

网络出版时间:2016-06-08 16:21

DOI:10.13207/j.cnki.jnwfufu.2016.07.023

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20160608.1621.046.html>

西藏林芝地区果园春季大型土壤 动物群落结构研究

臧建成,唐晓琴,翟云霞,苏成,庞佩

(西藏大学农牧学院植物科学学院,西藏林芝 860000)

[摘要] 【目的】了解西藏林芝地区果园春季大型土壤动物群落的结构特征,为进一步开展该地区农林交错地带土壤动物及农田土壤害虫综合防治研究提供基础资料。【方法】2014年4—5月,利用对角线五点采样法和国际通用的手拣法,对西藏大学农牧学院实习果园内的大型土壤动物进行采样以及鉴定分类,对土壤动物群落结构组成、多样性及在0~20 cm土层中的分布进行研究。【结果】在西藏农牧学院实习果园中共获得土壤动物194头,隶属4门6纲14目,4门分别为软体动物门、线虫动物门、环节动物门、节肢动物门,6纲分别为腹足纲、线虫纲、寡毛纲、蛛形纲、唇足纲、昆虫纲。优势类群为寡毛纲正蚓目及昆虫纲鞘翅目(幼虫)、鳞翅目(幼虫)、膜翅目,常见类群为柄眼目、咀刺目、蜘蛛目、蜈蚣目、双翅目、革翅目、半翅目、同翅目,无稀有类群。优势类群占总数的74.87%,构成西藏林芝地区春季果园大型土壤动物的主要类群。鞘翅目(幼虫)所占比例最大,为27.75%;咀刺目和蜈蚣目所占比例最少,均为1.05%。环节动物门的丰富度指数较高,为0.3256;节肢动物门次之,为0.2027;软体动物门和线虫动物门丰富度指数均较小,分别为0.0645和0.0472。多样性指数和均匀性指数的变化趋势总体与丰富度指数一致。在0~20 cm土层,土壤动物的类群、个体总数及其所占比例均呈先增后减趋势,其中在5~10 cm土层以上3个指标均较大。【结论】西藏林芝地区果园春季大型土壤动物群落物种丰富,基本呈聚集分布状态,类群数量分布基本均匀,但在土层中的垂直分布表现出明显的表聚性。

[关键词] 春季果园;土壤动物;群落结构;西藏林芝

[中图分类号] S154.5

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2016)07-0159-06

Community structure of soil macrofauna in spring orchard of Linzhi, Tibet

ZANG Jiancheng, TANG Xiaoqin, ZHAI Yunxia, SU Cheng, PANG Pei

(Department of Plant Technology, Agricultural and Animal Husbandry College of Tibet University, Linzhi, Tibet 860000, China)

Abstract: 【Objective】 This study investigated the community structure characteristics of soil macrofauna in spring orchard of Linzhi to provide basis for comprehensive prevention of farmland soil animals and pests in farming and forestry mixed region. 【Method】 During April and May of 2014, the diagonal five-point sampling method and internationally accepted hand picking method were used to collect, identify, and classify soil macrofauna in internship orchard of Agriculture and Animal Husbandry College of Tibet University. The community structure, composition, diversity and distribution of soil macrofauna in soil depth of 0—20 cm soil were also investigated. 【Result】 A total of 194 soil animals were obtained, belonging to 14 orders, 6 classes and 4 phylums. The 4 phylums were Mollusca, Nematode, Annelida, and Arthropoda and

