

不同耕作方式下黑土区农田中小型土壤动物群落特征

赵乌英嘎, 红梅^{1,2}, 赵巴音那木拉^{1,2}, 刘鹏飞¹, 美丽¹, 王文东¹, 李金龙³

(1. 内蒙古农业大学 草原与资源环境学院, 内蒙古 呼和浩特 010019; 2. 内蒙古自治区土壤质量与养分资源重点实验室, 内蒙古 呼和浩特 010019; 3. 内蒙古阿荣旗农业技术推广中心, 内蒙古 呼伦贝尔 162750)

摘要: [目的] 研究中小型土壤动物群落组成、多样性、动态特征及垂直分布情况, 反映土壤环境状况, 为探索黑土区农田适宜的耕作方式提供参考依据。[方法] 采用改良干漏斗(modified tullgren)法分离中小型土壤动物, 分析比较了不同耕作方式下中小型土壤动物的群落结构及分布特征。[结果] 从研究样地共捕获中小型土壤动物 3 749 只, 隶属 47 个类群。其中四奥甲螨科(Quadropiidae) 和等节螨科(Isotomidae) 为试验区的优势类群。3 种耕作方式下, 0—10 cm 土层中小型土壤动物个体数占总个体数的 71%, 在垂直分布上具有明显的表聚性。深松处理下中小型土壤动物个体数最多(1 671), CK 处理下类群数最多(41)。CK 处理下中小型土壤动物多样性指数和丰富度指数最高, 分别为(2. 81)和(3. 81); 深松处理下中小型土壤动物优势度指数最高(0. 15)。不同耕作方式下土壤渗透总量表现为深松>CK>免耕; 土壤含水量和土壤温度表现为深松>免耕>CK; 土壤容重表现为免耕>CK>深松。中小型土壤动物个体数与土壤容重呈显著正相关($p<0.05$); 中小型土壤动物丰富度指数与土壤有机质呈显著正相关($p<0.05$); 中小型土壤动物均匀度指数与土壤渗透总量呈极显著正相关($p<0.01$)。[结论] 耕作方式对中小型土壤动物的群落结构有明显的影 响, 深松耕作后显著提高中小型土壤动物个体数, 能够有效改善土壤环境, 比免耕和传统耕作更有利于中小型土壤动物的生存与繁殖。

关键词: 耕作方式; 深松; 免耕; 中小型土壤动物; 土壤容重

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2019)03-0039-07

中图分类号: S154. 6, S344

文献参数: 赵乌英嘎, 红梅, 赵巴音那木拉, 等. 不同耕作方式下黑土区农田中小型土壤动物群落特征[J]. 水土保持通报, 2019, 39(3): 39-45. DOI: 10. 13961/j. cnki. stbctb. 2019. 03. 007; Zhao Wuyingga, Hong Mei, Zhao Bayinamula, et al. Community characteristics of soil mesofauna in farmland in black soil region under different farming practices[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2019, 39(3): 39-45.

Community Characteristics of Soil Mesofauna in Farmland in Black Soil Region Under Different Farming Practices

Zhao Wuyingga¹, Hong Mei^{1,2}, Zhao Bayinamula^{1,2},
Liu Pengfei¹, Mei Li¹, Wang Wendong¹, Li Jinlong³

(1. College of Grassland Resources and Environment, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot, Inner Mongolia 010019, China; 2. Inner Mongolia Key Laboratory of Soil Quality and Nutrient Resources, Huhhot, Inner Mongolia 010019, China; 3. Inner Mongolia Arong Banner Agricultural Extension Center, Hulunbeier, Inner Mongolia 162750, China)

Abstract: [Objective] The community composition, diversity, dynamic characteristic and vertical distribution of soil mesofauna was investigated in order to reflect the soil environment and provide the reference for exploring the suitable farming methods in the black soil area. [Methods] Soil mesofauna was isolated by modified tullgren method, the community structure and distribution characteristics of soil mesofauna under different tillage methods were analyzed and compared. [Results] A total of 3 749 soil mesofauna were collected from the study plots, belonging to 47 groups. Among which, Quadropiidae and Isotomidae were the dominant groups in the experimental area. Under the three tillage methods, the number of soil mesofauna in the 0—10 cm

收稿日期: 2018-10-08

修回日期: 2018-11-11

资助项目: 农业部黑土地保护与利用试点项目“农业部公益性行业(农业)科研专项”(2016-GC0082-5)

第一作者: 赵乌英嘎(1996—), 女(蒙古族), 内蒙古自治区兴安盟人, 硕士, 研究方向为土壤利用与保护。E-mail: 763533406@qq.com.

