

网络出版时间:2016-10-20 16:36

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2016.12.018

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20161020.1636.036.html>

西藏林芝地区青稞地土壤动物多样性及群落结构

臧建成¹, 孙涛², 翟云霞¹, 格桑曲珍¹

(1 西藏农牧学院 植物科学学院, 西藏 林芝 860000; 2 淮北师范大学 生命科学学院, 安徽 淮北 235000)

【摘要】【目的】了解西藏林芝地区青稞地土壤动物群落结构及多样性的变化。【方法】于2014年5—10月, 对位于西藏大学农牧学院实习农场青稞田内的土壤动物进行了调查, 对土壤动物的类群组成及多样性特征指数进行了分析。【结果】共捕获土壤动物536头, 隶属3门9纲19目。其中优势类群为线虫动物门线虫纲咀刺目Enoplida、节肢动物门蜱螨亚纲真螨目Acariformes和弹尾纲弹尾目棘跳科Onychiuridae, 分别占土壤动物总数的12.87%, 26.31%, 17.54%; 常见类群为环节动物门寡毛纲正蚓目Araneida, 蛛形纲蜘蛛目Araneae和甲螨目Oribatida, 原尾目富茛科Fujientomidae, 昆虫纲Insecta同翅目Homoptera、半翅目Hemiptera、双翅目Diptera、啮虫目Corrodentia、鞘翅目Coleoptera, 占总数的36.94%; 稀有类群为节肢动物门双尾目康虫八科Campodeidae、蜈蚣目Scolopendromorpha、鳞翅目夜蛾科Noctuidae、膜翅目Hymenoptera(蚁科Formicidae、姬蜂科Ichneumonidae), 等翅目鼻白蚁科Rhino-termitidae, 缨翅目管蓟马科Phlaeothripidae, 直翅目蝗科Acrididae, 占总数的6.34%; 上述3类构成西藏林芝地区青稞地土壤动物的主要类群。土壤动物类群多样性指数、均匀性指数动态变化明显, 7月份物种多样性指数和优势度指数均最高, 10月多样性指数、均匀性指数最低, 丰富度指数最高为8月, 主要地下害虫为鞘翅目昆虫。【结论】西藏林芝地区青稞田土壤动物群落结构由优势类群、常见类群和稀有类群组成; 7月个体总数和优势类群个体总数均达最高。

【关键词】 西藏林芝; 青稞地; 土壤动物; 多样性; 群落结构

【中图分类号】 Q968

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2016)12-0131-05

Diversity and community structure of soil animals in barley field in Linzhi, Tibet

ZANG Jiancheng¹, SUN Tao², ZHAI Yunxia¹, GESANG Quzhen¹

(1 Department of Plant Technology, Xizang Agricultural and Animal Husbandry College, Linzhi, Tibet 860000, China;

2 College of Life Science, Huaibei Normal University, Huaibei, Anhui 235000, China)

Abstract: 【Objective】 This study aimed to understand the community structure and diversity of soil animals in barley field in Linzhi, Tibet. 【Method】 The soil animals in barley field in internship farm of Agricultural and Animal Husbandry College of Tibet University were investigated from May to October in 2014. Improved tullgren funnel was used to separate and collect soil animals. 【Result】 A total of 536 soil animals were captured during the test belonging to 3 phylums, 9 classes and 19 groups. The dominant groups were Nematoda Nematode Enoplida, Arthropoda Acari Acariformes and Collembola Onychiuridae, accounting for 12.87%, 26.31% and 17.54% to total animals, respectively. The common groups were Annelida Oligochaeta, Arachnida Araneae and Oribatida, Protura Fujientomidae, Insecta Insecta (Homoptera, Hemiptera, Diptera, Corrodentia Liposcelididae and Lepidopsocidae, Coleoptera (Curculionidae, Tenebrion-

【收稿日期】 2015-06-12

【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); 西藏大学农牧学院2016年柔性人才引进项目(RXR201603)

