

苹果园春季大型土壤动物群落结构 与多样性分析

刘长海, 苑彩霞, 徐世才, 连粉娜, 雷国强

(延安大学 生命科学学院, 陕西 延安, 716000)

摘要: 2010年4月,对延安市洛川县苹果示范园和常规园2块样地的春季大型土壤动物群落进行调查,共采集到40个土壤样品,通过手拣法共捕获大型土壤动物标本152号,隶属于4门6纲11目。结果表明:正蚓目和鞘翅目是这2块样地的优势类群,而2块样地的其余类群在数目上则各有差异;各群落中大型土壤动物的类群和数量在垂直分布上有一定的表聚性;示范园的春季大型土壤动物类群的多样性、优势度和丰富度都明显高于常规园,而均匀度则低于常规园。通过对苹果园大型土壤动物多样性的研究,为果园土壤生态系统的健康维持提供参考。

关键词: 大型土壤动物; 群落结构; 多样性; 苹果园; 春季

中图分类号: S154.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-2286(2012)03-0609-05

Analysis of Community Structure and Diversity of Macro-soil-fauna in Apple Orchards in Spring

LIU Chang-hai, YUAN Cai-xia, XU Shi-cai, LIAN Fen-na, LEI Guo-qiang

(College of Life Science, Yanan University, Yan'an 716000, China)

Abstract: In April, 2010, a survey on the composition and community structure of the macro-soil-fauna was conducted in two sample plots in the demonstration orchard and the conventional management orchard in Luochuan County in spring. 40 soil samples totally were collected, and 152 macro-soil-fauna were taken by hand-sorting, which belong to 11 orders, 6 classes and 4 phyla. The result of the survey showed that Lumbricida and Coleoptera were dominant species in the two sample plots, and the numbers of other species differed obviously in the two sample plots. There was certain surface collection in species and numbers of macro-soil fauna in each orchard. The diversity index, dominance index and richness index of the demonstration orchard were greater than those in the conventional-management orchard, but the evenness index was less than that of the conventional-management orchard. The result of this study may provide information on how to maintain the health of orchard.

Key words: macro-soil-fauna; community structure; diversity; apple orchard; spring

土壤动物数量巨大,种类极其丰富,在系统养分循环和能量流动中发挥着重要的作用。对土壤动物多样性的研究长期以来一直受到学者们的关注。然而,国内外对土壤动物群落生态学的研究主要集中于森林和草地,在农田和经济林的研究则较少,特别是有关果园土壤动物的系统研究较少。国外的A Cerdà等^[1]、T E Sackett等^[2]分别对橘园的蚂蚁和对苹果园的蜘蛛做了研究;国内的唐本安等^[3]对椰林、袁凤辉等^[4]对橘园、葛宝明等^[5]和鲍毅新等^[6]对桔园、李淑梅等^[7-8]对桃园、张修玉等^[9]对龙眼果园、

收稿日期: 2011-08-18 修回日期: 2012-04-13

基金项目: 陕西省教育厅自然科学基金项目(11JK0628)、延安市科学技术研究发展计划项目(2009KN-23)和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(1965—),男,副教授,博士,主要从事土壤动物生态学研究, E-mail: lch1851@yahoo.com.cn.

钱复生^[10], 张俊霞^[11]及刘长海^[12-13]对枣园的土壤动物做了系统研究, 师光禄等^[14-15]对枣树冠下土壤层中节肢动物群落做了深入系统调查。另外石晓红等^[16]探讨了果园金龟子的发生规律及防治方法, 杨树泉等^[16]对苹果园土壤线虫的群落特征做了分析, 但有关苹果园土壤动物的系统研究尚未报道。因此, 结合延安产业结构调整 and 主导产业发展, 本文首次对延安洛川县苹果园春季大型土壤动物进行深入系统研究。通过本研究, 对于果园健康及其害虫的生态调控具有一定的指导价值, 为深入研究土壤动物对土壤质量变化的指示作用提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 样地选择

