

陈应武,夏彦飞. 黄土高原草田轮作对土壤动物群落结构和多样性的影响[J]. 江苏农业科学,2014,42(12):353-356.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2014.12.120

# 黄土高原草田轮作对土壤动物群落结构和多样性的影响

陈应武,夏彦飞

(河南科技大学林学院,河南洛阳 471003)

**摘要:**以甘肃庆阳黄土高原地区草田轮作系统中苜蓿(*Medicago sativa*)和小麦(*Triticum aestivum*)田为研究样地,通过样方取样和干漏斗分离法,取样调查了土壤动物的多样性。结果表明:在试验区内共分离到大型土壤动物25类,其中小麦田23类,苜蓿田25类;小型土壤动物10类,其中苜蓿田10类,小麦田8类。苜蓿田土壤动物群落 Shannon-Wiener多样性指数、Margalef多样性指数、Simpson多样性指数、个体数和类群数均表现为大于小麦田,这说明在草田轮作中苜蓿田具有高的土壤动物多样性而且群落稳定程度高,轮作小麦后土壤的大型动物多样性下降且稳定性程度也降低,小麦田轮作苜蓿后不仅可以有效增加农田土壤节肢动物的类群丰富度和多样性,也可明显提高其个体数量。

**关键词:**黄土高原;草田轮作;苜蓿;小麦;土壤动物;群落结构;多样性

**中图分类号:** S181 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)12-0353-03

黄土高原是我国最严重的水土流失区之一,年水土流失量达16亿<sup>[1]</sup>。将豆科牧草引入以小麦(*Triticum aestivum*)为主的禾谷类作物轮作体系,建立草地农业系统,是遏制生态环境恶化、提高农民收入、实现可持续发展的必要途径,并已在生产实践中表现出强大的生命力<sup>[2]</sup>。在多种轮作体系中,苜蓿(*Medicago sativa*)—小麦轮作具有最佳的水土保持效果<sup>[3]</sup>。土壤动物作为土壤生态系统中不可分割的一部分,其多样性是生态系统稳定的重要基础<sup>[4]</sup>。土壤动物是生态系统中最重要分解者和消费者之一,在土壤动植物残体分解营养物质循环土壤发育和熟化等过程中占有重要地位,起着不可替代的作用<sup>[4-5]</sup>。近年来,随着人们对生态系统保护的日益重视,土壤动物研究越来越受到社会的普遍关注,关于土壤动物的研究已有较多报道<sup>[4-12]</sup>。目前相关研究主要集中在土壤动物的地理和生态分布<sup>[6,9]</sup>,土壤动物的多样性群落学特征及其与环境的关系<sup>[4,7-8]</sup>,土壤动物在物质循环能量流动中的功能<sup>[10]</sup>和对环境变化的指示作用<sup>[12]</sup>,施肥灌溉放牧和环境污染等人为干扰措施对土壤动物群落的影响<sup>[5-13]</sup>等方面,而有关我国黄土高原苜蓿—小麦轮作对土壤节肢动物群落的变化特征及其机制的研究未见报道。鉴此,本研究以我国黄土高原地区最常见的苜蓿—小麦轮作体系为对象,开展了两种作物田土壤动物区系的研究,以期为生态环境建设、农业结构调整和发展草地农业提供基础资料。

## 1 材料与与方法

### 1.1 研究区概况

典型黄土高原农业区土地不同利用方式试验在甘肃省西

峰市以北18 km什社乡境内。海拔为1 297 m,冬春寒冷干燥,秋季多风,夏季炎热,年均气温8~10℃,极端最高气温39.6℃,极端最低气温为-22.4℃,>5℃年平均积温3 446℃。无霜期平均为161 d,生长季255 d,年降水量480~660 mm,多集中在7—9月,年平均蒸发量1 504 mm。自然土壤为黑垆土,有机质缺乏,其含量在1%以下,土壤含氮量低于0.1%,pH值为8.0~8.5。