【作者简介】 臧建成(1977—), 男, 甘肃通渭人, 副教授, 主要从事昆虫生态、土壤动物和农林害虫防治研究。

E-mail: zangjc2008@163.com

【通信作者】 孙涛(1979—), 男, 甘肃通渭人, 副教授, 主要从事生物多样性和土壤动物研究。

idae,Melolonthidae)),accounting for 36.94% to the total. The rare groups were Arthropoda Diplura Cam-podeidae,Scolopendromorpha,Lepidoptera Noctuidae,Hymenoptera (Formicidae,Ichneumonidae),Isoptera Rhinotermitidae,Thysanoptera Phlaeothripidae and Orthoptera Acrididae,which accounted for a total of 6.34%. Above three groups were the main groups of barley soil animals in Linzhi. Richness index,diversity index,and evenness index of animals changed significantly with highest values in July and August and low-est values in October.【Conclusion】Soil animal community consisted of dominant,common and rare groups in barley field in Linzhi area. The total number of individuals and dominant groups reached the highest val-ues in July.

Key words: Linzhi,Tibet;barley;soil animal;diversity;community structure

青稞在青藏高原上种植约有 3 500 年的历史,是西藏最主要的农作物,也是藏族人民的主要口粮^[1]。土壤动物作为土壤生态系统物质循环的重要组成部分,对土壤的形成、发育、物理结构、化学性质、有机物质的分解、物质迁移、能量转化及土壤的保水性、保温性等诸多方面均起着重要作用^[2]。同时土壤动物还是土壤生态环境的指示性生物,可对土壤环境受外界因素的影响做出响应^[3-4]。我国有关土壤动物的研究主要集中在丘陵区土壤动物群落特征、混交林凋落物分解、湿地及污染等对土壤动物的影响上^[5-7],对青藏高原土壤动物的研究主要在不同湿地、垂直植被带间土壤动物群落结构及多样性方面^[8-9]。农田生态系统也会受到土壤动物种群特征及群落的反作用,如土壤动物的组成会影响土壤氮和磷的含量从而影响植物长势^[10]。土壤动物相关研究还可为农业生态系统的质量评价以及维护和管理提供理论基础^[11]。因此,对青藏高原农田生态系统中土壤动物的研究具有非常重要的作用和意义。但目前有关青藏高原农田土壤动物方面的研究很少涉及,对西藏林芝地区农田土壤动物多样性方面的研究尚未见报道。本试验于 2014 年 5—10 月,对林芝青稞田土壤动物进行了初步调查研究,旨在了解青藏高原青稞田土壤动物群落结构特征、多样性及季节变化特点,为青藏高原农田病虫害防治提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

本研究在西藏林芝市境内西藏大学农牧学院实习农场进行,该地位于青藏高原的东南部,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。研究样区生物资源丰富,为农牧林过渡地带,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,冬春干燥,夏秋多雨。年降水量 600~1 000

mm,年平均温度 8~10℃,≥0℃积温为 3 000~3 500℃,≥10℃的时间约 180 d。农场主要种植青稞、油菜、玉米、蔬菜及牧草。

1.2 采样及鉴定

于 2014 年 5—10 月在西藏大学农牧学院实习农场青稞田内,采用土钻五点法分层采样,分别取 0~10,10~20 和 20~30 cm 土层土壤样品,设置 3 个重复,每个样方的间隔为 5 m 左右^[12-13],手拣大型土壤动物,同时将采集的土样装聚乙烯封口袋中,带回实验室,采用 Tullgren 干漏斗法进行处理,分离中小型旱生土壤动物,收集于指型管内,用体积分数 75% 酒精保存^[14]。在尼康中级体视显微镜 SMZ800+D5100 下进行分类鉴定,土壤动物分类主要采用大类别分类法^[15],一般鉴定到目,常见类群鉴定到科。此外,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,土壤动物群落多样性的特征指数按以下公式计算。

1)多样性指数(H)。采用 Shannon-wiener 指数公式: $H=-\sum P_i \ln P_i$ 。(1)

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

3)Berger-Parker 优势度指数(I)。 $I=N_{\max}/N_T$ 。(3)

4)丰富度指数(D)。 $D=\ln S/\ln N$ 。(4)

