

生物炭基肥施用对棉田土壤线虫群落结构的影响

杨贝贝¹, 朱新萍^{1, 2*}, 赵 一¹, 陈小云³, 贾宏涛^{1, 2}, 李辉信³

(1. 新疆农业大学草业与环境科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆土壤与植物生态过程重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830052; 3. 南京农业大学资源与环境科学学院, 江苏 南京 210095)

摘 要: 为比较生物炭基肥、生物质炭施用以及常规施肥对棉田土壤线虫群落结构的影响设置棉花田间试验。试验处理为常规施肥 (CK)、生物炭基肥 + 常规追肥 (T+C)、生物炭基肥 + 木醋液追肥 (T+M)、生物质炭 + 常规追肥 (SWT)。采用浅盘法分离土壤线虫, 用显微镜进行数量统计和种类鉴定, 计算多样性生态指数。棉田各施肥处理土壤线虫密度范围为 175 ~ 334 ind/100 g, 表现为 T+C>T+M>CK>SWT。CK 处理主要线虫优势属为螺旋属 *Helicotylenchus*; T+C 处理的线虫优势属为原杆属 *Protorhabditis*、螺旋属 *Helicotylenchus* 和针属 *Paratylenchus*, T+M 处理的线虫优势属为原杆属 *Protorhabditis* 和螺旋属 *Helicotylenchus*, SWT 处理的线虫优势属为原杆属 *Protorhabditis* 和真头叶属 *Eucephalobus*。所获得的土壤线虫隶属于 35 个属, 添加生物炭基肥提高了土壤线虫总数量、食细菌性线虫数量、食真菌性线虫数量和杂食 - 捕食性线虫数量, 抑制了植食性线虫数量, 并且提高了线虫的多样性指数 (H)、均匀度指数 (J) 和瓦斯乐斯卡指数 (WI); T+C 和 T+M 处理的植物寄生线虫成熟指数 (PPI) 高于 CK 处理; SWT 的植物寄生线虫成熟指数 (PPI) 低于 CK 处理。添加生物炭基肥增加了线虫数量, 提高了食细菌线虫和食真菌线虫丰度。

关键词: 生物质炭; 棉田土壤; 线虫多样性; 群落结构

线虫作为农田土壤中数量和多样性最为丰富的微型土壤动物之一, 在土壤食物网中占据多个营养级地位^[1-2], 对维持土壤生态系统的稳定、促进物质循环和能量流动具有重要意义^[3]。生物质炭和生物炭基肥在农田生产中的施用, 可以增加棉田土壤酶活性^[4-6], 显著改善棉田微生物种群结构^[7-8], 提高土壤的田间持水量^[9], 改善土壤物理性质^[10-11], 提高作物产量^[13]等效果。随着人们越来越关注生存环境和农业可持续发展, 在现代农业生产中, 更加注重有机肥、新型肥料的施用等土壤健康问题。作为土壤生物区系的重要组成部分之一, 线虫因具有身体透明易于鉴别、结构与功能对应关系好等特点, 被作为农田管理措施改变的敏感指示生物^[14-15]。土壤线虫作为反映土壤健康的敏感指标, 前人的研究多侧重于调查旱旱^[16]、水旱不同轮作体系^[17], 秸秆还田^[18], 有机肥及与化肥配施等农田

管理措施对土壤线虫群落结构的影响研究^[19]。新疆地处欧亚大陆腹地, 降水量稀少, 蒸发强烈, 是我国最为干旱, 土壤盐碱化分布面积最广, 盐碱化类型最多, 土壤积盐最重的地区^[20], 同时又是我国优质产棉地之一, 生物炭基肥、生物质炭目前已初步应用于棉花生产中, 但在提高作物产量的同时, 对于土壤生物以及土壤健康的影响值得进一步探讨。生物炭基肥、生物质炭施用以及常规施肥会对棉田土壤线虫群落结构产生什么影响? 本研究选择新疆棉田土壤, 比较施用炭基肥、生物质炭以及常规施肥对土壤线虫群落结构的影响, 旨在明确不同肥源及其与化肥配施对土壤线虫区系的调控效果, 为新疆农田生态系统的健康运行和生物炭基肥应用提供一些参考依据。