### 1.2 研究方法

2012年5月和9月在试验区取苜蓿—小麦轮作制度的试验地,选取苜蓿田和小麦田作为处理,每个处理设置4个重复,共8个小区,每小区面积为56 m<sup>2</sup>(14 m×4 m)。在每个小区内随即选取3个25 cm×25 cm的采样点,按照0~10 cm、10~20 cm、20~30 cm土层,用手捡法采集不同土层的土壤大型动物,分类装入盛有70%乙醇的小瓶,带回室内进行分类鉴定并统计数量。同时在每个采样点的内壁用100 mL的土壤环刀取样,分0~5 cm、5~10 cm、10~15 cm 3层取样,在实验室内分别用于漏斗法(Tullgren)分离中小型土壤动物,并分类鉴定统计数量<sup>[13-15]</sup>。对所得数据进行群落结构分析,并用最常用的Simpson指数 $D'$ 、Shannon-Wiener指数 $H'$ 、Margalef's丰富度 $D'$ 和Pielou的均匀度指数 $J$ 进行 $\alpha$ 多样性的测度<sup>[15-16]</sup>,其中: $H' = -\sum P_i \ln P_i$ ;  $J = (-\sum P_i \ln P_i) / \ln S$ ;  $D' = (S-1) / \ln N$ ,  $P_i$ 为物种 $i$ 个体数, $S$ 为样方内物种 $i$ 的全部总数, $N$ 为全部物种的类群数。

## 2 结果与分析

### 2.1 草田轮作大型土壤动物群落及其变化特征

通过对2种处理农田的土壤大型动物的调查显示(表1):共有27类在试验区发现,27类在苜蓿田均出现,小麦田24类。总体来说两种农田的大型土壤动物均多分布在表层(0~10 cm),每个类群大型土壤动物基本都是苜蓿田大于小麦田,这说明苜蓿田具有高的土壤大型动物的类群数,在轮作

收稿日期:2014-05-18

基金项目:国家自然科学基金(编号:31201558)。

作者简介:陈应武(1972—),男,甘肃临洮人,副教授,从事昆虫学研究。E-mail:chengyw\_gau@163.com。

表 1 草田轮作中苜蓿田和小麦田不同土层土壤大型动物概况

科/目名	麦田(头/m <sup>3</sup> )			苜蓿田(头/m <sup>3</sup> )		
	0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm	0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm
金龟甲科 Scarabaeidae (成虫)	0.00	1.33	0.00	2.67	0.00	0.00
金龟甲科 Scarabaeidae (幼虫)	4.00	0.00	0.00	10.67	5.33	1.33
拟步甲科 Tenebrionidae (成虫)	0.00	0.00	0.00	2.67	0.00	0.00
拟步甲科 Tenebrionidae (幼虫)	5.33	0.00	0.00	9.33	1.33	2.67
隐翅甲科 Staphylinidae (幼虫)	5.33	1.33	0.00	4.00	2.67	0.00
叶甲科 Chrysomelidae (幼虫)	1.33	1.33	0.00	8.00	1.33	0.00
步甲科 Carabidae (成虫)	1.33	0.00	0.00	2.67	0.00	0.00
步甲科 Carabidae (幼虫)	1.33	0.00	0.00	1.33	0.00	0.00
叩头甲科 Elateridae (成虫)	0.00	0.00	0.00	2.67	2.67	0.00
叩头甲科 Elateridae (幼虫)	5.33	0.00	1.33	18.67	4.00	2.67
象甲科 Curculionidae (成虫)	0.00	0.00	1.33	10.67	0.00	0.00
象甲科 Curculionidae (幼虫)	2.67	0.00	0.00	16.00	9.33	6.67
蚁科 Formicidae (成虫)	28.00	24.00	21.33	57.33	32.00	14.67
土蜂科 Scolidae (蛹)	2.67	6.67	0.00	2.67	1.33	1.33
土蜂科 Scolidae (幼虫)	9.33	5.33	1.33	16.00	10.67	2.67
小蜂科 Chalcididae (幼虫)	1.33	1.33	0.00	2.67	0.00	0.00
盲蝽科 Miridae	2.67	0.00	0.00	12.00	0.00	0.00
土蝽科 Cydnidae	9.33	4.00	0.00	20.00	9.33	2.67
瘿蚊科 Cecidomyiidae (幼虫)	4.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00
大蚊科 Tipulidae (幼虫)	5.33	0.00	0.00	4.00	1.33	0.00
蟋蟀科 Gryllidae	1.33	1.33	0.00	5.33	2.67	1.33
螻蛄科 Labiduridae	0.00	0.00	0.00	8.00	1.33	0.00
夜蛾科 Noctuidae (幼虫)	4.00	0.00	0.00	9.33	1.33	0.00
弹尾目 Collembola	20.00	2.67	0.00	74.67	13.33	0.00
蜘蛛目 Araneae	1.33	4.00	0.00	16.00	1.33	0.00
蛭蚓目 Scutigermorpha	2.67	0.00	2.67	5.33	0.00	0.00
线蚓科 Enchytraeidae	30.67	5.33	4.00	28.00	16.00	8.00
种类数	22	12	6	27	18	10
个体数	149.33	58.67	32.00	354.67	117.33	44.00