[收稿日期] 2014-11-11

[基金项目] 国家自然科学基金项目(41561054);西藏自治区自然科学基金项目(2015ZR-13-26);西藏自治区高校重点实验室建设项目

[作者简介] 臧建成(1977—),男,甘肃通渭人,副教授,硕士,主要从事农林害虫防治及昆虫生态学、土壤动物研究。

E-mail: zangjc2008@163.com

the 6 classes were Gastropoda, Nematoda, Oligochaeta, Arachnida, Chilopoda, and Insecta. Among them, the dominant groups were Lumbricida of Oligochaeta and Coleoptera (larvae), as well as Lepidoptera (larvae) and Hymenoptera of Insecta. Common groups were Stylommatophora, Enoplida, Araneida, Solopendromorpha, Diptera, Dermaptera, Hemiptera, and Homoptera. There were no rare groups. Coleoptera (larvae) had the largest ratio of 27.75% while Enoplida and Scolopendromorpha had the smallest ratio of 1.05% each. Dominant groups accounted for 74.87%, and they were the main groups of soil macrofauna. The richness index of Annelida was the highest of 0.325 6, followed by Arthropod with the index of 0.202 7. Richness index of Mollusca and Nematode were 0.064 5 and 0.047 2, respectively. The diversity index and evenness index changed identically to the richness index. In the soil layer of 0—20 cm, the taxa, total number and ratio of soil animal all showed a trend of increasing after decreasing, and the layer of 5—10 cm had the largest values. 【Conclusion】 The soil macrofauna species in spring orchard in Linzhi were rich. They showed aggregated distribution with even number of groups, but the vertical distribution showed clear surface aggregation.

Key words: spring orchard; soil animal; community structure; Linzhi, Tibet

土壤动物是土壤生态系统的重要组成部分,在自然生态系统中扮演着消费者和分解者的角色,对土壤的形成、发育及土壤结构稳定、肥力保持、物质循环和能量流动等发挥着不可替代的重要作用^[1-2]。土壤动物具有世代周期短、个体数量小、种群数量大、生殖潜能高等优点^[3],能在较小斑块尺度对土壤理化特性、营养状况和养分含量做出及时响应,其多样性已被公认为土壤生态系统变化的预警及敏感指标^[4-5]。因此,国内外已将土壤动物作为土壤环境质量和健康状况潜在的重要生物指示物,并已广泛用于不同生态系统土壤质量和肥力状况的评价^[6-10]。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开展^[11-12],但现有研究多集中在森林农田交错区或农田、草地等^[13],关于西藏地区的土壤动物学研究主要集中于拉萨湿地、农田^[14-16]。国内外关于苹果园土壤动物的研究还比较薄弱^[17],目前研究主要集中在果园节肢动物群落结构及多样性方面^[18-21],对西藏林芝地区森林、农田、农林交错地带及果园土壤动物的研究还较为少见。西藏林芝是西藏自治区的主要苹果栽培区,对苹果园土壤而言,土壤动物的分解作用对土壤的健康显得尤为重要。因此,本试验对西藏大学农牧学院实习果园春季大型土壤动物群落进行了初步调查和研究,以期了解西藏林芝地区苹果园春季大型土壤动物群落结构的多样性,探讨西藏林芝地区苹果园土壤动物资源特点及其生态地理规律,为了解土壤动物在西藏林芝苹果园中的作用及进一步开展西藏地区土壤动物结构和地下害虫防治研究提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

本研究在西藏林芝地区西藏大学农牧学院实习果园(94°25′~94°45′ E, 29°35′~29°57′ N)进行,该园位于青藏高原东南部西藏自治区林芝县境内,系念青唐古拉山向南延伸的余脉,与喜马拉雅山东部向北发展的山系相连。研究区生物资源丰富,为农牧林结合地带,处于藏东南温暖气候区与半湿润气候区的过渡地带,受印度洋暖湿季风影响,冬春少雨,夏秋雨丰,年降水量 600~1 000 mm,年均温 8~10 °C, ≥ 0 °C 积温 3 000~3 500 °C, ≥ 10 °C 的时间约 180 d。果园栽培的主要果树有苹果、桃、梨、李、欧美大樱桃和杏等。

1.2 采样鉴定

于 2014 年 4—5 月,在西藏大学农牧学院实习果园内,利用五点采样法分层采样,取样面积为 50 cm×50 cm,分别取 0~5, 5~10, 10~15 和 15~20 cm 土层土壤样品,设置 3 个重复,每个样方间隔为 3 m 左右^[22-23],手拣收集大型土壤动物,用体积分数 75% 的酒精分装小瓶保存后带回实验室,在尼康中级体视显微镜 SMZ800 + D5100 下进行分类鉴定^[24],土壤动物分类主要采用大类别分类法^[25],一般鉴定到目,鞘翅目鉴定到科,部分常见害虫鉴定到种。最后,对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 SPSS 13.5 软件进行处理,大型土壤动物群落多样性的特征指数,即