1 研究区域与实验方法

1.1 研究区概况

研究区位于新疆准葛尔盆地西部古尔班通古特大沙漠的边缘的一二八团, 属温带大陆性干旱荒漠气候。全年日照时数为 2 611 h, 昼夜温差大。降水稀少, 每年平均为 160 mm 左右。年蒸发量平均为 1 761.9 mm。土壤类型为潮土, pH 值 8.09, 电导率

收稿日期: 2019-07-25; 录用日期: 2019-10-15

基金项目: 南京农业大学 - 新疆农业大学联合基金项目 (KYYJ201702)。

作者简介: 杨贝贝 (1995-), 女, 安徽阜阳人, 硕士研究生, 从事农业生态与环境保护研究。E-mail: 853323397@qq.com。

通讯作者: 朱新萍, E-mail: zhuxinping1978@163.com。

692.50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。

1.2 试验设计

田间试验共设 4 个处理, 分别为常规施肥处理 (CK)、生物炭基肥 + 木醋液追肥处理 (T+M)、生物炭基肥 + 常规追肥 (T+C) 和生物质炭 + 常规追

肥 (SWT) 处理, 采用随机区组设计, 小区面积为 200 m^2 , 每处理 3 次重复, 在调研当地施肥量基础上设计各处理施肥量 (表 1)。各处理基肥于播种前一次性全部施入, 施入深度约 20 cm, 采用膜下滴灌方式灌溉。供试棉花品种为“中棉 71 号”。

表 1 试验施肥处理

处理	基肥		追肥 (全程)	
	肥料名称	施肥量 (kg/hm^2)	肥料名称	施肥量 (kg/hm^2)
CK	重过磷酸钙 / 硫酸钾	450/75	尿素	600
T+M	生物炭基肥	525	木醋液	15
T+C	生物炭基肥	525	尿素	600
SWT	生物质炭	30 000	尿素	600

试验肥料尿素 (N 46.3%)、硫酸钾 (K_2O 50%)、重过磷酸钙 (P_2O_5 46%), 生物质炭为玉米秸秆限氧热裂解制成, 生物炭基肥采用玉米秸秆限氧热裂解制成的生物炭和氮磷钾肥混合而成, 其中 N、 P_2O_5 、 K_2O 养分含量为 15%、15%、10%, 木醋液为生物炭制备过程中生成的副产品, 均由南京农业大学提供。

1.3 样品采集方法

于 2018 年 9 月棉花收获前期采集土壤样品。采用 S 形采样法, 随机选取 5 个点, 用土钻采取棉花根部附近 0 ~ 30 cm 土层土壤, 将采好的土样迅速装入自封袋, 编号后带回实验室作简单处理, 之后置于 4°C 冰箱保存。

1.4 土壤线虫的分离与鉴定

称取土壤 50 g, 采用浅盘法分离土壤中的线虫^[21], 随机数 100 条线虫, 参考《中国土壤动物检索图鉴》^[22] 及 Bongers^[23] 主编的《De nematoden van Nederland》进行线虫鉴定。将线虫分为 4 个营养类群: 食细菌线虫 (Bacterivores)、食真菌线虫 (Fungivores)、植食性线虫 (Plant-parasites) 和杂食 / 捕食性线虫 (Omnivores/ predators)^[24]。并根据线虫的食性和生活策略 (r- 策略和 k- 策略) 对线虫划分为 1 ~ 5 的 c-p 值^[25]。

1.5 线虫群落分析

采用多种生态指数对土壤线虫的多样性和群落结构进行评价, 具体计算方法如下:

Shannon-Wiener 多样性指数 (H)^[26]:

$$H = - \sum p_i \ln p_i (i = 1, 2, 3, \dots, S)$$

式中, p_i 是样本中第 i 个分类单元中个体数占线虫总个体数量的比例。

Pielon 均匀度指数 (J)^[27]:

$$J = H/\ln S$$

式中, S 为鉴定分类单元的数目。

富集指数 (EI)^[27]:

$$EI = 100 \times [e/(e + b)]$$

式中, b 主要指 c-p 值为 2 的 Ba 和 Fu 类群; e 主要指 c-p 值为 1 的 Ba 和 Fu 类群。

结构指数 (SI)^[28]:

