

保护性耕作对土壤线虫 c-p 类群及功能团的影响

胡宁¹, 娄翼来^{2,3}, 梁雷^{1*}

1. 辽宁大学环境学院, 辽宁 沈阳 110036; 2. 中国科学院沈阳应用生态研究所, 辽宁 沈阳 110016; 3. 中国科学院研究生院, 北京 110049

摘要: 以辽宁彰武县保护性耕作示范推广基地土壤为研究对象, 通过实地调查和取样分析, 对比研究了传统犁耕和 6 a 保护性耕作(免耕秸秆覆盖)条件下的土壤线虫 c-p (colonizer-persister) 类群及功能团, 为评价保护性耕作的土壤生态效应提供理论依据。研究发现, 与犁耕相比, 保护性耕作显著增加了土壤线虫各 c-p 类群及绝大多数功能团的多度, 但显著减少了 Ba4 和 Om5 功能团多度。此外, 保护性耕作还改变了土壤线虫生活史和功能团的结构特征: 在大部分研究土层, c-p1 和 c-p2 线虫的相对多度显著提高, 而 c-p3、c-p4 以及 c-p3-5 类群显著降低; Ba1、Ba2、Ba3、Fu4 和 H5 功能团的相对多度显著提高, 而 Ba4、H3 和 Om5 的相对多度显著降低, Fu2、H2 和 Om4 相对多度的变化较复杂, 在表土层表现为显著抑制, 在 15~30 cm 土层则为促进作用。土壤线虫 c-p 类群和功能团的多度及结构特征可能适合作为评价保护性耕作对土壤质量影响的生物学指标。

关键词: 保护性耕作; 免耕; 秸秆覆盖; 土壤线虫; c-p 类群; 功能团

中图分类号: S154.5

文献标识码: A

文章编号: 1674-5906 (2009) 06-2349-05

长期以来, 评价免耕等保护性耕作技术的土壤生态效应, 一直是国内外相关领域的研究重点^[1-2]。线虫作为土壤中广泛存在和数量庞大的后生动物, 其种类丰富, 营养多样, 在土壤腐屑食物网中占有重要地位, 参与调控土壤的有机质分解和养分循环^[3-4]。土壤线虫对农业管理措施和环境变化的响应十分敏感, 是土壤质量健康的良好指示生物^[5-6]。自 20 世纪 80 年代以来, 国外的土壤生态学者们就土壤线虫群落对耕作措施的影响, 陆续地开展了一些研究工作, 并已取得长足的进展, 但其研究结果不尽相同, 且研究主要集中在总线的总数及营养类群方面, 对于线虫的 c-p (colonizer-persister) 类群和功能团等涉及较少^[7-10]。国内关于保护性耕作的研究和应用相对较晚, 且已有的相关报导主要集中在土壤的理化性质和微生物学特性方面^[1,11], 而关于其对线虫等土壤动物群落影响的研究则鲜见报导。

为此, 我们以辽宁彰武县保护性耕作示范推广基地土壤为研究对象, 通过实地调查和取样分析, 系统地研究了 6 a 免耕秸秆覆盖保护性耕作技术对土壤线虫群落组成及多样性的影响, 为评价保护性耕作的土壤生态效应和指导农田土壤的合理耕作提供理论依据。本文专门报导土壤线虫 c-p 类群和功能团的响应情况。

1 材料与方法

1.1 研究地点概况

彰武县位于辽宁省西北部 (42°07'~42°51' N,

121°53'~122°58' E), 属半干旱大陆性季风气候, 年均降雨量约 510 mm, 且 80% 以上集中在 6—8 月份, 年均气温 7.2 °C, 无霜期 152 d。该县为典型的干旱风蚀农业区, 是我国保护性耕作技术优先和重点发展的地区之一, 并于 2002 年被纳入北方保护性耕作研究示范网络, 至今推广面积达 7 000 多 hm², 约占全县耕地面积的 6%。