多样性指数(H')、均匀性指数(E)、Berger-Parker 优势度指数(I)、丰富度指数(D)分别按下面公式计算:

$$H' = - \sum P_i \ln P_i;$$
$$E = H' / \ln S;$$
$$I = N_{\max} / N_T;$$
$$D = \ln S / \ln N。$$

式中: P_i 为类群 i 占群落总个体数的比例, S 为样区内的类群数目, $N_{\max}$ 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 西藏林芝地区春季果园大型土壤动物群落结构组成

通过分离和鉴定,本研究共获得土壤大型动物 194 头,隶属 4 门 6 纲 13 目(表 1)。

表 1 西藏林芝春季果园大型土壤动物群落结构组成
Table 1 Structure of soil animal community in spring orchard of Linzhi, Tibet

门 Phylum	纲 Class	目 Order	科 Family
软体动物门 Mollusca	腹足纲 Gastropoda	柄眼目 Syommatopora	
线虫动物门 Nematoda	线虫纲 Nematoda	咀刺目 Enoplida	
环节动物门 Annelida	寡毛纲 Oligochaeta	正蚓目 Araneecida	
	蛛形纲 Arachnoidea	蜘蛛目 Araneecida	
	唇足纲 Chilopoda	蜈蚣目 Scolopendromorpha	
			拟步甲科 Tenebrionidae
			金龟甲科 Scarabaeidae
		鞘翅目(幼虫) Coleoptera(Larva)	鳃金龟科 Melolonthidae
			叩甲科 Elateridae Leach
			叶甲科 Chrysomelidae
		鞘翅目(成虫) Coleoptera(Adult)	象甲科 Curculionidae
节肢动物门 Arthropoda	昆虫纲 Insecta		拟步甲科 Tenebrionidae
		双翅目(幼虫) Diptera(Larva)	蝇科 Muscidae
			蚊科 Culicidae
		鳞翅目(幼虫) Lepidoptera(Larva)	夜蛾科 Noctuidae
		膜翅目 Hymenoprera	蚁科 Formicidae
		革翅目 Dermaptera	
		半翅目 Hemiptera	
		同翅目 Homoptera	
		缨尾目 Odonata	

从表 1 可以看出,西藏林芝地区春季果园大型土壤动物群落结构组成由软体动物门、线虫动物门、环节动物门、节肢动物门的腹足纲、线虫纲、寡毛纲、蛛形纲、唇足纲、昆虫纲及柄眼目、咀刺目、正蚓目等 14 目组成。其中鞘翅目为 6 科,分别为拟步甲科 Tenebrionidae、金龟甲科 Scarabaeidae、鳃金龟科 Melolonthidae、叩甲科 Elateridae Leach、象甲科 Curculionidae 和叶甲科 Chrysomelidae;双翅目 2 科,分别为蝇科 Muscidae 和蚊科 Culicidae;鳞翅目为夜蛾科 Noctuidae,主要包括八字地老虎(*Agrotis cnigrum* (L.))和黄地老虎(*Agrotis segetum* (Denis et Schiffermüller))幼虫;其余均鉴定到目。

由表 2 可以看出,寡毛纲正蚓目,昆虫纲鞘翅目、鳞翅目、膜翅目均为优势类群,分别占土壤动物总数的 20.62%,27.32%,10.31%和 15.46%。其中鞘翅目数量最大,这是因为在西藏林芝地区,主要食叶性害虫有黑腹黄鳃金龟、小褐丽金龟,嗜食桃

