

李晓兰,相吉山,张艾明,等. 地膜覆盖对玉米田土壤理化性质和线虫群落组成的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(15):257-260.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.15.065

# 地膜覆盖对玉米田土壤理化性质 和线虫群落组成的影响

李晓兰<sup>1</sup>,相吉山<sup>1</sup>,张艾明,徐峰<sup>2</sup>,索良喜<sup>2</sup>

(1.赤峰学院,内蒙古赤峰 024000; 2.内蒙古自治区赤峰市敖汉旗农业局,内蒙古赤峰 024000)

**摘要:**以内蒙古赤峰市敖汉旗多年种植玉米田为研究对象,对比研究未覆膜、覆膜1年及连续覆膜4年种植玉米的土壤中线虫的总数、线虫属数和种类组成的差异以及与土壤因子之间的关系。结果表明:各处理共鉴定出土壤线虫36个属,其中拟丽突属(*Acrobeloides*)在3个处理中均为优势属。未覆膜与覆膜1年处理相比较,土壤因子、线虫总数和线虫属数均无显著差异,但连续覆膜4年后,有61.5%的土壤指标发生了显著的变化,同时土壤线虫总数和线虫属数也发生了显著的变化。根据RDA和CCA排序结果可知,沙粒含量、有机碳含量、全氮含量、全磷含量、阳离子交换量和含水量等土壤因子显著影响了不同处理中的优势属的相对多度。说明土壤线虫群落组成和优势种群的变化能较好地指示土壤环境的变化。

**关键词:**覆膜;玉米田;土壤因子;理化性质;线虫总数;优势属

**中图分类号:** S154.1; S513.061 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)15-0257-04

地膜覆盖技术在农田生态系统中的应用,大幅提高了农作物的产量,并且一定程度上抑制了杂草和病虫害的发生,由于该技术的众多优点,使得该技术推广迅速<sup>[1-2]</sup>。据1982—2005年《中国农业统计年鉴》的数据可知,1981年农作物覆盖种植面积仅为1.5万hm<sup>2</sup>,而2004年增加到1200万hm<sup>2</sup>,中国农业信息网报道了2012年全国的地膜覆盖面积达到2330万hm<sup>2</sup>,地膜覆盖面积约占总耕地面积的20%。内蒙古自治区已经有30多年的地膜使用历史,从1986年后,内蒙

古粮食作物地膜覆盖面积呈现增加趋势<sup>[3]</sup>。玉米是内蒙古的第一大粮食作物,2007、2011、2014、2015年播种面积分别为200万、267万、333万、341万hm<sup>2</sup>;2015年赤峰市玉米种植面积为55万hm<sup>2</sup>,其中覆膜玉米面积已经达到33万hm<sup>2</sup>,占赤峰市总种植玉米面积的60%,近些年来赤峰市地区的玉米种植面积和地膜使用面积逐步扩大,导致覆膜连作现象发生。

土壤线虫是土壤动物区系中最丰富的无脊椎动物<sup>[4]</sup>,是生态系统中最敏感的指示生物之一<sup>[5]</sup>,土壤线虫对有机物的分解、养分转化和能量传递等过程均起重要作用<sup>[6]</sup>,所以常被用来评估土壤环境变化及土壤健康状况。随着覆膜玉米连作面积的增加,土壤环境发生了怎样的变化,土壤环境的变化对土壤生态系统结构和功能产生了怎样的影响,覆膜玉米的

收稿日期:2017-02-22

基金项目:国家自然科学基金(编号:31400459)。

作者简介:李晓兰(1977—),女,内蒙古赤峰人,博士,副教授,主要从事土壤生态学相关研究。E-mail:lixiaolan97@163.com。

[J]. 蔬菜,2014(11):30-33.

[5] 吴余粮,蒋凯. 水旱轮作模式的可持续发展探析[J]. 浙江农业科学,2014(6):813-815.