1.2 研究方法

在保护性耕作示范推广基地 (1 hm²), 选取已经连续实行 6 a 保护性耕作 (CT) 的玉米田样地 4 块 (10 m × 10 m), 并以邻近的长期进行传统犁耕 (PT) 的 4 块玉米田样地 (10 m × 10 m) 为对照, 所有地块除耕作方式外的其他栽培管理制度基本一致, 土壤类型为褐土。传统犁耕为垄作、铧式犁翻耕 (20 cm)、秸秆不还田; 保护性耕作为免耕、秸秆覆盖。作物收获后 (2008 年 10 月), 在各地块五点法分别采取 0~5 cm、5~15 cm 和 15~30 cm 的土壤样品, 测定土壤的湿度 (烘干法)、孔隙度 (环刀法)、pH 值 (2.5:1 水土比)、有机碳 (除碳酸盐-元素分析仪测定) 和有效氮 (碱解扩散法)、磷 (Oslen 法)、钾 (NH₄AC 浸提-原子吸收分光光度法) 含量, 其分析结果见表 1。

线虫的分离提取采用浅盘法^[12], 60 °C 温热杀死后, 用 φ=4% 福尔马林 (TAF) 固定, 倒入标本瓶中, 在解剖镜下观察计数。从每个样品中随机抽取 100 条线虫 (不足 100 条的全部鉴定), 在光学显微

基金项目: 中国科学院知识创新工程重大项目 (KZCX2-YW-445); 国家自然科学基金 (30570337); 2008 年教育部归国留学启动基金项目 [2008. (3)]

作者简介: 胡宁 (1983 年生), 女, 硕士, 主要从事土壤生态学方面的研究。E-mail: ningningh2009@yahoo.cn

*通讯作者, E-mail: syllshenyang@163.com

收稿日期: 2009-09-27

表1 土壤基本理化性质

Table 1 Soil basic physicochemical properties

土层深度/cm	耕作方式	相对湿度/%	孔隙度/%	w(有机碳)/(g·kg ⁻¹)	w(有效氮)/(mg·kg ⁻¹)	w(有效磷)/(mg·kg ⁻¹)	w(有效钾)/(mg·kg ⁻¹)	pH
0~5	PT	3.50	55.7	10.1	27.5	6.69	38.4	7.57
	CT	5.09	55.3	14.0	42.4	9.96	65.1	6.57
5~15	PT	5.83	52.1	9.55	22.9	4.65	30.6	7.69
	CT	7.10	54.9	12.5	32.2	5.20	47.1	7.28
15~30	PT	6.42	50.7	8.72	18.4	5.27	21.0	8.26
	CT	7.42	52.5	9.85	21.8	6.55	23.8	8.02

镜下进行线虫的科属鉴定^[13]。线虫 c-p 类群及功能团的划分依据 Bongers^[14]及 Bongers 和 Bongers^[15]。数据统计分析和作图采用 SPSS 11.5 和 Excel 2003 软件,所有数据经方差分析检验 ($P < 0.05$),采用简单相关分析揭示变量之间的相关关系。

2 结果与分析

2.1 土壤线虫 c-p 类群

从图1可以看出,总的来说,线虫各 c-p 值类群均主要集中在 5~15 cm 亚表层土壤,其次为 0~5 cm 表层土壤,15~30 cm 土层数量最低。与犁耕相比,保护性耕作显著增加了各土层的 c-p1、c-p2 线虫多度、15~30 cm 土层的 c-p3 线虫多度和 5~15 cm 与 15~30 cm 土层的 c-p4、c-p5 类群多度(图1)。图2为土壤线虫各 c-p 类群的相对多度组成。可以发现,土壤线虫生活史策略组成以 c-p3(20%~56%)特别是 c-p2(23%~66%)类群占据优势。就土壤深度而言,c-p1 线虫的相对多度在 5~15 cm 土层相对较高,c-p2 线虫的相对多度随土层深度呈递减趋势,c-p 值为 3、4、5 的线虫的相对多度随土层深度总体均趋于升高(图2)。与犁耕相比,保护性耕作显著提高了 0~5 cm 与 5~15 cm 土层 c-p1 线虫和各土层 c-p2 线虫的相对多度,而降低了各土层 c-p3 线虫和 0~5 cm 表土层 c-p4 线虫的相对多度,亦降低

