

大豆不同轮作系统主要植物线虫季节动态

潘凤娟^{1,2}, 许艳丽¹, 李春杰¹, 韩新华^{1,2}, 刘伟³
(¹ 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 黑龙江 哈尔滨 150081; ² 中国科学院研究生院, 北京 100049; ³ 东北农业大学植物保护系, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘 要:为从线虫生态角度评价土壤健康状况和大豆轮作系统的合理性及预测大豆根部病害发生与为害, 利用浅盘法收集大豆不同轮作系统下苗期、花期和结荚期土壤线虫, 研究大豆不同生育期土壤总体线虫和重要属植物线虫群体动态。取大豆连作 14 年、小麦-玉米-大豆轮作、麦豆麦豆迎茬、米豆米豆迎茬和休闲区 0 ~ 20 cm 土壤。结果表明: 土壤中胞囊线虫密度为迎茬(米豆、麦豆) > 轮作 > 连作 > 休闲; 从大豆苗期、花期至结荚期, 各轮作系统胞囊线虫密度逐渐递增, 麦豆迎茬和轮作土壤中总体线虫密度呈递增趋势, 各轮作系统苗期和花期土壤总体线虫差异显著; 3 个时期, 轮作土壤中总体线虫密度分别最大, 而休闲土壤中螺旋-盘旋-拟盘旋线虫为优势种群。
关键词:大豆; 根围; 生育期; 轮作系统; 土壤线虫
中图分类号:S565.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-9841(2008)06-0997-06

Seasonal Trend of Main Plant-Parasitic Nematodes in Soybean Rhizosphere under Different Rotation Systems

PAN Feng-juan^{1,2}, XU Yan-li¹, LI Chun-jie¹, HAN Xin-hua^{1,2}, LIU Wei³

(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 Department of Plant Protection, Northeast Agricultural University, Harbin 150300, Heilongjiang, China)

Abstract: The population trends of soil nematodes and main plant-parasitic nematodes in different soybean growth period were researched, in order to evaluate soil health and rationality of soybean rotation systems, and to predict soybean root diseases and damage. Soil nematodes were extracted by baermann plate technique in soybean seedling, flowering and seed-filling stage. There were 4 plant systems of soybean(soybean continuous cropping 14 a, wheat/maize/soybean, wheat/soybean, maize/soybean) and a control(fallow). The results showed that density of soybean cyst nematode(SCN) was higher in maize/soybean and wheat/soybean than that in soybean rotation system(wheat/maize/soybean), which was followed by soybean continuous cropping, there was almost no SCN in fallow. From soybean seedling to seed-filling, density of SCN gradually improved in each treatments, density of total soil nematodes constantly improved in wheat/soybean and soybean rotation system, there was a significant difference in the population of soil nematodes between soybean seedling and flowering. In the three soybean growth stages, the density of soil nematodes was highest in soybean rotation system, and *Helicotylenchus-Rotylenchus-Pararotylenchus* were dominant population in fallow.
Key words: Soybean; Rhizosphere; Growth stage; Rotation system; Soil nematodes

线虫(Nematode)是一类两侧对称原体腔无脊椎动物, 分布广泛, 估计自然界约有线虫 50 ~ 100 万种^[1], 是仅次于昆虫的第二大类动物。植物线虫种类约占整个线虫的 10%, 大多数线虫都生活在土壤中, 土壤的理化性质对线虫群体结构和分布有重要的影响^[2-3], 同时, 植物的种类和季节的变化对于土壤线虫的群体结构和数量也有一定的影响^[4]。

各生境土壤线虫个体密度存在季节波动^[5], 线虫的休眠和滞育对于适应季节性变化并长期在土壤中存活非常重要^[6]。同一植被下不同季节各种线虫所占的种群密度也不同, 对寄主为害较重的线虫, 种群密度随季节波动较大^[7]。Trotter 等在加拿大发现的 9 种线虫中, *Monhystera disjuncta*、*M. refringens* 和 *Prochromadorella neapolitana* 为优势种, 3 种优势

收稿日期: 2008-06-19
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, 主要从事土壤线虫生态研究。E-mail: panfj2000@163.com。
通讯作者: 许艳丽, 研究员, 博士生导师。E-mail: xyll@neigaehrb.an.cn。