[6] 方家齐,王亚松,高晓东. 设施内水旱蔬菜轮作试验初报[J]. 蔬菜,2013(10):8-9.

[7] 何圣米,杨悦俭,李必元,等. 设施蔬菜-水生蔬菜水旱轮作模式的应用[J]. 浙江农业科学,2005(1):10-12.

[8] 钱亚明,赵密珍,吴伟民,等. 设施草莓-菠菜水旱轮作模式下菠菜栽培研究初报[J]. 江苏农业科学,2012,40(12):167-168.

[9] 侯伟,程海刚,景炜明,等. 水旱轮作栽培对缓解设施蔬菜连作障碍的影响[J]. 陕西农业科学,2015,61(1):72-74.

[10] 徐顺飞. 水旱轮作对后茬设施草莓生产的影响[J]. 现代园艺,2015(12):6-7.

[11] 周增辉,张娜,韩承华,等. 江苏中南部设施蔬菜盐渍化土壤盐分离子含量及其垂直分布调查[J]. 中国蔬菜,2013(20):39-45.

[12] 周增辉,刘野,张娜,等. 江苏中南部设施蔬菜盐渍化土壤养分及土壤酶活性调查[J]. 上海农业科技,2015(3):102-104.

[13] 范庆锋,张玉龙,陈重. 保护地蔬菜栽培对土壤盐分积累及pH值的影响[J]. 水土保持学报,2009,23(1):103-106.

[14] 袁建玉,周增辉,张娜,等. 设施蔬菜水旱轮作前后耕作层土壤盐分和pH值的变化[J]. 江苏农业科学,2014,42(3):301-303.

[15] 赵海涛,李良俊,殷朝珍,等. 水生蔬菜轮作对大棚草莓连作土壤性质的影响[J]. 江苏农业学报,2014,30(2):289-295.

[16] 时唯伟,支月娥,王景,等. 土壤次生盐渍化与微生物数量及土壤理化性质研究[J]. 水土保持学报,2009,23(6):166-170.

[17] 周玲玲,孟亚利,王友华,等. 盐胁迫对棉田土壤微生物数量与酶活性的影响[J]. 水土保持学报,2010,24(2):241-246.

[18] 赵凤艳,吴凤芝,刘德,等. 大棚菜地土壤理化特性的研究[J]. 土壤肥料,2000(2):11-13.

[19] 陶宝先,张金池,崔志华,等. 苏南丘陵区林地土壤酶活性及其与土壤理化性质的相关性[J]. 生态与农村环境学报,2009,25(2):44-48.

[20] 江解增,缪旻珉,曾晓萍,等. 设施内蔬菜水旱轮作新模式[J]. 中国蔬菜,2011(9):46-49.

长期连作是否会造负面的影响,这些问题均须要给出较合理的解释。本研究试图利用土壤线虫来分析覆膜连作造成的影响,旨在为合理推广玉米覆膜技术和客观评价覆膜所带来的负面影响提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 研究地点概况

土壤样品采自内蒙古赤峰市敖汉旗(地理位置 41°42′ ~ 43°09′ N, 119°30′ ~ 120°52′ E)多年种植玉米的农田。敖汉旗位于赤峰市东南部,是赤峰市的农业大县,该旗地处中温带,气候类型为半干旱大陆性季风气候,年降水量在 310 ~ 460 mm 之间,该旗是国家商品粮基地和自治区产粮十强县(县)之一。

### 1.2 研究方法

选取多年种植玉米的农田 18 块,即多年种植未覆膜玉米、2015 年首次种植覆膜玉米(之前多年种植玉米但未覆膜)、连续覆膜种植玉米 4 年处理各 6 块样地。于 2015 年 10 月分别在 18 块农田内采集 0 ~ 20 cm 土壤样品,每块农田内采用 5 点法采集样品,混匀后带回实验室放入 4 °C 冰箱内,同时在大田内用环刀采集土样测定土壤容重和孔隙度。将部分土样进行土壤线虫的提取和鉴定,另外一部分土样风干后测定土壤理化性质。土壤因子主要包括土壤含水量(SMC,%)、土壤机械组成(沙粒含量 SAN、粉粒含量 SIL、黏