$$SI = 100 \times [s/(s + b)]$$

式中, s 包括 c-p 值为 3、4、5 的 Ba、Fu、Om 和 c-p 值为 2、3、4、5 的 Ca 类群。

线虫通路指数 (NCR)^[29]:

$$NCR = N_B/(N_B + N_F)$$

式中, N_B 指食细菌性线虫的数量; N_F 指食真菌性线虫的数量。

瓦斯乐斯卡指数 (WI)^[26]:

$$WI = (N_F + N_B)/N_{PP}$$

式中, N_{PP} 为食植物性线虫数量。

植物寄生线虫成熟度指数 (PPI)^[25]:

$$PPI = \sum v_i f_i$$

式中, v_i 为根据自由生活线虫在生态演替中的不同生活策略分别赋予的 c-p; f_i 为第 i 种线虫的个体数占群落总个体数的比例。

1.6 数据统计分析

土壤线虫数量折算成每 100 g 干土含有线虫的条数, 丰度以不同属或营养类群的线虫数量占线虫总数的百分比 (%) 来表示^[27], 采用 Excel 2016 软件进行数据统计与处理。

2 结果与分析

2.1 棉田土壤线虫群落组成及营养类群结构

棉田 4 个不同处理共获得土壤线虫 419 条, 分

属于 35 属, 土壤线虫数量平均为 249 条 /100 g 干土。食细菌性线虫 12 属、食真菌性线虫 3 属、植食性线虫 10 属、杂食 / 捕食性线虫 10 属, 各处理下营养类群数量情况见表 2。CK 处理鉴定出 12 属、

表 2 不同处理土壤线虫的群落组成及丰富度

类群 (属)		c-p	CK		T+C		T+M		SWT	
			数量 (条) /100 g 干土	优势度	数量 (条) /100 g 干土	优势度	数量 (条) /100 g 干土	优势度	数量 (条) /100 g 干土	优势度
Ba	Total bacterivores	22	36	+++	74	+++	105	+++	64	+++
原杆属	<i>Protorhabditis</i>	1	13	++	28	+++	46	+++	42	+++
中杆属	<i>Mesorhabditis</i>	1			4	++	4	++		
小杆属	<i>Rhabditis</i>	1			4	++	6	++		
钩唇属	<i>Diploscapter</i>	1			10	++	4	++		
丽突属	<i>Acrobeles</i>	2							2	++
真头叶属	<i>Eucephalobus</i>	2	2	+	10	++	6	++	8	+++
头叶属	<i>Cephalobus</i>	2	6	++	2	++	4	++	6	++
拟丽突属	<i>Acrobeloides</i>	2	13	++	8	++	22	++	2	++
绕线属	<i>Plectus</i>	2			6	++	13	++	2	++
拟绕线属	<i>Anaplectus</i>	2			2	++				
真单宫属	<i>Eumonhystera</i>	2	2	+						
无咽属	<i>Alaimus</i>	4							2	++
Fu	Total fungivores	8			10	++	13	++	2	++
真滑刃属	<i>Aphelenchus</i>	2			4	++	11	++		
滑刃属	<i>Aphelenchoides</i>	2			4	++	2	+	2	++
垫咽属	<i>Tylencholaimus</i>	4			2	++				
Pp	Total herbivores	27	260	+++	94	+++	107	+++	4	++
裸矛属	<i>Psilenchus</i>	2	2	+						
垫刃属	<i>Tylenchus</i>	2			4	++				
针属	<i>Paratylenchus</i>	2	65	+++	26	+++				
丝尾垫刃属	<i>Filenchus</i>	2							2	++
伪垫刃属	<i>Nothotylenchus</i>	2	2	+	0		6	++		
短体属	<i>Pratylenchus</i>	3			8	++				
矮化属	<i>Tylenchorhynchus</i>	3					2	+		
螺旋属	<i>Helicotylenchus</i>	3	191	+++	54	+++	97	+++	2	++
潜根属	<i>Hirschmanniella</i>	3					2	+		
剑属	<i>Xiphinema</i>	5			2	++				
Om	Total omnivores	41	8	++	24	+++	22	++	4	++
三孔属	<i>Tripyla</i>	3					2	+		
螫属	<i>pungentus</i>	4					2	+		
中矛线属	<i>Mesodorylaimus</i>	4	4	++	4	++	2	+		
真矛线属	<i>Eudorylaimus</i>	4			6	++			2	++
前矛线属	<i>Prodorylamus</i>	4							2	++
微矛线属	<i>Microdorylaimus</i>	4	2	+			2	+		
拱唇属	<i>Labronema</i>	4					4	++		
孔咽属	<i>Aporcelaimus</i>	4			10	++				
穿咽属	<i>Nygolaimus</i>	5	2	+	4	++	8	++		
金线属	<i>chrysonemoides</i>	5					2	+		