线虫种群密度都随季节波动^[8]。Waele 等研究也发现,南非玉米播种 3 周后土壤中的线虫数量开始增加,到播种后 11 周线虫数量平均可增加 5 倍^[9]。在播种之前根据植物线虫的群体密度还可以预测对作物造成的损失,损失的严重程度与线虫个体种群密度有很大的关系^[10]。

植物线虫是农作物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。每种作物根际都有多种植物线虫,大豆根际除普遍存在的胞囊属线虫(*Heterodera*)以外,螺旋(*Helicotylenchus*)、盘旋(*Rotylenchus*)和拟盘旋线虫(*Pararotylenchus*)分布较普遍,对大豆的生长发育产生一定的影响。以往对大豆田植物线虫的研究主要集中在大豆胞囊线虫上,也有相关的其它植物线虫研究的报道^[11],但较少。通过对黑土长期定位区大豆不同轮作系统苗期、花期和结荚期大豆根际常见线虫和土壤总体线虫群体密度做以研究,明确大豆不同轮作系统主要植物线虫和土壤总体线虫群体密度及其在大豆主要生育期动态分布,对从线虫生态角度评价大豆不同轮作系统的合理性及大豆根部病害的预测和控制具有重要的意义。

1 材料与方法

1.1 土壤样品采集

2005 年大豆苗期、花期和结荚期,取中国科学院海伦农业生态实验站大豆连作 14 a (continuous soybean, CS)、小麦-玉米-大豆轮作(wheat- maize-soybean, WMS)、米豆米豆迎茬 (maize- soybean-maize- soybean, MSMS)、麦豆麦豆迎茬 (wheat- soybean- wheat- soybean, WWSW)大豆根围土样,以休闲(fallow)区为对照,取样深度为 0~20 cm,3 次重复。

1.2 土壤线虫的分离与鉴定

用浅盘法分离土壤线虫,根据不同属线虫的形态学特征,在解剖镜下记录胞囊线虫、螺旋- 盘旋- 拟盘旋线虫(螺旋线虫、盘旋线虫和拟盘旋线虫, H-R-P)及土壤总体线虫数量^[12]。

2 结果与分析

2.1 大豆不同生育期根围土壤线虫群体密度与动态

2.1.1 大豆苗期土壤线虫密度 大豆苗期连作、米豆、麦豆、轮作区大豆根围及休闲区土壤线虫群体密度调查结果显示(图 1),轮作区土壤总体线虫密度

最大,每 200 mL 湿土中有线虫 482 条,其次为连作、麦豆、休闲和米豆。大豆苗期各轮作系统土壤中总体线虫密度都较小,轮作与连作土壤总体线虫差异不显著,但与米豆、麦豆和休闲土壤总体线虫差异显著。

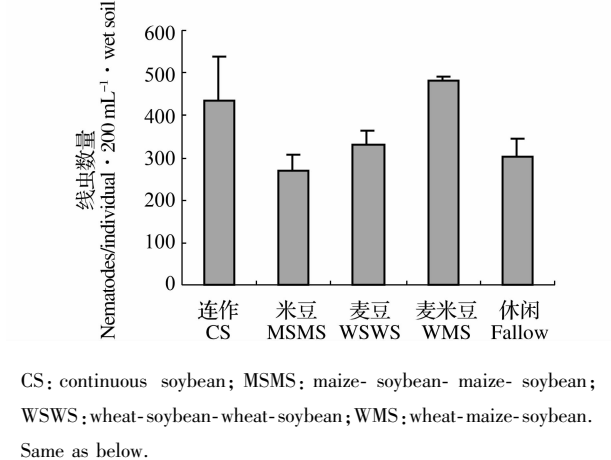


图 1 苗期不同轮作系统大豆根围土壤线虫密度
Fig. 1 Density of soil nematodes in soybean rhizosphere under different rotation systems in seedling stage