粒含量 CLA)、土壤容重(SBD, g/cm<sup>3</sup>)、土壤孔隙度(SP,%)、pH 值、电导率(EC, μS/m)、阳离子交换量(CEC, mg/g)、土壤有机碳含量(SOC, g/kg)、土壤全氮含量(STN, g/kg)、土壤全磷含量(STP, g/kg)、土壤全钾含量(STK, g/kg),所有指标地测定采用中国土壤学会主编的《土壤农业化学分析方法》<sup>[7]</sup>和鲍士旦主编的《土壤农化分析(第三版)》<sup>[8]</sup>的方法。

线虫的分离提取采用蔗糖梯度离心法,提取的线虫用解剖镜计数,用奥林巴斯光学显微镜进行科属的鉴定,每个样品随机抽取 100 头线虫(不足 100 头的全部鉴定)。

### 1.3 数据处理

所有数据分析和作图采用 SPSS 16.5 和 Excel 2007 软件进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤因子变化特征

连续种植玉米后,覆膜处理和未覆膜处理存在一定的差异性。从表 1 可以看出,3 种不同处理显著影响了土壤中全磷含量和沙粒含量,不同处理间均存在显著差异( $P < 0.01$ )。覆膜 4 年与未覆膜和覆膜 1 年存在显著差异的土壤因子有土壤含水量、电导率、粉粒含量、有机碳含量、全氮和阳离子交换量,方差分析表明,处理间也存在显著差异( $P < 0.01$ ),连续覆膜 4 年后 13 个土壤指标有 8 个发生了显著变化,占总测定土壤因子的 61.5%。

表 1 不同处理玉米田土壤因子变化特征

土壤因子	土壤含水量 (%)	土壤容重 (g/cm <sup>3</sup> )	土壤孔隙度 (%)	pH 值	电导率 (μS/m)	沙粒含量 (%)	粉粒含量 (%)
未覆膜	13.24 ± 0.56a	1.40 ± 0.02a	47.19 ± 0.93a	7.14 ± 0.02a	238.24 ± 10.06a	80.58 ± 1.43c	17.83 ± 1.58a
覆膜 1 年	12.12 ± 0.33a	1.40 ± 0.02a	47.31 ± 0.85a	7.09 ± 0.02a	244.62 ± 8.09a	83.71 ± 0.80b	14.92 ± 0.80a
覆膜 4 年	5.56 ± 0.40b	1.42 ± 0.02a	46.34 ± 0.65a	7.09 ± 0.02a	162.90 ± 9.90b	94.79 ± 0.32a	3.35 ± 0.20b
F 值	89.97	0.42	0.42	1.74	23.42	60.01	55.67
P 值	<0.01	0.67	0.67	0.21	<0.01	<0.01	<0.01
CV(%)	35.19	3.65	4.13	0.70	20.38	7.70	56.99

土壤因子	黏粒含量 (%)	土壤有机碳含量 (g/kg)	土壤全氮含量 (g/kg)	土壤全磷含量 (g/kg)	土壤全钾含量 (g/kg)	阳离子交换量 (μg/g)
未覆膜	1.59 ± 0.33a	11.02 ± 0.67a	0.92 ± 0.04a	0.21 ± 0.01a	7.60 ± 0.55a	370.5 ± 10.9a
覆膜 1 年	1.38 ± 0.39a	9.74 ± 0.44a	0.84 ± 0.05a	0.16 ± 0.01b	6.36 ± 0.77a	333.5 ± 16.3a
覆膜 4 年	1.87 ± 0.35a	5.31 ± 0.29b	0.48 ± 0.04b	0.09 ± 0.01c	7.10 ± 0.51a	225.4 ± 12.1b
F 值	0.47	37.20	31.49	47.06	1.00	32.06
P 值	0.64	<0.01	<0.01	<0.01	0.39	<0.01
CV(%)	52.90	31.74	29.44	35.20	21.69	22.70