树、苹果叶片,而黑腹黄鳃金龟(*Toxospathius auriventris* Bates)和小褐丽金龟(*Phyllopertha horticola* Linnaeus)在西藏林芝地区 1 年发生 1 代,5 月底至 6 月初为该类害虫的盛发期,4 月为该类害虫的幼虫期;膜翅目主要为蚁科;鳞翅目主要为夜蛾科的八字地老虎(*A. cnigrum* (L.))和黄地老虎(*A. segetum* (Denis et Schiffermüller))。其余种类中,柄眼目、咀刺目、蜘蛛目、正蚓目、蜈蚣目、双翅目、革翅目、半翅目、同翅目为常见种类;稀有种类无。由此可见,西藏林芝地区春季果园的大型土壤动物主要为常见类群和优势类群。

2.2 西藏林芝地区春季果园大型土壤动物群落多样性特征指数

物种多样性可以反映群落组成的复杂程度,故常用来评价群落生态的组织水平。高的多样性指数和均匀度意味着在生态系统中有更长的食物链和更多的共生现象,可能对负反馈有更大的控制能力,从

而增加群落结构的稳定性。从表 3 可知,研究区果园土壤动物中环节动物门丰富度指数(D)和多样性指数(H')均最高,但主要集中在少数个体,对土壤环境的改良有重要作用;节肢动物虽然数量最大,其

类群数较多,因此均匀性指数最高而多样性指数和丰富度指数处于中间位置;软体动物门和线虫动物门个体数量均较少,因此丰富度指数、多样性指数及均匀性指数均较低。

表 2 西藏林芝果园春季大型土壤动物的组成和数量统计

Table 2 Composition and quantity of soil macrofauna in spring orchard of Linzhi, Tibet

门 Phylum	纲 Class	目 Order	数量 Quantity	占总数 百分比/% Percentage of total sample	多度 Degrees
软体动物门 Mollusca	腹足纲 Gastropoda	柄眼目 Syommatopora	3	1.55	++
线虫动物门 Aschelminthes	线虫纲 Nematoda	咀刺目 Enoplida	2	1.03	++
环节动物门 Annelida	寡毛纲 Oligochaeta	正蚓目 Araneeida	40	20.62	+++
	蛛形纲 Arachnida	蜘蛛目 Araneeida	9	4.64	++
	唇足纲 Chilopoda	蜈蚣目 Solopendromorpha	2	1.03	++
		鞘翅目(幼虫) Coleoptera(larva)	53	27.32	+++
		鞘翅目(成虫) Coleoptera(adult)	4	2.06	++
		双翅目(幼虫) Diptera(larva)	8	4.12	++
节肢动物门 Arthropoda		鳞翅目(幼虫) Lepidoptera (larva)	20	10.31	+++
	昆虫纲 Insecta	膜翅目 Hymenoprera	30	15.46	+++
		革翅目 Dermaptera	7	3.61	++
		半翅目 Hemiptera	4	2.06	++
		同翅目 Homoptera	9	4.64	++
		缨尾目 Odonata	3	1.55	++
个体总数 Total population			194	100.0	+++

注:多度以土壤动物数占总数的百分比进行划分:+++、土壤动物数占总数百分比>10%,为优势类群;++、土壤动物数占总数百分比>1%~≤10%,为常见类群;+、土壤动物数占总数百分比>0.1%~≤1%,为稀有类群。

Note:Abundances refers to the number ratio. +++ shows abundances>10%,as the dominant groups; ++ shows the abundances are >1%~≤10%,as the common groups; + indicates abundances are >0.1%~≤1%,as the rare groups.