种植小麦后大型土壤动物的种类数下降,从而表明在草田轮作中大型土壤动物的类群由高到低的变化。

小麦田和苜蓿田大型土壤动物的 Shannon - Wiener 多样性指数、Margalef 多样性指数、Simpson 多样性指数、个体数和类群数均随着土层的加深而减小(表 2),即 0~10 cm > 10~20 cm > 20~30 cm。在同一土层(0~10 cm, 10~20 cm 或

20~30 cm) Shannon - Wiener 多样性指数、Margalef 多样性指数、Simpson 多样性指数、个体数和类群数均表现为苜蓿田大于小麦田(表 2),这说明在草田轮作中苜蓿田具有高的大型土壤动物多样性而且群落稳定程度高,轮作小麦后土壤的大型动物多样性下降且稳定性程度也降低。

表 2 草田轮作过程中土壤大型动物的多样性指数变化

样地	土层	Shannon - Wiener 多样性指数 $D$	Margalef 多样性指数 $D'$	Simpson 多样性指数 $J$	个体数 $S$	类群数 $N$
麦田	0~10 cm	2.56	3.08	0.89	112.00	22.00
	10~20 cm	1.92	1.84	0.78	43.00	11.00
	20~30 cm	1.13	1.09	0.53	24.00	6.00
苜蓿田	0~10 cm	2.74	3.11	0.90	264.00	26.00
	10~20 cm	2.36	2.63	0.87	88.00	18.00
	20~30 cm	1.96	1.78	0.82	33.00	10.00

## 2.2 草田轮作中小型土壤动物群落及其变化特征

干漏斗法调查的中小型土壤动物结果(表 3)显示:共有 10 类出现在研究区,苜蓿田这 10 类中小型土壤动物均有分布,除了双尾目和植绥螨科两个类群外,其余也均分布在小麦田。两种农田中土壤动物垂直分布的表现均呈现集中分布在表层,随着土壤深度的增加,个体数和类群数减小。

苜蓿田和小麦田的同一土层土壤中小型动物的类群数均表现为苜蓿田大于小麦田(图 1),这说明苜蓿田土壤动物的多样性程度高,在轮作为小麦田后其类群数减少。

苜蓿田和小麦田的同一土层土壤中小型动物的数量(图 1)显示:0~5 cm 土层较其他土层具有高的小型土壤动物数量,说明土壤动物的数量密度主要集中在 0~5 cm,而且表现

表3 草田轮作中苜蓿田和小麦田不同土层土壤中小型动物概况

(科/目名)	麦田(万头/m <sup>3</sup> )			苜蓿田(万头/m <sup>3</sup> )		
	0~5 cm	5~10 cm	10~15 cm	0~5 cm	5~10 cm	10~15 cm
跳虫科 Poduridae	41.00	12.67	0.00	110.67	16.00	3.33
甲螨目 Oribatida	6.33	0.33	0.00	13.00	1.23	0.00
寄螨目 Parasitiformes	2.00	1.33	0.00	2.33	1.00	1.00
双尾目 Diplura	0.00	0.00	0.00	0.67	0.33	0.00
真螨目 Acariformes	7.00	2.67	0.33	13.00	3.33	1.33
瘿蚊科 Cecidomyiidae (幼虫)	0.33	0.00	0.33	0.34	0.23	0.00
植绥螨科 Phytoseiidae	0.00	0.00	0.00	0.67	0.33	0.00
蜘蛛目 Araneae	1.33	0.00	0.00	1.67	0.00	0.00
双翅目 Diptera (幼虫)	0.33	0.00	0.00	1.86	0.00	0.00
隐翅甲科 Staphylinidae (幼虫)	0.33	1.33	0.00	1.44	1.26	0.00

