

## 蔬菜大棚春季土壤动物群落结构与多样性分析

刘长海,徐世才,苑彩霞,王贵虎

(延安大学生命科学学院/陕西省区域生物资源保育与利用工程技术研究中心,陕西延安 716000)

**摘要:**研究土壤动物群落的多样性,为蔬菜大棚土壤生态系统的健康维持提供参考材料。对延安5个不同蔬菜大棚的土壤动物群落进行调查,采集180个定点土壤样品,通过手拣法和干漏斗法,共获得大、中小型土壤动物标本3442只,隶属13个目。其中,寄螨目、弹尾目为优势类群,两者占总捕获量的87%,常见类群为正蚓目和真螨目,其余为稀有类群。对调查结果分析表明:土壤动物的群落数量垂直分布有明显的表聚现象;土壤动物的多样性指数与均匀度指数呈正相关,与优势度指数呈负相关。

**关键词:**蔬菜大棚;土壤动物;群落结构;多样性指数

中图分类号:S154.5,Q958.15

文献标志码:A

论文编号:2011-0262

### Community Structure and Diversity of Soil Animals in Vegetable Greenhouse

Liu Changhai, Xu Shicai, Yuan Caixia, Wang Guihu

(College of Life Science, Yan'an University/Shaanxi Engineering & Technological Research Center for Conservation & Utilization of Regional Biological Resources, Shaanxi, Yan'an Shaanxi 716000)

**Abstract:** Reference materials were obtained by studying the diversity of soil animals for maintaining the health of greenhouse vegetables. Community structure of soil fauna in vegetable greenhouses was studied. The soil macrofauna were picked up by hands from different soil layers and the mesofauna were separated by tullgren method. Totally, 180 soil samples of 5 different greenhouses and 3442 individuals belonging to 13 orders were collected. The dominant groups were Parasiformes and Collembola, accounting for 87% of the total, the common groups were Lumbricida and Acariformes, and the rare groups the others. The results showed that the individual number of soil fauna varied with soil depth and most focus on the surface. Diversity index increased with evenness index, and decreased with dominance index.

**Key words:** greenhouse vegetables; soil animals; community structure; diversity index

### 0 引言

土壤动物作为生态系统重要的物质分解者,是土壤生态系统中不可分割的组成部分,它们在分解残体、改变土壤理化性质、土壤形成与发育、土壤物质迁移与能量转化等方面具有重要作用。近年来,中国土壤动物的研究主要集中于森林和草原等自然生态系统,涉及农业生态系统土壤动物的研究相对较少,尤其对蔬菜地土壤动物群落的调查鲜有报道<sup>[1-4]</sup>,目前仅有少数涉及温室大棚土壤动物群落调查的初步报道<sup>[5-6]</sup>。国内最早对蔬菜地土壤动物系统进行研究的是路有成等<sup>[7]</sup>,

作者于1991—1992年开始用国际通用的采集和分离方法,对安徽沿江城郊蔬菜地土壤动物的群落生态学进行研究,查明蔬菜土壤动物的组成、数量及分布规律。随后,亦有侯有明等<sup>[1]</sup>、贾彦霞等<sup>[2]</sup>用同样的方法对蔬菜地土壤动物做了深入研究,对菜田主要害虫的生态调控及其土壤生态系统的健康提供理论依据。在温室大棚土壤动物方面的研究始于王庆忠<sup>[8]</sup>,取得了诸如塑料大棚的建立使动物类群数减少、密度降低的趋势、多样性指数变小等重大进展。

蔬菜温室栽培高产技术已得到广泛应用,随着设

**基金项目:**延安市科学技术研究发展计划项目“洛川苹果园土壤动物及其害虫生态调控的研究”(2009KN-23);延安大学科研计划项目“陕北果园土壤动物的系统研究”(YD2008-24)。

**第一作者简介:**刘长海,男,1965年出生,陕西淳化人,副教授,博士,主要从事土壤动物生态学研究。通信地址:716000 陕西省延安市延安大学生命科学学院, Tel: 0911-2331851, E-mail: yadxch@yau.edu.cn。