注: +++ 表示 RA > 10%, 为优势属; ++ 表示 1% ≤ RA ≤ 10%, 为常见属; + 表示 RA < 1%, 为稀有属。

T+C 处理鉴定出 21 属、T+M 处理鉴定出 21 属、SWT 处理鉴定出 12 属, 与 CK 相比, T+C 处理和 T+M 处理增加了土壤线虫属数, 但 SWT 处理土壤线虫属无明显变化。CK 处理主要线虫优势属为螺旋属, T+C 处理的线虫优势属为原杆属 *Protorhabditis*、螺旋属 *Helicotylenchus*、针属 *Paratylenchus*, T+M 处理的线虫优势属为原杆属 *Protorhabditis*、螺旋属 *Helicotylenchus*, SWT 处理的线虫优势属为原杆属 *Protorhabditis* 和真头叶属 *Eucephalobus*。与对照相比, 施用生物炭基肥使土壤中原杆属 *Protorhabditis* 相对丰度提高 9.14% ~ 50.03%, 螺旋属 *Helicotylenchus* 相对丰度降低 36.64% ~ 59.55%; 提高了食细菌性线虫、杂食/捕食性线虫和食真菌性线虫相对丰度, 降低了植食性线虫相对丰度。

表 3 不同处理土壤线虫群落的生态指标

处理	多样性指数 (H)	均匀度指数 (J)	富集指数 (EI)	结构指数 (SI)	线虫通道指数 (NCR)	瓦斯乐斯卡指数 (WI)	植物寄生线虫成熟指数 (PPI)
CK	1.25	0.35	68.57	83.97	1.00	0.14	2.33
T+C	2.56	0.72	83.64	88.89	0.88	0.93	1.24
T+M	2.20	0.61	81.38	88.99	0.89	1.12	1.25
SWT	1.70	0.48	87.50	56.69	0.97	15.50	0.14

3 讨论

线虫作为土壤健康的指示生物, 已被广泛应用于评价各种生态系统受干扰的情况^[30]。经短期施用生物炭基肥对棉田土壤线虫的影响的研究, 4 个处理共鉴定了土壤线虫 419 条, 分属于 35 属。对于棉田土壤线虫群落结构及其多样性的研究, 其中李克梅等^[31]主要开展植物寄生线虫的研究, 发现新疆棉田土壤有 11 个属的植物线虫, 真滑刃属 (*Aphelenchus*) 是绝对优势种群, 其次是茎属 (*Ditylenchus*) 和螺旋属 (*Helicotylenchus*)。李晓兰等^[32]对新疆棉花黄萎病区的研究发现有 8 个属的植物寄生线虫, 螺旋属 (*Helicotylenchus*)、拟丽突属 (*Acrobeloides*)、滑刃属 (*Aphelenchoides*) 是优势属, 且相对丰富度均大于 10%。而本研究优势种群为螺旋属 (*Helicotylenchus*), 共鉴定出 10 个属, 与前人的研究结果一致, 真滑刃属和拟丽突属属于常见属。郭佳惠等^[33]在天津市武清区的棉花线虫群落研究中发现所采集土壤样品中, 共鉴定出土壤

2.2 棉田土壤线虫群落的多样性

由表 3 可知, 土壤线虫多样性指数 (H) 变化为 CK<SWT<T+M<T+C、均匀度指数 (J) 变化为 CK<SWT<T+M<T+C、植物寄生线虫成熟度指数 (PPI) 变化为 SWT<T+C<T+M<CK, 瓦斯乐斯卡指数 (WI) 变化为 CK<T+C<T+M<SWT。与 CK 处理相比, 施用生物炭基肥提高了线虫多样性指数 (H) 和均匀度指数 (J)。富集指数 (EI)、结构指数 (SI) 均大于 50。线虫通道指数 (NCR) 在 0.88 ~ 1.00 之间, 说明有机物的分解以细菌分解途径为主。与 CK 处理相比, 均降低了线虫通道指数, 表现为 CK>SWT>T+M>T+C。瓦斯乐斯卡指数 (WI) 为 CK<T+C<T+M<SWT。T+C 和 T+M 处理的植物寄生线虫成熟指数 (PPI) 高于 CK 处理, SWT 的植物寄生线虫成熟指数 (PPI) 显著小于 CK 处理。