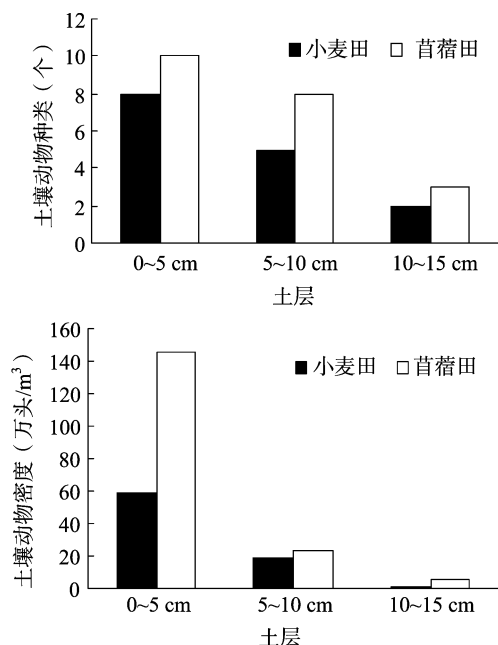


图1 小麦田和苜蓿田土层小型土壤动物类群数和数量比较

为苜蓿田大于小麦田;5~10 cm和10~15 cm土层小型土壤动物的数量较接近。总体来看土壤小型动物的数量表现为苜蓿田大于小麦田。苜蓿田土壤动物的密度高,在轮作为小麦田后其密度急剧下降。

### 3 结论与讨论

黄土高原农作区,小麦田轮作苜蓿后不仅可以有效增加农田土壤节肢动物的类群丰富度和多样性,也可明显提高其个体数量,反之,苜蓿田轮作小麦后土壤动物群落的多样性降低,这种作用主要发生于表层土壤层。已有研究表明,土壤动物对于土壤环境的变化非常敏感,土壤环境的任何明显改变都会导致土壤动物群落的变化<sup>[17-18]</sup>。苜蓿—小麦轮作后,土壤动物群落的多样性发生了明显变化。苜蓿由于是多年生宿根植物,而且种植后保持若干年,这样土壤环境和食物相对稳定,而且凋落物覆盖地表,这种相对环境有利于土壤动物的定居繁衍,所以土壤动物多样性程度较高。这说明,由于苜蓿为宿根性植物,而且苜蓿田多年定植,保持了土壤环境的相对稳定性,在苜蓿田轮作为小麦田后,土壤翻动改变了苜蓿田土壤

结构,使得一些土壤动物由于物理机械原因而死亡,一些类群因不适于苜蓿—小麦田这种种植物轮换,一些不适合小麦田的土壤动物从群落中退出,但还有较多的类群因生态幅较广而保留下来,同时以小麦田为寄主的类群加入了进来,从而使群落类群多样性和种群数量改变。另外,由于小麦生育期短,植被收获和种植使得植被间断,加之每年反复翻动土壤,土壤和植被的稳定性较之苜蓿田差,土壤动物群落的波动性高,多样性相对差。反之,小麦田轮作为苜蓿田后,随着土壤和植被环境条件的改变,生态系统的稳定性比小麦田高,土壤植被的扰动低,所以苜蓿田土壤动物的种类、数量和多样性程度较高。所以,黄土高原农作区,小麦田轮作为苜蓿田后不仅可以有效增加农田土壤节肢动物的类群丰富度和多样性,也可明显提高其个体数量,这种作用主要发生于表层土壤层。

