

内蒙古武川县农田退耕还草对大型土壤动物群落的影响*

刘新民** 门丽娜

(内蒙古师范大学生命科学与技术学院,呼和浩特 010022)

摘要 用手拣法采集大型土壤动物,应用个体数、类群数、多样性指数等指标分析了内蒙古武川县农田退耕还草管理下大型土壤动物群落的变化。共捕获大型土壤动物49类1479只,隶属于3纲、7目、41科;农田退耕后大型土壤动物的类群数、个体数和生物量均有增加趋势;Margalef丰富度指数(D_{Ma})和密度-类群指数(DG)显示,农田退耕还草后大型土壤动物群落多样性明显增加,但由于退耕时间短,Shannon-Wiener多样性指数(H')和Pielou均匀度指数(E)并不比农田高;不同动物类群对退耕还草的响应不同。退耕后采用紫花苜蓿或紫花苜蓿+蒿属植物的人工种植管理方式较为合适。

关键词 退耕还草 大型土壤动物 群落特征

文章编号 1001-9332(2009)08-1965-08 中图分类号 Q958.1 文献标识码 A

Effects of grassland restoration from cropland on soil macrofaunal community in Wuchuan County, Inner Mongolia. LIU Xin-min, MEN Li-na (College of Life Science and Technology, Inner Mongolia Normal University, Huhhot 010022, China). -Chin. J. Appl. Ecol. 2009 20(8):1965-1972.

Abstract: By the method of hand-sorting, and using the indices individual number, group number, and biodiversity, the changes in the soil macrofaunal community under the grassland restoration from cropland in Wuchuan County, Inner Mongolia were investigated. A total of 1479 soil macrofauna belonging to 3 classes, 7 orders and 41 families were captured. After the grassland restoration from cropland, the group number, individual number, and biomass of soil macrofauna all had an increasing trend, and the biodiversity of soil macrofaunal community reflected by D_{Ma} and DG increased significantly. However, due to the short term of cropland rehabilitation, the Shannon-Wiener index H' and the Pielou evenness index E of the soil microfaunal community in grassland were not higher than those in cropland. Different soil macrofaunal groups had different responses to the grassland restoration from cropland. The preferable approaches for the grassland restoration from cropland were planting *Medicago sativa* or planting *Medicago sativa* + *Artemisia* sp.

Key words: grassland restoration from cropland; soil macrofaunal; community characteristics.

大型土壤动物是土壤生态系统的重要组成部分,它们在动植物残体分解、土壤的形成与发育以及土壤理化性质改善、物质迁移与能量转化等方面具有重要作用^[1]。研究表明,大型土壤动物对环境变化,特别是土地利用方式的变化较为敏感^[2-4],可以作为环境变化的指示生物^[5-7]。内蒙古武川县位于阴山北麓,原地带性植被为暖温带草原,在长期的人类垦殖下,现已演替为以农业为主、农牧交错的景观

格局,是全国风蚀沙化重点县之一,自实施退耕还林还草工程以来,环境状况有了较明显的改善。对农田退耕后所采取的管理方式的科学评价是完善退耕还林还草工程的重要环节,也是人们关注的重点问题,而已有的研究主要集中于对退耕还林还草措施与植被和土壤变化^[8-10]之间关系的分析等方面,针对农田退耕还林还草后大型土壤动物群落反应的研究则相对缺乏。本文以内蒙古武川县境内的退耕还草地为样点,探讨了农田退耕后采取不同管理方式时大型土壤动物群落特征的变化,以期为退耕还草工作的实践提供基础资料和理论依据。

* 内蒙古自治区自然科学基金项目(200607010506)资助。

** 通讯作者。E-mail: Linxm6596671@163.com

2008-12-09 收稿,2009-06-13 接受。

1 材料与方法

1.1 样地选择

在内蒙古武川县东土城乡和西乌兰不浪乡境内,选择农田、退耕种植紫花苜蓿(*Medicago sativa*)、退耕种植紫花苜蓿+蒿属(*Artemisia* sp.)植物、退耕种植菊芋(*Helianthus tuberosus*)、退耕种植菊芋+蒿属植物和撂荒地6种类型为采样地进行定点观测.6种样地包含了3类土地管理方式,即耕作、退耕还草和撂荒.各样地土壤均为栗钙土.由于退耕后管理方式、退耕年限和小环境的差异,各样地在土壤养分含量和植物群落特征等方面有了明显差别(表1).

1.2 研究方法

2006年5—9月每月下旬在每个样地随机设8个样方,样方面积为25 cm × 25 cm,土层深度30 cm,每10 cm一层分3层采集土样,手拣法收集动物标本,称鲜质量后,于75%酒精中保存,在实验室内依据有关文献^[11-13]进行分类、鉴定.

以各土壤动物类群的个体数占群落总个体数的百分数计算优势度.