式中: 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 为样区内所有类群的个体数量。

2 结果与分析

2.1 西藏林芝地区青稞田土壤动物群落的组成
通过分离和鉴定,从西藏林芝地区青稞田共获

得土壤动物 536 头,隶属 3 门 9 纲 19 目。

从表 1 可知,节肢动物门在所有类群中占比例最大,为 85.64%,为西藏林芝青稞田主要类群。优势类群为线虫动物门线虫纲咀刺目 Enoplida、节肢动物门蜱螨亚纲真螨目 Acariformes 和弹尾纲弹尾目棘跳科 Onychiuridae,分别占土壤动物总数的 12.87%,26.31%,17.54%,占总数的 56.72%;常见类群为环节动物门寡毛纲正蚓目 Araneeida,蛛形纲蜘蛛目 Araneae 和甲螨目 Oribatida,原尾目富茺科 Fujientomidae,昆虫纲 Insecta 同翅目 Ho-

moptera、半翅目 Hemiptera、双翅目 Diptera、啮虫目 Corrodentia、鞘翅目 Coleoptera, 占总数的 36.94%;稀有类群为节肢动物门双尾目康虫八科 Campodeidae,蜈蚣目 Scolopendromorpha,鳞翅目夜蛾科 Noctuidae,膜翅目 Hymenoptera(蚁科 Formicidae、姬蜂科 Ichneumonidae),等翅目鼻白蚁科 Rhinotermitidae,缨翅目管蓟马科 Phlaeothripidae,直翅目蝗科 Acrididae,占总数的 6.34%;以上 3 个类群构成西藏林芝地区青稞田土壤动物的主要类群。

表 1 西藏林芝地区青稞地土壤动物物种组成和多度

Table 1 Species composition and abundance of soil animals in barley field in Linzhi,Tibet

门 Phylum	纲 Class	目 Order	科 Family	占样本总数 百分比/% Percentage to total sample	多度 Degree
线虫动物门 Nematoda	线虫纲 Nematoda	咀刺目 Enoplida		12.87	+++
环节动物门 Annelida	寡毛纲 Oligochaeta	正蚓目 Araneeida		1.68	++
节肢动物门 Arthropoda	蛛形纲 Arachnoidea	蜘蛛目 Araneae		2.05	++
	蜱螨亚纲 Acari	甲螨目 Oribatida		2.99	++
		真螨目 Acariformes		26.31	+++
	唇足纲 Chilopoda	蜈蚣目 Scolopendromorpha		0.56	+
	原尾纲 Protura	原尾目 Proturans	富茺科 Fujientomidae	2.24	++
	弹尾纲 Collembola	弹尾目 Collembola	棘跳科 Onychiuridae	17.54	+++
	双尾纲 Entotrophi	双尾目 Entotrophi	康虫八科 Campodeidae	0.93	+
昆虫纲 Insecta		同翅目 Homoptera	蚜科 Aphididae	8.96	++
		鳞翅目 Lepidoptera	夜蛾科 Noctuidae	0.93	+
		啮虫目 Corrodentia	虱啮科 Liposcelididae	3.54	++
			鳞啮科 Lepidopsocidae	1.31	++
		半翅目 Hemiptera	毛角蝽科 Schizopteridae	1.68	++
		双翅目 Diptera		2.24	++
		膜翅目 Hymenoptera	蚁科 Formicidae	0.75	+
			姬蜂科 Ichneumonidae	0.93	+
		等翅目 Blattaria	鼻白蚁科 Rhinotermitidae	0.56	+
		缨翅目 Thysanoptera	管蓟马科 Phlaeothripidae	0.75	+
		鞘翅目 Coleoptera	象甲科 Curculionidae	1.87	++
			叩头甲科 Tenebrionidae	2.61	++
			鳃金龟科 Melolonthidae	5.78	++
		直翅目 Orthoptera	蝗科 Acrididae	0.93	+

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

Note:Abundances refer to the number of soil animals ratio to total;+++ . Abundances>10%, dominant groups;++. Abundances>1%~≤10%,common groups;+. Abundances>0.1%~≤1%,rare groups.

