

DOI: 10.5846/stxb201712062198

刘鹏飞, 红梅, 美丽, 赵巴音那木拉, 德海山, 白雪原, 李志新, 马玺. 玉米秸秆还田量对黑土区农田地面节肢动物群落的影响. 生态学报, 2019, 39(1): - .

Liu P F, Hong M, Mei L, Zhao Bayinnamula, De H S, Bai X Y, Li Z X, Ma X. Impact of quantity of returned corn straw on the cropland ground arthropod community in a black soil area. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(1): - .

玉米秸秆还田量对黑土区农田地面节肢动物群落的影响

刘鹏飞¹, 红 梅^{1,2,*}, 美 丽¹, 赵巴音那木拉^{1,2}, 德海山^{1,2}, 白雪原¹, 李志新³, 马 玺⁴

1 内蒙古农业大学, 呼和浩特 010011

2 内蒙古自治区土壤质量与养分资源重点实验室, 呼和浩特 010011

3 扎赉特旗农业技术推广中心, 内蒙古兴安盟 137600

4 兴安盟土壤肥料和节水农业工作站, 内蒙古兴安盟 137600

摘要:为考察玉米秸秆还田量对黑土区农田地面节肢动物群落的影响, 2016 年 6—9 月在内蒙古兴安盟扎赉特旗研究了 0 (CK)、9000 (SR1)、10500 (SR2)、12000 (SR3)、13500 (SR4) kg/hm² 5 个梯度对农田地面节肢动物群落影响。结果表明: 共捕获地面节肢动物 1820 只, 隶属于 16 个类群; SR4 处理显著提高了地面节肢动物个体数 ($P < 0.05$), SR3 处理显著提高了地面节肢动物类群数 ($P < 0.05$)。各处理样地地面节肢动物个体数最高值均出现在 8 月, 类群数则出现在 7 月; SR4 处理显著提高了地面节肢动物多样性指数和丰富度指数 ($P < 0.05$), SR1 处理显著提高了地面节肢动物优势度指数 ($P < 0.05$), 对照 CK 的均匀度指数最高 ($P > 0.05$)。相关分析表明: 农田地面节肢动物的个体数与土壤有机质呈极显著相关 ($P < 0.01$), 与平均入渗率呈显著正相关 ($P < 0.05$), 与土壤容重呈显著负相关 ($P < 0.05$); 类群数与土壤温度呈显著正相关 ($P < 0.05$); 丰富度指数与平均入渗率和土壤含水量呈显著正相关 ($P < 0.05$)。主成分分析表明: 地面节肢动物的个体数、多样性指数、蟋蟀总科、跳甲科和步甲科 5 个特征指标对玉米秸秆还田最为敏感, 初步认为是衡量黑土区土壤玉米秸秆还田后肥力状况的评价指标。

关键词: 玉米秸秆还田量; 地面节肢动物; 土壤环境

Impact of quantity of returned corn straw on the cropland ground arthropod community in a black soil area

LIU Pengfei¹, HONG Mei^{1,2,*}, MEI Li¹, ZHAO Bayinnamula^{1,2}, DE Haishan^{1,2}, BAI Xueyuan¹, LI Zhixin³, MA Xi⁴

1 Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010011, China

2 Inner Mongolia Key Laboratory of Soil Quality and Nutrient Resources, Hohhot 010011, China

3 Agricultural Technology Extension Center in Zhalaide Banner, Hinggan League 137600, China

4 Agricultural Station of Soil Fertilizer and Water-saving in Hinggan League, Hinggan League 137600, China

Abstract: In order to understand the effects of returned corn straw on the cropland ground arthropod community in a black soil area, an experiment with five different amounts of corn straw returned to the field 0 (CK), 9000 (SR1), 10500 (SR2), 12000 (SR3) and 13500 (SR4) kg/hm² was carried out in Zhalaide Banner of Inner Mongolia from June to September 2016. The results showed that 1820 ground arthropod individuals were captured and these were classified into 16

基金项目: 农业部黑土地保护与利用项目

收稿日期: 2017-12-06; 网络出版日期: 2018-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: nmhm1970@sina.com

taxonomic groups. The number of individuals of ground arthropods was significantly increased in SR4 ($P < 0.05$), and the number of taxonomic groups was significantly increased in SR3 ($P > 0.05$). The number of individuals of ground arthropods was highest in August, and the number of taxonomic groups of ground arthropods was highest in July. The diversity and richness indexes were highest in SR4 ($P < 0.05$). The dominance index was highest in SR1 ($P < 0.05$). The evenness index was highest in CK ($P < 0.05$). Correlation analysis showed that ground arthropod individuals were not only positively correlated with soil organic matter ($P < 0.01$), but also with average infiltration rate ($P < 0.05$), and negatively correlated with soil bulk density ($P < 0.05$). Soil temperature was obviously correlated with the number of ground arthropod taxonomic groups ($P < 0.05$). The richness index was obviously correlated with average infiltration rate and soil moisture content ($P < 0.05$). Principal component analysis (PCA) showed that ground arthropod individuals, the diversity index, and the taxa Grylloidea, Alticinae and Carabidae were most sensitive to the amount of straw returned, and could therefore be considered as evaluation indexes to judge the nutrient status after straw is returned in a black soil area in the future.