采用如下指数计算大型土壤动物群落多样性^[14]:

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

式中 H' 表示Shannon-Wiener多样性指数; p_i 表示第*i*个类群的个体数量占该样地总个体数量的百分比.

$$E = H' / \ln(S)$$

式中 E 表示Pielou均匀度指数; H' 表示Shannon-Wiener多样性指数; S 表示类群数^[14].

$$D_{Ma} = (S - 1) / \ln N$$

式中 D_{Ma} 表示Margalef丰富度指数; S 表示类群数; N 表示总个体数^[15].

$$DG = (g/G) \sum_{i=1}^g (D_i C_i / D_{i \max} C)$$

式中 DG 表示密度-类群指数; D_i 表示第*i*个类群的个体数; $D_{i \max}$ 表示各群落中第*i*个类群的最大个体数; g 表示各群落中的类群数; G 表示各群落所包含的总类群数; C_i/C 表示在*C*个群落中第*i*个类群出现的比率^[16].

并计算大型土壤动物类群的空间生态位宽度(B_i)^[17]和重要值(IV)^[18]:

$$B_i = 1 / \sum_{j=1}^r (P_{ij})^2$$

式中 P_{ij} 表示类群*i*在第*j*种资源状态下的个体数占该类群全部个体数的比例; r 表示资源状态数.

$$IV = (\text{相对频度} + \text{相对生物量} + \text{相对密度}) / 3$$

用欧氏距离对不同大型土壤动物群落进行聚类,分析其群落相似性.以50 ml土壤环刀采集0~15 cm深土壤样品,每样地5次重复,测定土壤有机质和养分含量^[19].

1.3 数据处理

采用SPSS 11.5和Excel 2003软件对数据进行处理.采用Duncan法进行差异显著性分析.

2 结果与分析

2.1 不同退耕还草方式下大型土壤动物群落组成的变化

本研究共捕获大型土壤动物49类1479只,隶

表1 样地背景资料

Tab. 1 Background data of sampling plots

样地 Plot	退耕年限 Rehabilitated years (a)	土壤有机质 Organic matter (mg · kg ⁻¹)	土壤全氮 Total N (mg · kg ⁻¹)	土壤全磷 Total P (mg · kg ⁻¹)	土壤全钾 Total K (mg · kg ⁻¹)	土壤速效氮 Available N (mg · kg ⁻¹)	土壤速效磷 Available P (mg · kg ⁻¹)	土壤速效钾 Available K (mg · kg ⁻¹)	平均草高 Average height of grass (cm)	植物群落 盖度 Coverage of plant community (%)
CL		1187.0b	515.0c	9.1a	140.2a	19.8c	2.9a	33.3a	43	57
PM	6	2145.1a	100.0a	7.9a	118.9a	27.3b	2.6a	51.8a	54	83
PMA	6	814.2b	86.5ab	7.0ab	157.7a	27.1b	1.5a	50.0a	62	87
PH	6	1297.3ab	85.6ab	7.8a	134.7a	22.6c	2.4a	47.9a	27	62
PHA	3	1519.6ab	73.4bc	4.8b	145.3a	35.5a	1.6a	57.4a	34	71
AC	10	903.9b	67.1bc	8.0a	149.6a	23.8c	2.9a	34.7a	12	23

CL:农田 Cropland; PM:退耕种植紫花苜蓿 Planting *Medicago sativa*; PMA:退耕种植紫花苜蓿+蒿属植物 Planting *Medicago sativa* + *Artemisia* sp.; PH:退耕种植菊芋 Planting *Helianthus tuberosus*; PHA:退耕种植菊芋+蒿属植物 Planting *Helianthus tuberosus* + *Artemisia* sp.; AC:撂荒地 Abandoned cropland. 下同 The same below. 同列不同字母表示样地间差异显著($P < 0.05$) Different letters in the same column meant significant difference at 0.05 level among plots.

属于 3 纲、7 目、41 科。农田退耕后采取不同管理方式下,大型土壤动物群落的个体数、类群数和生物量都发生了明显的变化(表 2),4 种退耕还草地大型土壤动物群落的 3 个指标均高于农田,撂荒地大型土壤动物的个体数低于 4 种退耕还草地,但高于农田,类群数在几种样地中是最低的,而生物量则是几种样地中最高的,这与体型较大的鳃金龟科(Melolonthidae)幼虫在该样地的捕获量较高有关(表 3)。多重比较结果表明,撂荒地(AC)的大型土壤动物类群数与其他样地差异显著,农田(CL)的大型土壤动物个体数与其他样地差异显著(表 2)。

在捕获的 49 类大型土壤动物中,蚁类(Formicidae)个体数量的增加最为突出,由于蚁类个体数量的增加,使退耕还草不同管理方式各样地与农田相比,群落中优势度在 1% 以上的动物类群数明显减少,特别是优势度在 10% 以上的优势类群数减少更加明显。