通讯作者: 红梅(1970—), 女(蒙古族), 内蒙古自治区兴安盟人, 教授, 主要从事草原土壤利用与保护研究。E-mail: nmhm1970@sina.com.

soil layer accounted for 71% of the total number of individuals, and the vertical distribution had obvious surface aggregation. The number of soil mesofauna was the highest (1 671) under deep pine (DP) treatment, and the number of groups was the largest under CK treatment (41). The diversity index and richness index of soil mesofauna under CK treatment were the highest (2.81 and 3.81 respectively). The dominance index of soil mesofauna under deep pine (DP) treatment was the highest, which was 0.15. The total osmotic amount of soil infiltration under different tillage methods was deep pine (DP) > check (CK) > no-tillage (NT); The soil moisture and soil temperature were DP > NT > CK deep pine > no-tillage > check; The soil bulk density was no-tillage (NT) > check (CK) > deep pine (DP). There was a significant positive correlation between the individual number of soil mesofauna and soil bulk density ($p < 0.05$). The abundance index of soil mesofauna was positively correlated with soil organic matter ($p < 0.05$). There was a significant positive correlation between the evenness index of soil mesofauna and the total soil permeability ($p < 0.01$). [Conclusion] The farming methods have obvious influence on the community structure of soil mesofauna, and significantly improve the number of soil mesofauna individuals after deep pine tillage, which can effectively improve the soil environment and is more beneficial to the survival and reproduction of soil mesofauna than no-tillage and traditional tillage.

Keywords: tillage method; deep pine; no-tillage; soil mesofauna; soil bulk density

黑土是地球上最珍贵的土壤资源,它具有质地疏松、肥力高、供肥能力强等特点^[1],是中国重要的商品粮基地^[2]。目前,由于黑土资源的高强度利用、掠夺式经营和农田化学品过量投入,导致黑土区农田生态环境恶化,水土流失严重,耕地土壤退化,对生态系统、生物多样性和农业可持续发展带来了极大的危害^[3]。因此,探索适宜的黑土区耕作方法,为改善黑土区耕层结构,提高作物生产力具有重要的理论和实践意义。

耕作是农业生产的重要措施,合理的耕作方式有利于提高土壤肥力,减少耕层水土流失和土壤侵蚀,可以有效提高土地生产力,改善生态环境^[4]。土壤动物是土壤生态系统重要的组成部分之一,在改善土壤理化性质,促进土壤物质循环和能量转化过程中发挥着重要的作用^[5]。中小型土壤动物总个体数多,世代更替快,可作为判断土壤环境变化的重要指标^[6]。耕作方式的改变会引起农田生态系统中土壤动物生存环境的改变,进而影响土壤动物的群落结构、多样性及空间分布^[7]。免耕作为保护性工作措施防止了机械操作对土壤的扰动和土壤结构的破坏,能够保护地表残茬覆盖,增加土壤导水率,减少耕作过程中土壤水分流失^[8-9]。Varvel 等^[10]研究表明免耕有助于表层土壤养分汇集,提高土壤有机质含量,从而提高土壤质量。深松可以全面打破土壤犁底层,使耕层加深,增加根系纵深分布,改善土壤结构,促进水分渗透,并有蓄水保墒等作用^[11]。近年来,有关土壤动物对耕作方式响应的研究受到广泛的关注,多是关于保护性耕作对土壤动物群落的影响。本文主要对免耕和深松耕作措施进行研究。选取内蒙古东部黑土区

农田作为研究样地,通过不同耕作方式对农田中小型土壤动物群落结构的响应,为探索该地区最适宜的耕作方法提供参考依据。

1 研究地区与研究方法

1.1 试验区概况

本试验在内蒙古自治区呼伦贝尔市阿荣旗乐昌五组进行 (48°20'N, 123°31'E), 试验区位于大兴安岭向松嫩平原过渡的黑土带, 海拔高度 204 m, 气候类型属于温带大陆性半干旱半湿润气候, 年平均气温 1.7 °C, 年有效积温 2 394 °C。年平均降水量 450 mm, 主要集中在 6—8 月, 占全年降水量的 70%。无霜期 90~130 d, 土壤类型为黑钙土。

1.2 试验设计

试验设计于 2016 年, 耕作处理前土地利用背景为农田, 试验设置 3 个处理: 对照 (CK)、免耕 (NT) 和深松 30 cm (DP)。随机区组设计, 3 次重复, 小区面积 20 m × 20 m = 400 m², 小区之间间隔 2 m。施肥为掺混肥料 (N : P₂O₅ : K₂O = 21 : 14 : 10), 施用量为 540 kg/hm²。灌水方式为井水喷灌, 灌水 2 次。种植作物为玉米, 播种时间为 2016 年 5 月 8 日进行, 收获时间为 2016 年 10 月 8 日。除耕作措施外, 其他农业措施如播种、施肥、除草等均保持一致。