线虫 34 属, 其中, 食细菌线虫 13 属, 食真菌线虫 3 属, 杂食/捕食性线虫 9 属, 植食性线虫 9 属, 螺旋属 (*Helicotylenchus*) 是优势属之一, 这与本研究结果相一致, 在属数上都是 Ba>Op>Pp>Fu, 螺旋属 (*Helicotylenchus*) 也是优势属之一。

生物质炭具特殊的孔隙结构, 可以为土壤微生物提供生存空间, 同时生物质炭具有强大的吸附特性^[34], 因此贮存的养分供给线虫一定的营养来源, 促进线虫繁殖, 土壤中的细菌数量因为生物质炭量增加而上升, 也会使食真菌性线虫丰度增多^[27]。前人研究结果表明, 不同有机物料的配施均增加了土壤线虫总数及食细菌、食真菌、杂食/捕食性线虫的比例, 抑制了植食性线虫的相对丰度^[35]。这与本研究结果相一致。利用线虫生态指数可以反映不同处理中线虫群落结构差异。研究中发现 T+C、T+M 和 SWT 提高了线虫多样性指数 (H) 和瓦斯乐斯卡指数 (WI), 这与前人研究结果相一致^[14]。线虫多样性指数 (H) 值越大, 表明线虫种类越多, 土壤食微线虫越丰富, 且大于植食性

线虫数量,土壤健康程度越高^[27]。瓦斯乐斯卡指数(WI)的大小反应土壤健康本质,瓦斯乐斯卡指数理解为土壤健康指数。WI值>1时,值越大,说明土壤健康状况越好;当WI值=1时,表明单位土壤中食细菌线虫与食真菌线虫之和的数量与植食线虫的数量相当,说明土壤健康程度一般;WI值<1时,值越小,说明土壤健康程度越差^[36]。T+C和T+M的WI值分别为0.93和1.12,趋近于1,说明土壤健康状况一般,SWT的WI值为15.50,土壤健康状况良好,CK的WI值只有0.14。因此施加生物炭有助于改良土壤健康状况。

NCR值代表微生物参与分解有机质的途径,NCR值为0,代表土壤有机质完全依靠真菌分解;若NCR值为1,则表示有机质完全由细菌分解^[19]。SWT处理的NCR最低,T+C和T+M处理的NCR相差不大,在本试验中,CK处理NCR值为1.00,表示有机质完全由细菌分解,T+C和T+M处理NCR值在0.88~0.97之间,说明细菌是此棉田土壤有机质的主要分解者。细菌占土壤微生物90%以上^[37],施用生物炭基肥和木醋液的NCR值均有降低的趋势,说明T+C和T+M处理在保持细菌分解有机质的主要途径基础上,有助于增强真菌分解有机质的途径^[37]。T+C、T+M和SWT处理均降低了线虫PPI指数,其中SWT处理降低最为明显,这可能是由于SWT提高了土壤有机质,而有机质与PPI指数呈显著负相关^[38]。

4 结论

在棉田中施用生物炭基肥可使土壤线虫种类更丰富,提高了线虫的总数量、食细菌性线虫数量、食真菌性线虫数量和杂食/捕食性线虫数量,抑制了植食性线虫数量;施用生物炭基肥提高了线虫的多样性指数(H)、均匀度指数(J)和瓦斯乐斯卡指数(WI)。短期内施用生物炭基肥对棉田土壤生态系统健康无不良影响,但长期施用生物炭基肥以及生物炭产品会对土壤生态系统带来何种程度的潜在影响还需要进一步开展研究。

参考文献:

[1] Ingham R E, Trofymow J A, Ingham E R, et al. Interactions of bacteria, fungi, and their nematode grazers: Effects on nutrient cycling and plant growth [J]. *Ecological Monographs*, 1985, 55 (1): 119-140.