2.2 西藏林芝地区青稞地土壤动物的多样性

生物群落是在一定地理区域内,生活在同一环境下的不同种群的集合体,其内部存在着极为复杂的相互联系^[16]。物种多样性可以反映群落组成的复杂程度,可用来评价群落生态的组织水平。从图 1 可以看出,5—10 月,西藏林芝青稞地土壤动物多样性指数和优势度指数均呈现由高到低再到高,7

月达到最大值,然后再呈降低的趋势;均匀性指数与丰富度指数变化幅度较小,均呈现出由低到高再到低的趋势。5 月份土壤动物多样性指数高于 6 月,主要原因在于西藏林芝鞘翅目昆虫羽化高峰期在 5 月底至 6 月初,到 6 月份大部分鞘翅目昆虫由地下转为地上生活,所以表现出 5 月高于 6 月。

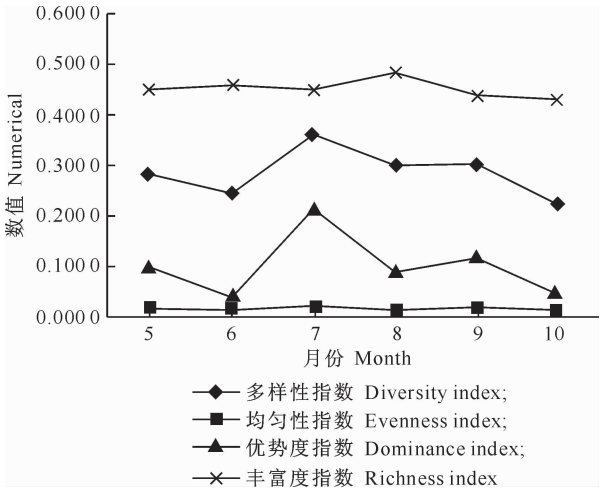


图 1 西藏林芝地区青稞地土壤动物多样性特征指数的月变化

Fig. 1 Monthly changes of soil animal diversity index in barley field in Linzhi, Tibet

从表 2 可知,在目的类群级别上,西藏林芝青稞田土壤动物多样性指数表现为真螨目>弹尾目>咀刺目,三者为优势种群,均匀性指数均较高。此外,鞘翅目多样性指数和丰富度指数均较高,构成西藏青稞田主要地下害虫。

2.3 西藏林芝青稞地土壤动物群落数量的变化

图 2 显示,西藏林芝地区青稞地不同时间土壤动物优势种群个体总数和个体总数差异较大,个体总数最大值、优势种群个体总数最大值均出现在 7 月,分别为 163 和 120 头,与物种属相吻合,而类群数最大值出现在 8 月;个体总数、类群数、优势种群个体总数最低值均出现在 10 月,分别为 45 头、14 类群、24 头。个体总数从大到小依次为 7 月>8 月>9 月>5 月>6 月>10 月。可知西藏青稞田土壤动物个体总数总体随季节呈现出 5,6 月先降低再升高,7 月达到最大,之后减少,与多样性指数随时间的变化趋势一致。

表 2 西藏林芝地区青稞地不同土壤动物类群多样性特征指数

Table 2 Diversity indexes of different soil animal groups in barley field in Linzhi, Tibet

目 Order	多样性指数 (H) Diversity index	均匀性指数 (E) Evenness index	丰富度指数 (D) Richness index	目 Order	多样性指数 (H) Diversity index	均匀性指数 (E) Evenness index	丰富度指数 (D) Richness index
咀刺目 Enoplida	0.263 9	0.084 2	0.673 8	鳞翅目 Lepidoptera	0.043 6	0.013 9	0.256 1
正蚓目 Araneecida	0.068 6	0.021 9	0.349 6	啮虫目 Corrodentia	0.198 4	0.039 8	0.488 6
蜘蛛目 Araneae	0.079 8	0.025 4	0.381 6	半翅目 Hemiptera	0.068 6	0.021 9	0.349 6
甲螨目 Oribatida	0.104 8	0.033 4	0.441 2	双翅目 Diptera	0.085 1	0.027 1	0.395 4
真螨目 Acariformes	0.351 3	0.112 0	0.787 5	膜翅目 Hymenoptera	0.038 6	0.021 7	0.320 6
蜈蚣目 Scolopendromorpha	0.029 0	0.009 3	0.174 8	等翅目 Blattaria	0.029 0	0.009 3	0.174 8
原尾目 Proturans	0.085 1	0.027 1	0.395 4	缨翅目 Thysanoptera	0.036 6	0.011 7	0.220 6
弹尾目 Collembola	0.305 3	0.097 4	0.723 0	鞘翅目 Coleoptera	0.075 3	0.024 7	0.686 4
双尾目 Entotrophi	0.043 6	0.013 9	0.256 1	直翅目 Orthoptera	0.043 6	0.014 1	0.256 1
同翅目 Homoptera	0.216 1	0.068 9	0.616 0				