### 参考文献:

- [1] 盛彤笙,任继周. 黄土高原的土壤侵蚀与农业格局[J]. 农业经济问题,1980(7):2-7.
- [2] 任继周. 黄土高原草地的生态生产力特征[C]//任继周. 黄土高原农业系统国际学术会议论文集. 兰州:甘肃科学技术出版社,1992:3-6.
- [3] 高崇岳,张小虎,刘照辉,等. 适宜庆阳黄土高原地区的八种轮作方式综合评价[G]//任继周. 中澳技术合作甘肃草地农业系统研究与发展项目. 兰州:甘肃科学技术出版社,1994:23-33.
- [4] 张淑花,张武,张雪萍. 黑龙江省西部沙地土壤动物生态分布研究[J]. 哈尔滨师范大学自然科学学报,2004,20(2):92-95.
- [5] 刘任涛,赵哈林. 沙质草地土壤动物的研究进展及建议[J]. 中国沙漠,2009,29(4):656-662.
- [6] 黄玉梅. 土壤动物群落多样性研究进展[J]. 西部林业科学,2004,33(3):63-68.
- [7] Doblas - Miranda E, Sánchez - Piñero F, González - Megías A. Different microhabitats affect on soil macro - invertebrate assemblages in a Mediterranean arid ecosystem[J]. Applied Soil Ecology,2009,41(3):329-335.
- [8] Frouz J, Arshad A, Frouzova J. Horizontal and vertical distribution of soil macroarthropods along a spatio - temporal moisture gradient in subtropical central Florida[J]. Environmental Entomology,2004,33(5):1282-1295.
- [9] 朱永恒,赵春雨,王宗英,等. 我国土壤动物群落生态学研究综述[J]. 生态学杂志,2005,24(12):1477-1481.

梁运江, 李安淮, 傅民杰, 等. 磷素增效剂对壤土果园速效磷及无机磷的影响[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(12): 356-359.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2014.12.121

# 磷素增效剂对壤土果园速效磷及无机磷的影响

梁运江, 李安淮, 傅民杰, 许广波, 刘海峰

(延边大学农学院, 吉林延吉 133002)

**摘要:** 为了提高磷肥利用率, 以延边地区苹果梨园的壤土为试验材料, 通过室内培养的方法, 研究生化黄腐酸、草酸和 EDTA 对苹果梨园土壤速效磷含量及土壤无机磷组分的影响。结果表明, 3 种增效剂都能在一定时期内有效地增加壤土中速效磷、 $\text{Ca}_2\text{-P}$  和  $\text{Fe-P}$  的含量; 对于  $\text{Ca}_8\text{-P}$  和  $\text{Al-P}$ , 前期抑制其含量的增加, 后期则有促进作用; 与不施增效剂相比, 3 种增效剂在整个培养期内都有效地抑制了  $\text{O-P}$  的生成。增效作用较好的为生化黄腐酸:  $\text{P}_2\text{O}_5 = 1:2$  和草酸:  $\text{P}_2\text{O}_5 = 1:4$  混合, 3 种增效剂的综合增效作用顺序为生化黄腐酸 > 草酸 > EDTA。

**关键词:** 增效剂; 果园土; 速效磷; 无机磷分级

**中图分类号:** S143.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)12-0356-04

我国农业磷肥利用率较低<sup>[1]</sup>, 施入土壤的磷肥当季利用率一般仅有 10% ~ 25%<sup>[2-3]</sup>, 低于发达国家 15 ~ 20 百分点<sup>[4]</sup>, 磷肥施入土壤后 80% 以上被土壤固定<sup>[5]</sup>, 1949—2003 年全国土壤积累磷为 9 000 万 t  $\text{P}_2\text{O}_5$  以上<sup>[6]</sup>, 相当于每年施肥量的几倍到几十倍。没有被植物利用的磷肥还可随土壤的侵蚀而流失, 造成水体污染, 如水体的富营养化<sup>[7-8]</sup>。我国的磷矿资源大部分为中低品位磷矿<sup>[9]</sup>, 磷肥生产成本高。因此提高磷肥利用率, 减少磷肥施用量迫在眉睫。磷肥利用率低的主要原因是水溶性磷在土壤中易与钙、镁、铁、铝、锰等金属离子结合成难溶性的磷化合物<sup>[10]</sup>。因此, 提高磷肥的利用效率和释放土壤中残余磷的有效途径是开发、研制出一种能抵御磷肥被土壤固定的磷肥保护剂和磷素活化剂。本研究选择生化黄腐酸、草酸和 EDTA 3 种磷素增效剂为试验试剂, 以期提高磷肥利用效率和挖掘土壤积累态磷生产潜力, 达到降低农业投入、缓解我国磷肥供需矛盾和减少污染的目的。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试材料

