苹果园夏季大型土壤动物群落结构与组成

刘长海,齐 龙,屈亚谭,苑彩霞,王文强,李永超

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 为了解洛川苹果园夏季大型土壤动物的群落多样性,并为进一步开展陕北经济林地区土壤动物学方面的研究提供基础资料。本研究利用对角线五点法采样法和国际通用的手拣法对洛川苹果园示范园和常规园大型土壤动物进行采样。共获得动物134只,隶属4门6纲9目。优势类群为咀刺目、正蚓目、鞘翅目;常见类群为双翅目、鳞翅目、膜翅目、柄眼目等。其中咀刺目、正蚓目、鞘翅目占总捕获量的比例最大,分别为37.31%、28.36%、12.69%,共占总捕获量的78.57%,构成了群落的主要框架。在洛川苹果园示范园和常规园中,大型土壤动物的表聚性比较明显;示范园大型土壤动物的类群数、多样性指数、均匀性指数和丰富度指数均高于常规园,但个体数和优势度指数低于常规园。由此可知,示范园土壤动物群落物种丰富,结构复杂,类群数量分布均匀,显示了大型土壤动物对不同果园土地利用方式和管理措施的响应情况。

关键词 苹果园;大型土壤动物;群落结构;多样性;洛川县

中图分类号 Q958.15,S154.5 **文献标示码** A **doi** 10.3981/j.issn.1000-7857.2012.18.008

Community Structure and Composition of Macro-soil-fauna in Apple Orchard in Summer

LIU Changhai, QI Long, QU Yatan, YUAN Caixia, WANG Wenqiang, LI Yongchao

College of Life Science, Yanan University; Shaanxi Engineering & Technological Research Center for Conversation & Utilization of Regional Biological Resources, Yan'an 716000, Shaanxi Province, China

Abstract This paper studies the community diversity of the summer macro-soil-fauna in the apple orchard in Luochuan, to provide some basic material for the soil zoology in the non-timber forest in Northern region of Shaanxi Province. The macro-soil-fauna samples were acquired by a diagonal line five-point method of sampling and the universal hand-sorting, from the apple demonstration orchard and a conventional orchard in Luochuan in June, 2010. 134 individuals were collected, belonging to 9 orders, 6 classes, and 4 phylas. Among these sampled animals, the advantaged families were Enoplida, Lumbricidae, Coleoptera, and the familiar families were Diptera, Lepidoptera, Hymenoprera, and Syommatopora. The largest percent numbers of families were Enoplida, Lumbricida, Coleoptera, accounting for 78.57% of the total with each constituting 37.31%, 28.36% and 12.69%, respectively, forming the main frame of the community. Besides, between the apple demonstration orchard and the conventional orchard, the macro-soil-fauna samples see an obvious surface aggregation. Compared with the conventional orchard, the demonstration orchard shows a higher group number, diversity, evenness and richness, but a smaller individual number and dominance. These data suggest that the soil-fauna in the demonstration orchard is rich in species, complicated in structure, and well-distributed in group number, which shows the response of the soil macro-fauna communities to the different land use types and management practices of the apple orchard.

Keywords apple orchard; macro-soil-fauna; community structure; diversity; Luochuan County

收稿日期:2012-04-06;修回日期:2012-06-07

基金项目:陕西省教育厅专项科研计划项目(11JK0628);延安市科学技术研究发展计划项目(2009KN-23);生态学陕西省重点扶持学科建设项目(10719-071012)

作者简介:刘长海,副教授,研究方向为土壤动物生态学,电子信箱:yadxlch@yau.edu.cn

0 引言

土壤动物是生态系统的重要组成部分，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方面有重要意义。土壤质量、土地质量与土壤动物也息息相关，土壤动物成为土壤和土地质量评价的一个重要指标。目前,关于土壤动物的区系、生态地理规律及其在生态平衡中的作用研究已在中国许多地区广泛展开[1-2],研究多集中在森林、农田、草地等。陕北地区的土壤动物学研究主要集中在枣园[3-7],国内外关于苹果园土壤动物的研究还比较薄弱[8-9],仅对苹果园的蜘蛛和金龟子做了研究。陕北地区土壤属中性偏碱,为苹果栽培的优良土壤,因而土壤动物分解作用的重要性在土壤健康中显得更为突出。因此,本文通过对洛川苹果园夏季大型土壤动物群落进行系统调查和研究,了解洛川苹果园夏季大型土壤动物的结构群落多样性,以期探讨洛川苹果园土壤动物资源特点及其生态地理规律以及土壤动物在陕北苹果园中的作用,为进一步开展陕北经济林地区土壤动物学方面的研究提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 样地的选择