2.1.2 大豆花期土壤线虫密度 大豆花期连作、米豆、麦豆、轮作土壤大豆根围及休闲土壤中线虫群体密度调查结果显示(图 2),轮作土壤线虫密度最大,每 200 mL 湿土中有线虫 1 003 条,米豆土壤线虫密度最小,每 200 mL 湿土中有线虫 794 条。大豆花期各轮作系统土壤总体线虫密度都较大,但各轮作系统间差异不显著,原因可能是随大豆不断的生长发育,根系逐渐的壮大,有利于土壤中植物寄生线虫的生长繁殖,随温度的升高和湿度的增加也有利于土壤自由生活线虫的繁殖和生存,所以土壤线虫的总体密度增大。

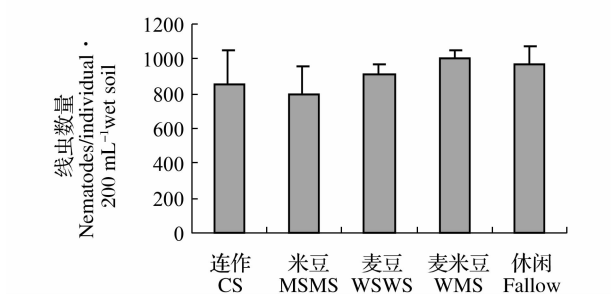


图 2 花期不同轮作系统大豆根围土壤线虫密度
Fig. 2 Density of soil nematodes in soybean rhizosphere under different rotation systems in florescence

2.1.3 大豆结荚期土壤线虫密度 大豆结荚期连作、米豆、麦豆和轮作土壤大豆根围及休闲区土壤线

虫群体密度调查结果显示(图3),轮作土壤线虫密度最大,每200 mL 湿土有土壤线虫1 246 条,其次是麦豆,连作土壤线虫密度最小,每200 mL 湿土中有线虫621 条。

大豆结荚期轮作区和连作区土壤总线虫数量差异显著,这可能是由于大豆长年连作,影响土壤中真菌、细菌等微生物的种群结构和数量,从而影响了不同营养类群线虫的群体密度,而轮作区土壤中微生物种群结构较好且丰富,有利于食细菌和食真菌线虫的生长繁殖。食细菌线虫在土壤线虫中占有较大比例,此营养类群线虫群体密度变化对土壤总体线虫密度有很大的影响。

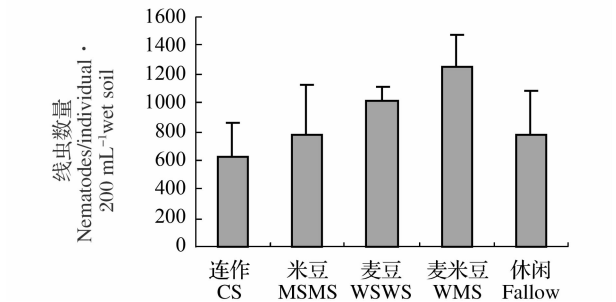


图3 结荚期不同轮作系统大豆根围土壤线虫密度
Fig.3 Density of soil nematodes in soybean rhizosphere under different rotation systems in pod bearing stage

2.1.4 大豆根围土壤线虫群体动态 大豆苗期、花期至结荚期,连作、米豆、麦豆和轮作区大豆根围及休闲区土壤线虫群体密度调查结果(图4),大豆苗期、花期至结荚期,麦豆和轮作区土壤总线虫密度呈递增趋势,连作、米豆和休闲区呈先增后降趋势,苗期至结荚期米豆、麦豆、轮作和休闲土壤线虫约增加了3 倍,各轮作系统苗期和花期土壤总线虫差异显著,花期与结荚期差异不显著。

但土壤线虫由多种不同营养类型线虫组成,如食细菌线虫、食真菌线虫和捕食性线虫等,土壤线虫的生长发育受土壤温湿度、pH、土壤通气性和食物丰富程度的影响,食细菌和食真菌类线虫受外界环境影响较大,波动性较强,在土壤线虫中占的比例较大,这两种营养类群线虫群体密度的变化也会影响土壤总线虫的群体密度,由于各轮作系统不同营养类群线虫在土壤线虫中占的比例不同,所以对土壤总线虫群体密度产生的影响也不同,以致大豆苗期-花期-结荚期各轮作系统土壤总线虫群体密度变化规律不同^[13-14]。