收稿日期: 2014-03-04

基金项目: 延边大学自然科学基金[编号: 延大科合字(2012)第 28 号]。  
作者简介: 梁运江(1972—), 男, 吉林前郭人, 博士, 副教授, 从事土壤与植物营养研究。E-mail: lyjluo@ybu.edu.cn。

供试土壤采自吉林省龙井市三合镇胜迹村禹迹屯果园, 质地为壤土, pH 值为 5.5, 有机质含量为 13.01 g/kg, 速效氮含量为 106.52 mg/kg, 速效磷含量为 59.10 mg/kg, 速效钾含量为 302.67 mg/kg, 全氮含量为 1.11 g/kg, 全磷含量为 0.78 g/kg, 全钾含量为 13.50 g/kg。

生化黄腐酸由上海通微农用生物化工研究所提供, 草酸、EDTA 为国产。

### 1.2 室内培养试验方法

取风干的土壤过 1 mm 筛, 装入 210 mL 的塑料水杯中, 每个水杯装 200 g 土样。将磷素增效剂与磷酸二氢钾混合均匀后施入土中, 置于恒温箱内培养, 温度设定为 25 ℃。定期浇水, 保持土壤水分在田间持水量的 70% 左右。施磷水平按照施  $\text{P}_2\text{O}_5$  量计算为 400 mg/kg, 氮、磷、钾肥按照比例  $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O} = 1:0.5:0.5$  进行施肥<sup>[11]</sup>。生化黄腐酸的施入量设为  $\text{P}_2\text{O}_5$  质量的 50%、100%、200%、400%; 草酸和 EDTA 的施入量设为  $\text{P}_2\text{O}_5$  质量的 25%、50%、100%、200%。每种磷素增效剂分别设 4 个不同浓度处理, 每个处理 3 次重复。在培养 1、5、15、25、40、55 d 后取样测定速效磷含量, 在培养 5、15、25、40、55 d 后取样测定土壤中无机磷含量。试验具体方案见表 1。

### 1.3 测定方法

土壤无机磷含量分组测定采用顾益初-蒋柏藩改进法, 其余项目采用常规方法测定。

[10] Callahan J, Richter J, Coleman D. Long-term land-use effects on soil invertebrate communities in Southern Piedmont soils, USA[J]. European Journal of Soil Biology, 2006, 42(1): S150-156.

[11] 高岩, 骆永明. 蚯蚓对土壤污染的指示作用及其强化修复的潜力[J]. 土壤学报, 2005, 42(1): 140-148.

[12] 史玉菲, 苏越, 张雪萍. 我国土壤动物功能作用的研究进展[J]. 哈尔滨师范大学自然科学学报, 2011, 27(3): 84-88.

[13] 殷秀琴, 仲伟彦. 羊草草地不同放牧强度下土壤动物的研究[J]. 草业学报, 1997, 6(4): 71-75.

[14] 陈鹏. 土壤动物的采集和调查方法[J]. 生态学杂志, 1983, 2(3): 46-51.

[15] Wolda H. Diversity, diversity indices and tropical cockroaches[J]. Oecologia, 1983, 58(3): 290-298.

[16] Magurran A E. Ecological diversity and its measurement[M]. New Jersey: Prinsation University Press, 1988.

[17] Minor M A, Cianciolo J M. Diversity of soil mites (Acari: Oribatida, Mesostigmata) along a gradient of land use types in New York[J]. Applied Soil Ecology, 2007, 35(1): 140-153.

[18] Baker G H. Recognising and responding to the influences of agriculture and other land-use on soil fauna[J]. Applied Soil Ecology, 1998, 9: 303-310.