研究样地设在地处陕西省北部,延安市南部的洛川县。以洛川为中心的延安、铜川、淳化、礼泉、白水诸县市一带,果园分布,绵延千里。苹果喜欢气候凉爽干燥、土壤深厚、排水良好、阳光充足、昼夜温差大的环境。洛川县地处渭北黄土高塬沟壑区,是世界公认的苹果最佳优生区,有“苹果之乡”的美誉。洛川平均海拔 1000—1100m,光照年时长 2200—2300h,全年降水量 621.9mm,年均温 9.2℃,昼夜温差 15.7℃,无工业污染源。共设两个样地:旧县镇洛阳村的苹果示范园和旧县镇王家村的苹果常规园,苹果品种均为富士,面积均为 0.4hm^2。示范园的苹果树栽于 1993 年,以农家肥(羊粪)为主,果园覆盖白花三叶草(*Trifolium repens*),病虫害防治采取杀虫灯、性诱剂、诱虫带、捕食螨、黄色粘板等;常规园的苹果树栽于 1992—1993 年,以化肥居多,果园零星栽种蔬菜,病虫害防治以杀虫剂居多。由于管理方式的差异,常规园和示范园两个样地在土壤条件和化肥用量等方面亦有区别[10](表 1)。

表 1 样地背景资料

Table 1 Background data of sampling plots

样地	有机质/(g·kg^{-1})	碱解氮/(mg·kg^{-1})	速效磷/(mg·kg^{-1})	速效钾/(mg·kg^{-1})	全氮/(g·kg^{-1})	pH 值	化肥用量/(kg·667m^{-2})
示范园	25.60	157.00	97.40	184.31	1.43	7.20	有机肥 4000—5000
常规园	10.05	54.48	10—20	100—150	0.50—1.00	8.03	纯氮 38 磷肥(P_2O_5) 23 钾肥(K_2O) 34

注:部分数据源自《洛川县苹果园标准化生产周年管理技术操作规程》。

Notes: Part of the data is quoted from *Regulations for Annual Management of Technical Operations of Standardization Production in Luochuan Apple Orchard*.

1.2 采样鉴定方法

在洛川苹果示范园和常规园两个样地进行采样。2010 年夏(6 月),每个样地采用对角线五点法采样,每个样方分 0—5cm,5—10cm,10—15cm,15—20cm 4 层，每层取 30cm×30cm×5cm 的土样,每个样地采 20 个土壤样品,共取 40 份土样。用手拣法采集大型土壤动物,75%酒精分装保存,带回室内用 SMZ-B$_4$ 连续变倍体视显微镜和 SZ-DM200 数码体视显微镜(重庆奥特光学仪器有限公司)进行初步分类鉴定[11-13]。土壤动物分类主要采用青木淳一的大类别分类法,一般鉴定到目，鞘翅目鉴定到科。最后对两个样地土壤动物进行数量统计和多样性特征指数分析。

1.3 数据处理

土壤动物数量统计数据采用 Excel 2000 处理。土壤动物群落多样性的特征指数具体计算公式:

(1) 多样性指数 H 采用 Shannon-Wiener 指数公式:

$$H=-\sum_i P_i \ln P_i;$$

(2) 均匀性指数 E 采用 Pielou 指数公式:$E=H/\ln S$;

(3) Berger-Parker 优势度指数 I 公式:$I=N_{max}/N_T$;