2.2 大豆不同生育期根围主要植物线虫群体密度

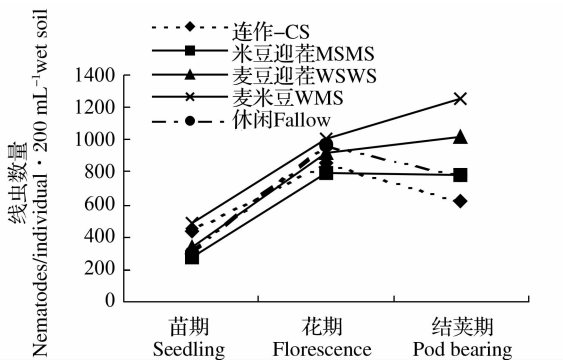


图4 不同轮作系统大豆根围土壤线虫群体动态
Fig.4 Dynamic trend of soil nematodes in soybean rhizosphere under different rotation systems

与动态

2.2.1 大豆苗期主要植物线虫密度 大豆苗期连作、米豆、麦豆、轮作区大豆根围及休闲区主要植物线虫密度调查结果显示(图5),休闲区土壤中螺旋-盘旋-拟盘旋线虫密度最大,每200 mL 湿土中有线虫37 条;各轮作系统间胞囊线虫数量不大,麦豆>轮作>连作>米豆>休闲区,每200 mL 湿土中线虫不超过65 条。

大豆苗期各轮作胞囊属线虫和螺旋-盘旋-拟盘旋线虫密度都较小,麦豆与休闲土壤胞囊线虫数量差异显著。这可能是由于苗期大豆根系不发达,不利于植物寄生线虫的生长发育,各轮作系统土壤线虫数量的大小主要与前一年土壤中各种线虫的基数有关。

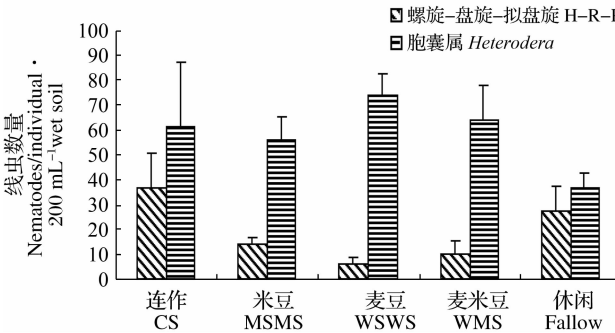


图5 苗期不同轮作系统大豆根围主要植物线虫密度
Fig.5 Density of major plant-parasitic nematodes in soybean rhizosphere under different rotation systems in seedling stage

2.2.2 大豆花期主要植物线虫密度 大豆花期连作、米豆、麦豆、轮作土壤大豆根围及休闲土壤中主要植物线虫群体密度调查结果显示(图6),轮作土壤线虫密度最大,每200 mL 湿土中有线虫1 003

条,米豆土壤线虫密度最小,每 200 mL 湿土中有线虫 794 条;各轮作系统胞囊线虫密度为:麦豆 > 米豆 > 轮作 > 连作 > 休闲,每 200 mL 湿土中线虫最多不超过 180 条;休闲土壤螺旋- 盘旋- 拟盘旋线虫密度最大,每 200 mL 湿土中有线虫 166 条,其次为米豆、连作、麦豆、轮作。

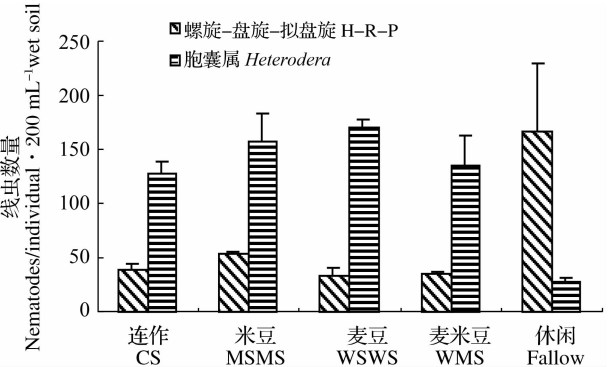


图 6 花期不同轮作系统大豆根围主要植物线虫密度
Fig. 6 Density of major plant-parasitic nematodes in soybean rhizosphere under different rotation systems in florescence