研究样地设在地处陕西省北部, 延安市南部的洛川县, 地处渭北黄土高原沟壑区, 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 1 000~1 100 m, 光照年时长 2 200~2 300 h, 全年降水量 621.9 mm, 年均温 9.2 °C, 昼夜温差 15.7 °C, 无任何工业污染源。样品采集点为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, 苹果品种都为富士, 面积都为 0.4 hm²。示范园的苹果树栽于 1993 年, 以农家肥(羊粪)为主; 常规园的苹果树栽于 1992—1993 年, 以化肥居多。

1.2 实验设计

实验主要利用手拣法对大型土壤动物进行捕获, 然后放入体积分数为 75%酒精分装保存, 最后在 SMZ-B₄ 体视双目显微镜和 SZ-DM200 数码体视显微镜(重庆奥特光学仪器有限公司)下, 对获取的大型土壤动物进行数量统计和分类鉴定^[18-20]。土壤动物鉴定等级一般分类到目, 其中鞘翅目到科。

1.3 采样时间和调查方法

2010 年 4 月分别在洛川苹果示范园和常规园 2 个样地进行采样。每个样地利用五点法各采 5 个样方, 每个样方分 0~5 cm, 5~10 cm, 10~15 cm, 15~20 cm 4 层, 每层的面积为 30 cm×30 cm, 每个样地各采 20 个土壤样品, 利用手拣法将大型土壤动物分离并分层将其就地手捡放入体积分数为 75%酒精中保存。

1.4 数据处理方法

土壤动物群落的多样性特征指数采用以下公式进行计算和分析:

$$\text{Shannon-Wiener 多样性指数: } H' = -\sum n_i / N \ln(n_i / N) \quad (1)$$

$$\text{Pielou 均匀度指数: } E = H' / \ln S \quad (2)$$

$$\text{Simpson 优势度指数: } C = \sum (P_i)^2 \text{ 式中: } P_i = n_i / N \quad (3)$$

$$\text{Menhinick 丰富度指数: } D = \ln S / \ln N \quad (4)$$

其中 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 土壤动物群落的类群组成

采集捕获的大型土壤动物经鉴定和计数共有土壤动物 152 号, 隶属 4 门 6 纲 11 目, 其中鞘翅目幼虫 4 科, 鞘翅目成虫 5 科(表 1)。从大型土壤动物目级阶元分类可以看出, 节肢动物门共 8 目, 占总类群(目)数的 72.73%, 说明节肢动物构成苹果园大型土壤动物群落的框架。

2.2 土壤动物群落的数量组成

对苹果示范园和常规园春季大型土壤动物组成和数量进行比较得知(表 2): 正蚓目和鞘翅目是 2 块样地的优势类群, 而 2 块样地的其余类群在数目上则各有差异; 在洛川苹果示范园样地中共捕获大型土壤动物 105 号, 分属于 11 个类群, 其中个体数最多的正蚓目(32.38%), 咀刺目(25.71%)和鞘翅目幼虫(20.95%)共占总个体数的 79.04%, 为优势类群。鳞翅目幼虫, 膜翅目, 鞘翅目成虫, 地蜈蚣目, 蜘蛛目分别占总个体数的 7.62%, 4.76%, 1.90%, 1.90%, 1.90%, 为常见类群。以上 8 个类群构成了洛川苹果示范园样地春季大型土壤动物群落的主体。其余 3 类均只占总个体数的 1%以下, 为稀有类群。而在洛川苹果常规园样地中共捕获大型土壤动物 47 号, 分属于 7 个类群, 其中个体数最多的正蚓目(29.79%), 鞘翅目成虫(27.66%), 柄眼目(17.02%), 鞘翅目幼虫(14.89%)共占总个体数的 89.36%, 为优势类群。膜翅目, 地蜈蚣目, 等翅目分别占总个体数的 2.13%, 2.13%, 6.38%, 为常见类群。以上 7 个类群构成了洛川苹果常规园样地春季大型土壤动物群落的全部。