(4) 丰富度指数 D 公式:$D=\ln S/\ln N$。

其中,P_i 为类群 i 占群落总个体数的比例,S 为样区内类群数目,N_{max} 为优势种群数量,N_T 为全部种群数量,n_i 为该区内第 i 个类群的个体数量,N 为样区内所有类群的个体数量。

2 结果与分析

2.1 洛川苹果园夏季大型土壤动物群落组成

通过室内分离和鉴定,共获得土壤动物 134 头,隶属 4 门 5 纲 9 目(表 2)。优势类群为咀刺目、正蚓目、鞘翅目;常见类群为双翅目、鳞翅目、膜翅目、柄眼目等,其中咀刺目、正蚓目、鞘翅目占总捕获量的比例最大，分别为 37.31%、28.36%、12.69%,共占总捕获量的 78.57%。而常见类群共占总捕获量的 19.38%,在洛川苹果园示范园和常规园土壤动物中优势类群构成了群落的主要框架(表 3)。

常规园共捕获动物 83 只,隶属 4 门 3 纲 7 目,优势类群为咀刺目、正蚓目和鞘翅目;示范园共捕获动物 51 头,隶属 4 门 6 纲 10 目,优势类群为正蚓目和双翅目(幼虫)。

2.2 群落的多样性特征指数

根据第 1.3 小节的公式计算得出苹果园大型土壤动物群落多样性特征指数,从表 4 可知,常规园的大型土壤动物个体数和优势度指数较示范园大,示范园大型土壤动物类群数、多

表 2　洛川苹果园夏季大型土壤动物群落组成

Table 2　Composition of macro-soil-fauna communities at apple orchard in summer of Luochuan County

动物门	纲	目(科)	
软体动物门 Mollusca	腹足纲 Gastropoda	柄眼目 Syommatopora	鞘翅目(成虫)Coleoptera(Adult)
线虫动物门 Nemata	线虫纲 Nematoda	咀刺目 Enoplida	叶甲科 Chrysomelidae
环节动物门 Annelida	寡毛刚 Oligochaeta	正蚓目 Lumbricida	瓢虫科 Coccinellidae
节肢动物门 Arthropoda	蛛形纲 Arachnida	蜘蛛目 Araneeida	步甲科 Carabidae
	唇足纲 Chilopoda	蜈蚣目 Solopendromorpha	膜翅目 Hymenoprera
	昆虫纲 Insect	鞘翅目(幼虫)Coleoptera(Larva)	双翅目(幼虫)Diptera(Larva)
		拟步甲科 Tenebrionidae	鳞翅目(幼虫)Lepidoptera(Larva)
		金龟甲科 Scarabaeidae	

表 3　洛川苹果园夏季大型土壤动物组成和数量统计

Table 3　Composition and statistics of macro-soil-fauna communities at apple orchard in summer of Luochuan County

类群	样地个数/只		个体总数/只	占样本总数比例/%	多度
	常规园	示范园			
咀刺目 Enoplida	47	3	50	37.3	+++
正蚓目 Lumbricida	13	25	38	28.36	+++
鞘翅目(成虫)Coleoptera(Adult)	12	2	14	10.45	+++
双翅目(幼虫)Diptera(Larva)	0	9	9	6.72	++
柄眼目 Syommatopora	5	1	6	4.45	++
膜翅目 Hymenoprera	2	4	6	4.45	++
鳞翅目(幼虫)Lepidopter(Larva)	3	2	5	3.73	++
鞘翅目(幼虫)Coleoptera(Larva)	1	2	3	2.24	++
蜘蛛目 Araneeida	0	2	2	1.50	++
蜈蚣目 Solopendromorpha	0	1	1	0.75	+
个体总数	83	51	134	100	+++

注:+++,优势度类群为个体数量占全部捕获量 10%以上;++,常见类群介于 1%—10%之间;+,稀有类群 1%以下。

Notes: +++, dominant group (≥10%); ++, common group (1%—10%); +, rare group (<1%).