表 3 列出了优势度在 5% 以上、或生物量占群

落总生物量 5% 以上、或重要值在 5% 以上的 16 个主要动物类群的生物量和重要值。从中可以看出,与优势度所反映的大型土壤动物不同类群在群落中的重要性排序情况(表 2)相比,生物量和重要值反映的情况发生了明显变化。比较显著的是,鳃金龟科幼虫、拟步甲科(Tenebrionidae)幼虫和盗虻科(Asilidae)幼虫的重要性排序提高,蚁科(Formicidae)成虫、步甲科(Carabidae)成虫和步甲科幼虫的重要性排序降低。

从表 3 还可以看出,农田退耕后采用不同管理方式下,16 个主要动物类群的生物量总体上均呈增加趋势,但很明显它们在不同退耕管理方式下的增加程度不同,甚至部分动物类群在某种管理方式下生物量是下降的(如鳃金龟科幼虫在样地 PMA、PH 和 PHA 中),但比较一致的是,各动物类群在撂荒地样地(AC)和退耕种植菊芋+蒿属植物样地(PHA)中的增加幅度较小(鳃金龟科幼虫例外),而在其他 3 种退耕管理方式下的增加幅度均较大(如蚁科

表 2 不同样地大型土壤动物群落组成

Tab. 2 Composition of soil macrofauna communities in different plots

土壤动物 Soil macrofauna	CL	PM	PMA	PH	PHA	AC	土壤动物 Soil macrofauna	CL	PM	PMA	PH	PHA	AC
卷叶蛛科 Dictynidae	0	0	0	0	1	0	叩头甲科幼虫 Elateridae	1	1	2	1	31	0
球蛛科 Theridiidae	0	0	4	5	0	0	瓢虫科成虫 Coccinellidae	0	6	20	5	5	2
狼蛛科 Lycosidae	0	0	1	0	0	1	瓢虫科幼虫 Coccinellidae	0	1	2	0	0	1
管巢蛛科 Clubionidae	0	0	0	0	3	0	拟步甲科成虫 Tenebrionidae	1	2	7	4	3	2
光盆蛛科 Liocranidae	0	0	1	0	0	0	拟步甲科幼虫 Tenebrionidae	6	19	20	11	2	1
平腹蛛科 Gnaphosidae	1	1	5	4	2	0	芫菁科幼虫 Meloidae	1	0	0	0	0	0
蟹蛛科 Thomisidae	0	7	5	1	2	0	叶甲科成虫 Chrysomelidae	0	5	7	1	0	0
逍遥蛛科 Philodromidae	1	0	5	1	0	2	叶甲科幼虫 Chrysomelidae	8	15	10	27	3	0
地蜈蚣科 Geophilidae	0	0	0	0	2	0	象甲科成虫 Curculionidae	0	1	3	1	0	0
沫蝉科 Cercopidae	0	0	0	1	0	0	象甲科幼虫 Curculionidae	0	2	4	0	0	0
猎蝽科 Reduviidae	1	0	0	0	1	2	瘦蚊科幼虫 Cecidomyiidae	0	1	0	0	0	0
土蝽科 Cydnidae	0	2	1	0	0	0	虻科幼虫 Tabanidae	0	1	0	0	0	0
长蝽科 Lygaeidae	1	2	8	0	3	0	臭虻科幼虫 Coenonyidae	1	0	0	0	0	0
虎甲科幼虫 Cicindelidae	0	0	0	2	0	0	剑虻科幼虫 Therevidae	1	0	0	0	0	0
步甲科成虫 Carabidae	14	7	8	18	10	5	盗虻科幼虫 Asilidae	6	4	1	11	1	1
步甲科幼虫 Carabidae	8	12	4	4	21	0	螟蛾科幼虫 Pyralidae	1	2	1	1	1	0
蚁甲科成虫 Pselaphidae	2	0	7	1	8	0	夜蛾科幼虫 Noctuidae	0	2	2	2	1	0
隐翅虫科成虫 Staphylinidae	0	1	0	1	7	2	尺蛾科幼虫 Geometridae	0	1	0	0	0	0
隐翅虫科幼虫 Staphylinidae	0	0	0	0	1	1	麦蛾科幼虫 Gelechiidae	0	0	0	1	0	0
埋葬甲科成虫 Silphidae	0	2	0	0	0	0	透翅蛾科幼虫 Sesiidae	0	0	1	0	0	0
金龟科成虫 Scarabaeidae	0	1	0	0	1	0	蚕蛾科幼虫 Bombycidae	0	0	0	1	0	0
蜉金龟科幼虫 Aphodiidae	13	6	1	0	0	0	灰蝶科幼虫 Lycaenidae	0	0	0	2	0	0
鳃金龟科成虫 Melolonthidae	0	14	3	9	0	0	蚁科成虫 Formicidae	12	192	210	69	223	133
鳃金龟科幼虫 Melolonthidae	1	21	3	12	1	25	个体数 individual number	82	332	346	198	338	183
丽金龟科幼虫 Rutelidae	2	0	0	1	0	5	类群数 Group number	20a	29a	28a	28a	24a	14b
叩头甲科成虫 Elateridae	0	1	0	1	5	0	生物量 Biomass (mg · m ⁻²)	1307	4858	5360	4363	2095	8103

表中数据为大型土壤动物类群的个体数 The data in the table were individual number of soil macrofauna. 同行不同字母表示样地间差异显著 Different letters in the same line meant significant difference at 0.05 level among plots. 下同 The same below.