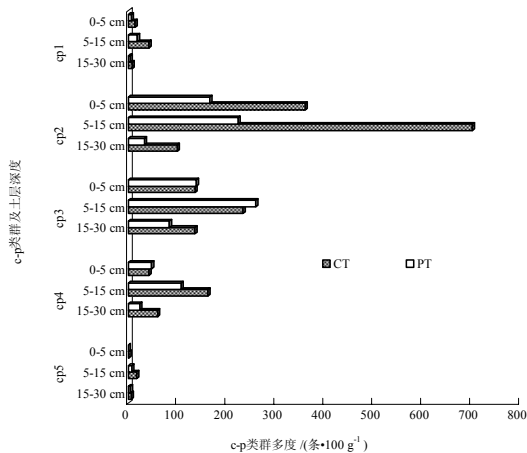


图1 土壤线虫 c-p 类群多度

Fig.1 Abundance of soil nematode c-p groups

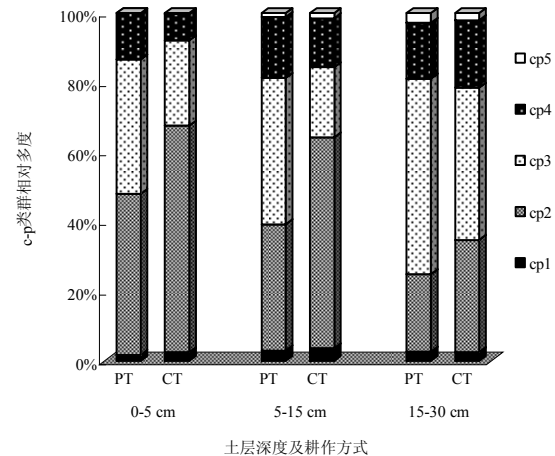


图2 土壤线虫 c-p 类群相对多度

Fig.2 Relative abundance of soil nematode c-p groups

了各土层 c-p3-5 线虫的相对多度(图2)。

2.2 土壤线虫功能团

由表2可知,总的来看,各功能团线虫主要分布在 5~15 cm 亚表层土壤,其次为 0~5 cm 表层土壤,15~30 cm 土层数量最低。在大部分研究土层,与犁耕相比,保护性耕作显著增加了 Ba1、Ba2、Ba3、Fu2、Fu4、H2、H3、H5 和 Om4 绝大多数功能团线虫多度,但显著降低了 Ba4 和 Om5 功能团线虫多度(表2)。就相对多度而言,土壤线虫功能团组成以 Ba2(16%~55%)和 H3(22%~56%)类群占优势(表2)。总体来讲,各功能团线虫的相对多度随土层深度的变化规律不明显(表2)。在大部分研究土层,与犁耕相比,保护性耕作显著提高了 Ba1、Ba2、Ba3、Fu4 和 H5 功能团的相对多度,而降低了 Ba4、H3 和 Om5 功能团相对多度,对 Fu2、H2 和 Om4 功能团的影响较复杂,其中在表土层表现为显著抑制,在 15~30 cm 土层则为促进作用。