表 3 西藏林芝地区春季果园各门大型土壤动物的多样性特征

Table 3 Diversity characteristics of each king soil macrofauna in spring orchard of Linzhi, Tibet

门 Phylum	丰富度指数(D) Richness index	多样性指数(H') Diversity index	均匀性指数(E) Evenness
软体动物门 Mollusca	0.064 5	0.024 4	0.000 2
线虫动物门 Nematoda	0.047 2	0.017 9	0.000 1
环节动物门 Annelida	0.325 6	0.123 4	0.042 5
节肢动物门 Arthropoda	0.202 7	0.076 8	0.589 9

从表 4 可以看出,丰富度指数由高到依次为鞘翅目(成虫)>柄眼目=缨尾目>咀刺目=蜈蚣目,其中鞘翅目(幼虫)的丰富指数最高,为 0.354 5,其数量最多;咀刺目和蜈蚣目数量最少,丰富度指数最低。

表 4 西藏林芝地区春季果园各目大型土壤动物群落的多样性特征

Table 4 Diversity characteristics of each head soil macrofauna in spring orchard of Linzhi, Tibet

目 Order	丰富度指数(D) Richness index	多样性指数(H') Diversity index	均匀性指数(E) Evenness
柄眼目 Syommatopora	0.064 5	0.024 4	0.000 2
咀刺目 Enoplida	0.047 2	0.017 9	0.000 1
正蚓目 Araneeida	0.325 6	0.123 4	0.042 5
蜘蛛目 Araneeida	0.142 5	0.054 0	0.002 2
蜈蚣目 Scolopendromorpha	0.047 2	0.017 9	0.000 1
鞘翅目(幼虫) Coleoptera(larva)	0.354 5	0.134 3	0.074 6
鞘翅目(成虫) Coleoptera(adult)	0.080 0	0.030 3	0.000 4
双翅目(幼虫) Diptera(larva)	0.131 5	0.049 8	0.001 7
鳞翅目(幼虫) Lepidoptera (larva)	0.234 2	0.088 8	0.010 6
膜翅目 Hymenoprera	0.288 7	0.109 4	0.023 9

表 4 续 Continued table 4

目 Order	丰富度指数(<i>D</i>) Richness index	多样性指数(<i>H'</i>) Diversity index	均匀性指数(<i>E</i>) Evenness
革翅目 Dermaptera	0.119 9	0.045 4	0.001 3
半翅目 Hemiptera	0.080 0	0.030 3	0.000 4
同翅目 Homoptera	0.142 5	0.054 9	0.002 2
缨尾目 Odonata	0.064 5	0.024 4	0.000 2

2.3 西藏林芝地区春季果园大型土壤动物群落的垂直变化

从表 5 可以看出,在西藏林芝地区,春季果园土壤动物主要分布在>5~≤10 cm 土层中,该土层土壤动物数量占总数的 63%;>15~≤20 cm 土层中的土壤动物最少,仅占总数的 6%;>10~≤15 cm 和>0~≤5 cm 土层中的土壤动物数量分别占总数的 18%和 13%;在>5~≤20 cm 土层,土壤动物数量随着土层深度的增加呈递减趋势。由此可知,西

藏林芝地区春季果园土壤动物在土层中的垂直分布表现出明显的表聚性特点,这是因为西藏林芝地区土壤的主要害虫为蛴螬、地老虎和金针虫,其中蛴螬(黑腹黄鳃金龟(*T. auriventris* Bates)、小褐丽金龟(*P.horticola* Linnaeus))、地老虎((八字地老虎 *A.cnigrum* (L.)和荒地老虎(*A.segetum* (Denis et Schiffermüller))正处于化蛹期,4—5 月正是其向土壤表层迁移的时期,是该地区的优势种群。

表 5 西藏林芝地区春季果园大型土壤动物的垂直分布

Table 5 Vertical distribution of soil macrofauna in spring orchard of Linzhi,Tibet

土层深度/cm Soil stratification	类群数 Group number	个体总数 Total number of individuals	占总数百分比/% Ratio to total
0~≤5	12	35	18
>5~≤10	14	123	63
>10~≤15	7	25	13
>15~≤20	3	11	6

3 讨论与结论

常用土壤动物的群落组成、物种多样性、物种的多度和丰富度的变化以及其生理指标等评价植被及土壤环境的变化。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。土壤动物是生态系统的重要组成部分,在分解动植物残体、改变土壤理化性质及土壤的形成与发育、土壤物质迁移与能量转化方面有重要意义。