1.3 中小型土壤动物样品采集与鉴定

试验于 2016 年 6—9 月进行, 逐月采集中小型土壤动物样品。采用环刀法 (高 10 cm, 直径 5 cm) 取样, 沿土壤剖面划分为 0—10, 10—20, 20—30 cm 共 3 层依次取样。中小型土壤动物采用改良干漏斗

(modified tullgren)法经过 24 h 分离提取,将收集到的中小型土壤动物装在盛有 75%酒精的塑料瓶中,分类鉴定参考《中国土壤动物检索图鉴》^[12]和《内蒙古昆虫志》^[13],并在显微镜(Olympus CKX41)和体视显微镜(SZ78 系列)下对标本进行鉴定,所有土壤动物鉴定到科。土壤理化性质测定样品于 0—30 cm 土层取样。土壤有机质采用重铬酸钾—容量法测定^[14];土壤容重采用环刀法测定;土壤渗透性采用双环注水的方法测定,渗透总量统一取前 90 min 的渗透量^[15]。土壤温度采用温度计(TP101 型)测定;土壤含水量采用烘干法测定。

1.4 数据统计与分析

(1) 土壤动物优势度的划分。个体数占总个体数 10% 以上的土壤动物类群为优势类群,1%~10% 之间的土壤动物类群为常见类群,1% 以下的为稀有类群^[16]。

(2) 采用单因素方差分析(one-way ANOVA)和多重比较方法(LSD)。分析不同处理土壤动物和土壤指标之间差异显著性。

(3) 对土壤动物群落特征进行分析时,采用 Shannon 多样性指数(H'),Pielou 均匀度指数(E),Margalef 丰富度指数(D)和 Simpson 优势度指数(C)^[17-19]。

群落多样性指数计算公式如下:

$$H' = -\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i \quad (1)$$

$$E = H / \ln S \quad (2)$$

$$D = (S - 1) / \ln S \quad (3)$$

$$C = \sum_{i=1}^S (n_i / N)^2 \quad (4)$$

式中: P_i ——第 i 个物种的个体数占总个体数的比率; S ——类群数; N ——总个体数; n_i / N 表明各个体数占总个体数的百分数。

(4) 数据采用 SPDP 17.0 统计分析软件进行处理与分析,通过 Excel 2003 制作图表。

2 结果与分析

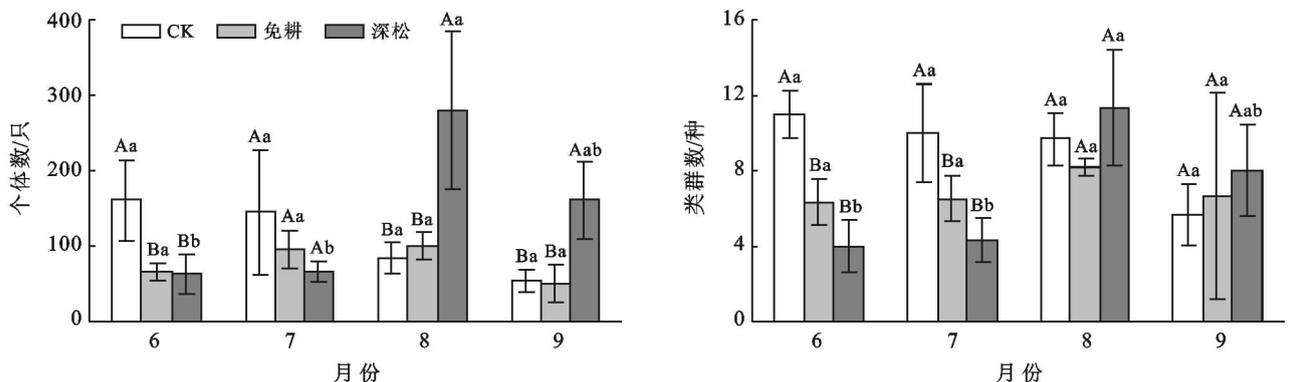
2.1 中小型土壤动物群落组成

如表 1 所示,从研究区分离出中小型土壤动物 3 749 只,隶属于节肢动物门的 47 个类群。其中,从对照 CK 中分离出中小型土壤动物 1 281 只,隶属于 36 个类群;NT 处理分离出中小型土壤动物 889 只,隶属于 34 个类群;深松(DP)处理分离出中小型土壤动物 1 579 只,隶属于 33 个类群。优势类群为四奥甲螨科和等节螨科 2 类,占总数 24.90%;常见类群为矮蒲螨科、微离螨科、绒螨科、大赤螨科、赤螨科、巨须螨科、美绥螨科、巨螯螨科、寄螨科、派盾螨科、植绥螨科、尾足螨科、囊螨科、跳甲螨科、奥甲螨科、上罗甲螨科、球角螨科、疣螨科、鳞螨科和跳虫科,共 20 类,占总数 70.69%;其余 25 类为稀有类群,占总数 4.41%。

不同耕作方式影响中小型土壤动物个体数和类群数变化,中小型土壤动物个体数表现为深松>对照>免耕,与对照相比,深松处理下显著提高了中小型土壤动物个体数($p < 0.05$),而免耕处理下降低了中小型土壤动物的个体数($p < 0.05$);中小型土壤动物类群数表现为 CK>免耕>深松,免耕和深松处理均降低了中小型土壤动物的类群数,但无显著差异($p > 0.05$)。

2.2 不同耕作方式对中小型土壤动物个体数和类群数的动态特征

不同耕作方式下中小型土壤动物个体数和类群数在不同月份中存在一定差异(见图 1)。由图 1 可知,对照 CK 中小型土壤动物个体数和类群数是逐月减少趋势;免和深松处理下中小型土壤动物个体数和类群数呈先增加后下降趋势。深松处理下 8 月份中小型土壤动物个体数显著高于对照 CK 和免耕处理($p < 0.05$);对照 CK 和免耕处理下中小型土壤动物个体数和类群数在不同月份之间无显著差异($p > 0.05$)。