表2 土壤线虫功能团组成

Table 2 Soil nematode guild composition

功能团	0~5 cm		5~15 cm		15~30 cm	
	PT	CT	PT	CT	PT	CT
Ba1	6 ^a (1.8) ^b	13 (2.7)	17 (2.8)	41 (3.6)	4 (3.0)	8 (2.4)
Ba2	112 (31)	311 (55)	170 (28)	575 (48)	22 (16)	79 (26)
Ba3	3 (0.8)	14 (2.7)	5 (0.9)	5 (0.5)	2 (1.5)	5 (1.7)
Ba4	13 (3.8)	4 (0.7)	36 (5.9)	24 (2.2)	7 (5.0)	1 (0.2)
Fu2	34 (9.3)	31 (5.8)	21 (3.4)	32 (3.0)	2 (1.6)	8 (2.6)
Fu4	12 (3.6)	18 (3.3)	6 (0.9)	39 (3.2)	1 (0.5)	11 (3.6)
H2	20 (5.8)	21 (3.9)	36 (5.8)	102 (8.6)	6 (3.9)	16 (5.2)
H3	136 (37)	124 (22)	256 (42)	226 (20)	87 (56)	129 (42)
H5	-	1 (0.2)	-	13 (1.2)	1 (0.5)	5 (1.5)
Om4	21 (5.7)	20 (3.5)	62 (10)	98 (8.6)	15 (9.8)	46 (15)
Om5	-	-	8 (1.2)	3 (0.3)	3 (2.2)	2 (0.5)

a: 多度 (条·100g⁻¹); b: 相对多度(%)

3 讨论

3.1 保护性耕作对土壤线虫 c-p 类群的影响

根据线虫不同的生活史策略可以将其划分为从 *r*-对策者向 *k*-对策者过渡的 5 个类群, 即不同的 c-p (colonizer-persister) 类群: c-p1, 世代时间短, 产卵量很大, 在食物富集的条件下能够快速生长, 代谢快, 耐环境压力; c-p2, 世代时间短, 产卵量大, 较耐环境压力; c-p3, 世代时间较长, 对环境压力较为敏感; c-p4, 世代时间长, 对环境压力敏感; c-p5, 世代时间很长, 产卵量小, 对环境压力特别敏感^[6,14,16]。在本研究中, 土壤线虫的生活史策略组成以 c-p2 和 c-p3 类群占优势, 表明其生活史以偏 *r*-对策为主。线虫各 c-p 类群主要分布在亚表层 (5~15 cm) 土壤, 可能是由该土层相对较高的湿度 (表 1) 所决定的^[17]。不同 c-p 类群线虫的相对多度随土层深度的变化规律不同 (图 2), 说明其对深度引起的土壤环境因子的变化的响应不同, 其详细原因有待于进一步探讨。保护性耕作对土壤线虫群落的影响可能取决于两大方面环境因子的变化, 一是排除耕作干扰, 改善土壤物理性质; 二是增加土壤有机质和养分等食物资源, 本文表 1 中的有关结果很好地反映了这一点。当然, 保护性耕作可以导致土壤酸化和杂草、土壤害虫及病原微生物增多^[1,11], 还可能因农药的较多投入而造成土壤农药残留污染^[1], 这些因素有时也需给予一定的考虑。因此, 在本研究的保护性耕作条件下, 较小 c-p 值类群多度的显著增加可能主要归因于土壤食物资源的增多, 较大 c-p 值类群多度的显著增加则可能由排除耕作扰动所主导。尽管如此, 但二者的增加幅度并不相同, 进而导致各 c-p 类群的相对多度对保护性耕作的响应方向不同。其中, c-p1 和 c-p2 类群的相对多度表现为提高, c-p3、c-p4 以及 c-p3-5 类群的相对多度则表现为不同程度的下降, 这说明在保护性耕作条件下, 土壤线虫典型机会主义者 (c-p1) 和机会主义者 (c-p2) 对土壤食物资源增加的响应程度强于定居者 (c-p3-5) 对排除耕作干扰的响应程度, 土壤线虫生活史的 *r*-选择对策性增强。