Key Words: returning quantity of corn straw; ground arthropod; soil environment

玉米秸秆是农田生态系统物质循环的物质基础^[1-2],是一种重要的生物质资源,具有高的养分^[3]。地面节肢动物主要生活在地面枯枝落叶层及浅层土壤中^[4],是土壤生态系统的重要组成部分^[5-6],在调节生态系统营养动态、改善土壤性状及土壤养分等物质循环方面起到重要作用^[7-9]。近年来,随着对玉米秸秆在农田生态系统认知的提高,玉米秸秆还田与土壤动物群落的关系研究日益受到关注^[10-12]。农田黑土生态系统中土壤动物数量巨大,研究其群落特征与生态功能是非常重要的内容^[13]。国内已有的玉米秸秆还田对土壤动物的响应主要以玉米秸秆覆盖还田为主,研究表明,随玉米秸秆覆盖量的增加,土壤动物类群多样性和丰富度增加^[14];秸秆覆盖免耕下土壤动物个体数、类群数和多样性较常规耕作有显著增加^[12,15];秸秆覆盖还田也影响甲螨群落的多样性指数^[16]。但已有的研究主要关注玉米秸秆覆盖还田及还田方式上,而对于玉米秸秆彻底粉碎,加工成秸秆沫翻压还田的响应,以及玉米秸秆还田量的比较研究较少,尤其是对地面节肢动物在黑土区农田中的响应研究较少。因此,本文通过玉米的生育期内取样调查地面节肢动物群落,考察不同玉米秸秆还田量后土壤性状的变化,探讨玉米秸秆在不同还田量下地面节肢动物群落的生态分布特征。为改善黑土区农田土壤生态系统、提高玉米产量和品质及秸秆资源化利用提供理论依据。

1 研究地区与研究方法

1.1 试验区概况

试验区位于内蒙古兴安盟扎赉特旗农业科技示范园区试验示范种植基地(46°45'N, 122°47'E)。属温带大陆性季风气候,年均气温 3.24℃,年均降水量 400 mm,降水主要集中在 6—9 月份。海拔 206 m,无霜期 120—140 d。土壤类型为暗栗钙土。

1.2 试验设计

玉米秸秆不同还田量通过 1500 kg/hm²的数量级梯度精确还田,即 9000 (SR1)、10500 (SR2)、12000 (SR3)、13500 (SR4) kg/hm²,无玉米秸秆还田为对照(CK);共 5 个处理,重复 3 次,随机区组设计。小区面积 10 m×10 m=100 m²,共 20 垄,行距 50 cm,小区周围有 5 垄保护行,小区间间隔 2 m。玉米秸秆经过彻底粉碎后,加工成玉米秸秆沫于 2016 年 4 月中旬翻地埋入土中(约 15 cm)。种植作物为玉米,品种为先玉 335,于 2016 年 4 月 30 日播种,于 2016 年 9 月 26 日收获。各试验小区采用常规耕作方法。

1.3 样品采集与地面节肢动物鉴定

样品采集于 2016 年 6—9 月,采用陷阱诱捕法捕获节肢动物。在每个小区中心位置布设 3 个采样点,收集器直径为 7 cm、高 9 cm,套在直径为 8 cm、高 10 cm 的 PVC 管中,收集器与地面齐平,在收集器里加入浓度为 3% 的福尔马林溶液和甘油,增加捕获的有效性。每月取样一次,即 6 月中旬,7 月中旬,8 月中旬和 9 月末,

每次收集时间为 7 d。将收集到的地面节肢动物装在盛有 75% 酒精溶液的塑料瓶中。分类鉴定参考尹文英等《中国土壤动物检索图鉴》^[17] 在体视显微镜 (SZ78 系列) 或肉眼对样品进行鉴定, 地面节肢动物鉴定到科的水平。各个体类群等级划分为: 个体数占总个体数 10% 以上的地面节肢动物类群为优势类群, 1%—10% 的地面节肢动物类群为常见类群, 1% 以下的为稀有类群。

土壤温度采用温度计 (TP101 型) 测定; 土壤容重采用环刀法测定; 土壤含水量采用烘干法测定; 有机质采用重铬酸钾-容量法测定^[18]; 平均入渗率采用双环法测定^[19]。2016 年 5—9 月试验地气象数据见图 1。