### 2.2 土壤线虫群落组成

所有土壤样品中总计鉴定出 36 个属(表 2),未覆膜、覆膜 1 年和覆膜 4 年分别含有 34、33 和 30 个属线虫。其中,拟丽突属在所研究的 3 种处理的玉米田中均为优势属,该属的相对丰富度均大于 5%;在未覆膜玉米田中优势属还有巴兹尔属、丝尾垫刃属、垫咽属、头叶属、真头叶属、索努斯属;覆膜 1 年处理的的优势属还包括巴兹尔属、丝尾垫刃属、默林属、真滑刃属、丽突属;覆膜 4 年处理的的优势属包括默林属、垫咽属、丽突属、索努斯属、真孑线属、鹿角唇属、短体线虫属。

不同处理间对线虫总数和线虫属数产生了显著影响( $P < 0.01$ )。覆膜 1 年与未覆膜处理比较均无显著差异,但连续覆膜 4 年后造成了线虫总数和线虫属数显著降低(图 1、

图 2)。

### 2.3 土壤线虫群落与土壤因子的关系分析

线虫属的相对多度与土壤因子之间的关系如图 3、图 4 所示,2 种排序方法得到的线虫属相对多度、与环境因子之间的关系存在一定的差异性。在 RDA 和 CCA 2 种排序结果中,只有沙粒含量与轴 1 之间具有显著的正相关性;含水量、电导率、有机碳含量、全氮含量、全磷含量和粉粒含量与轴 1 呈现显著的负相关性;但轴 2 与土壤因子的关系却发生了很大的变化,在 RDA 排序中,轴 2 与黏粒含量和孔隙度有较强的负相关性,与土壤容重有较强的正相关性,同时轴 2 与土壤 pH 值和全钾含量均呈现显著的负相关性,而在 CCA 排序中土壤 pH 值和全钾含量与轴 2 却呈现显著的正相关性。

表2 不同处理的玉米田土壤中线虫群落组成(相对多度)

线虫属	属名缩写	相对多度(%)		
		未覆膜	覆膜1年	覆膜4年
巴兹尔属	<i>Bas</i>	10.61	9.06	1.14
新平滑垫刃属	<i>Neo</i>	0.17	0.32	
垫刃属	<i>Tyl</i>	0.47		0.17
针属	<i>Par</i>		0.29	0.17
默林属	<i>Mer</i>	4.81	6.97	8.33
螺旋线虫属	<i>Hel</i>	0.48	1.73	0.67
拟盘旋属	<i>Pat</i>	1.08	2.80	
盘旋属	<i>Rot</i>	0.46	1.57	
短体线虫属	<i>Pra</i>	2.02	2.00	7.02
丝尾垫刃属	<i>Fil</i>	11.51	7.47	0.81
真滑刃属	<i>Aph</i>	4.99	10.66	0.98
滑刃线虫属	<i>Ahe</i>	2.06	4.36	0.33
膜皮属	<i>Dip</i>	0.48		3.74
垫咽属	<i>Tye</i>	6.15	2.17	16.93
小杆科	<i>Pha</i>	1.55	1.89	
头叶属	<i>Cep</i>	8.10	4.79	
真头叶属	<i>Euc</i>	5.31	4.32	0.65
异头叶属	<i>Het</i>	2.06	0.95	0.65
丽突属	<i>Acr</i>	2.05	7.60	15.49
拟丽突属	<i>Aro</i>	13.38	10.14	9.29
鹿角唇属	<i>Cer</i>	1.26	2.03	6.69
板唇属	<i>Chi</i>	1.44	1.11	1.63
无咽属	<i>Ala</i>	2.78	2.32	0.33
螯属	<i>Pun</i>	0.80	0.63	0.33
短体长针属	<i>Lon</i>	0.82	0.31	0.17
索努斯属	<i>Tho</i>	5.68	4.51	6.35
真矛线属	<i>Eud</i>	3.16	2.97	9.65
<i>Dorydorella</i>	<i>Dor</i>	1.55	1.40	1.48
小矛属	<i>Mic</i>	0.47	0.80	0.66
穿咽属	<i>Nyg</i>	0.31		0.98
中矛线属	<i>Mes</i>	1.77	0.95	
无孔小咽属	<i>Apo</i>	1.12	0.78	0.65
孔咽属	<i>Apr</i>	0.32	1.39	0.97
缢咽属	<i>Axo</i>		0.16	0.33
<i>Dorylaimellus</i>	<i>Dry</i>	0.32	0.93	1.61
盘咽属	<i>Dis</i>	0.47	0.62	1.80