3.2 保护性耕作对土壤线虫功能团的影响

尽管线虫的营养类群和 c-p 类群的划分为揭示线虫多样性的变化提供了有效的途径, 但是二者均存在一定的局限性。例如, 当食细菌线虫中的 *r*-对策者被 *k*-对策者代替时, 线虫营养类群的相对多度并没有发生变化, 所以用单一的线虫营养多样性指数很难揭示出线虫群落状况; 当食细菌线虫中的拟丽突属线虫 (*Acrobeloides* spp., c-p2 类) 被食真菌线虫的真滑刃属线虫 (*Aphelenchoides* spp., c-p2 类) 所取代时, 成熟度指数 (MI) 并没有改变^[16]。因此,

为了更加有效地揭示线虫群落多样性的变化, Bongers 和 Bongers^[15]综合了营养类群和 c-p 类群划分的信息, 提出了线虫功能团 (Guild) 的概念。在本研究中, 土壤线虫的功能团组成以 Ba2 和 H3 类群占优势 (表 2), 表明其生活史以偏 *r*-对策为主, 营养类型以食细菌和植物寄生为主。同 c-p 类群相似, 由于亚表层土壤具有相对较高的湿度 (表 1), 因此总的来看, 各功能团线虫均主要分布在该土层 (表 2)^[17]。本项研究发现, 与犁耕相比, 保护性耕作显著增加了绝大多数功能团多度, 但却减少了 Ba4 和 Om5 功能团多度, 而上文提到保护性耕作显著增加了 c-p4 和 c-p5 类群多度, 可见 c-p 值同为 4 或 5 的不同营养类群线虫对保护性耕作的响应并非完全一致, 其中 c-p4 类群中的食细菌线虫 (Ba) 和 c-p5 类群中的捕食-杂食线虫 (Om) 多度对保护性耕作表现出与各自 c-p 类群多度相反方向的负响应, 分析其原因, 这可能与保护性耕作导致的土壤酸化和可能引起的土壤农药残留污染等因素有关。已有研究表明, 土壤的酸化和农药污染均会对土壤线虫群落产生不利影响^[18-22]。与犁耕相比, 保护性耕作显著提高了 Ba1、Ba2 功能团的相对多度, 但降低了表土层 Fu2 和 H2 相对多度 (表 2), 可见 c-p 值同为 2 的不同营养类群线虫对保护性耕作的响应不同, 其中的食真菌 (Fu) 和植物寄生 (H) 线虫多度在表土层的响应程度相对较低。在保护性耕作条件下, Ba4 和 Om5 多度的显著减小导致其相对多度的大幅下降 (表 2)。保护性耕作显著降低了 H3 和表土层 Om4 的相对多度, 但提高了 Ba3、Fu4 和 H5 功能团的相对多度, 而上文提到保护性耕作显著降低了 c-p3 和 c-p4 的相对多度, 对 c-p5 相对多度没有影响 (图 2), 这说明 c-p 值同为 3、4 或 5 的不同营养类群线虫对保护性耕作的响应亦不相同, 其中 c-p3 的食细菌 (Ba)、c-p4 的食真菌 (Fu) 和 c-p5 的植物寄生 (H) 线虫多度的正向响应程度相对较高。上述这些结果都恰恰说明, 线虫的功能团划分可以弥补单一的 c-p 类群划分在评价线虫多样性时的不足, 提供更多的信息。

4 结论

(1) 在本研究中的保护性耕作条件下, 土壤线虫所有 c-p 类群的多度均显著增加, 但不同 c-p 类群相对多度的变化不同, 其中 c-p1 和 c-p2 线虫的相对多度显著提高, 而 c-p3、c-p4 以及 c-p3-5 类群则显著降低;

(2) 保护性耕作显著增加了土壤线虫绝大多数功能团的多度, 而对其相对多度的影响为, Ba1、Ba2、Ba3、Fu4 和 H5 显著提高, Ba4、H3 和 Om5 的显著降低, Fu2、H2 和 Om4 在表土层表现为显