表 1 洛川苹果园春季大型土壤动物类群组成

Tab. 1 Composition of macro-soil-fauna communities in apple orchards of Luochuan County in spring

动物门 Phyla	纲 Class	目 Order (科 Family)
软体动物门 Mollusca	腹足纲	柄眼目 Styommatophora
纲 Gastropoda	寡毛纲	正蚓目 Lumbricida
线虫动物门 Nemata	线虫纲	咀刺目 Enoplida
节肢动物门 Arthropoda	蛛形纲	蜘蛛目 Araneae
	唇足纲	地蜈蚣目 Geophilomorpha
	昆虫纲	膜翅目 Hymenoptera
		双尾目 Diplura
		等翅目 Isoptera
		双翅目幼虫 Diptera(L)
		鳞翅目幼虫 Lepidoptera(L)
		鞘翅目幼虫 Coleoptera(L)
		金龟甲科 Scarabaeidae
		拟步甲科 Tenebrionidae
		叶甲科 Chrysomelidae
		步甲科 Carabidae
		鞘翅目成虫 Coleoptera(A)
		隐翅虫科 Staphylinidae
		步甲科 Carabidae
		金龟甲科 Scarabaeidae
		拟步甲科 Tenebrionidae
		叶甲科 Chrysomelidae

表 2 洛川苹果示范和常规园春季大型土壤动物组成和数量统计

Tab. 2 Composition and quantity of macro-soil -fauna in demonstration garden and in conventional management garden of Luochuan County in spring

类群 Groups	样地个体数 No. of plot		所占百分比/%Percentage		多度 Abundance	
	示范园 DG	常规园 CMG	示范园 DG	常规园 CMG	示范园 DG	常规园 CMG
正蚓目 Lumbricida	34	14	32.38	29.79	+++	+++
咀刺目 Enoplida	27	0	25.71	0	+++	
鞘翅目幼虫 Coleoptera(L)	22	7	20.95	14.89	+++	+++
鳞翅目幼虫 Lepidoptera(L)	8	0	7.62	0	++	
膜翅目 Hymenoptera	5	1	4.76	2.13	++	++
鞘翅目成虫 Coleoptera(A)	2	13	1.90	27.66	++	+++
地蜈蚣目 Geophilomorpha	2	1	1.90	2.13	++	++
蜘蛛目 Araneae	2	0	1.90	0	++	
双尾目 Diplura	1	0	0.95	0	+	
双翅目幼虫 Diptera(L)	1	0	0.95	0	+	
柄眼目 Styommatophora	1	8	0.95	17.02	+	+++
等翅目 Isoptera	0	3	0	6.38		++

+++ : 优势类群 Dominant community (占总个体数的百分比 The percentage of individual number > 10%), ++ : 常见类群 Ordinary community (占总个体数的百分比 The percentage of individual number 1%~10%), + : 稀有类群 Rare community (占总个体数的百分比 The percentage of individual number < 1%); 示范园 (Demonstration garden, DG), 常规园 (Conventional management garden, CMG)。

2.3 土壤动物群落的垂直分布

2.3.1 土壤动物个体数量的垂直分布 经过统计分析(表3)表明,洛川苹果园春季大型土壤动物数量的垂直分布具有明显的表聚性:0~5 cm>5~10 cm>10~15 cm>15~20 cm,就是说离地面越近大型土壤动物的数量就越多。表层大型土壤动物数量占总数量的近一半左右,示范园表层土壤动物数量占到个体总数的55.24%,常规园表层土壤动物数量占到个体总数的57.45%,但示范园的表聚性更有规律,而常规园则出现逆分布现象。

表3 洛川苹果园春季大型土壤动物数量的垂直分布

Tab. 3 The vertical distribution of quantity of macro-soil-fauna in apple orchards of Luochuan County in spring