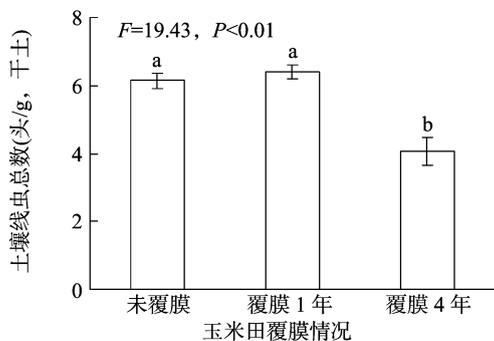


图1 不同处理中土壤线虫总数变化情况

从线虫属相对多度与土壤因子之间的关系看,土壤含水量(SMC)、电导率(EC)、粉粒含量(SIL)、有机碳含量(SOC)、全氮含量(STN)、全磷含量(STP)和阳离子交换量(CEC)与巴兹尔属(*Bas*)和丝尾垫刃属(*Fil*)的相对多度均有较密切的

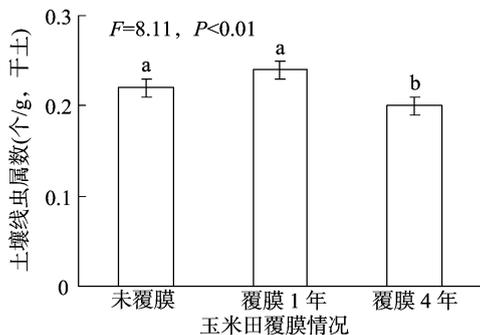


图2 不同处理中土壤线虫属数变化情况

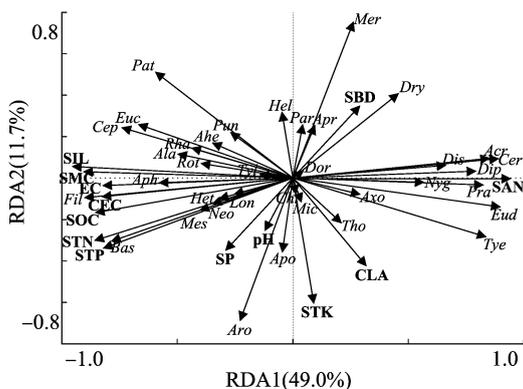


图3 线虫属与土壤因子之间的 RDA 分析

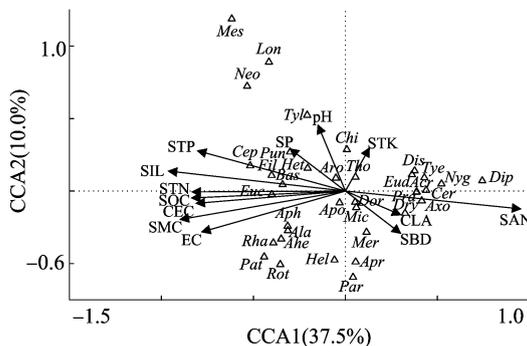


图4 线虫属与土壤因子之间的 CCA 分析

正相关关系,而与短体线虫属(*Pra*)、膜皮属(*Dip*)、丽突属(*Acr*)、鹿角唇属(*Cer*)和真矛线属(*Eud*)则呈现较密切的负相关关系,沙粒含量(SAN)与这些线虫属相对多度的相关性恰好相反。从线虫属相对多度与土壤因子关系方差解释比例看,RDA 和 CCA 排序分析中轴1的解释方差比例分别为49.0%和37.5%,轴2的解释方差比例为11.7%和10.0%。