**收稿日期:**2011-01-27, **修回日期:**2011-04-31。

施园艺栽培面积的长足发展,蔬菜大棚土壤动物群落生态学的研究显得举足轻重。迄今为止,国内学者在不同棚龄温室与土壤动物群落生态分布之间的关系及土壤动物对温室环境的可能影响等层面做了广泛研究,有助于全面认识温室生态系统、维持其生态平衡。因此,应该加强蔬菜大棚土壤动物群落组成和多样性的调查研究,为蔬菜地土壤生态系统的健康维持提供重要参考。鉴于陕北黄土高原蔬菜大棚土壤动物的研究尚无报道,笔者对延安市郊(县)的温室蔬菜大棚土壤动物进行初步研究,了解土壤动物群落与温室中土壤肥力的保持和土壤退化的关系,对探索低碳种植模式及提高土地利用率具有一定的现实意义。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验时间、地点

研究田间试验于2009年在彩椒、西红柿、黄瓜温室大棚进行,室内试验在陕西省区域生物资源保育与利用工程技术研究中心进行。

#### 1.2 研究区概况及样地设置

研究样地位于陕西省延安市。地形以黄土梁状丘陵为主,海拔一般为850~1300 m,气候属暖温带,四季分明,冬季寒冷雨雪少,春季干旱风沙多。年平均气温9.4℃,1月平均气温-6.7℃,7月平均气温22.9℃,年降水量550 mm,57%集中在7—9月。试验调查样地共5个,采样地1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>是延安市安塞县生态农业示范园,分别为彩椒和西红柿温室大棚;采样地3<sup>#</sup>、4<sup>#</sup>是延安市李渠镇周家湾村民大棚,分别为西红柿和黄瓜温室大棚;采样地5<sup>#</sup>是延安市裴庄村民辣椒大棚。

#### 1.3 试验方法

1.3.1 采样时间和调查方法 2009年3月下旬分别在5个蔬菜大棚样地进行采样。每次采样选取2个品种不同的蔬菜大棚,每大棚随机选取3个样方(20 cm × 20 cm),大型土壤动物主要以手拣方法采集,每样方在距地表A(0~5 cm)、B(5~10 cm)、C(10~15 cm)3个土层中取样,取9个土壤样品,共取45个土样。将土壤动物拣出后,用70%酒精固定,带回室内分类鉴定。中小

型土壤动物的采集是在20 cm×20 cm的样方内,用100 cm<sup>3</sup>土壤环刀取样,与大型土壤动物相同,分3个土层取样,每层分别取3个土样,用于干漏斗(tullgren apparatus)分离提取中小型土壤动物<sup>[9]</sup>,每大棚取27个土壤样品,共取135个土样。土壤动物分类主要采用青木淳一的大类别分类法<sup>[10]</sup>,一般鉴定到目,鞘翅目鉴定到科<sup>[11-16]</sup>,同时统计个体数量。

1.3.2 精密仪器和药品规格 本研究室使用仪器为重庆奥特光学仪器有限公司生产的SMZ2B4连续变倍体视显微镜和SZ2DM200数码体视显微镜。药品为95%乙醇,化学纯,天津化学试剂有限公司。

#### 1.3.3 数据处理方法

(1)土壤动物多度的划分标准。根据原始捕获量占捕获总量的百分比划分各类群数量等级,即个体数占捕获总数目的10.0%以上者为优势类群,占1.0%~10.0%者为常见类群,不足1.0%者为稀有类群。采用Shannon-Wiener多样性指数( $H'$ )、Pielou均匀性指数( $E$ )和Simpson优势度指数( $C$ )分析土壤动物群落的多样性。