1.4 数据统计与分析

对地面节肢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 (J), Margalef 丰富度指数 (D) 和 Simpson 优势度指数 (C) 进行分析^[20-21]。采用单因素方差分析 (One-way ANOVA) 和多重比较方法 (LSD) 进行差异显著性分析。采用 Pearson 相关系数 (两尾测验) 分析所捕获的地面节肢动物个体数和类群数与土壤环境的相关性。采用主成分分析法 (PCA) 进行分析地面节肢动物主要群落指标对玉米秸秆还田的响应关系。数据处理与作图采用 SAS 9.0, Excel 2003 进行。群落多样性指数计算公式如下:

$$H = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$$

$$J = H / \ln S$$

$$D = (S-1) / \ln N$$

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

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

2 结果与分析

2.1 玉米秸秆还田量下地面节肢动物群落组成

由表 1 可知, 研究期间共捕获地面节肢动物 1820 只, 隶属 16 个类群。其中优势类群为蟋蟀总科和步甲科 2 类, 占总个体数的 83.85%。玉米秸秆还田后显著提高蟋蟀总科的个体数 ($P < 0.05$), 并且蟋蟀总科个体数随玉米秸秆还田量增加呈增加趋势。步甲科个体数只有在玉米秸秆还田量达到 SR4 时与对照 CK 有显著差异 ($P < 0.05$), 但个体数随玉米秸秆还田量增加而呈现出一定增加趋势; 常见类群为跳甲科、隐翅甲科和蚁科 3 类, 占总个体数 13.85%; 剩余 11 类为稀有类群, 占总个体数的 2.30%。

总体来看, 玉米秸秆还田量对地面节肢动物个体数表现出差异性, 但对类群数没有明显影响。其中对照 CK 个体数最少, 随玉米秸秆还田量增加个体数随之增加, SR4 处理个体数最多, 个体数排序为 CK < SR1 < SR2 < SR3 < SR4。对照 CK 类群数最少, SR3 处理类群数最多, 类群数排序为 CK < SR2 < SR1 < SR4 < SR3。

2.2 玉米秸秆还田量对地面节肢动物群落多样性的影响

由表 2 可知, 个体数在玉米秸秆还田量达到 SR2 时与对照 CK 有显著差异 ($P < 0.05$), 并随玉米秸秆还田量的增加个体数随之增加。类群数在玉米秸秆还田后与对照 CK 有微弱增加趋势, 只有 SR3 处理与对照 CK 有显著差异 ($P < 0.05$)。SR4 处理的多样性指数最高 (1.17), 与对照 CK 无显著差异 ($P > 0.05$); 多样性指数排序 SR1 < SR2 < CK < SR3 < SR4。对照 CK 的均匀度指数最高 (0.69), 但随玉米秸秆还田量增加均匀度指数有上

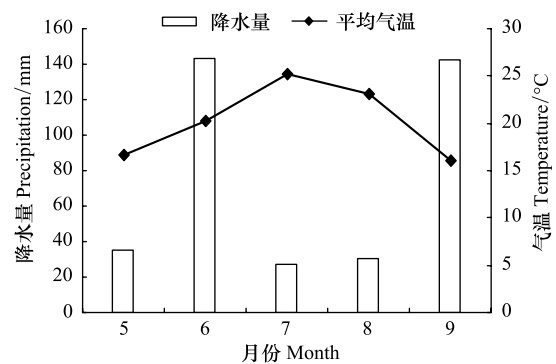


图 1 试验地气象数据

Fig.1 Meteorological data of the test ground

升的趋势;均匀度指数排序 $SR1 < SR2 < SR3 < SR4 < CK$ 。SR4 处理的丰富度指数最高(0.94),与对照 CK 有显著差异($P < 0.05$);丰富度指数排序 $CK < SR2 < SR1 < SR3 < SR4$ 。SR1 处理的优势度指数最高(0.46),与对照 CK 差异不显著($P > 0.05$);优势度指数排序 $SR4 < SR3 < CK < SR2 < SR1$ 。

表 1 不同处理地面节肢动物群落组成

Table 1 Composition of ground arthropod in different treatment

类群 Group	CK		SR1		SR2		SR3		SR4		总计 Total	
	个体数	比例/%	个体数	比例/%	个体数	比例/%	个体数	比例/%	个体数	比例/%	个体数	比例/%
直翅目 Orthoptera												
蟋蟀总科 Grylloidea	164	55.50	201	58.26	211	60.63	208	53.33	215	48.75	994	54.62
鞘翅目 Coleoptera adult												
步甲科 Carabidae	83	28.04	98	28.41	90	25.86	106	27.20	150	34.00	532	29.23
跳甲科 Alticinae	10	3.38	9	2.61	12	3.45	16	4.10	19	4.31	66	3.63
叩甲科 Elateridae	—	—	—	—	—	—	4	1.03	—	—	4	0.22
象甲科 Curculionidae	—	—	—	—	2	0.57	2	0.51	—	—	4	0.22
出尾蕈甲科 Scaphidiidae	—	—	—	—	—	—	2	0.51	2	0.45	4	0.22
隐翅甲科 Staphylinidae	26	8.78	21	6.09	23	6.61	34	8.72	36	8.16	140	7.69
伪叶甲科 Lagriidae	—	—	2	0.58	—	—	—	—	2	0.45	4	0.22
膜翅目 Hymenoptera												
胡蜂科 Vespidae	—	—	2	0.58	—	—	—	—	—	—	2	0.11
蚁科 Formicidae	8	2.70	7	2.03	7	2.01	10	2.56	12	2.72	44	2.42
蜘蛛目 Araneae												
逍遥蛛科 Philodromidae	1	0.34	—	—	—	—	2	0.51	—	—	3	0.16
狼蛛科 Lycosidae	—	—	—	—	1	0.28	—	—	1	0.23	2	0.11
跳蛛科 Salticidae	—	—	1	0.29	—	—	—	—	2	0.45	3	0.16
平腹蛛科 Gnaphosidae	1	0.34	2	0.58	—	—	1	0.25	—	—	4	0.22
双翅目 Diptera												
蝇科 Muscidae	3	1.01	2	0.58	2	0.57	4	1.03	2	0.45	13	0.71
盲蛛目 Opiliones												
长奇盲蛛科 Phalanginae	—	—	—	—	—	—	1	0.25	—	—	1	0.05
个体数 Individual	296		345		348		390		441		1820	
类群数 Group number	8		10		8		12		10		16	