成虫和拟步甲科成虫),特别是在退耕种植紫花苜蓿 + 蒿属植物样地(PMA)和退耕种植紫花苜蓿样地(PM).

农田退耕后采用不同管理方式导致主要大型土壤动物类群重要值的变化情况与生物量截然不同,除个别动物类群(如蚁科成虫)的重要值有明显的增加外,大部分动物类群的重要值增加不明显(如步甲科成虫和叶甲科幼虫),甚至有降低的趋势(如盗虻科幼虫和拟步甲科幼虫).

2.2 不同退耕还草方式下大型土壤动物群落的空间生态位

以6个样地为不同资源状态,计算了大型土壤

动物各类群的空间生态位宽度,表4为在3个以上样地中有分布的主要动物类群的生态位宽度,未列出的动物类群的生态位宽度相对较窄,且仅在1个或2个样地中有分布,捕获的个体数量也较少.

在列出的主要动物类群中,部分类群为个体数量较高(优势度在1%以上)、分布较广(在5~6个样地中有分布)、且生态位较宽的类群,如蚁科成虫、鳃金龟科幼虫、步甲科成虫等,这些类群的生态适应性较强,农田的持续耕作扰动和退耕后采取不同的人工管理方式主要导致其个体数量的变动.还有部分动物类群(如蜉金龟科幼虫、蚁甲科成虫和蟹蛛科)尽管捕获的个体数量也较高,但分布(在3

表3 大型土壤动物主要类群的生物量和重要值

Tab.3 Biomass and importance values of the main groups of soil macrofauna

大型土壤动物 Soil macrofauna	生物量 Biomass (mg · m ⁻²)						重要值(%)					
	PHA	RM	PMA	PH	CL	PM	PMA	PH	PHA	AC		
步甲科成虫 Carabidae	225	565	653	1276	706	406	12.6	6.7	6.6	20.4	17.0	9.5
步甲科幼虫 Carabidae	17	53	33	91	129	0	5.0	4.3	2.8	2.6	9.8	0.0
蜉金龟科幼虫 Aphodiidae	-	20	0	0	0	0	-	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0
鳃金龟科成虫 Melolonthidae	0	586	0	206	0	0	0.0	8.0	0.0	4.1	0.0	0.0
鳃金龟科幼虫 Melolonthidae	762	769	61	252	0	6782	26.3	8.7	0.9	3.2	0.0	38.7
叩头甲科成虫 Elateridae	0	2	0	11	120	0	0.0	0.6	0.0	0.7	3.2	0.0
叩头甲科幼虫 Elateridae	0	12	33	8	188	0	0.0	0.6	2.8	1.0	7.5	0.0
瓢虫科成虫 Coccinellidae	0	71	192	53	18	10	0.0	3.3	5.8	1.7	2.9	1.3
拟步甲科成虫 Tenebrionidae	0	143	1946	197	148	579	0.0	1.5	15.2	2.8	3.6	3.6
拟步甲科幼虫 Tenebrionidae	71	545	672	428	352	67	15.6	11.1	12.4	9.6	10.1	1.6
叶甲科成虫 Chrysomelidae	0	91	241	293	0	0	0.0	2.3	3.6	6.6	0.0	0.0
叶甲科幼虫 Chrysomelidae	48	274	351	703	73	0	5.8	7.0	6.3	14.2	5.0	0.0
盗虻科幼虫 Asilidae	101	213	49	148	0	24	14.1	2.6	1.3	4.9	0.0	2.7
夜蛾科幼虫 Noctuidae	0	433	0	32	0	0	0.0	4.1	0.0	1.5	0.0	0.0
蚕蛾科幼虫 Bombycidae	0	0	167	359	0	0	0.0	0.0	2.1	3.4	0.0	0.0
蚁科成虫 Formicidae	44	664	601	116	314	81	10.3	9.4	22.9	13.5	28.9	26.5