[2] Moore J C, Ruiter P C D. Temporal and spatial heterogeneity of trophic interactions within below-ground food webs [J]. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 1991, 34 (1-4): 371-397.

[3] Ekschmitt K, Bakonyi G, Bongers M, et al. Nematode community structure as indicator of soil functioning in European grassland soils [J]. *European Journal of Soil Biology*, 2001, 37 (4): 263-268.

[4] 王智慧,殷大伟,王洪义,等. 生物炭对土壤养分、酶活性及玉米产量的影响 [J]. *东北农业科学*, 2019, 44 (3): 14-19.

[5] 黄哲,曲世华,白岚,等. 不同秸秆混合生物炭对盐碱土壤养分及酶活性的影响 [J]. *水土保持研究*, 2017, 24 (4): 290-295.

[6] 史思伟,娄翼来,杜章留,等. 生物炭的10年土壤培肥效应 [J]. *中国土壤与肥料*, 2018, (6): 16-22.

[7] 王彩云,武春成,曹霞,等. 生物炭对温室黄瓜不同连作年限土壤养分和微生物群落多样性的影响 [J]. *应用生态学报*, 2019, 30 (4): 1359-1366.

[8] 程扬,刘子丹,沈启斌,等. 秸秆生物炭施用对玉米根际和非根际土壤微生物群落结构的影响 [J]. *生态环境学报*, 2018, 27 (10): 92-99.

[9] 刘志凯. 生物炭不同用量与施用年限对土壤水分运动及溶质运移的影响 [D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2017.

[10] 陈超,李娟,李劲彬. 生物炭和秸秆施用对复配土壤物理性状及团粒结构的影响 [J]. *西部大开发(土地开发工程研究)*, 2017, 2 (2): 40-44, 53.

[11] 乔丹丹,吴名字,张倩,等. 秸秆还田与生物炭施用对黄褐土团聚体稳定性及有机碳积累的影响 [J]. *中国土壤与肥料*, 2018, (3): 92-99.

[13] 胡敏,苗庆丰,史海滨,等. 施用生物炭对膜下滴灌玉米土壤水肥热状况及产量的影响 [J]. *节水灌溉*, 2018, 276 (8): 14-18.

[14] 朱永恒,李克中,陆林. 根际土壤动物及其对植物生长的影响 [J]. *生态学杂志*, 2012, 31 (10): 2688-2693.

[15] Ferris H, Matute M M. Structural and functional succession in the nematode fauna of a soil food web [J]. *Applied Soil Ecology*, 2003, 23: 93-110.

[16] 李孟洁. 小麦—玉米轮作体系中长期施肥对土壤线虫群落结构的影响 [D]. 郑州: 郑州大学, 2018.

[17] 刘婷. 施肥对稻麦轮作体系中土壤线虫群落结构的影响及调控机制 [D]. 南京: 南京农业大学, 2016.

[18] 牟文雅,贾艺凡,陈小云,等. 玉米秸秆还田对土壤线虫数量动态与群落结构的影响 [J]. *生态学报*, 2017, 37 (3): 877-886.

[19] 刘婷,叶成龙,陈小云,等. 不同有机肥源及其与化肥配施对稻田土壤线虫群落结构的影响 [J]. *应用生态学报*, 2013, 24 (12): 3508-3516.

[20] 张丙乾. 新疆土壤盐碱化及其防治 [J]. *干旱区研究*, 1993, 10 (1): 55-61.