土壤层次/cm Soil layer	示范园 DG	常规园 CMG	占样本总数的百分率/% Percent	占样本总数的百分率/% Percent
0~5	58	27	0.552 4	0.553 2
5~10	23	8	0.219 0	0.170 2
10~15	13	10	0.123 8	0.212 8
15~20	11	3	0.104 8	0.063 8
总数 Total	105	47	1	1

2.3.2 土壤动物类群数量的垂直分布 从苹果园大型土壤动物类群数量的垂直分布情况(表4)显而易见,其表层0~5 cm及5~10 cm层较多,10~15 cm及15~20 cm层相对较少,由所统计数据对比可以看出苹果示范园的这个规律比常规园的更加显著。

表4 洛川苹果园春季大型土壤动物类群数的分布

Tab. 4 The distribution of groups of macro-soil-fauna in apple orchards of Luochuan County in spring

土壤层次 Soil layer/cm	示范园 DG	常规园 CMG
0~5	8	5
5~10	5	5
10~15	3	5
15~20	4	1

2.4 土壤动物群落的多样性分析

根据 1.4 所列的群落多样性特征指数计算公式分别计算出 2 个不同类型果园土壤动物群落的多样性、均匀性、优势度和丰富度指数(表 5)。通过对洛川苹果示范园和常规园春季大型土壤动物群落的多样性指数比较,可以看出示范园的多样性指数(H')大于常规园的多样性指数(H'),这说明示范园的群落物种较丰富,结构较复杂,类群数分布较均匀,但由于苹果示范园的正蚓目,鞘翅目,咀刺目的个体数目比较多,也就是说它的优势集中性指数(C)较高,所以示范园的均匀度指数(E)亦较低,由以上的分析可以得出苹果示范园春季大型土壤动物类群的多样性、优势度和丰富度都明显高于常规园,而均匀度则低于常规园,这说明苹果示范园的群落结构的稳定性更高,不易受破坏。

表5 洛川苹果园春季大型土壤的多样性分析

Tab 5 Diversity analysis of macro-soil-fauna in apple orchards of Luochuan County in spring

样地 Plot	多样性指数 (H') Index of diversity	优势度指数 (C) Index of dominance	均匀性指数 (E) Index of evenness	丰富度指数 (D) Index of richness
示范园 DG	0.676 4	0.224 3	0.282 1	0.515 2
常规园 CMG	0.669 8	0.221 4	0.344 2	0.505 4

3 结论与讨论

(1)通过本研究得出正蚓目和鞘翅目是 2 块样地的优势类群,而 2 块样地的其余类群在数目上则各有差异。

(2)大型土壤动物的个体数量和类群数量在垂直分布上呈一定的表聚性特征,且苹果示范园的表聚性比常规园更加显著。

(3)苹果示范园春季大型土壤动物类群的多样性、优势度和丰富度都明显高于常规园,而均匀度则低于常规园,这说明苹果示范园群落结构的稳定性高于常规园。

洛川苹果示范园春季大型土壤动物类群数和个体数大于洛川苹果常规园的规律是受土壤养分、pH

值、结构、质地、有机质含量等因素的影响。土壤有机质和 N、P、K 含量是土壤肥力的重要标志,土壤养分特性对土壤动物的影响较大,一般情况下,土壤养分含量高,土壤动物的类群数和个体数较多^[11]。洛川苹果示范园以农家肥(羊粪)为主,而有机肥可以降低土壤容重,提高土壤 pH 值,提高旱地有机质和速效氮、磷、钾的含量^[21],所以示范园土壤动物多样性丰富。

从土壤动物在各采样点的垂直分布状况来看,洛川苹果园春季大型土壤动物整体也遵循随土壤层加深而递减的趋势,这与山地和农业生态系统中的土壤动物群落分布状况类似。而洛川苹果示范园春季大型土壤动物的数量和类群数随土壤层加深而递减的趋势比常规园显著,说明示范苹果园的群落生境典型,符合土壤动物的分布规律,而常规园出现的逆分布现象与其粗放的管理方式有关。