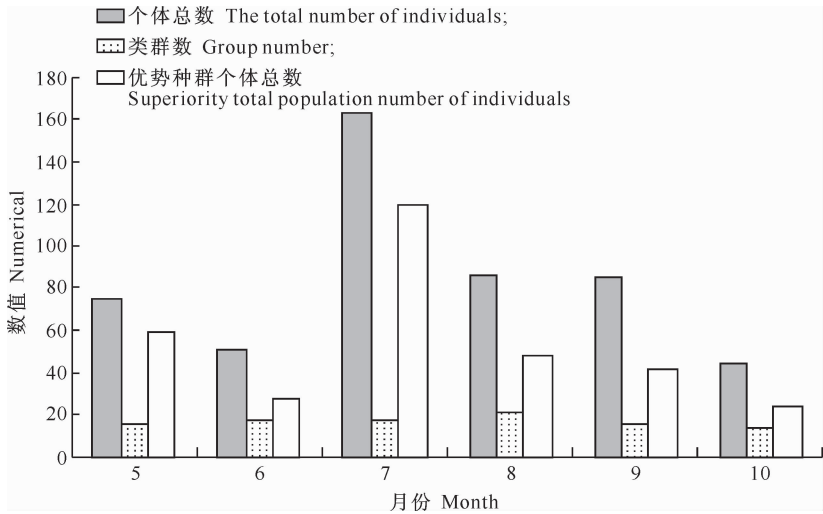


图 2 西藏林芝地区青稞地土壤动物群落数量的变化

Fig. 2 Changes in number of soil animal communities in barley field in Linzhi, Tibet

3 结论与讨论

本研究结果表明,西藏林芝地区青稞地土壤动物群落隶属 3 门 9 纲 19 目。优势类群为线虫动物门线虫纲咀刺目 Enoplida、节肢动物门蜱螨亚纲真螨目 Acariformes 和弹尾纲弹尾目棘跳科 Onychiuridae;常见类群为环节动物门寡毛纲正蚓目 Araneida,蛛形纲蜘蛛目 Araneae 和甲螨目 Oribatida,原尾目富芜科 Fujientomidae,昆虫纲 Insecta 同翅目 Homoptera、半翅目 Hemiptera、双翅目、啮虫目 Corrodentia、鞘翅目 Coleoptera;稀有类群为节肢动物门双尾目康虫八科 Campodeidae、蜈蚣目 Scolopendromorpha、鳞翅目夜蛾科 Noctuidae,膜翅目 Hymenoptera (蚁科 Formicidae、姬蜂科 Ichneumonidae),等翅目鼻白蚁科 Rhinotermitidae,缨翅目管蓟马科 Phlaeothripidae,直翅目蝗科 Acrididae。调查发现,鞘翅目类群数最多,为象甲科、叩头甲科和鳃金龟科,组成西藏林芝地区青稞地主要地下害虫。

土壤动物是农田生态系统的重要组成部分,在农田生态系统的能量流动与物质循环过程中起着重要的作用^[17]。调查西藏林芝青稞田土壤动物群落结构和多样性的时间变化动态,对了解和研究西藏林芝地区害虫发生、预测预报及数量变化动态、制定相应农田害虫综合防治措施具有重要意义^[18]。土壤动物群落数量及多样性受食物资源、温度、降雨以及栖息生境等外部因素的制约,西藏林芝地区 6—9 月为雨季,温湿度处于土壤动物繁殖、生长的最适范围,也正值植物生长最旺盛之际,故土壤动物个体总数和多样性指数最高值均出现在 7 月,这与该区作物生长发育及植物多样性、物候和营养价值等的变化动态相一致。

土壤动物作为农田生态系统的重要组成部分,其多样性及时间动态的变化能够在某种程度上反映一个区域多样性现状^[19],对了解和评价该地区不同植被类型、土地利用以及人类活动对土壤动物多样性的影响程度具有重要意义。尽管本次调查仅对青稞地土壤动物群落组成及时间变化对土壤多样性的影响进行了初步研究,对认识和了解青藏高原农田土壤动物群落组成多样性研究提供了基础数据,也为农田地下害虫防治提供基础数据。因条件所限,本次调查未涉及西藏林芝地区不同土地利用方式、高寒草甸以及农牧交错对土壤动物群落结构及多样性影响方面的研究。