著抑制, 在 15~30 cm 土层则为促进作用。

总而言之, 土壤线虫 c-p 类群和功能团的多度及结构特征可能适合作为评价保护性耕作对土壤质量影响的生物学指标。

参考文献:

- [1] 李新举, 张志国, 邓基先, 等. 免耕对土壤生态环境的影响[J]. 山东农业大学学报, 1998, 29: 520-526.
LI Xinju, ZHANG Zhiguo, DENG Jixian, et al. Effects on soil ecological environment by no-tillage[J]. Journal of Shandong Agricultural University, 1998, 29: 520-526.
- [2] KLADIVKO E J. Tillage system and soil ecology[J]. Soil & Tillage Research, 2001, 61: 61-76.
- [3] RITZ K, TRUDGILL D L. Utility of nematode community analysis as an integrated measure of the functional state of soils: perspective and challenges[J]. Plant and Soil, 1999, 212: 1-11.
- [4] 邵元虎, 傅声雷. 试论土壤线虫多样性在生态系统中的作用[J]. 生物多样性, 2007, 15: 116-123.
SHAO Yuanhu, FU Shenglei. The diversity and functions of soil nematodes[J]. Biodiversity Science, 2007, 15: 116-123.
- [5] BONGERS T, FERRIS H. Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring[J]. Trends in Ecology and Evolution, 1999, 14: 224-228.
- [6] 李玉娟, 吴纪华, 陈慧丽, 等. 线虫作为土壤健康指示生物的方法及应用[J]. 应用生态学报, 2005, 16: 1541-1546.
LI Yujuan, WU Jihua, CHEN Huili, et al. Nematodes as bioindicator of soil health: methods and applications[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16: 1541-1546.
- [7] PARMELEE R W, ALSTON D G. Nematode trophic structure in conventional and no-tillage agroecosystems[J]. Journal of Nematology, 1986, 18: 403-407.
- [8] WARDLE D A. Impacts of disturbance on detritus food webs in agroecosystems of contrasting tillage and weed management practice[J]. Advances in Ecological Research, 1995a, 26: 105-185.
- [9] FU S, COLEMAN D C, HENDRIX P F, et al. Responses of trophic groups of soil nematodes to residue application under conventional tillage and no-till regimes[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2000, 32: 1731-1741
- [10] RAHMAN L, CHAN K Y, HEENAN D P. Impact of tillage, stubble management and crop rotation on nematode populations in a long-term field experiment[J]. Soil & Tillage Research, 2007, 95: 110-119.
- [11] 田慧, 谭周进, 屠乃美, 等. 少免耕土壤生态学效应研究进展[J]. 耕作与栽培, 2006, 5: 10-12.
TIAN Hui, TAN Zhoujin, TU Naimei, et al. Progress in research on soil ecological effects of reduced and no-tillage[J]. Tillage & Cultivation, 2006, 5: 10-12.
- [12] GOODFRIEND W L, OLSEN M W, FRYE R J. Soil macrofloral and microfaunal response to *Salicornia bigelovii* planting density and soil residue amendment[J]. Plant and Soil, 2000, 223: 23-32.
- [13] BONGERS T, De NEMATODEN Van NEDERLAND. Stichting Uitgeverij Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging[M]. Utrecht, 1988. (In Dutch)
- [14] BONGERS T. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition[J]. Oecologia, 1990, 83: 14-19.
- [15] BONGERS T, BONGERS M. Functional diversity of nematodes[J]. Applied Soil Ecology, 1998, 10: 239-251.
- [16] 李琪, 梁文举, 姜勇. 农田土壤线虫多样性研究现状及展望[J]. 生物多样性, 2007, 15(2): 134-141.
LI Qi, LIANG Wenju, JIANG Yong. Present situation and prospect of soil nematode diversity in farmland ecosystems[J]. Biodiversity Science, 2007, 15(2): 134-141
- [17] ETTEMA C H, COLEMAN D C, VELLIDIS G. Spatiotemporal distributions of bacterivorous nematodes and soil resources in a restored riparian wetland[J]. Ecology, 1998, 79: 2721-2734.
- [18] BANAGE W B, VISSER S A. The effect of some fatty acids and pH on a soil nematode[J]. Nematologica, 1965, 11: 255-262.
- [19] YARDIM E N, EDWARD C A. Effect of chemical pest, disease and weed management practices on the trophic structure of nematode populations in tomato agroecosystems[J]. Applied Soil Ecology, 1998, 7: 137-147.
- [20] CHEN L J, LI Q, LIANG W. Effect of agrochemicals on nematode community structure in a soybean field[J]. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 2003, 71: 755-760.
- [21] 周际海, 陶军, 陈小云, 等. 安徽农药厂厂区及周边农田土壤线虫数量特征[J]. 生物多样性, 2008, 16: 613-617.
ZHOU Jihai, TAO Jun, CHEN Xiaoyun, et al. Soil nematode density inside and outside a pesticide factory in Anhui[J]. Biodiversity Science, 2008, 16: 613-617.
- [22] 张靖楠, 梁文举, 李琪. 施用化学农药对大豆田土壤线虫群落的影响[J]. 土壤通报, 2008, 39(4): 900-903.
ZHANG Jingnan, LIANG Wenju, LI Qi. Effects of agrochemicals on soil nematode communities in a soybean field[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2008, 39(4): 900-903.
- [23] YEATES G W. Modification and qualification of the nematode maturity index[J]. Pedobiologia, 1994, 38 (2): 97-101.
- [24] BONGERS T, VAN DER MEULEN H, KORTHALS G. Inverse relationship between the nematode maturity index and plant parasite index under enriched nutrient conditions [J]. Applied Soil Ecology, 1997, 6: 195-199.
- [25] POPOVICI I. Nematodes as indicators of ecosystems disturbances due to pollution[J]. Stud Univ Babeş-Royal Biol, 1992, 37 (2):15-27.
- [26] NEHER D A, CAMPBELL C L. Sampling for regional monitoring of nematode communities in agricultural soils[J]. Journal of Nematology, 1996, 28 (2): 196-208.
- [27] FERRIS H, BONGERS T, DE GOEDE R G M. A framework for soil food web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept[J]. Applied Soil Ecology, 2001, 18: 13-29.