注:表中“—”表示该土壤动物类群在该处理中未被发现;CK:对照,control check;SR1:秸秆还田 9000 kg/hm², straw returned for 9000 kg/hm²; SR2:秸秆还田 10500 kg/hm², straw returned for 10500 kg/hm²; SR3:秸秆还田 12000 kg/hm², straw returned for 12000 kg/hm²; SR4:秸秆还田 13500 kg/hm², straw returned for 13500 kg/hm²

表 2 不同处理地面节肢动物群落特征(平均值±标准误)

Table 2 Soil ground arthropod communities in indifferent treatment (Mean±SE)

处理 Treatment	多样性指数 Shannon	均匀度指数 Pielou	丰富度指数 Margalef	优势度指数 Simpson	类群数 Group number	个体数 Individual
CK	1.09±0.02ab	0.69±0.05a	0.80±0.08c	0.41±0.02ab	5.00±0.00b	98.67±14.43b
SR1	0.95±0.04b	0.62±0.07a	0.92±0.10ab	0.46±0.04a	5.33±0.33ab	115.00±17.04ab
SR2	0.96±0.12b	0.63±0.05a	0.83±0.01b	0.44±0.04ab	5.00±0.00b	116.00±8.89a
SR3	1.10±0.03ab	0.66±0.04a	0.93±0.04ab	0.38±0.03b	6.00±0.00a	130.00±19.21a
SR4	1.17±0.03a	0.68±0.02a	0.94±0.08a	0.37±0.02b	5.67±0.33ab	147.00±20.66a

不同小写字母表示同一列不同处理间的差异显著($P < 0.05$)

2.3 地面节肢动物个体数和类群数与土壤含水量和温度的月动态变化

由图 2 所示,地面节肢动物的个体数和类群数在月份变化中与土壤含水量和温度具有一定关联性。地面节肢动物个体数在 8 月份达到最多;总体趋势 8 月>7 月>6 月>9 月。地面节肢动物类群数在 7 月份最多,总

体趋势 7 月>8 月>6 月>9 月。土壤温度在 7 月份最高,总体趋势 7 月>8 月>6 月>9 月。土壤含水量在 6 月份最高,总体趋势 6 月>9 月>8 月>7 月。