表4 大型土壤动物主要类群的空间生态位

Tab.4 Spatial niches of the main groups of soil macrofauna

土壤动物 Soil macrofauna	B _i	分布的样地数 Plot number of distributed	优势度 Dominance (%)	土壤动物 Soil macrofauna	B _i	分布的样地数 Plot number of distributed	优势度 Dominance (%)
步甲科成虫 Carabidae	5.07	6	4.2	蚁甲科成虫 Pselaphidae	2.75	4	1.2
蚁科成虫 Formicidae	4.59	6	56.7	长蝽科 Lygaeidae	2.51	4	0.9
拟步甲科成虫 Tenebrionidae	4.35	6	1.3	隐翅虫科成虫 Staphylinidae	2.20	4	0.7
拟步甲科幼虫 Tenebrionidae	3.77	6	4.0	逍遥蛛科 Philodromidae	2.61	4	0.6
盗虻科幼虫 Asilidae	3.27	6	1.6	夜蛾科幼虫 Noctuidae	3.77	4	0.5
鳃金龟科幼虫 Melolonthidae	3.25	6	4.3	鳃金龟科成虫 Melolonthidae	2.36	3	1.8
步甲科幼虫 Carabidae	3.53	5	3.3	蜉金龟科幼虫 Aphodiidae	1.94	3	1.4
叶甲科幼虫 Chrysomelidae	3.52	5	4.3	叶甲科成虫 Chrysomelidae	2.25	3	0.9
瓢虫科成虫 Coccinellidae	2.95	5	2.6	丽金龟科幼虫 Rutelidae	2.13	3	0.5
叩头甲科幼虫 Elateridae	1.34	5	2.4	叩头甲科成虫 Elateridae	1.81	3	0.5
平腹蛛科 Gnaphosidae	3.60	5	0.9	象甲科成虫 Curculionidae	2.27	3	0.3
螟蛾科幼虫 Pyralidae	4.50	5	0.4	猎蝽科 Reduviidae	2.67	3	0.3
蟹蛛科 Thomisidae	2.85	4	1.0	瓢虫科幼虫 Coccinellidae	2.67	3	0.3

表 5 大型土壤动物群落在土壤中的垂直分布

Tab. 5 Vertical distribution of the soil macrofauna communities

土壤深度 Soil depth (cm)	类群数 Group number						个体数 Individual number					
	CL	PM	PMA	PH	PHA	AC	CL	PM	PMA	PH	PHA	AC
0~10	17	27	29	26	22	17	51	196	205	125	149	146
10~20	9	10	8	8	9	3	22	80	52	50	149	27
20~30	4	10	5	7	7	3	10	58	90	24	42	15

~4 个样地中有分布)和空间生态位均较窄。叩头甲科幼虫较为特殊,个体数量较高(优势度为 2.4%)分布较广(在 5 个样地中有分布),但生态位却较窄。

2.3 不同退耕还草方式下大型土壤动物群落在土壤中的垂直分布

表 5 为各样地大型土壤动物类群数和个体数在不同土层的垂直分布情况。可以看出,除退耕种植紫花苜蓿+蒿属植物样地(PMA)20~30 cm 土层大型土壤动物个体数量较 10~20 cm 土层高外,在本研究选择的几种样地中,大型土壤动物类群数和个体数的垂直分布基本都呈随土壤深度的增加而递减的趋势,且退耕还草没有导致大型土壤动物垂直分布型的明显变化。

2.4 不同退耕还草方式下大型土壤动物群落多样性和相似性

由表 6 可知 4 种多样性指数中 H' 和 E 所显示的结果是一致的,表现为 $CL > PH > PM > PMA > PHA > AC$, D_{Ma} 表现为 $PH > PM > PMA > CL > PHA > AC$, DG 表现为 $PMA > PM > PH > PHA > CL > AC$ 。表明在本研究所涉及的农田退耕管理方式和退耕年限范围内 H' 和 E 指数所反映的大型土壤动物群落多样性均没有提高;大型土壤动物群落丰富度(D_{Ma})除退耕种植菊芋+蒿属植物样地(PHA)外,其他 3 种退耕还草样地均比农田高,撂荒地较农田低;密度-类群指数(DG)显示 4 种退耕还草样地的大型土壤动物群落多样性均高于农田,撂荒地低于农田。

表 6 大型土壤动物群落多样性指数

Tab. 6 Biodiversity index of the soil macrofauna communities

样地 Plot	H'	E	D_{Ma}	DG
CL	2.48	0.83	4.31	1.99
PM	1.86	0.55	4.82	6.28
PMA	1.80	0.54	4.62	7.05
PH	2.40	0.72	5.11	5.27
PHA	1.49	0.47	3.95	4.39
AC	1.09	0.41	2.50	1.36

以欧氏距离系数计算各样地大型土壤动物群落的相似性,并对计算结果进行了聚类分析。结果表明(图 1)6 个样地明显可以分为 2 组,退耕种植紫花苜蓿样地(PM)、退耕种植紫花苜蓿+蒿属植物样地(PMA)和退耕种植菊芋+蒿属植物样地(PHA)之间大型土壤动物群落的相似性较高;农田(CL)、撂荒地(AC)和退耕种植菊芋样地(PH)之间大型土壤动物群落的相似性较高。