(2)土壤动物群落多样性的计算公式。

$$\text{Shannon-Wiener 多样性指数 } H' = -\sum(P_i \ln P_i)$$

$$\text{Pielou 均匀度指数: } E = H' / \ln S$$

$$\text{Simpson 优势度指数: } C = \sum(P_i)^2$$

$$\text{Menhinick 丰富度指数: } D = \ln S / \ln N$$

式中: $P_i = \frac{n_i}{N}$ ,  $n_i$ 为第*i*个类群的个体数, $N$ 为群落中

所有类群的个体总数, $S$ 为类群数。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤动物的群落组成

在延安5个大棚样地共捕获土壤动物3442只,属于13个类群,其中个体数最多的寄螨目(53.66%)和弹尾目(33.44%),共占总个体数的87.1%,为优势类群。真螨目和蚯蚓类分别占总个体数的7.82%与2.70%,为常见类群。以上4种类群构成了延安市蔬菜大棚土壤动物群落的主体。其余9类均只占总个体数的1%以下,为稀有类群(表1)。

表1 延安市蔬菜大棚土壤动物群落组成与数量统计

类群	样地个体数/只					个体总数/只	占样本总数的百分率/%	多度
	1 <sup>#</sup>	2 <sup>#</sup>	3 <sup>#</sup>	4 <sup>#</sup>	5 <sup>#</sup>			
寄螨目 Parasitiformes	10	14	189	232	1402	1847	53.66	+++
弹尾目 Collembola	312	106	188	228	317	1151	33.44	+++
真螨目 Acariformes	5	19	12	15	218	269	7.82	++
正蚓目 Lumbricida	67	15	8	3	0	93	2.70	++

续表1

类群	样地个体数/只					个体总数/只	占样本总数的百分率/%	多度
	1 <sup>#</sup>	2 <sup>#</sup>	3 <sup>#</sup>	4 <sup>#</sup>	5 <sup>#</sup>			
蜈蚣目 Scolopendromorph	17	7	5	0	0	29	0.84	+
圆马陆目 Sphaerotheiida	5	3	0	12	0	20	0.58	+
等翅目 Isoptera	1	0	0	8	0	9	0.26	+
蜘蛛目 Araneae	3	1	0	4	0	8	0.20	+
综合目 Symphyla	0	2	2	2	0	6	0.17	+
膜翅目 Hymenoptera	2	2	0	1	0	5	0.15	+
地蜈蚣目 Geophilomorpha	0	0	3	0	0	3	0.09	+
直翅目 Orthoptera	1	0	0	0	0	1	0.03	+
盲蛛目 Opiliones	0	1	0	0	0	1	0.03	+
总计	423	170	407	505	1937	3442	100	

注:+++代表优势类群(个体数目>10%),++代表常见类群(个体数目为1%~10%),+代表稀有类群(个体数目<1%)。

## 2.2 垂直分布特征

2.2.1 土壤动物数量的垂直分布 从表2可见,土壤动物数量的垂直分布是0~5 cm层>5~10 cm层>10~15 cm层,且表层土壤动物数量占总数量的近1/2,这是因为0~5 cm层是植物根系分布区,土壤通气性好,养分含量高,并且有机质和氮含量最高,这样可为土壤动物提供良好的生态环境和食物条件。土壤动物的数量和种类垂直分布呈明显的表聚性特征,即表层的土壤动物种类最丰富,个体密度最大。

表2 蔬菜大棚土壤动物数量的垂直分布

土壤层次/cm	样地个体数/只					占样本总数的百分率/%
	1 <sup>#</sup>	2 <sup>#</sup>	3 <sup>#</sup>	4 <sup>#</sup>	5 <sup>#</sup>	
0~5	251	106	113	187	819	42.88
5~10	112	39	176	183	684	34.69
10~15	60	25	118	135	434	22.43

2.2.2 土壤动物类群的垂直分布 土壤动物类群的垂直分布是表层0~5 cm及5~10 cm层较多,10~15cm相对较少(表3)。A层最多为9个类群,B层最多8个类群,C层最多7个类群。弹尾目和寄螨目为蔬菜大棚土壤