- [21] 毛小芳, 李辉信, 陈小云, 等. 土壤线虫三种分离方法效率比较 [J]. 生态学杂志, 2004, 23 (3): 149-151.
- [22] 尹文英. 中国土壤动物检索图鉴 [M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [23] Bongers T. De nematoden van nederland [M]. Utrecht: Stichting Uitgeverij Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, 1988.
- [24] 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.
- [25] Bongers T. The maturity index: An ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition [J]. Oecologia, 1990, 83 (1): 14-19.
- [26] 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 (8): 1541-1546.
- [27] 孔云, 张婷, 李刚, 等. 华北潮土线虫群落对玉米秸秆长期还田的响应 [J]. 生态环境学报, 2018, 27 (4): 102-108.
- [28] 刘雨迪, 陈小云, 刘满强, 等. 不同稻作年限下土壤微生物学性质和线虫群落特征的变化 [J]. 生物多样性, 2013, 21 (3): 334-342.
- [29] Yeates G W. Nematodes as soil indicators: functional and biodiversity aspects [J]. Biology & Fertility of Soils, 2003, 37 (4): 199-210.
- [30] 刘婷, 叶成龙, 李勇, 等. 不同有机类肥料对小麦和水稻根际土壤线虫的影响 [J]. 生态学报, 2015, 35 (19): 6259-6268.
- [31] 李克梅, 梁智, 徐万里, 等. 新疆棉田寄生线虫的种类 [J]. 西北农业学报, 2009, 18 (2): 273-275.
- [32] 李晓兰, 相吉山, 刘瑜, 等. 棉花黄萎病菌对土壤线虫群落结构的影响 [J]. 中国农业科技导报, 2015, 17 (6): 80-87.
- [33] 郭佳惠, 李刚, 赵建宁, 等. 抗旱和耐盐碱转基因棉花对土壤线虫群落的影响 [J]. 生态与农村环境学报, 2018, 34 (6): 541-546.
- [34] 袁颖红, 芮绍云, 周际海, 等. 生物质炭及过氧化钙对旱地红壤酶活性和微生物群落结构的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2019, (1): 93-101.
- [35] 张微. 长期施用无机肥、有机物料对旱地红壤线虫群落结构的影响 [D]. 南京: 南京农业大学, 2014.
- [36] 杜小引, 刘奇志, 周海鹰, 等. 西天目山柳杉根际土壤线虫群落组成与多样性分析 [J]. 中国农学通报, 2010, 26 (18): 259-264.
- [37] 张进良. 玉米秸秆还田对土壤中微生物群落的影响 [J]. 湖北农业科学, 2013, 52 (12): 2744-2746.
- [38] 高燕, 吕莹, 谷旭, 等. 大连市西山水库植物根际土壤线虫群落特征 [J]. 天津农业科学, 2012, 18 (2): 102-105.

Effect of biochar based application on soil nematode community structure in cotton field

YANG Bei-bei¹, ZHU Xin-ping^{1, 2*}, ZHAO Yi¹, CHEN Xiao-yun³, JIA Hong-tao^{1, 2}, LI Hui-xin³ (1. College of Grass and Environmental Sciences, Xinjiang Agricultural University, Urumqi Xinjiang 830052; 2. Xinjiang Key Laboratory of Soil and Plant Ecological Processes, Urumqi Xinjiang 830052; 3. College of Resources and Environmental Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing Jiangsu 210095)

Abstract: Field experiment was conducted to compare the effects of biochar based application and conventional fertilization on soil nematode community structure in cotton fields, the test treatments were: conventional fertilization (CK), biochar-based fertilizer + conventional top dressing (T+C), biochar-based fertilizer + wood vinegar top dressing (T+M), biochar + conventional top dressing (SWT). The soil nematodes were separated by shallow disk method, and the quantitative statistics and species identification were performed by microscope to calculate different diversity ecological index. The soil nematode density in cotton field was 175 ~ 334 ind/100 g, which was expressed as T+C>T+M>CK>SWT. *Helicotylenchus* were the dominant genus of soil nematode in CK; *Protorhabditis*, *Helicotylenchus* and *Paratylenchus* were the dominant genus of soil nematode in T+C; *Protorhabditis* and *Helicotylenchus* were the dominant genus of soil nematode in T+M; *Protorhabditis* and *Eucephalobus* were the dominant genus of soil nematode in SWT. The obtained soil nematodes belong to 35 genera. The addition of biochar-based fertilizer increased the total number of soil nematodes, the number of bacterivore nematodes, the number of fungivore nematodes and the number of omnivore/predator nematodes, inhibited the number of plant parasite nematodes, increased the Shannon-Wiener index (H), Pielou evenness index (J) and Wasilewska index (WI). Plant parasitic nematode maturation index (PPI) treated by T+C and T+M were higher than that of CK treatment, while the PPI of SWT treatment was lower than that of CK treatment. The addition of biochar-based fertilizer increased the number of nematodes and increased the abundance of bacterivores nematodes and fungivores.

Key words: biomass carbon; cotton field soil; nematode diversity; community structure