大豆花期连作、麦豆和休闲土壤胞囊线虫数量差异显著,原因可能是从各轮作系统收集出的胞囊线虫多为大豆胞囊线虫,随大豆不断的生长发育,根系逐渐壮大,根系分泌物不断地刺激胞囊线虫卵孵化,而麦豆土壤中大豆根系分泌物对胞囊线虫卵孵化有刺激作用^[15],所以胞囊线虫数量相对较大。连作土壤虽也有根系分泌物的刺激作用,但同时有抑菌物质的存在,胞囊线虫数量增加的幅度相对较小,休闲土壤未种植任何作物,胞囊线虫没有合适的寄主,所以数量最少。连作、米豆、麦豆和轮作土壤螺旋- 盘旋- 拟盘旋线虫密度差异不显著,但与休闲区差异显著,这可能是由于胞囊线虫在大豆各轮作系统土壤中群体密度较大,影响其它植物线虫的生长和繁殖。

2.2.3 大豆结荚期主要植物线虫密度 大豆结荚期连作、米豆、麦豆和轮作土壤大豆根围及休闲区土壤线虫群体密度调查结果显示(图 7),各轮作系统土壤胞囊线虫密度为:麦豆 > 米豆 > 轮作 > 连作 > 休闲,每 200 mL 湿土中胞囊线虫最多为 466 条,休闲土壤螺旋- 盘旋- 拟盘旋线虫密度最大,每 200 mL 湿土中有线虫 317 条。

大豆结荚期麦豆区与连作区胞囊线虫数量差异显著,麦豆区与米豆区胞囊线虫数量差异不显著,这可能是因为麦豆、米豆区大豆根系对胞囊线虫卵孵

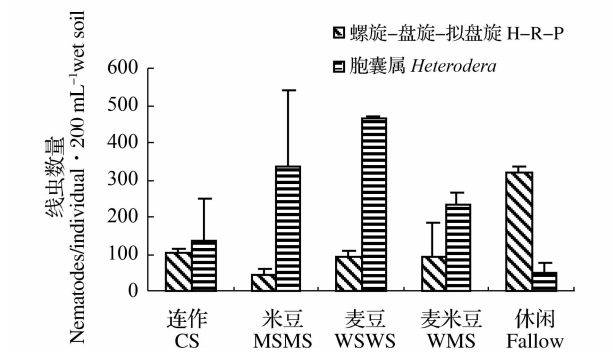


图 7 结荚期不同轮作系统大豆根围主要植物线虫密度
Fig. 7 Density of major plant-parasitic nematodes in soybean rhizosphere under different rotation systems in pod bearing stage

化的刺激性较强,而连作大豆根系对胞囊线虫卵孵化也有一定的刺激作用,但同时土壤中有抑菌物质的存在,致使麦豆、米豆胞囊线虫数量较大,而连作胞囊线虫数量较少,也少于轮作区^[16]。休闲区与连作、麦豆、米豆和轮作区螺旋- 盘旋- 拟盘旋线虫差异显著。可能由于连作、麦豆、米豆和轮作区胞囊线虫所占比比较大,成为优势种群,对土壤中其它线虫群体结构有一定的影响。