### 3 结论与讨论

覆膜连续种植作物影响了土壤微生物多样性<sup>[9]</sup>、土壤理化性质<sup>[10-11]</sup>、土壤酶活性<sup>[12-13]</sup>、作物产量和品质<sup>[14]</sup>等指标。在本研究中,覆膜1年与未覆膜比较,13种土壤因子中只有土壤全磷含量和沙粒含量发生了显著变化;但连续覆膜4年后土壤含水量、电导率、土壤有机碳含量、全氮含量、全磷含量、阳离子交换量和粉粒含量显著降低,而沙粒含量却显著升高,造成部分土壤因子降低可能是因为连续覆膜造成了土壤中残存了大量农膜。已有研究表明,覆膜2、5、10年的农田耕层土壤中(0~30 cm)地膜残留量分别达到59.1、75.3、

103.41 kg/hm<sup>2</sup>,随着覆膜年限的增加残膜量继续增加<sup>[15]</sup>。土壤中存在的大量残膜会造成土壤容重显著增加,孔隙度显著降低,水分下渗速度明显减慢,土壤有机质、碱解氮、速效磷和速效钾的含量下降<sup>[16]</sup>,同时使土壤有机质腐殖化、氮素的消化、磷素的分解等过程也会受到很大程度的影响<sup>[17]</sup>。在本研究中所有田块均为多年种植玉米,在种植玉米的田块中进行覆膜处理,连续覆膜4年后虽然土壤容重和孔隙度变化不明显,从数值上看,土壤容重有增加趋势,孔隙度有降低趋势。

土壤线虫是土壤中的重要生物,随着土壤中环境的变化,线虫群落组成和结构也会发生变化<sup>[18-19]</sup>。在本研究中,未覆膜的玉米田及覆膜1年的玉米田的土壤中线虫总数和线虫属数均无明显变化,而连续覆膜4年种植玉米田的土壤线虫总数和线虫属数均明显减小,这说明连续覆膜4年后玉米田土壤环境因子的变化使得部分线虫属死亡或者迁移。未覆膜、覆膜1年和覆膜4年处理的土壤线虫的优势种群也发生了显著变化,如巴兹尔属和丝尾垫刃属均为未覆膜及覆膜1年处理的优势属(>5%),而覆膜4年处理中这2个属的相对多度下降为1%。默林属和丽突属在覆膜1、4年的处理中成为了优势属,这可能与覆膜影响了部分土壤因子,使得土壤线虫的某些属的相对多度发生显著的变化。短体线虫属在覆膜4年处理中成为了优势属,该属相对多度的增加对玉米的生长是极其不利的,因为短体线虫属会引起植物根部组织坏死腐烂,造成土传病害而危害植物的生长<sup>[20-23]</sup>。

由于CCA分析是一种基于单峰模型的排序方法,而RDA是基于线性模型的排序方法<sup>[24]</sup>,在本研究中RDA和CCA方法对线虫属与土壤因子关系的描述结果存在一定的差异,但主要表现在与轴2的差异上,与轴1的解释方差比例分别为49.0%和37.5%,前两轴的方差累计分别为60.7%和47.5%,轴1所占比例较大,所以轴1与土壤因子的关系更密切。RDA排序分析的分差累计值高于CCA分析,说明在本研究中解释线虫属与土壤因子的关系用RDA排序方法更加准确。部分线虫属与土壤因子在排序分析中也表现出较强的关联性,所以土壤环境的变化与土壤中生物群落的演变关系密切。