2.5 不同退耕还草方式下大型土壤动物主要类群密度的变化

各样地中优势度较高的 18 个大型土壤动物类群的密度列于表 7。可以看出,农田退耕后大型土壤动物主要类群的密度发生了较明显的变化。部分类群的密度在退耕还草样地中高于农田,如蚁科成虫、拟步甲科幼虫等,且大多在退耕种植紫花苜蓿样地(PM)、退耕种植紫花苜蓿+蒿属植物样地(PMA),以及退耕种植菊芋+蒿属植物样地(PHA)中较高;另一部分类群的密度则在退耕还草样地和农田之间无明显差别,如叶甲科成虫、叶甲科幼虫、步甲科成虫和步甲科幼虫等。盗虻科幼虫(腐生)和蜉金龟科幼虫(食粪)较特殊,它们在农田中的密度基本高于各退耕样地,仅盗虻科幼虫在退耕种植菊芋样地(PH)中的密度高于农田。大型土壤动物成虫和幼虫

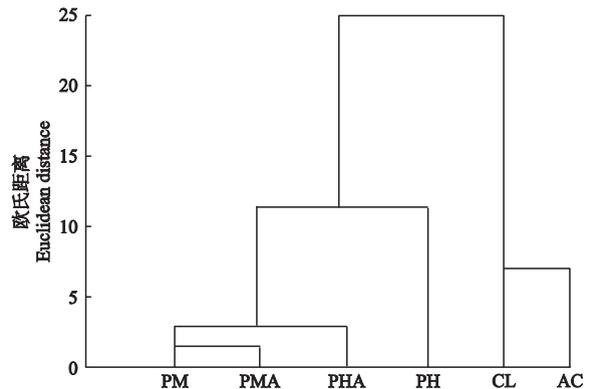


图 1 大型土壤动物群落相似性聚类分析

Fig. 1 Cluster analysis of similarity of soil macrofauna communities.

表 7 大型土壤动物主要类群密度

Tab. 7 Density of main soil macrofauna groups (ind · m⁻²)

大型土壤动物 Soil macrofauna	CL	PM	PMA	PH	PHA	AC
平腹蛛科 Gnaphosidae	0. 1ab	0. 1ab	0. 5a	0. 4ab	0. 1ab	0b
蟹蛛科 Thomisidae	0b	0. 7a	0. 4ab	0. 1b	0. 2b	0b
长蟱科 Lygaeidae	0. 1a	0. 1a	0. 3a	0a	0. 1a	0a
步甲科成虫 Carabidae	1. 4a	1. 0a	0. 8a	1. 8a	1. 0a	0. 5a
步甲科幼虫 Carabidae	0. 8ab	1. 2ab	0. 9ab	0. 4b	2. 1a	0b
蚊甲科成虫 Pselaphidae	0. 2a	0a	0. 7a	0. 1a	0. 8a	0. 6a
隐翅甲科成虫 Staphylinidae	0b	0. 1b	0b	0. 1b	0. 8a	0. 3ab
蜉金龟科幼虫 Aphodiidae	1. 3a	0. 6ab	0. 1b	0b	0b	0b
鳃金龟科成虫 Melolonthidae	0a	0. 5a	0. 4a	0. 9a	0a	0a
鳃金龟科幼虫 Melolonthidae	0. 1c	3. 1a	0. 2c	1. 2bc	0. 1c	2. 5ab
叩头甲科幼虫 Elateridae	0b	1. 0b	0. 2b	0. 1b	3. 1a	0. 1b
瓢虫科成虫 Coccinellidae	0b	0. 7ab	2. 2a	0. 5ab	0. 5ab	0. 4b
拟步甲科成虫 Tenebrionidae	0. 2a	0. 2a	0. 7a	0. 4a	0. 3a	0. 2a
拟步甲科幼虫 Tenebrionidae	0. 5bc	1. 9a	1. 5ab	1. 1abc	0. 2c	0. 1c
叶甲科成虫 Chrysomelidae	0. 2a	0. 5a	0. 5a	0. 6a	0. 1a	0a
叶甲科幼虫 Chrysomelidae	0. 7ab	1. 5ab	1. 0ab	2. 2a	0. 2b	0b
盗虻科幼虫 Asilidae	0. 6ab	0. 1b	0. 1b	1. 1a	0. 1b	0. 1b
蚊科成虫 Formicidae	1. 2b	19. 2a	20. 0a	6. 9ab	22. 3a	12. 7ab

对农田退耕的反应明显不同,大部分大型土壤动物幼虫对农田退耕的反应较成虫明显.蟹蛛科和平腹蛛科蜘蛛的个体数量在退耕还草样地中也有较明显的增加.

3 讨 论

农田的持续耕作活动对大型土壤动物群落个体密度的影响是负面的^[20-22].频繁的耕作扰动、土壤表层结构的改变^[23-24]、施肥和喷洒农药等改变了土壤动物的生存环境,干扰其生长发育^[25],从而使农田生境大型土壤动物类群数和个体数处于较低水平.人为管理的退耕还草中,植物群落和土壤特征发生明显变化(表1),而且不同管理方式之间这些特征的变化有较大差别.大型土壤动物在农田退耕还草后一个基本的变化趋势是类群数和个体数均有所提高,且以退耕后人工种植紫花苜蓿+蒿属植物及人工种植紫花苜蓿2种管理方式下提高更加明显.人工高密度种植经济植物的一个明显缺陷是导致环境状况单一,容易诱发一些害虫的爆发,在本研究的采样中已经看到在植物生长季瓢虫(*Coccinellidae*)大发生的现象,因此在退耕还草实践中考虑所种草的种类和种植方法是必要的.