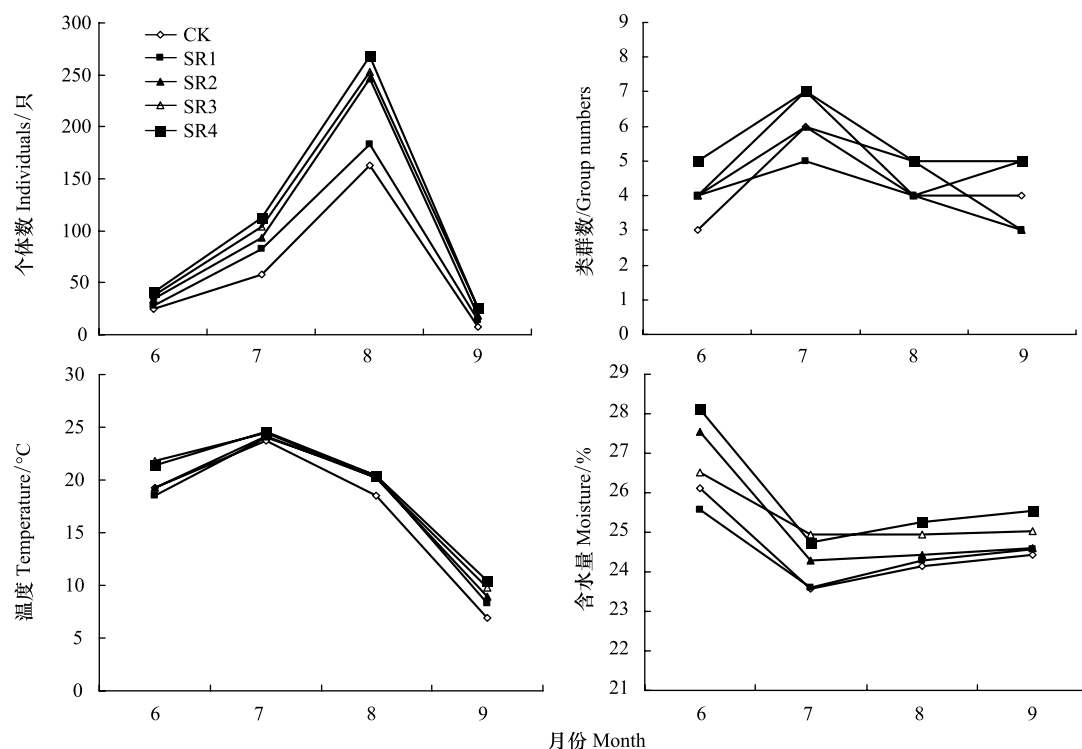


图 2 地面节肢动物个体数和类群数与温度和含水量的月动态变化

Fig.2 The monthly dynamic changes of soil ground arthropod individual, groups, temperature and moisture

CK: 对照, control check; SR1: 秸秆还田 9000 kg/hm², straw returned for 9000 kg/hm²; SR2: 秸秆还田 10500 kg/hm², straw returned for 10500 kg/hm²; SR3: 秸秆还田 12000 kg/hm², straw returned for 12000 kg/hm²; SR4: 秸秆还田 13500 kg/hm², straw returned for 13500 kg/hm²

2.4 玉米秸秆还田量下土壤理化性质与相关性分析

由表 3 可知,与对照 CK 相比,秸秆还田后土壤有机质含量、平均入渗率、土壤温度和含水量显著增加 ($P<0.05$),并且随玉米秸秆还田量的增加呈增加趋势;土壤容重显著降低 ($P<0.05$),随玉米秸秆还田量的增加呈下降趋势。

表 3 不同处理土壤理化性质

Table 3 Soil properties of different treatment

处理 Treatment	有机质 Organic matter/ (g/kg)	容重 Bulk density/ (g/cm ³)	平均入渗率 Average infiltration rate/(mm/min)	温度 Temperature/°C	含水量 Moisture/%
CK	38.24±0.51d	1.35±0.03a	1.51±0.11b	25.3±0.16b	23.23±0.12d
SR1	40.23±0.29bc	1.23±0.02b	1.89±0.14ab	25.3±0.20b	23.51±0.22c
SR2	39.81±0.17c	1.15±0.02bc	2.03±0.21ab	25.4±0.17ab	25.01±0.08ab
SR3	41.07±0.25b	1.17±0.01bc	2.37±0.39a	25.6±0.14ab	24.69±0.13b
SR4	44.79±0.84a	1.14±0.01c	2.44±0.26a	25.7±0.12a	25.39±0.16a

不同小写字母表示同一列不同处理间的差异显著 ($P<0.05$)

由表 4 的 Pearson 相关系数分析结果可知,农田地面节肢动物的个体数与土壤有机质呈极显著相关 ($P<0.01$),与平均入渗率呈显著正相关 ($P<0.05$),与土壤容重呈显著负相关 ($P<0.05$);类群数与土壤温度呈显著正相关 ($P<0.05$);丰富度指数与平均入渗率和土壤含水量呈显著正相关 ($P<0.05$);优势度指数与土壤温度呈

显著负相关($P<0.05$)。

表 4 地面节肢动物群落与土壤环境相关系数
Table 4 Correlation Coefficient between soil ground arthropod communities and soil environmental factors

指标 Index	有机质 Organic matter	容重 Bulk density	平均入渗率 Average infiltration rate	温度 Temperature	含水量 Moisture
个体数 Individual	0.92 **	-0.81 *	0.87 *	0.78	0.74
类群数 Group number	0.63	-0.50	0.75	0.83 *	0.50
多样性指数 Shannon	0.58	-0.04	0.22	0.73	0.17
均匀度指数 Pielou	0.08	0.43	-0.29	0.31	-0.29
丰富度指数 Margalef	0.77	-0.61	0.81 *	0.65	0.86 *
优势度指数 Simpson	-0.57	0.17	-0.33	-0.80 *	-0.30

* 表示显著相关($P<0.05$), ** 表示极显著相关($P<0.01$)

2.5 玉米秸秆还田量对地面节肢动物群落特征指标的影响

由表 5 可知,本研究对地面节肢动物个体数、类群数、多样性指数、均匀度指数、丰富度指数、优势度指数、优势类群(蟋蟀总科和步甲科)和常见类群(跳甲科、隐翅甲科和蚁科)等 11 个指标进行主成分分析,并确定对玉米秸秆还田最敏感的特征指标。通过选取前 2 个主成分,累计贡献率达到 90.96%,可以包含这 11 个特征指标的绝大部分信息。