注:图中不同大写字母表示月份内处理间的差异($p < 0.05$)。不同小写字母表示处理间月份内的差异($p < 0.05$)。

图 1 中小型土壤动物个体数和类群数

表 1 不同处理中小型土壤动物组成

群落组成		CK		免耕		深松		总计	
目名	科名	个体数/ 只	比例/ %	个体数/ 只	比例/ %	个体数/ 只	比例/ %	个体数/ 只	比例/ %
前气门亚目 Prostigmata	矮蒲螨科(Pygmephoridae)	51	3.84	37	3.97	146	8.74	234	5.95
	微离螨科(Microdispidae)	56	4.21	41	4.40	146	8.74	243	6.18
	绒螨科(Trombidiidae)	19	1.43	13	1.40	38	2.27	70	1.78
	大赤螨科(Anystidae)	19	1.43	3	0.32	21	1.26	43	1.09
	赤螨科(Erythraeidae)	32	2.41	21	2.26	19	1.14	72	1.83
	隐颚螨属(Cryptognathidae)	5	0.38	11	1.18	0	0	16	0.41
	盾螨科(Scutacaridae)	15	1.13	0	0	0	0	15	0.38
	巨须螨科(Cunaxidae)	34	2.56	26	2.79	40	2.39	100	2.54
	腾岛螨科(Teneriffidae)	5	0.38	9	0.97	19	1.14	33	0.84
	跗线螨科(Tarsonmidae)	9	0.68	0	0	0	0	9	0.23
	叶螨科(Tetranychidae)	0	0	0	0	15	0.90	15	0.38
	吸螨科(Bdellidae)	0	0	8	0.86	0	0	8	0.20
	小黑螨科(Caligonellidae)	32	2.41	7	0.75	0	0	39	0.99
中气门亚目 Mesostigmata	厉螨科(Laelapidae)	1	0.08	5	0.54	0	0	6	0.15
	美绥螨科(Ameroseiidae)	57	4.29	12	1.29	109	6.52	178	4.53
	表刻螨科(Epicriidae)	4	0.30	0	0	0	0	4	0.10
	巨螯螨科(Macrochelidae)	22	1.66	6	0.64	78	4.67	106	2.7
	寄螨科(Parasitidae)	28	2.11	20	2.15	39	2.33	87	2.21
	派盾螨科(Parholaspididae)	24	1.81	8	0.86	43	2.57	75	1.91
	厚厉螨科(Pachylaelapidae)	9	0.68	4	0.43	13	0.78	26	0.66
	真伊螨科(Eviphididae)	7	0.53	5	0.54	11	0.66	23	0.59
	植绥螨科(Phytoseiidae)	41	3.09	0	0	59	3.53	100	2.54
	尾足螨科(Uropodidae)	23	1.73	19	2.04	33	1.97	75	1.91
囊螨科(Ascidae)	18	1.35	8	0.86	28	1.68	54	1.37	
甲螨亚目 Oribatida	跳甲螨科(Zetorchestidae)	0	0	13	1.40	58	3.47	71	1.81
	奥甲螨科(Ooppiidae)	102	7.67	51	5.48	166	9.93	319	8.11
	四奥甲螨科(Quadropiidae)	167	12.57	147	15.79	143	8.56	457	11.63
	上罗甲螨科(Epilohmanniidae)	89	6.70	43	4.62	46	2.75	178	4.53
	尖棱甲螨科(Ceratozetes)	6	0.45	0	0	0	0	6	0.15
	缝甲螨科(Hypochthoniidae)	5	0.38	0	0	19	1.14	24	0.61
	大翼甲螨科(Galumnidae)	0	0	22	2.36	15	0.90	37	0.94
	副大翼甲螨科(Haplozetidae)	0	0	15	1.61	20	1.20	35	0.89
	盲甲螨科(Malaconothridae)	0	0	6	0.64	0	0	6	0.15
	无领甲螨科(Amerridae)	0	0	25	2.69	0	0	25	0.64
	短缝甲螨科(Eniochthoniidae)	10	0.75	7	0.75	0	0	17	0.43
	礼服甲螨科(Trhypochthonius)	0	0	0	0	16	0.96	16	0.41
	角翼甲螨科(Achipteridae)	0	0	0	0	15	0.90	15	0.38
	滑珠甲螨科(Damaeolidae)	7	0.53	11	1.18	0	0	18	0.46
	菌板鳃甲螨科(Mycobatidae)	0	0	0	0	23	1.38	23	0.59
弹尾目 Collembola	等节蛻科(Isotomidae)	224	16.85	203	21.8	95	5.69	522	13.28
	球角蛻科(Hypogastruridae)	31	2.33	26	2.79	24	1.44	81	2.06
	棘蛻科(Onychiuridae)	5	0.38	0	0	0	0	5	0.13
	疣蛻科(Neanuridae)	11	0.83	20	2.15	39	2.33	70	1.78
	鳞蛻科(Tomoceridae)	51	3.84	20	2.15	1	0.06	72	1.83
	跳虫科(Poduridae)	56	4.21	17	1.83	21	1.26	94	2.39
等翅目 Isoptera	木蠹科(Kalotermitidae)	0	0	0	0	21	1.26	21	0.53
双尾目 Diplura	铗虫八科(Japygidae)	6	0.45	0	0	0	0	6	0.15
	个体数	1 281		889		1 579		3 749	
	类群数	36		34		33		47	

注：“0”表示该土壤动物类群在该处理中未被发现。

2.3 不同耕作方式对中小型土壤动物多样性的影响

如表 2 所示,DP 处理下中小型土壤动物优势度指数最高,与对照 CK 处理存在显著差异($p < 0.05$),对照 CK 处理下中小型土壤动物多样性和丰富度指数最高,但与免耕和深松处理无显著差异($p > 0.05$);免耕处理下中小型土壤动物均匀度指数最高,但与对照 CK 和深松处理无显著差异($p > 0.05$)。

2.4 不同耕作方式对中小型土壤动物垂直分布的影响

由图 2 所示,中小型土壤动物个体数和类群数在土层的垂直分布中表现出明显的表聚性,耕作方式并未能改变这一规律。中小型土壤动物个体数垂直分布中,3 种耕作方式下显著降低了 10—20 cm 和 20—30 cm 土层的中小型土壤动物的个体数($p < 0.05$);

中小型土壤动物类群数垂直分布中,免耕和深松处理显著降低了 10—20 cm 和 20—30 cm 土层的中小型土壤动物的类群数($p < 0.05$),对照 CK 显著降低了 20—30 cm 土层的中小型土壤动物的类群数($p < 0.05$)。

表 2 不同处理中小型土壤动物群落特征

处 理	多样性 指数 ID	均匀度 指数 IE	丰富度 指数 IR	优势度 指数 ISD
CK	2.81±0.08 ^a	0.86±0.04 ^a	3.81±0.07 ^a	0.08±0.01 ^b
免耕	2.56±0.15 ^a	0.89±0.01 ^a	3.36±0.45 ^a	0.11±0.02 ^a
深松	2.72±0.13 ^a	0.83±0.01 ^a	2.94±0.36 ^a	0.15±0.01 ^a