#### 参考文献:

[1] 齐文虎,冯新灵. 农业气象[M]. 郑州:河南农业出版社,1988, 283-284.  
 [2] 贡复俊. 农业气象[M]. 北京:中国农业出版社,1993:243-244.  
 [3] 杨彦明,傅建伟,庞彰,等. 内蒙古农田地膜残留现状分析[J]. 内蒙古农业科技,2010(1):10-12.  
 [4] Wardle D A. Impacts of disturbance on detritus food webs in agro-ecosystems of contrasting tillage and weed management practice[J]. Advances in Ecological Research,1995,26(5):105-185.  
 [5] Bongers T. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition

[J]. Oecologia,1990,83(1):14-19.  
 [6] Coleman D C, Cole C V, Elliott E T. Decomposition, organic matter turnover and nutrient dynamics in agroecosystems[C]// Agricultural Ecosystems - Unifying concepts,1984.  
 [7] 中国土壤学会. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科技出版社,2000,12-288.  
 [8] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京:中国农业出版社,2000, 25-177.  
 [9] 徐雪雪. 基于高通量测序的马铃薯沟垄覆膜连作土壤微生物多样性分析[D]. 兰州:甘肃农业大学,2016,20-40.  
 [10] 王东,卢健,秦舒浩,等. 沟垄覆膜连作种植对马铃薯产量及土壤理化性质的影响[J]. 西北农业学报,2015,24(6):62-66.  
 [11] 秦舒浩,王东,张俊莲,等. 沟垄覆膜连作种植对马铃薯田土壤速效养分及产量的影响[J]. 甘肃农业大学学报,2014,49(5):58-62.  
 [12] 汪景宽,彭涛,张旭东,等. 地膜覆盖对土壤主要酶活性的影响[J]. 沈阳农业大学学报,1997(3):210-213.  
 [13] 王东. 沟垄覆膜连作种植对马铃薯田土壤微生物区系及酶活性的影响[D]. 兰州:甘肃农业大学,2015,30-33.  
 [14] 王东,卢健,秦舒浩,等. 沟垄和覆膜连作种植对马铃薯生长、产量及品质的影响[J]. 中国农学通报,2015,31(7):28-32.  
 [15] 杨晓涛. 农膜污染的防治对策[J]. 农业环境与发展,2000,17(1):28-30.  
 [16] 董合干,刘彤,李勇冠,等. 新疆棉田地膜残留对棉花产量及其土壤理化性质的影响[J]. 农业工程学报,2013,29(4):91-99.  
 [17] 刘建国,李彦斌,张伟,等. 绿洲棉田长期连作下残膜分布及对棉花生长的影响[J]. 农业环境科学学报,2010,29(2):246-250.  
 [18] 刘艳军,张喜林,高中超,等. 长期施肥对土壤线虫群落结构的影响[J]. 中国农学通报,2011,27(21):287-291.  
 [19] 赵艳,张晓波,阮云泽,等. 海南省不同地区连作年限对香蕉园土壤养分及线虫数量的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(4):315-317.  
 [20] 方羽生,尹滢穆. 植物病原线虫短体属种类的研究[J]. 华南师范大学学报,1994(4):32-41.  
 [21] Elliot A P, Bird G W. Pathogenicity of *Pratylenchus penetrans* to navy bean (*Phaseolus vulgaris* L.) [J]. Nematology,1985,17(2): 81-85.  
 [22] Marks G C, Winoto - Suatmadji R, Christie I D. *Pratylenchus penetrans* (root lesion nematode) - cause of patch chlorosis of *Pinus radiata* seedlings[J]. Australian Forestry,1985,48(2):109-115.  
 [23] 赵艳,张晓波,阮云泽,等. 海南省不同地区香蕉根结线虫病的种类及发生情况[J]. 江苏农业科学,2015,43(2):128-130.  
 [24] 周欣,左小安,赵学勇,等. 科尔沁沙地植物群落分布与土壤特性关系的DCA、CCA及DCCA分析[J]. 生态学杂志,2015,34(4):947-954.