由表 6 可知,每个特征指标的综合得分是通过以每个主成分所对应特征值占所选取的 2 个主成分特征值之和的比值作为权重,然后分别与对应的主成分值相乘后求和得到,最后进行排序^[22]。综合得分排序前 5 名为:个体数、多样性指数、蟋蟀总科、跳甲科和步甲科。结果表明:综合得分排序较前的这 5 个特征指标对该地区玉米秸秆还田处理较为敏感,初步认为可以作为衡量黑土区玉米秸秆还田效应的指标。

表 5 地面节肢动物主成分特征根与方差贡献率
Table 5 Eigenvalue and variance contribution of principal components

主成分 Principal component	特征根 Eigenvalues	方差贡献率/% Variance contribution	累积方差贡献率/% Cumulative variance contribution
主成分 1 Principal component 1	7.392	67.20	67.20
主成分 2 Principal component 2	2.613	23.75	90.96

表 6 地面节肢动物群落特征指标主成分综合得分及排序
Table 6 Comprehensive value and Rank of characteristics of soil ground arthropod

指标 Index	主成分 Principal component		综合得分 Comprehensive value	排序 Ordination
	P ₁	P ₂		
个体数 Individual	0.334	0.239	0.309	1
类群数 Group number	0.297	0.153	0.259	6
丰富度指数 Margalef	0.304	-0.336	0.137	9
优势度指数 Simpson	0.155	-0.557	-0.031	10
多样性指数 Shannon	0.249	0.364	0.279	2
均匀度指数 Pielou	-0.307	0.312	-0.145	11
蟋蟀总科 Grylloidea	0.200	0.495	0.277	3
步甲科 Carabidae	0.327	0.072	0.260	5
跳甲科 Alticinae	0.358	0.016	0.269	4
隐翅甲科 Staphylinidae	0.354	-0.140	0.225	8
蚁科 Formicidae	0.342	-0.030	0.245	7

3 讨论

3.1 地面节肢动物群落多样性的差异

在本研究中,与对照 CK 相比,玉米秸秆还田后地面节肢动物个体数增加,由对照 CK 的 296 只增加到 SR4 处理的 441 只,增加 48.99%;其中优势类群蟋蟀总科和步甲科增加显著($P<0.05$),蟋蟀总科增加 34.15%,步甲科增加 70.45%。这是因为玉米秸秆本身具有较高养分价值,玉米秸秆还田提高土壤腐殖质含量,为节肢动物提供充足的食物来源外,有利于农田黑土中的土壤动物生存^[23]。一般来说,优势度指数的大小表明该群落中某个类群的土壤动物个体数占该群落总个体数比例的大小^[24],即某一个群落的优势度指数越小,丰富度指数越大,同时群落中的个体在物种间分配比例越均匀,均匀度指数就越大,多样性指数也就越大^[25]。本研究中,SR1 处理的优势度指数最高,对照 CK 的均匀度指数最高,这主要是由于经过玉米秸秆还田后蟋蟀总科和步甲科的数量大量增加造成的,说明玉米秸秆还田后更适合蟋蟀总科和步甲科的生存;SR4 处理的丰富度指数和多样性指数最高,这是由于玉米秸秆除能够为地面节肢动物提供食物来源,还对土壤性质和结构条件的调控来影响地面节肢动物的生存环境,如玉米秸秆能减小土壤容重和增加土壤孔隙度,增加入渗速率,提供多样化的生境,这些因素可能促进土壤生物的活动、促进土壤养分循环,增加了多样性^[26]。群落的物种多样性指数越大,群落的营养通道就越复杂,群落就会向更稳定方向发展^[27]。同时,本研究中随着玉米秸秆还田量的增加,优势度指数 SR1—SR4 处理逐渐降低,均匀度指数 SR1—SR4 处理逐渐上升,这主要是 SR1—SR4 处理中的蟋蟀总科占群落总个体数比例下降,其他常见类群的节肢动物微弱增加,群落中的个体在物种间分配比例较均匀所导致。丰富度指数和多样性指数 SR1—SR4 处理增加,可能是由于玉米秸秆还田量增加,玉米秸秆提高了土壤腐殖质含量,土壤含水量增加,玉米秸秆降解速率提高,增加对土壤的生境调控。因此,随玉米秸秆还田量增加地面节肢动物丰富度指数和多样性指数增加。

3.2 地面节肢动物月动态分布变化特征

从 6—9 月地面节肢动物月动态变化来看,8 月份地面节肢动物个体数最多,这可能是由于 8 月由于气候条件适宜,水热条件好,大多数土壤动物已逐步成熟^[1],同时,8 月份土壤含水量较大,土壤中水分能增加植物地下净初级生存力^[28],刺激土壤微生物的生长与繁殖^[29],加快了玉米秸秆的腐解速度,为地面节肢动物提供一定食物来源,导致地面节肢动物个体数在 8 月份最多。7 月份地面节肢动物类群数最多,这主要是由于 7 月份土壤温度较高,温暖而湿润的环境,加之农田表面有一定的玉米秸秆沫,以及杂草物质,食物资源丰富,为地面节肢动物提供充足食物来源^[15],适合不同地面节肢动物类群的生存,使类群数有微弱增加趋势。