本研究对西藏林芝果园春季大型土壤动物群落结构进行了调查,结果显示,该区大型土壤动物个体数量和类群数量随土壤深度增加总体呈递减态势,具有明显的表聚性。从地表向下随着土层深度的增加,土壤动物数量及种类逐渐减少,生物多样性、丰富度指数同样也随之减少。出现这种现象的原因:1)与西藏林芝的气候有关。西藏林芝虽位于青藏高原地区,但气候类型属于温带气候,年平均气温在 8.7℃,冬季平均温度大于 0℃。2)西藏林芝地区主要的土壤害虫为蛴螬、金针虫和地老虎,而金龟在林芝地区的优势种为黑腹黄鳃金龟和小褐丽金龟,盛发期为 5 月下旬至 6 月上旬,土壤动物的表聚性与金龟的出土羽化和黑腹黄鳃金龟的空间分布型有关^[26-27]。本研究表明,西藏林芝地区春季果园大型

土壤动物群落物种较为丰富,基本呈聚集分布状态,类群数量分布基本均匀;西藏林芝地区果园土壤动物中,害虫主要以鞘翅目为主,益虫主要以改良土壤结构的正蚓目为主。因此,在林芝地区的果园内,春季应做好地下害虫的防治,以免对果树根、茎造成危害,但在防治过程中应以农业防治或生物防治为主,以避免对有益生物的杀伤作用。

[参考文献]

[1] 吴玉红,蔡青年,林超文,等. 地埂植物篱对大型土壤动物多样性的影响 [J]. 生态学报,2009,29(10):5320-5329.
Wu Y H,Cai Q N,Lin C W,et al. Effects of terrace hedgerows on soil macrofauna diversity [J]. Acta Ecologica Sinica,2009,29(10):5320-5329.

[2] Diekotter T,Wamser S,Wolters V K,et al. Landscape and management effects on structure and function of soil arthropod communities in winter wheat [J]. Agriculture,Ecosystems and Environment,2011,137:108-112.

[3] Longcore T. Terrestrial arthropods as indicators of ecological restoration success in Coastal sage scrub (California, U. S. A.) [J]. Restoration Ecology,2003,11(4):397-409.

[4] Paoletti M G,Hu D X,Patrick M,et al. Arthropods as bioindicators in agroecosystems of Jiangnan Plain,Qianjiang city,Hubei China [J]. Critical Reviews in Plant Sciences,1999,18(3):457-465.