表3 蔬菜大棚土壤动物类群数的分布

样地	A层类群数	B层类群数	C层类群数
1 <sup>#</sup>	9	6	7
2 <sup>#</sup>	7	8	5
3 <sup>#</sup>	5	7	4
4 <sup>#</sup>	6	7	7
5 <sup>#</sup>	3	3	3

动物的主要类群,表层弹尾目和寄螨目的数量占该层土壤动物总数量90%。

## 2.3 土壤动物群落的多样性分析

通过对延安市5个不同蔬菜大棚土壤动物群落多样性特征指数比较(表4),可见其均匀性指数、丰富度指数与多样性指数呈正相关,它们与优势度指数呈负相关。1<sup>#</sup>样地土壤动物种类最多,这也使得该群落内个体在物种间分配较均匀,均匀性指数最高;同时,该样地优势度指数最低,它的土壤动物群落丰富度达到最大。其他样地多样性特征指数亦有此态势。总体分析,安塞县生态农业示范园蔬菜大棚土壤动物群落多样性最为丰富。

表4 蔬菜大棚土壤动物群落多样性特征指数

	1 <sup>#</sup>	2 <sup>#</sup>	3 <sup>#</sup>	4 <sup>#</sup>	5 <sup>#</sup>
多样性指数(H')	0.7642	0.6472	0.5863	0.5332	0.7128
均匀性指数(E)	0.6920	0.6354	0.4356	0.4169	0.5986
优势度指数(C)	0.3226	0.3643	0.4153	0.4551	0.3449
丰富度指数(D)	0.5617	0.5286	0.4818	0.4615	0.5257

## 3 结论

首次系统研究陕北黄土高原蔬菜大棚土壤动物群落的结构,丰富了陕北土壤动物的多样性,得出如下结论:(1)延安市郊(县)蔬菜大棚土壤动物优势类群和常见类群分别是寄螨目、弹尾目和真螨目、正蚓目,个体数量大,此类群构成了蔬菜大棚土壤动物的基本成分;(2)蔬菜大棚土壤动物在土壤中的分布具有表聚性,且个体数量的表聚性强于类群数的表聚性;(3)通过对延安市5个不同蔬菜大棚土壤动物群落多样性特征指数比较,发现均匀性指数、丰富度指数与多样性指数呈正

相关,它们与优势度指数呈负相关。

#### 4 讨论

通过延安市郊(县)、深圳龙岗生态村<sup>[1]</sup>、银川市<sup>[2]</sup>、山东寿光和青州<sup>[4-6]</sup>蔬菜大棚土壤动物分类结果的比较,深圳生态村和银川市菜园的优势类群相同,只是所占比例有差异,而山东的两地温室大棚不尽相同,寿光温室大棚的线虫纲动物亦为优势类群。延安市郊(县)蔬菜大棚优势类群除了二者共有的弹尾目,还出现了寄螨目,沿黄河的宁夏、陕西和山东的常见类群相似,多有蚯蚓类的分布。但本调查中弹尾目和螨类仍是节肢动物群落的主体,与大部分研究结果相一致。蔬菜大棚土壤动物的常见类群蚯蚓类对土壤健康起到一定的作用,其中的蜘蛛、蜈蚣等有利于蔬菜害虫的生态调控。

基于土壤动物的群落特征指数分析,侯永明等的研究表明,不同季节和不同蔬菜种类土壤节肢动物多样性差异较大,其决定因素主要为优势集中性指数和物种均匀性的变化。董博等<sup>[4]</sup>和王庆忠的研究成果相似,随着温室大棚利用年限的增加,土壤动物多样性指数降低。值得注意的是,后者还研究认为:温室废弃3年后,土壤动物群落结构可自行调整恢复,该结论对温室大棚害虫的生态调控及土壤健康大有裨益。本研究表明,蔬菜大棚土壤动物群落的均匀性指数、丰富度指数与多样性指数呈正相关,它们与优势度指数呈负相关,与前人的结论相一致<sup>[4-5]</sup>。