样性指数、均匀性指数和丰富度指数高于常规园,但优势度指数低于常规园。多样性、均匀性和优势度都取决于群落类群数和各类群的个体数,这表明示范园土壤动物群落物种丰富,结构复杂,类群数量分布均匀。

2.3　大型土壤动物的垂直变化

表 5 为大型土壤动物在洛川苹果园中的垂直分布,苹果

表 4　洛川苹果园夏季大型土壤动物群落的特征指数

Table 4　Characteristics of macro-soil-fauna communities at apple orchard in summer of Luochuan County

样地	类群数/个	个体总数/只	多样性指数	均匀性指数	丰富度指数	优势度指数
常规园	7	83	1.3243	0.6805	0.4404	0.8675
示范园	10	51	1.7113	0.7432	0.5856	0.6667

表 5　洛川苹果园夏季大型土壤动物的垂直分布

Table 5　Vertical distribution of macro-soil-fauna communities at apple orchard in summer of Luochuan County

土壤分层/cm	类群数/个	样地个数/只		个体总数/只	占样本总数百分率/%
		常规园	示范园		
0—5	9	59	34	93	69.40
5—10	8	15	13	28	20.90
10—15	3	6	3	9	6.72
15—20	3	3	1	4	2.30

常规园与示范园大型土壤动物个体数:0—5cm 土层>5—10cm 土层>15—20cm 土层>10—15cm 土层。总体上大型土壤动物个体数集中在 0—5cm 土层,占总量的 69.40%,处绝对优势,具明显的表聚性,该分部与土壤分布的一般规律一致。

3 讨论

土壤动物是农田生物群落的重要类群,是评价农田土壤质量的重要生物学指标之一[14]。施肥会引起土壤动物数量发生较大负的变化,而对物种丰富度影响较小[15]。施肥和喷洒农药等生产活动又进一步改变了大型土壤动物的生存环境,上述生产活动必然干扰大型土壤动物的生长发育[16],研究区常规园捕获动物个体数量高于示范园,但多样性指数、丰富度指数和均匀性指数低于示范园,可能是常规园化学肥料施用量过大或管理粗放,导致土壤类群数减少,造成常规园优势度指数增高,尤其是咀刺目数量远远大于示范园。

水是土壤动物生命活动中非常重要的生长因子,一定范围内含水量对土壤动物的影响较大,土壤含水量对大型土壤动物的分布影响显著[17]。据表 2 得知,正蚓目在示范园中所占比例最大,个体数量最多。究其原因:在示范园地表种有白花三叶草,既保持了水土流失,又大大减少了地表水分的蒸发。因此,对于洛川苹果园常规园,在今后管理中应尽量减少化肥和农药的使用,同时在地表种植三叶草等植物以保证土壤具有足够的水分,同时尽量减少对地表的机械性破坏。在示范园的管理中应对土壤肥力进行测定和监控, 如果过量,应减少农家肥的施用量。希望常规园在今后的建设和管理中能逐渐向示范园转变,全面提高苹果的品质。

本文仅对果园土壤动物进行了初步研究,搞清土壤动物与土壤微生态生境的关系,是下一步研究的问题,以便于采取有效措施,加强苹果园土壤管理,可持续控制苹果树病虫害,提高苹果产量和质量。

4 结论

通过对洛川苹果示范园和常规园夏季大型土壤动物群落特征及多样性的研究,得出如下结论。

(1) 苹果园大型土壤动物中优势类群构成了土壤动物群落的主要框架。

(2) 土壤动物在苹果园中垂直分布表聚性比较明显。

(3) 示范园土壤动物群落物种丰富,结构复杂,类群数量分布均匀。

参考文献(References)

[1] 尹文英. 中国土壤动物[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
Yin Wenying. Soil animal of China[M]. Beijing: Science Press, 2000.

[2] 殷秀琴. 东北森林土壤动物研究 [M]. 长春: 东北师范大学出版社, 2001.
Yin Xiuqin. Study on forest soil animal in the Northeast of China[M]. Changchun: Northeast Normal University Press, 2001.