3.3 玉米秸秆还田量下地面节肢动物群落特征

玉米秸秆是农业生产中的生物质资源,玉米秸秆还田能够改善土壤环境。地面节肢动物主要生活在地面枯枝落叶层及浅层土壤中,受土壤环境的影响较大,土壤环境的改变能够快速使地面节肢动物表现出相应的反应,所以,玉米秸秆通过改善土壤环境,进而改变了地面节肢动物的生存环境。本研究中,由于玉米秸秆还田量的不同,导致玉米秸秆降解速率与降解数量不同,从而对地面节肢动物群落影响不同。因此,测定土壤理化性质是衡量土壤质量的重要因子。林英华等研究认为:长期施肥下土壤有机质和全氮与土壤动物群落具有显著相关性,对土壤质量具有很好的预测指示能力^[30]。为此,本文为明确在玉米秸秆还田量下地面节肢动物群落与土壤理化性质的关系,采用 Pearson 相关系数分析,研究表明:农田土壤环境中的土壤有机质、容重、温度、含水量和土壤平均入渗率与地面节肢动物群落的关系密切,地面节肢动物群落中的个体数、类群数、丰富度指数和优势度指数与土壤环境的关系密切。这表明,玉米秸秆还田后土壤有机质含量增加,土壤变疏松,容重减小,孔隙度增大,入渗速率增加,土壤含水量增加,使土壤呼吸速率增加,促进微生物降解和玉米根系发育,为地面节肢动物创造了有利的生存条件。杨旭等研究表明,土壤动物个体密度、甲螨亚目、节跳虫科、前气门亚目的类群受秸秆还田方式的影响较大,是耕作黑土中对秸秆还田方式反应敏感的土壤动物指标,能够作为考察耕作黑土秸秆还田肥力效应的评价指标^[1]。为此,本研究采用主成分分析法(PCA)对 11 个地面节肢

动物的特征指标进行分析,明晰在黑土区农田不同玉米秸秆还田量下地面节肢动物群落的敏感因子,结果显示:地面节肢动物个体数、多样性指数、蟋蟀总科、跳甲科和步甲科这 5 个地面节肢动物特征指标对不同玉米秸秆还田量较为敏感,初步认为是衡量黑土区土壤玉米秸秆还田后土壤质量的评价指标。

4 结论

2016 年 6—9 月于黑土区农田中共捕获地面节肢动物 1820 只,隶属于 16 个类群。其中,优势类群个体数占总个体数 83.85%,构成了研究样地地面节肢动物群落的主力。

玉米秸秆还田作为保护性耕作措施之一,玉米秸秆还田量的不同影响农田地面节肢动物群落的组成。在一定还田量范围内,玉米秸秆还田有助于提高地面节肢动物个体数,随玉米秸秆还田量增加个体数增加;并且对直翅目的蟋蟀总科和鞘翅目的步甲科的影响最为明显。

群落多样性指数分析可得出:随玉米秸秆还田量的增加,优势度指数降低,丰富度指数增加,群落中的个体在物种间分配比例越均匀,均匀度指数增加,多样性指数增加;玉米秸秆还田降低了土壤环境受干扰的程度,使土壤生态系统向更稳定方向发展。

玉米秸秆还田对地面节肢动物群落的总个体数、多样性指数、蟋蟀总科、跳甲科和步甲科的个体数等 5 个指标的影响较大,这 5 个指标对秸秆还田量的响应较敏感,能够预测长期玉米秸秆还田量引起的土壤肥力的变化,对黑土区农田土壤肥力的提升具有一定预测潜力。

参考文献 (References):