注:同列数据不同小写字母表示处理之间有显著差异($p < 0.05$)。

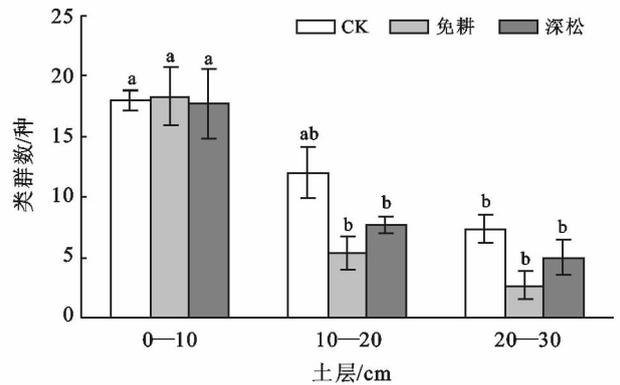
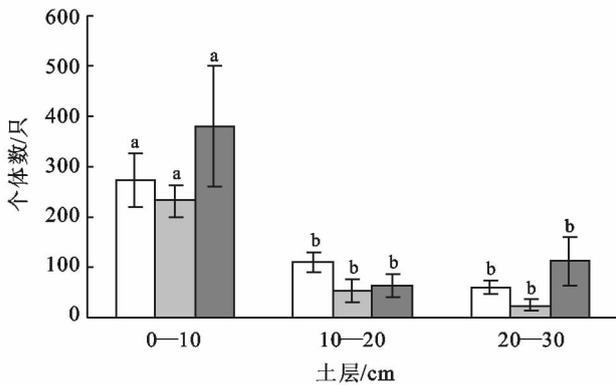


图 2 不同土层中小型土壤动物个体数与类群数

2.5 不同耕作方式对土壤理化性质的影响

如表 3 所示,不同耕作方式对土壤理化性质的影响表现为,与对照 CK 相比,深松处理下土壤渗透总量、土壤温度和土壤含水量得到提高,其中渗透总量

显著高于对照 CK($p < 0.05$)。深松处理下土壤容重显著低于对照 CK 和免耕处理($p < 0.05$)。免耕处理下土壤有机质含量高于对照 CK 和深松处理,但未达到显著水平($p > 0.05$)。

表 3 不同处理对土壤理化性质的影响

处 理	有机质/ ($g \cdot kg^{-1}$)	容重/ ($g \cdot cm^{-3}$)	渗透总量/ [$mm \cdot (90min)^{-1}$]	土壤温度/ $^{\circ}C$	含水量/%
CK	36.60±2.07 ^a	1.22±0.04 ^{ab}	106.73±5.3 ^b	24.49±0.10 ^a	21.39±0.61 ^a
免耕	38.87±2.22 ^a	1.35±0.02 ^a	92.07±3.7 ^b	23.87±0.80 ^a	22.27±0.81 ^a
深松	36.10±2.50 ^a	1.12±0.05 ^b	160.9±5.5 ^a	25.36±0.12 ^a	23.12±0.66 ^a

注:同列数据不同小写字母表示处理之间有显著差异($p < 0.05$)。

2.6 土壤动物群落指数与土壤理化性质的相关性

如表 4 所示,Pearson 相关系数分析表明,土壤容重与中小型土壤动物的个体数呈极显著负相关($p < 0.01$);均匀度指数与土壤的渗透总量呈极显著正相关($p < 0.01$)。多样性指数与土壤温度呈极显著负相关($p < 0.01$)。丰富度指数与土壤有机质呈正相关($p < 0.05$)。

表 4 中小型土壤动物群落与土壤环境因子相关系数

指 标	有机质/ ($g \cdot kg^{-1}$)	容重/ ($g \cdot cm^{-3}$)	渗透 总量/mm	温度/ $^{\circ}C$	含水量/ %
个体数	0.24	-0.86**	0.55	0.60	-0.51
类群数	0.19	-0.35	-0.12	0.43	0.28
多样性指数	0.51	0.50	-0.49	-0.81**	0.33
均匀度指数	-0.03	0.66	0.91**	-0.44	0.37
丰富度指数	0.70*	-0.23	0.63	0.54	-0.11
优势度指数	0.06	-0.14	-0.30	0.29	-0.14