由于洛川苹果示范园和常规园群落生境的异质性,导致二者在春季大型土壤动物群落特征上存在一定的差异性,但相对来说,洛川苹果园春季大型土壤动物的多样性特征为示范园比常规园丰富,这与张秀娟和杨晨利得出的土壤动物的多样性以冬季、春季最丰富有相同之处^[22]。本研究仅采用手拣法对洛川苹果园的土壤动物进行采集捕获,并以大型土壤动物为主。另外,苹果示范园和常规园长期的管理方式导致了土壤理化性质有不同程度的改变,这些土壤因子的变化是否是影响土壤动物多样性的决定性因素,尚待进一步深入研究。

参考文献:

- [1] Cerdà A, Jurgensen M F. The influence of ants on soil and water losses from an orange orchard in eastern Spain[J]. *Journal of Applied Entomology*,2008,132(4):306-314.
- [2] Sackett T E, Buddle C M, Vincent C. Dynamics of spider colonization of apple orchards from adjacent deciduous forest. *Agriculture[J].Ecosystems and Environment*, 2008,129(1):144-148.
- [3] 唐本安,唐敏,陈春福,等.海南东郊椰林生态系统土壤动物群落特征[J].*生态学报*, 2006, 26(1):26-32.
- [4] 袁凤辉,刘细明,陈连水,等.江西南丰橘园土壤动物群落结构及其多样性[J].*动物学杂志*,2005,40(4):100-107.
- [5] 葛宝明,孔军苗,程宏毅,等.不同利用方式土地秋季大型土壤动物群落结构[J].*动物学研究*, 2005,26(3): 272-278.
- [6] 鲍毅新,程宏毅,葛宝明,等.不同土地利用方式下大型土壤动物群落对土壤理化性质的响应[J].*浙江师范大学学报:自然科学版*, 2007, 30(2): 121-127.
- [7] 李淑梅,马克世,李季平.土地不同利用类型下土壤动物群落多样性研究[J].*安徽农业科学*, 2008, 36(2):695-696, 744.
- [8] 李淑梅,王进,樊淑华.农业生态系统中土壤动物资源的调查研究[J].*河南农业科学*,2008(6):36-39, 108.
- [9] 张修玉,黎华寿,曾祥有,等.氯酸钾对龙眼果园土壤动物群落多样性的影响[J].*农业环境科学学报*,2007,26(4): 1487-1491.
- [10] 钱复生,王宗英.水东枣园土壤动物与土壤环境的关系[J].*应用生态学报*, 1995,6(1):44-50.
- [11] 张俊霞,刘贤谦.太谷县枣园土壤动物与土壤养分的关系[J].*山西农业大学学报*, 2005, 25(1): 8-11.
- [12] 刘长海.陕北枣林土壤动物的群落结构及其季节动态[D].北京:北京林业大学, 2008: 1-81.
- [13] 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.
- [14] 李绒,苑彩霞,刘长海,等.延安市枣园土壤昆虫组成初步调查[J].*延安大学学报:自然科学版*,2009,28(1):81-83, 86.
- [15] 师光禄,赵莉藜,苗振旺,等.不同间作枣园害虫的群落结构与动态[J].*生态学报*, 2005,25(9):2263-2271.
- [16] 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.
- [17] 杨树泉,沈向,毛志泉,等.环渤海湾苹果产区老果园与连作果园土壤线虫群落特征[J].*生态学报*, 2010, 30(16): 4445-4451.
- [18] 尹文英.中国土壤动物检索图鉴[M].北京:高等教育出版社, 1988:1-691.
- [19] 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.
- [20] 钟觉民.幼虫分类学[M].北京:农业出版社, 1990: 1-317
- [21] 刘光荣,冯兆滨,刘秀梅,等.不同有机肥源对红壤旱地耕层土壤性质的影响[J].*江西农业大学学报*, 2009,31(5): 927-932,938.
- [22] 张秀娟,杨晨利.洞庭湖环湖丘岗区土壤动物群落组成及分布[J].*江西农业大学学报*,2006,28(1):129-133.