[5] Perner J,Wytrykush C,Kahmen A,et al. Effects of plant diver-

- sity, plant productivity and habitat parameters on arthropod abundance in montane European grasslands [J]. *Ecography*, 2005, 28(4): 429-442.
- [6] Samways M J. Some comparative insect conservation issues of north temperate, tropical, and south temperate landscapes [J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 1992, 40: 137-154.
- [7] 吴东辉, 张 柏, 陈 鹏. 吉林省黑土区农业生境大型土壤节肢动物群落组成与生态分布 [J]. *中国农业科学*, 2006, 39(1): 125-131.
- Wu D H, Zhang B, Chen P. Community composition and distribution of soil macro-arthropods under agricultural environment in the black soil region of Jilin Province [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2006, 39(1): 125-131.
- [8] 殷秀琴, 宋 博, 董炜华, 等. 我国土壤动物生态地理研究进展 [J]. *地理学报*, 2010, 65(1): 91-102.
- Yin X Q, Song B, Dong W H, et al. A review on the eco-geography of soil fauna in China [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2010, 65(1): 91-102.
- [9] 苏 越, 邬天媛, 张雪萍. 我国土壤动物环境指示功能研究进展 [J]. *国土与自然资源研究*, 2012(6): 64-67.
- Su Y, Wu T Y, Zhang X P. Research advances in the indicative function soil fauna to environment in China [J]. *Territory & Natural Resources Study*, 2012(6): 64-67.
- [10] Liu R, Zhu F, Song N, et al. Seasonal distribution and diversity of ground arthropods in microhabitats following a shrub plantation age sequence in desertified steppe [J]. *PLoS One*, 2013, 8(10): 1-12.
- [11] 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 X H, Tang Z H, Chen C. Rule and control methods orchards scarab occur [J]. *Northwest Horticulture*, 1999(4): 35-37.
- [12] 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.
- Yang S Q, Shen X, Mao Z Q, et al. Characterization of nematode communities in the soil of long-standing versus replanted apple orchards surrounding Bohai Gulf [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(16): 4445-4451.
- [13] 朱新玉. 森林-草原交错带土壤节肢动物群落结构及多样性研究 [D]. 河北保定: 河北农业大学, 2007.
- Zhu X Y. Study on the structures and diversities of soil arthropod community in the forest-steppe ecotone [D]. Baoding, Hebei: Hebei Agricultural University, 2007.
- [14] 殷秀琴, 安静超, 陶 岩, 等. 拉萨河流域健康湿地与退化湿地大型土壤动物群落比较研究 [J]. *资源科学*, 2010, 32(9): 1643-1649.
- Yin X Q, An J C, Tao Y, et al. Community changes of soil macrofauna in native and degenerative wetlands of the Lhasa River [J]. *Resources Science*, 2010, 32(9): 1643-1649.
- [15] 陈德来, 马正学, 普布巴, 等. 拉萨拉鲁湿地夏季土壤动物的群落特征 [J]. *动物学杂志*, 2011, 46(5): 1-7.
- Chen D L, Ma Z X, Pu B B, et al. Characteristics of soil animal community in Lhalu wetlands during the summer [J]. *Chinese Journal of Zoology*, 2011, 46(5): 1-7.
- [16] 马宏彬, 刘惠清. 拉萨河流域不同土地利用方式下土壤动物的群落特征 [J]. *东北师大学报(自然科学版)*, 2012, 44(2): 84-90.
- Ma H B, Liu H Q. Characteristics of soil fauna communities in different land use patterns in the Lhasa River basin [J]. *Journal of Northeast Normal University (Natural Science Edition)*, 2012, 44(2): 84-90.
- [17] 刘长海, 齐 龙, 屈亚谭, 等. 苹果园夏季大型土壤动物群落结构与组成 [J]. *科技导报*, 2012, 30(18): 56-59.
- Liu C H, Qi L, Qu Y T, et al. Community structure and composition of macro soil fauna in apple orchard in summer [J]. *Technology Review*, 2012, 30(18): 56-59.
- [18] 张治科, 徐世才, 杨彩霞. 宁夏红枣昆虫多样性及优势种群发生动态研究 [J]. *陕西师范大学学报(自然科学版)*, 2011, 39(2): 58-63.
- Zhang Z K, Xu S C, Yang C X. Dynamics of insect diversity and dominant population from fructus jujube in Ningxia [J]. *Journal of Shaanxi Normal University (Natural Science Edition)*, 2011, 39(2): 58-63.
- [19] Shi G L, Zhao L L, Miao Z W, et al. Structure characteristics of the arthropod community in the jujube orchards with different habitats [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2005, 48(4): 561-567.
- [20] 何金祥, 周 浩, 郭伦发, 等. 荔枝果园植物群落动态变化及其对昆虫多样性的影响 [J]. *广西植物*, 2009, 29(3): 337-341.
- He J X, Zhou H, Guo L F, et al. Effects of dynamic variety of plant community on insect diversity in litchi orchard [J]. *Guizhou*, 2009, 29(3): 337-341.
- [21] 杜 超, 伏召辉, 赵惠燕. 猕猴桃园节肢动物群落结构及其动态研究 [J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2011, 39(11): 91-96.
- Du C, Fu Z H, Zhao H Y. Structure and dynamics of arthropod communities in kiwifruit orchards [J]. *Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition)*, 2011, 39(11): 91-96.
- [22] 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 C H, Luo Y Q, Chen Z L, et al. Community structure and composition of soil fauna at jujube forest in Northern Region of Shaanxi [J]. *Journal of Northwest University (Natural Science Edition)*, 2011, 41(1): 85-89.
- [23] 刘长海, 刘世鹏, 王晓洞, 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 C H, Liu S P, Wang X J, et al. The soil fauna guilds and its ecological regulation of pests at jujube forest in northern region of Shaanxi [J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2011, 42(2): 316-319.