大型土壤动物不同类群对农耕、人工种草和撂

荒3种土地利用方式的反应明显不同.蚁类由于耕作活动影响其筑巢而数量减少是很显然的,这与一些文献中的研究结果极其相似^[4,26].农田退耕后,蚁类数量明显增加,但没有表现出对不同退耕管理方式反应的显著差异.有研究认为,农田耕作会减少鞘翅目昆虫(如捕食性的步甲科昆虫)的个体数量,并可用来指示土壤环境的变化^[20,27-28].本研究中鞘翅目成虫的数量在农田和退耕地之间无显著差别,这可能与甲虫成虫活动性强、样地之间相距较近有关,而生活在土壤中的鞘翅目幼虫的个体数量则与土地耕作或退耕有一定的相关性,这样的相互关系在步甲科成虫和幼虫对农田耕作或退耕管理的反应中表现的更为明显.腐食(或腐生)和粪食类土壤动物(如盗虻科幼虫和蜉金龟科幼虫)对农田退耕管理的反应是值得注意的,本研究中这两类土壤动物的个体数量在农田中较高.腐食(或腐生)类土壤动物的数量变化与不同管理方式下环境中有机质含量和植物残体的多少及存在状况有关,粪食类土壤动物幼虫个体数量在农田中较高应该与研究地区农耕活动中施用牲畜粪肥和使用牲畜有直接关系.明显地这两类土壤动物能够反应农田退耕后环境的变化状况.需要指出的是,本研究采样中获得的粪食类土壤昆虫幼虫数量数据与其生活习性和所采用的

采样方法有关。

不同的群落多样性指数可以从不同侧面反映大型土壤动物群落的多样性状况。本研究结果显示,农田退耕还草6年左右,大型土壤动物群落类群数、个体数和生物量尽管均有所提高,但由 H' 和 E 指数所反映的群落中动物类群的配置状态并不优于农田,这与本研究所选退耕还草样地的退耕时间短、退耕后动物群落演替没有达到稳定状态有关。 DG 指数以动物群落中各动物类群具有同等独立性的假定为基础,适合定量描述多个动物群落的多样性,也适合于分类单位较大的大型土壤动物群落^[29]。本研究中, DG 指数所表达的退耕还草后大型土壤动物群落多样性的变化趋势与类群数、个体数和生物量等基本指标的变化趋势一致,同样呈增加趋势。

由以上讨论可以看出,在本研究涉及的采样范围内,农田退耕后采用不同管理方式均导致大型土壤动物群落类群数、密度、生物量和多样性的提高,但并未达到群落演替的稳定阶段。综合不同退耕还草管理样地大型土壤动物群落各种指标的变化特征,可以认为,农田退耕后采用人工种植紫花苜蓿或人工种植紫花苜蓿+蒿属植物的管理方式是较为合适的。