注:* 表示显著相关($p < 0.05$);** 表示极显著相关($p < 0.01$)。

3 讨论

3.1 不同耕作方式下中小型土壤动物群落结构特征

不同的耕作方式会引起农田生态系统土壤动物生存环境的变化,进而影响土壤动物的群落结构和多样性^[20]。林英华等^[21]研究表明,土壤动物群落结构的变化能反映长期耕作对农田土壤生态系统的影响。本研究发现,与对照 CK 相比,免耕处理下减少了中小型土壤动物个体数,原因是免耕处理对土壤不进行任何耕作措施,土粒自身下沉和播种时机械的下压作用,导致土壤容重显著增加^[22],使土壤处于紧实状态、通透性差,限制了中小型土壤动物的活动和快速繁殖。不同耕作方式下中小型土壤动物类群数表现为免耕处理高于深松处理,免耕处理很好的保护了对环境变化敏感的中小型土壤动物,而深松处理对土壤的扰动较大^[23],限制了某些中小型土壤动物的生长繁殖。本研究中,对照 CK 下中小型土壤动物个体数和类群数逐月减少,而免耕和深松处理下中小型土壤动物个体数和类群数呈先增加后下降趋势,免耕和深松处理下中小型土壤动物个体数和类群数均在 8 月份最多(图 1),且 8 月份深松处理下中小型土壤动物个体数显著高于其他月份个体数,原因是 8 月份的土壤水热条件适中,促进中小型土壤动物快速繁殖,导致土壤动物个体数增加,这与杨旭等^[24]研究结果基本一致。土壤动物群落结构与土壤环境密切相关,土壤环境是土壤动物生存的必要条件,在本研究中,土壤容重与中小型土壤动物个体数呈极显著负相关,深松处理下中小型土壤动物个体数显著增加,对土壤进行深松处理可以较好的疏松土壤,降低土壤容重,增加土壤空隙度,提高土壤渗透速率,为作物根系创造疏松深厚的土壤环境,利于中小型土壤动物的生存。

3.2 不同耕作方式下中小型土壤动物垂直分布及多样性

中小型土壤动物垂直分布情况可以反映不同耕作方式对土壤环境的影响^[25]。不同耕作方式下中小型土壤动物群落垂直分布具有表聚性,0—10 cm 土层中小型土壤动物个体数和类群数显著高于 10—20 cm 和 20—30 cm 土层($p < 0.05$),占总个体数的 71%。且免耕处理下中小型土壤动物类群数具有更明显的表聚特征,是由于免耕处理对土壤不进行任何耕作措施,使养分汇集在土壤表层^[26],有助于更多土壤动物分布于表层土壤。中小型土壤动物群落多样性是反映土壤动物群落结构差异性的重要指标^[27],土壤动物数量的增多是由优势类群的土壤动物个体数量增多所引起,而土壤动物类群的增加主要是稀有种

类的土壤动物增加所引起的^[28]。本研究中,深松处理下矮蒲螨科和奥甲螨科个体数由对照 CK 的 51 只和 102 只提高到 146 只和 166 只,分别增加 186.27% 和 62.75%,说明深松处理下的土壤环境有利于矮蒲螨科和奥甲螨科的生存,至使优势度指数增加。这与孔晓民等^[29]和刘红亮等^[30]的研究结果基本一致。免耕处理下中小型土壤动物均匀度指数较高,可能是免耕处理降低了对土壤扰动,很好的保护了中小型土壤动物类群数。可以看出,不同耕作方式对中小型土壤动物多样性的影响具有一定差异。

4 结论

(1) 本研究从常规,免耕和深松处理分别分离获取中小型土壤动物 1 281,889,1 579 只,分别占总数的 34.17%,23.71% 和 42.12%,深松处理有助于提高中小型土壤动物的个体数。

(2) 多样性分析表明,与对照 CK 相比,深松处理后土壤疏松多孔,土壤容重下降,孔隙度增加,使土壤有良好的通气性,进而增加了中小型土壤动物个体数和优势度指数;免耕处理很好的保护了中小型土壤动物的类群数和丰富度指数。

(3) 垂直分布表明,不同耕作方式下中小型土壤动物个体数和类群数均在 0—10 cm 土层最高,均有明显的表聚性。

(4) 月动态表明,深松处理在 8 月份个体数显著高于其他月份的个体数,有助于土壤螨类的快速繁殖。

[参 考 文 献]

- [1] 陈恩凤,周礼恺,邱凤琼,等. 土壤肥力实质的研究(I): 黑土[J]. 土壤学报,1984,21(3):229-237.
- [2] 魏丹,杨谦,迟凤琴. 东北黑土区土壤资源现状与存在问题[J]. 黑龙江农业科学,2006(6):69-72.
- [3] 韩晓增,李娜. 中国东北黑土地研究进展与展望[J]. 地理科学,2018,38(7):1032-1041.
- [4] 李玉洁,王慧,赵建宁,等. 耕作方式对农田土壤理化因子和生物学特性的影响[J]. 应用生态学报,2015,26(3):939-948.
- [5] 林英华. 长期施肥对农田土壤动物群落影响及安全评价[D]. 北京:中国农业科学院,2003.
- [6] 战丽莉. 农田黑土中小型土壤动物多样性特征及其影响因素[D]. 吉林 长春:中国科学院研究生院(东北地理与农业生态研究所),2013.
- [7] 张淑花. 农田生态系统土壤动物群落结构对不同管理与利用方式的响应[D]. 黑龙江 哈尔滨:哈尔滨师范大学,2014.
- [8] 杨永辉,武继承,张洁梅,等. 免耕、深松对不同土层土壤