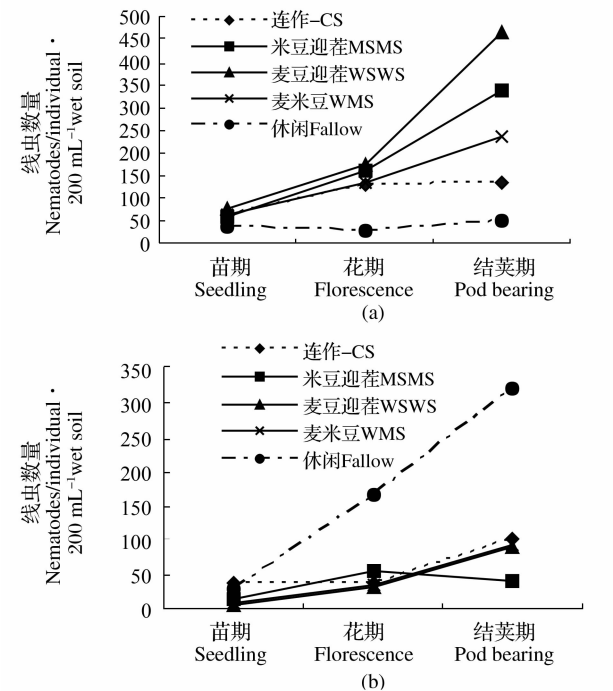


图 8 不同轮作系统大豆根围胞囊线虫(a)和螺旋- 盘旋- 拟盘旋线虫(b)群体动态
Fig. 8 Dynamic trends of (a) *Heterodera* spp. and (b) *Helicotylenchus-Rotylenchus-Paratylenchus* in soybean rhizosphere under different rotation systems

2.2.4 大豆根围主要植物线虫群体动态 大豆苗期、花期至结荚期,连作、米豆、麦豆和轮作区大豆根围及休闲区主要植物线虫群体密度调查结果(图8)显示,大豆苗期、花期至结荚期,各轮作系统土壤胞囊线虫群体密度呈递增趋势,而连作区苗期至花期胞囊线虫密度呈递增趋势,花期至结荚期略呈下降趋势。苗期至结荚期连作区胞囊线虫约增加了2倍,轮作区约增加了4倍,米豆与麦豆区约增加了6倍。大豆苗期、花期至结荚期,连作、麦豆、轮作和休闲区螺旋-盘旋-拟盘旋线虫群体密度呈递增趋势,米豆区螺旋-盘旋-拟盘旋线虫群体密度呈先增后降趋势,苗期至结荚期连作区线虫约增加了3倍,轮作区约增加了9倍,休闲区约增加了12倍。

胞囊线虫、螺旋-盘旋-拟盘旋线虫属较常见的植物寄生线虫,大豆苗期-花期-结荚期,随着大豆的生长发育,大豆根系不断的壮大,为植物寄生线虫提供了丰富的食物来源,有利于植物寄生线虫的生存和繁殖,温度与湿度是影响线虫生长发育的主要因素,大豆苗期至结荚期,温度逐渐升高湿度逐渐增大,有利于植物寄生线虫的繁殖,所以其群体密度不断地增大。

3 讨论

大豆不同生长季节,其根围土壤线虫和常见植物线虫的群体结构、丰富度不同。主要由于不同时期土壤的温度、湿度和作物的生长状况等存在差异,间接或直接对土壤中线虫群体动态产生影响^[17-18]。大豆苗期、花期至结荚期胞囊线虫和螺旋-盘旋-拟盘旋线虫群体密度呈上升趋势,3个时期,200 mL湿土中轮作与麦豆区胞囊线虫数量差异显著。这可能与植物根系的生长发育和新陈代谢有很大的关系,植物根系是植物寄生线虫食物的主要来源,随大豆根系不断壮大,植物线虫食物来源不断的增多,有利于它们的生长繁殖。寄主生长期对线虫的发育速度也有影响,如根结线虫的某些属,在生长70 d左右的寄主上发育最快,而在幼嫩寄主上则发育缓慢,完成一代所需要的时间较长^[12]。温度对线虫不同生长发育阶段如孵化、繁殖、运动、存活等都有影响^[19],大豆苗期、花期至结荚期,土壤温度不断的升高,有利于线虫的生长发育,完成一个世代所需要的时间最短,繁殖的代数增多,线虫的群体密度相对增大。水稻分蘖期-抽穗期-成熟期土壤线虫数量也呈不断增加的趋势^[20]。