Effects of the conservation tillage on soil nematode c-p groups and functional guilds

HU Ning¹, LOU Yilai^{2,3}, LIANG Lei^{1*}

1. Environment College, Liaoning University, Shenyang 110036, China;

2. Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China;

3. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract: In order to provide scientific basis for assessing soil ecological effects of the conservation tillage, Soil nematode c-p (colonizer-persister) groups and functional guilds were compared between traditional plow tillage (PT) and 6-yr conservation tillage (CT, no-tillage with straw mulch), in a case study in Zhangwu county of Liaoning Province. Results showed the conservation tillage significantly increased abundances of all the c-p groups and most of the guilds, reduced Ba4 and Om5 guild abundances. Also, the conservation tillage changed structure of soil nematode life-history and functional guilds. At most of the layers studied, relative abundances of c-p1 and c-p2 nematodes significantly elevated, as declined for c-p3, c-p4 and c-p3-5. Relative abundances of Ba1, Ba2, Ba3, Fu4 and H5 nematodes significantly increased, as decreased for Ba4, H3 and Om5. Fu2, H2 and Om4 nematode relative abundances showed relatively complex patterns of elevating at 0~5 cm depth, reducing at 15~30 cm layer. The study results showed abundances and structure of soil nematode c-p groups and functional guilds might be useful bio-indicators for evaluating the conservation tillage effects on soil quality.

Key words: conservation tillage; no-tillage; straw mulch; soil nematode; c-p group; functional guild