参考文献

- [1] Lü S-H(吕世海), Lu X-S(卢欣石), Gao J-X(高吉喜). Responses of soil fauna to environment degeneration in the process of wind erosion desertification of Hulunbeir steppe. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2007, **18**(9): 2055-2060 (in Chinese)
- [2] Wu D-H(吴东辉), Zhang B(张柏), Chen P(陈鹏). Community characteristics of soil insect larvae in agricultural and forest lands in mid-west plain of Jilin Province. *Chinese Journal of Ecology* (生态学杂志), 2007, **26**(1): 131-134 (in Chinese)
- [3] Yin X-Q(殷秀琴), Wang H-X(王海霞), Zhou D-W(周道玮). Characteristics of soil animals' communities in different agricultural ecosystem in the Songnen Grassland of China. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2003, **23**(6): 1071-1078 (in Chinese)
- [4] Nakamura A, Catterall CP, House PN, et al. The use of ants and other soil and litter arthropods as bio-indicators of the impacts of rainforest clearing and subsequent land use. *Journal of Insect Conservation*, 2007, **11**: 177-186
- [5] McGeoch MA, van Rensburg BJ, Botes A. The verification and application of bioindicators: A case study of dung beetles in a savanna ecosystem. *Journal of Applied Ecology*, 2002, **39**: 661-672
- [6] Wu D-H(吴东辉), Zhang B(张柏), Chen P(陈鹏). Community structure and composition of soil macrofauna under different land use in Changchun city. *Acta Zoologica Sinica* (动物学报), 2006, **52**(2): 279-287 (in Chinese)
- [7] Fountain MT, Hopkin SP. Biodiversity of Collembola in urban soils and the use of *Folsomia candida* to assess soil 'quality'. *Ecotoxicology*, 2004, **13**: 555-572
- [8] He W-Q(何文清), Zhao C-X(赵彩霞), Gao W-S(高旺盛). Main affecting factors of soil wind erosion under different land use patterns: A case study in Wuchuan County, Inner Mongolia. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2005, **16**(11): 2092-2096 (in Chinese)
- [9] Yang S(杨树), Wen Y-J(温雨金), Liu H-Y(刘鸿雁). Ecological effects of mandatory conversion of marginal cropland to forestland and grassland in central Inner Mongolia. *Research of Soil and Water Conservation* (水土保持研究), 2006, **13**(4): 143-149 (in Chinese)
- [10] Yang Y-H(杨玉海), Jiang P-A(蒋平安). Studies on soil properties of Lucerne with different cultivating ages. *Journal of Soil Water Conservation* (水土保持学报), 2005, **19**(2): 110-113 (in Chinese)
- [11] Zhong J-M(钟觉民). Taxonomy of Insect Larvae. Beijing: China Agricultural Press, 1990 (in Chinese)
- [12] Zheng L-Y(郑乐怡), Gui H(归鸿). Taxonomy of Insect. Nanjing: Nanjing Normal University Press, 1999 (in Chinese)
- [13] Yin W-Y(尹文英). Pictorial Keys to Soil Animals of China. Beijing: Science Press, 1998 (in Chinese)
- [14] Ma K-P(马克平), Liu Y-M(刘玉明). Measuring methods of biologic community. I. α diversity measuring methods (b). *Biodiversity Science* (生物多样性), 1994, **2**(4): 231-239 (in Chinese)
- [15] Ma K-P(马克平). Measuring methods of biologic community. I. α diversity measuring methods (a). *Biodiversity Science* (生物多样性), 1994, **2**(3): 162-168 (in Chinese)
- [16] Liao C-H(廖崇惠), Chen M-Q(陈茂乾). Secondary succession of soil animal community and its development process in tropical artificial forest. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 1990, **1**(1): 53-59 (in Chinese)
- [17] Zhang J-T(张金屯). Quantitative Ecology. Beijing: Science Press, 2004 (in Chinese)

- [18] Liu X-M (刘新民), Wu N (乌宁). Community features of Scarabaeoidea larvae in *Stipa grandis* steppe. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2004, **15**(9): 1607–1610 (in Chinese)
- [19] Lu R-K (鲁如坤). Analysis Methods of Soil Agricultural Chemistry. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 1999 (in Chinese)
- [20] Döring TF, Hiller A, Wehke S, et al. Biotic indicators of carabid species richness on organically and conventionally managed arable fields. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2003, **98**: 133–139
- [21] Asteraki EJ, Hart BJ, Ings TC, et al. Factors influencing the plant and invertebrate diversity of arable field margins. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2004, **102**: 219–231
- [22] Dlamini TC, Haynes RJ. Influence of agricultural land use on the size and composition of earthworm communities in northern KwaZulu-Natal, South Africa. *Applied Soil Ecology*, 2004, **27**: 77–88
- [23] Li Y (李勇), Zhang J-H (张建辉), Lobb DA, et al. 2000. Tillage translocation and tillage erosion processes and their implications for agro-ecosystems. *Journal of Mountain Science* (山地学报), **18**(6): 514–519 (in Chinese)
- [24] Zhang J-G (张建国), Liu S-Z (刘淑珍), Song S-J (宋述军), et al. Effect of different land use on soil water stable aggregate and soil total porosity of slope land in Loess Plateau. *Journal of Mountain Science* (山地学报), 2002, **20**(suppl.): 119–124 (in Chinese)
- [25] Holland JM, Reynolds CJM. The impact of soil cultivation on arthropod (Coleoptera and Araneae) emergence on arable land. *Pedobiologia*, 2003, **47**: 181–191
- [26] King OR, Andersen AN, Cutter AD. Ants as bioindicators of habitat disturbance: Validation of the functional group model for Australia's humid tropics. *Biodiversity and Conservation*, 1998, **7**: 1627–1638
- [27] Kromp B. Carabid beetles in sustainable agriculture: A review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 1999, **74**: 187–228
- [28] Fadl A, Purvis G, Towey K. The effect of time of soil cultivation on the incidence of *Pterostichus melanarius* (Illig.) (Coleoptera: Carabidae) in arable land in Ireland. *Annales Zoologici Fennici*, 1996, **33**: 207–214
- [29] Liao C-H (廖崇惠), Li J-X (李健雄), Huang H-T (黄海涛). Soil animal community diversity in the forest of the southern subtropical region, China. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 1997, **17**(5): 549–555 (in Chinese)

作者简介 刘新民,男,1961年生,博士,教授.主要从事土壤动物生态学的教学和研究工作,发表论文30余篇. E-mail: liuxm6596671@163.com

责任编辑 张凤丽