[3] 刘长海, 刘世鹏, 骆有庆, 等. 陕北枣林土壤动物与枣林健康及其害虫生态调控的关系[J]. 福建林业科技, 2009, 36(1): 182–185.
Liu Changhai, Liu Shipeng, Luo Youqing, *et al*. *Journal of Fujian Forestry Science and Technology*, 2009, 36(1): 182–185.

[4] 刘长海, 骆有庆, 陈宗礼, 等. 陕西延安万花山枣园土壤动物群落结构与组成[J]. 动物学杂志, 2008, 43(2): 101–105.
Liu Changhai, Luo Youqing, Chen Zongli, *et al*. *Chinese Journal of Zoology*, 2008, 43(2): 101–105.

[5] 刘长海, 骆有庆, 陈宗礼, 等. 陕北枣林土壤动物群落的结构与组成[J]. 西北大学学报: 自然科学版, 2011, 41(1): 85–89.
Liu Changhai, Luo Youqing, Chen Zongli, *et al*. *Journal of Northwest University: Natural Science Edition*, 2011, 41(1): 85–89.

[6] 刘长海, 刘世鹏, 王晓涧, 等. 陕北枣林土壤动物功能类群及其害虫生态调控[J]. 土壤通报, 2011, 42(2): 316–319.
Liu Changhai, Liu Shipeng, Wang Xiaojian, *et al*. *Chinese Journal of Soil Science*, 2011, 42(2): 316–319.

[7] 刘长海, 骆有庆, 陈宗礼, 等. 陕北枣林土壤动物组成与季节动态[J]. 西北大学学报: 自然科学版, 2011, 41(4): 633–636.
Liu Changhai, Luo Youqing, Chen Zongli, *et al*. *Journal of Northwest University: Natural Science Edition*, 2011, 41(4): 633–636.

[8] Sackett T E, Buddle C M, Vincent C. Dynamics of spider colonization of apple orchards from adjacent deciduous forest[J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2008, 129(1): 144–148.

[9] 石晓红, 唐周怀, 陈川. 果园金龟子发生规律及防治方法[J]. 西北园艺, 1999(4): 35–37.
Shi Xiaohong, Tang Zhouhuai, Chen Chuan. *Northern Horticulture*, 1999 (4): 35–37.

[10] 李军民, 王建锋, 屈军涛, 等. 陕西洛川苹果园土壤肥力与施肥状况调查[J]. 西北园艺, 2011(10): 45–47.
Li Junmin, Wang Jianfeng, Qun Juntao, *et al*. *Northern Horticulture*, 2011(10): 45–47.

[11] 尹文英. 中国亚热带土壤动物[M]. 北京: 科学出版社, 1992.
Yin Wenying. Subtropical soil animals of China [M]. Beijing: Science Press, 1992.

[12] 尹文英. 中国土壤动物检索图鉴[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
Yin Wenying. Pictorical keys to soil animals of China [M]. Beijing: Science Press, 1998.

[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.
Zheng Leyi, Gui Hong. Insect classification [M]. Nanjing: Nanjing Normal University Press, 1999.

[14] 唐玉姝, 魏朝富, 颜廷梅, 等. 土壤质量生物学指标研究进展[J]. 土壤, 2007, 39(2): 157–163.
Tang Yushu, Wei Chaofu, Yan Tingmei, *et al*. *Soils*, 2007, 39 (2): 157–163.

[15] Lindberg N, Persson T. Effects of long-term nutrient fertilization and irrigation on the microathropod community in a boreal Norway spruce stand[J]. *Forest Ecology and Management*, 2004, 188(1–3): 125–135.

[16] Holland J M. Reynolds C I M. The impact of soil cultivation on arthropod (*Coleoptera* and *Araneae*) emergence on arable land [J]. *Pedobiologia*, 2003, 47(2): 181–191.

[17] 林英华, 杨学云, 张道夫, 等. 陕西黄土区不同施肥条件下农田土壤动物的群落组成核结构[J]. 生物多样性, 2005, 13(3): 188–196.
Lin Yinghua, Yang Xueyun, Zhang Fudao, *et al*. *Biodiversity Science*, 2005, 13(3): 188–196.

(责任编辑 吴晓丽)