- 物理特征的影响[J]. 中国农村水利水电, 2016(9): 35-39, 45.
- [9] 张文超. 耕作方式对土壤主要理化性状及玉米产量形成的影响[D]. 黑龙江 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2017.
- [10] Varvel G E, Wihelm W W. No-tillage increases soil profile carbon and nitrogen under long-term rainfed cropping systems[J]. *Soil and Tillage Research*, 2011, 114(1): 28-36.
- [11] 吕巨智, 程伟东, 钟昌松, 等. 不同耕作方式对土壤物理性状及玉米产量的影响[J]. 中国农学通报, 2014(30): 38-43.
- [12] 尹文英. 中国土壤动物检索图鉴[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [13] 能乃扎布. 内蒙古昆虫志[M]. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1999.
- [14] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999.
- [15] 李建兴, 何丙辉, 梅雪梅, 等. 紫色土区坡耕地不同种植模式对土壤渗透性的影响[J]. 应用生态学报, 2013, 24(3): 725-731.
- [16] 吴东辉, 张柏, 陈鹏. 吉林省中西部平原区土壤螨类群落结构特征[J]. 动物学报, 2005, 51(3): 401-412.
- [17] Shannon C E, Weaver W. The mathematical theory of communication [M]. Urbana: University of Illinois, 1949.
- [18] Callahan M A Jr, Richter D D J R, Coleman D C, et al. Long-term land-use effects on soil invertebrate communities in southern piedmont soils, USA [J]. *European Journal of Soil Biology*, 2006, 42(1): 150-156.
- [19] Yeates G W, Newton P C D. Long-term changes in topsoil nematode populations in grazed pasture under elevated atmospheric carbon dioxide [J]. *Biology and Fertility of Soils*, 2009, 45(8): 799-808.
- [20] 朱强根, 朱安宁, 张佳宝, 等. 黄淮海平原保护性耕作下玉米季土壤动物多样性[J]. 应用生态学报, 2009, 20(10): 2417-2423.
- [21] 林英华, 黄庆海, 刘骅, 等. 长期耕作与长期定位施肥对农田土壤动物群落多样性的影响[J]. 中国农业科学, 2010, 43(11): 2261-2269.
- [22] 马南, 钱瑞雪, 杨慧敏, 等. 免耕留茬耕作对中小型土壤动物群落的影响[J]. 浙江农业学报, 2018, 30(5): 825-831.
- [23] 陈学文, 张晓平, 梁爱珍, 等. 耕作方式对黑土耕层孔隙分布和水分特征的影响[J]. 干旱区资源与环境, 2012, 26(6): 114-120.
- [24] 杨旭, 林琳, 张雪萍, 等. 松嫩平原典型黑土耕作区中小型土壤动物时空分布特征. 生态学报, 2016, 36(11): 3253-3260.
- [25] Wahl J J, Theron P D, Maboetan M S. Soil mesofauna as bioindicators to assess environmental disturbance at a platinum mine in South Africa [J]. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2012, 86: 250-260.
- [26] 吾玛尔·阿布力孜, 胡红英, 马合木提·哈力克, 艾尼瓦尔·吐米尔. 吉尔吉斯斯坦比什凯克市不同生境中小型土壤动物群落多样性[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(6): 1716-1721.
- [27] 王振海, 殷秀琴, 蒋云峰. 长白山苔原带土壤动物群落结构及多样性[J]. 生态学报, 2014, 34(3): 755-765.
- [28] Liebig M A, Tanaka D L, Wienhol B J. Tillage and cropping effects on soil quality indicators in the Northern Great Plains[J]. *Soil and Tillage Research*, 2004, 78(2): 131-141.
- [29] 孔晓民, 韩成卫, 曾苏明, 等. 不同耕作方式对土壤物理性状及玉米产量的影响[J]. 玉米科学, 2014, 22(1): 108-113.
- [30] 刘红亮, 李凤海, 步蕴法, 等. 不同耕作方式对土壤物理性状及玉米生长发育的影响[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(8): 52-54.