土壤动物群落的多样性指数是土壤动物种类组成及其组成的复杂性的综合体现,多样性指数大,说明土壤动物群落物种丰富、结构复杂、类群数量分布均匀。但在下列2种情况下, $H'$ 不能很好地指示群落的多样性<sup>[17]</sup>:(1)类群数少,个体数也少,但个体数在各类群间分布均匀;(2)类群数多,个体数也多,但个体数在各类群间分布不均匀。第1种情况 $H'$ 值偏大,第2种情况 $H'$ 值偏小。本研究中的样地5#多样性指数 $H'$ 符合第1种情况,即样地5#中的类群种类相比于其他样地种类很少,造成其 $H'$ 反而比类群数和个体数都很多的土壤动物群落的 $H'$ 值大。总体而言,土壤动物多样性和均匀性基本成正相关,与优势度成负相关。多样性

指数越大,土壤动物越丰富,优势度越低。

由于生境的异质性,导致不同生境大型土壤动物群落特征存在一定的差异性。共有的类群,反映了适应大环境特征的大的区域分布规律;不同类群反映了各小环境的特殊性,它们对生态系统是否具有指示作用,还有待进一步研究确定。本研究仅采用手拣法和大型改良干漏斗对延安市周边蔬菜温室大棚的土壤动物进行采集,并以干性土壤动物为主。另外,不同土地利用方式导致了土壤理化性质不同程度的改变,这些土壤指标的变化是否是影响土壤动物种类和数量的决定性因素还有待研究。

#### 参考文献

- [1] 侯有明,庞雄飞,梁广文.菜田土壤节肢动物类群结构与数量动态研究[J].华南农业大学学报,2002,23(1):27-30.
- [2] 海棠,武保悦,金凤柱,等.甘薯地土壤线虫群体分布规律及取样方法研究[J].中国植保导刊,2006,26(10):7-10.
- [3] 贾彦霞,王新谱,才旺计美,等.银川市蔬菜地土壤动物群落组成和结构初步研究[J].西北农业学报,2008,17(2):258-261,265.
- [4] 董博,张仁陟,荆世杰,等.寿光市不同棚龄温室土壤动物群落结构[J].应用生态学报,2008,19(8):1769-1774.
- [5] 王庆忠.日光温室对土壤动物群落的影响[J].山东农业科学,2008(4):80-83.
- [6] 王庆忠.蔬菜温室栽培对土壤动物群落的影响[J].土壤通报,2009,40(4):767-770.
- [7] 路有成,王宗英,罗爱武,等.安徽沿江城郊蔬菜地土壤动物群落生态学研究[J].应用生态学报,1997,8(1):70-76.
- [8] 王庆忠.塑料温室内土壤动物群落的定量研究[D].济南:山东师范大学,2003:16-46.
- [9] 尹文英.中国土壤动物[M].北京:科学出版社,2000:8-9.
- [10] 青木淳一.土壤动物学[M].东京:北隆馆,1973:612-721.
- [11] 尹文英.中国土壤动物检索图鉴[M].北京:科学出版社,1988:1-691.
- [12] 尹文英.中国亚热带土壤动物[M].北京:科学出版社,1992:83-576.
- [13] 郑乐怡,归鸿.昆虫分类(上、下)[M].南京:南京师范大学出版社,1999:27-975.
- [14] 钟觉民.昆虫分类图谱[M].南京:江苏科学技术出版社,1985:1-317.
- [15] 钟觉民.幼虫分类学[M].北京:农业出版社,1990:1-305.
- [16] 周尧.周尧昆虫图集[M].郑州:河南科学技术出版社,2002:30-544.
- [17] 傅必谦,陈卫,董晓晖,等.北京松山四种大型土壤动物群落组成和结构[J].生态学报,2002,22(2):215-223.