	13.8	18.6	17.9	22.9	18.7	16.2	22.8	19.4	23.7	21.32	19.38	+++	+++
杂食－捕食类群 Omnivores-predators														
矛线属 Dorylaimus	0	3.5	0	0	0	7.5	0.9	3.3	2.1	3.7	0.60	3.60	+	++

Note : +++ , Mean RA > 10 优势科属 Dominant family/genus ; ++ , 1 ≤ Mean RA ≤ 10 常见科属 Ordinary family/genus ; + , Mean RA < 1 稀有科属 Rare family/genus

均匀度指数 $J = H' / H'_{\max}$,其中 $H'_{\max} = \ln S$
丰富度指数 $SR = (S - 1) / \ln N$
优势度指数 $\lambda = \sum p_i$

3 结果与分析

3.1 土壤线虫群落结构

本研究对东北黑土地区的中国科学院海伦农业生态实验站土壤线虫进行调查 ,采集土壤样品 40 个 ,获取土壤线虫 4906 条 ,鉴定出 14 科 16 属(表 1) ,其中头叶科、小杆科、真滑刃属、垫刃属为优势科/属(表 2) 。可见 ,少量优势科/属对土壤线虫群落特征起着至关重要的作用。

在整个研究期间 ,100 g 干土中线虫总数为 24 ~ 326 条(平均值为 159 条) ,最大值(252 ± 39)出现在成熟期的处理地块 ,最小值(45 ± 22)出现在玉米拔节期的对照地块。线虫总数在取样日期之间存在着显著性差异($p < 0.01$, $n = 40$)。

在线虫群落营养类群中 ,食细菌类群、食真菌类群、植物寄生类群的相对丰度较高 ,而杂食 - 捕食类群相对丰度最低。在杂食 - 捕食类群中 ,处理地块中的线虫类群相对丰度显著低于对照地块($p < 0.$

01 , $n = 40$) ,与 Liang et al. (1999)在以色列的试验结果相似 ,这说明玉米生长期内捕食性线虫密度受化肥投入的影响而降低。

3.2 土壤线虫群落多样性

在玉米生长前期 ,处理与对照地块线虫群落的 Shannon 多样性指数变化很大 ;而从灌浆期到收获期 ,处理与对照地块的 Shannon 多样性指数变化不大(图 1) 。在玉米出苗期 ,处理地块的 Shannon 多样性指数低于对照地块 ;拨节期则出现了相反的结果 ,处理地块的 Shannon 多样性指数高于对照地块。线虫群落的丰富度与 Shannon 多样性指数呈现出相似的变化规律 ,在玉米收获期 ,处理地块的丰富度数值高于对照地块。在整个玉米生长期内 ,处理与对照地块的均匀度和优势度指数随时间波动不大 ,处理地块与对照地块之间没有存在着显著差异(图 1) 。

就所用的多样性指数而言 ,本研究表明 Shannon 多样性指数、丰富度指数更适宜于反映土壤线虫群落多样性对化肥投入产生的反应 ,而均匀度和优势度指数效果不明显。