[17] Getha K,Vikineswary S. Antagonistic effects *Streptomyces violaceus niger* strain G10 on *Fusarium oxysporum* f. sp. cubenserace 4;indirect evidence for the role of antibiosis in the antagonistic process [J]. Indust Microb,2002,28:303-310.

[18] 屈海泳,魏素华,郭 虎,等. 木霉菌的分离对淮安市园艺作物主要真菌病害的抑制作用 [J]. 中国农学通报,2012,28(4): 141-145.
Qu H Y, Wei S H, Guo H, et al. Isolation of *Trichoderma viride* and their control of horticulture pathogenic fungi in Huai'an [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2012,28 (4):141-145.

[19] 宋洪允,韩立荣,冯俊涛,等. 94 株土壤放线菌抑菌活性的初步筛选 [J]. 西北农业学报,2010,19(12):172-176.
Song H Y, Han L R, Feng J T, et al. Screening of 94 strains of soil actinomycetes with antifungal activity [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica,2010,19(12):172-176.

[20] 董金皋. 农业植物病理学 [M]. 2 版. 北京:中国农业出版社, 2007:204-209.
Dong J G. Agricultural phytopathology [M]. 2nd ed. Beijing: China Agricultural Press,2007:204-209.

[21] 孙广宇,宗兆锋. 植物病理学实验技术 [M]. 北京:中国农业出版社,2002:78-80.
Sun G Y, Zong Z F. Plant pathology experimental techniques [M]. Beijing:China Agricultural Press,2002:78-80.

[22] 李素英,刘冬青,牛贍光. 生物防治菌与多菌灵混用防治棉花黄萎病的效应研究 [J]. 中国生态农业学报,2004,12(1):114-116.

[23] 李 敏,杨 谦,王 疏,等. 哈茨木霉与多菌灵复合使用对水稻苗期立枯病的防治 [J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版),2009,35(1):65-70.
Li M, Yang Q, Wang S, et al. *Trichoderma harzianum* combination with carbendazim for integrated control of rice seedling blight [J]. Journal of Zhejiang University (Agri & Life Sci),2009,35(1):65-70.

[24] 刘淑娟,陈秀蓉,杨成德,等. 生防芽孢杆菌与扑海因混配对番茄早疫病菌的抑制作用 [J]. 甘肃农业大学学报,2007,42 (1):49-53.
Liu S J, Chen X R, Yang C D, et al. Inhibiting effect of the mixture of iprodione and *Bacillus subtilison* *Alternaria solani* [J]. Journal of Gansu Agricultural University,2007,42(1): 49-53.

[25] 李国良,姚丽贤,杨苞梅,等. 有机肥与生防菌结合防治香蕉枯萎病的初步研究 [J]. 中国土壤与肥料,2012(2):67-72.
Li G L, Yao L X, Yang B M, et al. The preliminary study of prevention and control of banana fusarium wilt combined bio-control bacteria with organic manure [J]. Soil and Fertilizer Sciences in China,2012(2):67-72.

(上接第 164 页)

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

[25] Junichi A. Soil zoology [M]. Tokyo:North Long Hall,1973.

[26] 王文娟,唐小琴,巩文峰. 林芝地区丽腹弓角鳃金龟成虫空间分布型研究 [J]. 中国植物导刊,2012,32(3):35-37.
Wang W J, Tang X Q, Gong W F. *Toxospathius auriventris* Bates adults bow spatial distribution pattern of Nyingchi [J]. China Plant Protection,2012,32(3):35-37.

[27] 臧建成,孙 涛. 西藏林芝地区趋光性昆虫群落组成及发生时间动态 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2014,42 (7):131-135.
Zang J C, Sun T. Community component of phototactic insects and its temporal dynamic in Linzhi of Tibet autonomous [J]. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition),2014,42(7):131-135.