休闲区虽没有种植任何作物,但土壤中有残留的植物根系,所以除一些腐生、食真菌、捕食和杂食类线虫外,植物线虫也能生存。大豆苗期、花期至荚期,轮作区、麦豆区土壤中总体线虫呈上升趋势,而连作、米豆、休闲区土壤中总体线虫呈先升后降趋势。这主要是由于土壤中含有不同营养类群的线虫,线虫不同营养类群或同一营养类群内不同种对不良环境的耐性和反应存在差异,有的线虫对低温、低湿较敏感,当遇到这种不利条件时这类线虫的群体密度就会急剧的下降,进而可能影响到总体线虫的密度,当条件恢复时,不同种类的线虫群体密度恢复的快慢也不同^[12]。各营养类群线虫群体密度还受食物丰富度的影响,如土壤中的食细菌线虫和食真菌线虫群体密度会随细菌和真菌数量变化而相应地变化,随大豆生育期进行,真菌数量逐渐上升,食真菌线虫的群体密度也相应的升高,由于不同轮作系统食真菌线虫所占的比例不同,当其群体密度发生变化时,对土壤整体线虫密度产生影响的程度也不同^[21-22]。土壤线虫在土壤食物网中占多个营养级,其群体结构与群体密度受多种因素影响,大豆田土壤线虫群体结构和动态也同样受各种因素影响,如大豆生长发育情况、土壤温湿度和土壤微生物种群结构等,但与各因素的关系及受各因素的影响程度还有待于进一步研究。

4 结论

从大豆苗期、花期至结荚期,各轮作系统胞囊线虫密度逐渐递增,苗期至结荚期连作区胞囊线虫约增加了2倍,轮作区约增加了4倍,米豆与麦豆区约增加了6倍;在大豆3个生育期,麦豆迎茬和轮作土壤中总体线虫密度呈递增趋势,苗期至结荚期,线虫密度约增加了3倍,而连作、米豆迎茬为先增后降,各轮作系统苗期和花期土壤总体线虫差异显著;3个时期,轮作土壤中总体线虫密度最大,而休闲土壤螺旋-盘旋-拟盘旋线虫密度最大;大豆不同轮作系统土壤中胞囊线虫密度为迎茬(米豆、麦豆)>轮作>连作>休闲。

参考文献

- [1] Baldwin J G, Luc M. Current problem in taxonomy[J]. Nematologica, 1995, 41(4): 357-358.
- [2] Norton D C. Relationship of physical and chemical factors to populations of plant-parasitic nematodes[J]. Annual Review of Phyto-

pathology,1979,17:279-299.

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

[4] Neher D A, Wu J, Barbercheck M E. Ecosystem type affects interpretation of soil nematode community measures[J]. Applied Soil Ecology,2005,8:68-73.

[5] Bernard M, Ernest C. Soil nematode biodiversity[J]. Biology and Fertility of Soils,1991,14:99-103.

[6] Diana W F, Huang S P. Response of the soil nematode community in a shortgrass steppe to long-term and short-term grazing[J]. Applied Soil Ecology,1998(9):39-44.

[7] Coyne D L, Plowright R 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.

[8] Trotter D, Webster J M. Distribution and abundance of marine nematodes on the kelp *Macrocystis Integrifolia*[J]. Journal of Nematology,1983,(4):13-16.

[9] Waele D D, Jowaan E M. Plant-parasitic nematodes on field crops in south africa. maize[J]. Revue Nématol,1988,11(1):65-74.

[10] Mohammad A. Current options in integrated management of plant-parasitic nematodes [J]. Integrated Pest Management Reviews, 1997,2:187-197.

[11] 段玉玺,刘维志,刘晔. 东北地区大豆根寄生线虫鉴定研究[J]. 沈阳农业大学学报,1995,26(2):128-130. (Duan Y X, Liu W Z, Liu Y. Identification of plant-parasitic nematode of soybean rhizosphere in the northeast of China[J]. Journal of Shenyang Agricultural University,1995,26(2):128-130.)

[12] 刘维志. 植物线虫志[M]. 北京:中国农业出版社,2003:109-158. (Liu W Z. Plant nematodes[M]. Beijing:China Agriculture Press,2003:109-158.)

[13] 韩新华,许艳丽,潘凤娟,等. 黑土区轮作系统大豆田土壤线虫种群结构研究[J]. 大豆科学,2008,27(1):118-123. (Han X H, Xu Y L, Pan F J, et al. Community structure of soil nematodes in soybean fields under different rotation systems[J]. Soybean Science,2008,27(1):118-123.)