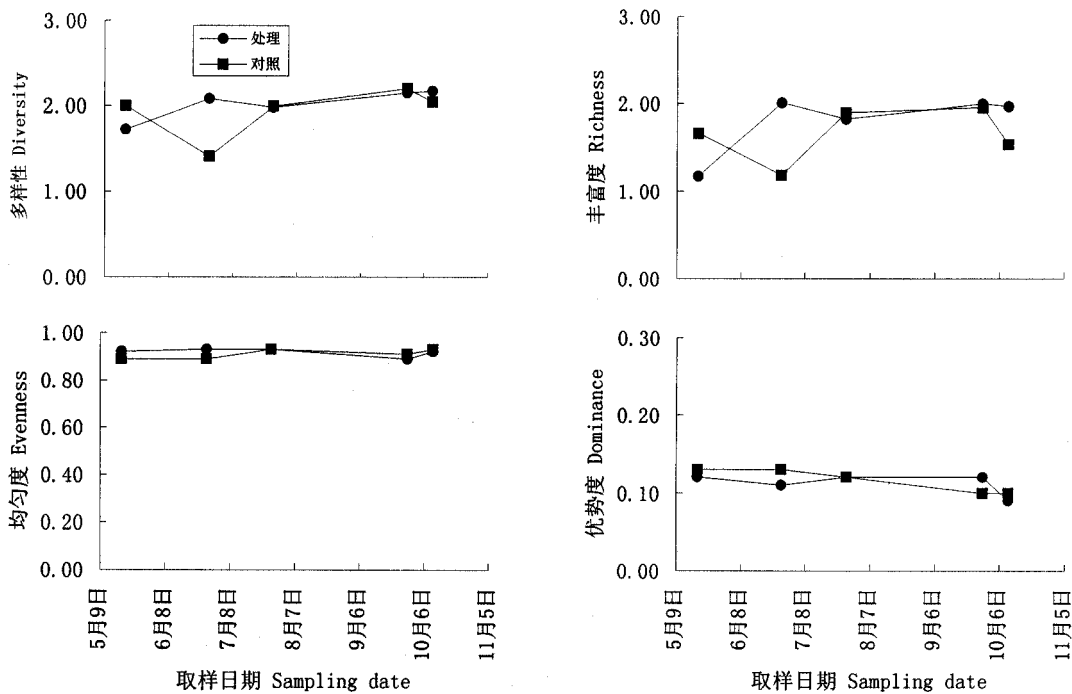


图 1 土壤线虫多样性指数
Fig. 1 Diversity indices of soil nematodes

致谢 本研究是在中国科学院海伦农业生态实验站内进行的,作者非常感谢该站的刘鸿翔研究员、孟凯研究员及赵泉工程师的大力帮助。

参考文献

梁文举, 史奕, Steinberger Y, 2000. 农业生态系统线虫多样性研究进展. 应用生态学报, 11(增刊): 113 ~ 116
刘鸿翔, 王德禄, 王守宇, 张璐, 沈善敏, 2000. 施肥制度改革对粮食生产发展的贡献. 农业系统科学与综合研究, 16: 260 ~ 262
刘维志(主编), 2000. 植物病原线虫学. 北京: 中国农业出版社, 373 ~ 376
尹文英等著, 1998. 中国土壤动物检索图鉴. 北京: 科学出版社, 51 ~ 89
尹文英等著, 2000. 中国土壤动物. 北京: 科学出版社, 149 ~ 182
Bongers T, 1990. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. Oecologia, 83: 14 ~ 19
Bongers T, van der Meulen H and Korthals G, 1997. Inverse relationship between the nematode maturity index and plant parasite index under enriched nutrient conditions. Applied Soil Ecology, 6: 195 ~ 199
Freckman D W and Ettema C H, 1993. Assessing nematode communities in agroecosystems of varying human intervention. Agriculture, Ecosystems and Environment, 45: 239 ~ 261

Ingham R E, Trofymow J A, Ingham E R and Coleman C D, 1985. Interactions of bacteria, fungi, and their nematode grazers: effects of nutrient cycling and plant growth. Ecological Monographs, 55: 119 ~ 140
Jenkins W R, 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. Plant Disease Reporter, 48: 692
Liang W, Lavian I and Steinberger Y, 1999. Dynamics of nematode community composition in a potato field. Pedobiologia, 43: 459 ~ 469
McSorley R and Frederick J J, 1996. Nematode community structure in rows and between rows of a soybean field. Fundamental and Applied Nematology, 19: 251 ~ 261
Porazinska D L and Coleman D C, 1995. Ecology of nematodes under influence of Cucurbita spp. and different fertilizer types. Journal of Nematology, 27: 617 ~ 623
Wardle D A, 1995. Impacts of disturbance on detritus food webs in agroecosystems of contrasting tillage and weed management practice. Advances in Ecological Research, 26: 105 ~ 185
Yeates G W and Bird A F, 1994. Some observations on the influence of agricultural practices on the nematode faunas of some South Australian soils. Fundamental and Applied Nematology, 17: 133 ~ 145
Yeates G W and Bongers T, 1999. Nematode diversity in agroecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment, 74: 113 ~ 135