- [1] 杨旭,高梅香,张雪萍,林琳,沙迪,张利敏. 秸秆还田对耕作黑土中小型土壤动物群落的影响. 生态学报, 2017, 37(7): 2206-2216.
- [2] 汪冠收. 兰考县玉米秸秆还田分解中土壤动物群落特征及其作用研究[D]. 开封: 河南大学, 2012.
- [3] 劳秀荣,孙伟红,王真,郝艳如,张昌爱. 秸秆还田与化肥配合施用对土壤肥力的影响. 土壤学报, 2003, 40(4): 618-623.
- [4] 宋敏. 增加降水及大气氮沉降对黄淮海平原弃耕地地表节肢动物的影响. 应用生态学报, 2016, 27(11): 3682-3688.
- [5] Eisenhauer N, Sabais A C W, Schonert F, Scheu S. Soil arthropods beneficially rather than detrimentally impact plant performance in experimental grassland systems of different diversity. Soil Biology and Biochemistry, 2010, 42(9): 1418-1424.
- [6] 魏巍,许艳丽,朱琳,韩晓增, Li S. 长期施肥对黑土农田土壤微生物群落的影响. 土壤学报, 2013, 50(2): 372-380.
- [7] 张武,张淑兰,顾成林,杨文泉,吴云飞. 松嫩平原耕作草甸区中小型土壤动物群落特征. 干旱区资源与环境, 2017, 31(2): 128-133.
- [8] Birkhofer K, Diekötter T, Boch S, Fischer M, Müller J, Socher S, V. Soil fauna feeding activity in temperate grassland soils increases with legume and grass species richness. Soil Biology and Biochemistry, 2011, 43(10): 2200-2207.
- [9] Mulder C, Boit A, Bonkowski M, De Ruiter P C, Mancinelli G, Van Der Heijden M G A, Van Wijnen H J, Vonk J A, Rutgers M. A belowground perspective on Dutch agroecosystems: how soil organisms interact to support ecosystem services. Advances in Ecological Research, 2011, 44: 277-357.
- [10] 徐演鹏,谭飞,胡彦鹏,卢萍,吴建平,林英华. 秸秆还田对黑土区农田中小型土壤节肢动物群落的影响. 动物学杂志, 2015, 50(2): 262-271.
- [11] 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]. 长春: 中国科学院研究生院(东北地理与农业生态研究所), 2013.
- [12] 杨佩,王海霞,岳佳. 秸秆覆盖免耕条件下中小型土壤动物的生态分布特征. 水土保持研究, 2013, 20(2): 145-150.
- [13] 卢萍,徐演鹏,谭飞,杨忠岐,林英华. 黑土区农田土壤节肢动物群落与土壤理化性质的关系. 中国农业科学, 2013, 46(9): 1848-1856.
- [14] 李泽兴,孙光芝,王洋,吴东辉. 玉米秸秆覆盖量对农田土壤动物群落结构的影响. 中国农学通报, 2010, 26(16): 296-300.
- [15] 蒋云峰,马南,张爽,陈智文,解宏图. 黑土区免耕秸秆不同覆盖频率下大型土壤动物群落结构特征. 生态学杂志, 2017, 36(2): 452-459.
- [16] 连旭,隋玉柱,武海涛,刘冬,郝敏,管强. 秸秆还田对黑土农田土壤甲螨群落结构的影响. 农业环境科学学报, 2017, 36(1): 134-142.
- [17] 尹文英. 中国土壤动物检索图鉴. 北京: 科学出版社, 1998.
- [18] 鲍士旦. 土壤农化分析. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [19] 李建兴,何丙辉,湛芸. 不同护坡草本植物的根系特征及对土壤渗透性的影响. 生态学报, 2013, 33(5): 1535-1544.
- [20] 刘洁,高梅香,吴东辉. 基于黑土农田生物多样性监测样地的地表大型节肢动物群落特征. 应用生态学报, 2017, 28(12): 3965-3975.
- [21] 许还,殷秀琴,马辰. 长白山地典型农田生态系统土壤跳虫群落结构及其生态分布特征. 生态学报, 2017, 37(23): 8005-8014.

- [22] 李孝刚, 丁昌峰, 王兴祥. 重金属污染对红壤旱地小节肢类土壤动物群落结构的影响. 生态学报, 2014, 34(21): 6198-6204.
- [23] 林英华, 杨学云, 张夫道, 古巧珍, 孙本华, 马路军. 长期施肥对黄土区农田土壤动物群落的影响. 中国农业科学, 2005, 38(6): 1213-1218.
- [24] 殷秀琴, 安静超, 陶岩, 辛未冬, 蒋云峰, 王富斌. 拉萨河流域健康湿地与退化湿地大型土壤动物群落比较研究. 资源科学, 2010, 32(9): 1643-1649.
- [25] 张雪萍, 黄丽荣, 姜丽秋. 大兴安岭北部森林生态系统大型土壤动物群落特征. 地理研究, 2008, 27(3): 509-518.
- [26] 李强, 周道玮, 陈笑莹. 地上枯落物的累积、分解及其在陆地生态系统中的作用. 生态学报, 2014, 34(14): 3807-3819.
- [27] 张雪萍, 张淑花, 李景科. 大兴安岭火烧迹地土壤动物生态地理分析. 地理研究, 2006, 25(2): 327-334.
- [28] Bai W M, Wan S Q, Niu S L, Liu W X, Chen Q S, Wang Q B, Zhang W H, Han X G, Li L H. Increased temperature and precipitation interact to affect root production, mortality, and turnover in a temperate steppe: implications for ecosystem C cycling. *Global Change Biology*, 2010, 16(4): 1306-1316.
- [29] Zhang N L, Liu W X, Yang H J, Yu X J, Gutknecht J L M, Zhang Z, Wan S Q, Ma K P. Soil microbial responses to warming and increased precipitation and their implications for ecosystem C cycling. *Oecologia*, 2013, 173(3): 1125-1142.
- [30] 林英华, 黄庆海, 刘骅, 彭畅, 朱平, 张树清, 张夫道. 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. 中国农业科学, 2010, 43(11): 2261-2269.