[14] 史奕,李德文,孟凡祥,等. 不同耕作和轮作下潮棕壤微生物生物量及周转特征[J]. 农业系统科学与综合研究,2006(3):221-224. (Shi Y, Li D W, Meng F X, et al. Characteristics of turnover and soil microbial biomass in meadow brown soil under different rotation and tillage systems[J]. System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture,2006(3):221-224.)

[15] 司兆胜,许艳丽,李兆林,等. 不同茬口种植的大豆品种根渗出

物对大豆孢囊线虫卵孵化的影响[J]. 中国油料作物学报,2004,26(3):62-66. (Si Z S, Xu Y L, Li Z L, et al. Hatch of soybean cyst nematode *Heterodera glycines* egg in root diffusate from resistant and susceptible soybean cultivars on different rotation systems[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences,2004,26(3):62-66.)

[16] 许艳丽,陈伊里,司兆胜,等. 不同茬口条件下的作物根渗出物对大豆孢囊线虫(*Heterodera glycines*)卵孵化影响[J]. 植物病理学报,2004,34(6):481-486. (Xu Y L, Chen Y L, Si Z H, et al. The effects of the root diffusate of different crops from different rotation systems on the egg hatch of soybean cyst nematode *Heterodera glycines* [J]. Acta Phytopathologica Sinica,2004,34(6):481-486.)

[17] Lazarova S S, Goede D R, Peneva V K, et al. Spatial patterns of variation in the composition and structure of nematode communities in relation to different microhabitats: a case study of *quercus daledchampii* ten forest[J]. Soil Biology and Biochemistry,2004,36:701-712.

[18] Liang W J, Lavian I, Steinberger Y. Effect of agricultural management on nematode communities in a mediterranean agroecosystem [J]. Nematology,2001,33:208-213.

[19] 常影,刘淑霞,朱平,等. 栽培和施肥对黑土细菌数量年变化影响的初步研究[J]. 吉林农业大学学报,2006,28(1):61-67. (Chang Y, Liu S X, Zhu P, et al. Preliminary study on effect of cultivation and fertilization on annual variation of bacterial quantity in black soil[J]. Journal of Jilin Agricultural University,2006,28(1):61-67.)

[20] 欧伟,李琪,梁文举,等. 稻田不同水分管理方式对土壤线虫群落的影响[J]. 应用生态学报,2004,15(10):921-925. (Ou W, Li Q, Liang W J, et al. Effects of water managements on soil nematode communities in a paddy field[J]. Chinese Journal of Applied Ecology,2004,15(10):921-925.)

[21] 台莲梅,张红梅,闫风云,等. 重迎茬对大豆根际土壤微生物数量的影响[J]. 土壤肥料,2003,6:41-47. (Tai L M, Zhang H M, Yan F Y, et al. Effect of the amount of soil microbe in soybean rhizosphere under the condition of soybean continons or companion cropping[J]. Soils and Fertilizers,2003,6:41-47.)

[22] 王晓波,宋凤斌,张建华,等. 吉林省中部地区水稻土养分含量的相关性分析[J]. 农业系统科学与综合研究,2006(4):313-314. (Wang X B, Song F B, Zhang J H, et al. Nutrient content correlation of paddy soil in the central regions of Jilin province[J]. System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture,2006(4):313-314.)

(上接第 996 页)

[7] 徐豹,张明,路琴华,等. 野生大豆中的高含硫氨基酸种质[J]. 大豆科学,1993,12(3):265-266. (Xu B, Zhang M, Lu Q H, et al. High sulfur containing amino acid germplasms in wild soybean [J]. Soybean Science,1993,12(3):265-266.)

[8] Holowach L P, Thompson J F, Madison J T. Effects of exogenous methionine on storage protein composition of soybean cotyledons cul-

tured in vitro *Glycine max* [J]. Plant Physiology,1984,74(3):576-583.

[9] 李玉颖. 黑龙江黑土大豆施硫效果的研究[J]. 土壤肥料,1997(3):23-25. (Li Y Y. Effects of sulfur application on soybean on the black soil in Heilongjiang Province [J]. Soil Fertilizer,1997(3):23-25.)