[参考文献]

- [1] 吴宏亚,陈初红,胡俊,等. 青稞研究现状及品种遗传改良进展 [J]. 大麦与谷类科学,2013(4):10-15.
Wu H Y, Chen C H, Hu J, et al. Present situation and characteristic for production of barley in the world [J]. Barley and Cereal Sciences, 2013(4):10-15.
- [2] 苏永春,勾影波,郁达,等. 江苏常熟虞山土壤动物群落多样性研究 [J]. 生物多样性,2004,12(3):333-338.
Su Y C, Gou Y B, Yu D, et al. Diversity of soil invertebrate communities at Yushan hill [J]. Biodiversity Science, 2004, 12(3):333-338.
- [3] Diekötter 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.
- [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 diversity, 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] 李萌,吴鹏飞,王永. 贡嘎山东坡典型植被类型土壤动物群落特征 [J]. 生态学报, 2015, 35(7):1-6.
Li M, Wu P F, Wang Y. Vertical distributions of soil fauna communities on the eastern slope of Gongga Mountain [J]. Acta Geographica Sinica, 2015, 35(7):1-6.
- [9] 陈德来,普布,巴桑,等. 西藏拉鲁湿地夏季土壤线虫群落特征 [J]. 动物学杂志, 2014, 49(5):744-753.
Chen D L, Pu B, Ba S, et al. Characterization of nematode communities in Lhalu Wetlands during the summer [J]. Chinese Journal of Zoology, 2014, 49(5):744-753.
- [10] 张庆宇,黄初女,王光达,等. 秸秆还田对水田改旱田地块玉米产量及地下大型土壤动物群落的影响 [J]. 延边大学学报, 2013, 35(4):335-338.
Zhang Q Y, Huang C N, Wang G D, et al. Effect of straw returning to upland field alternated from paddy field on maize yields and large soil animal communities [J]. Journal of Agricultural Science Yanbian University, 2013, 35(4):335-338.

(3):719-724.

[11] 朱 虹,郑丽敏,尹健玲,等. 基于冠层图像颜色特征提取的小麦氮营养水平评价 [J]. 农业工程学报,2010,26(S2):16-20.
Zhu H,Zheng L M,Yin J L,et al. Nitrogen evaluation of winter wheat based on color features of canopy images [J]. Transactions of the CSAE,2010,26(S2):16-20.

[12] 陈佳悦,姚 霞,黄 芬,等. 基于图像处理的冬小麦氮素监测模型 [J]. 农业工程学报,2016,32(4):163-170.
Chen J Y,Yao X,Huang F,et al. N status monitoring model in winter wheatbased on image processing [J]. Transactions of the CSAE,2016,32(4):163-170.

[13] Gautam R K,Panigrahi S. Leaf nitrogen determination of corn plant using aerial images and artificial neural networks [J]. Canadian Biosystems Engineering,2007,49(7):1-9.

[14] 关海鹰,衣淑娟,焦 峰,等. 农作物缺素症状诊断的正则化模糊神经网络模型 [J]. 农业机械学报,2012,43(5):162-167,156.
Guan H O,Yi S J,Jiao F,et al. Diagnosis model of crop nutrient deficiency symptoms based on regularized adaptive fuzzy neural network [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2012,43(5):162-167,156.

[15] 曾秀成,王文明,罗敏娜,等. 缺素培养对大豆营养生长和根系形态的影响 [J]. 植物营养与肥科学报 2010,16(4):1032-1036.
Zeng X C,Wang W M,Luo M N,et al. Effects of different element deficiencies on soybean growth and root morphology [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science,2010,16(4):1032-1036.

[16] 关海鹰,许少华,谭 峰. 基于 T-S 模型的模糊神经网络在植物病害图像分割中的应用 [J]. 中国农业大学学报,2011,16(3):145-149.
Guan H O,Xu S H,Tan F. Fuzzy neural network based on T-S model and its application on image segmentation of plant diseases [J]. Journal of China Agricultural University,2011,16(3):145-149.

[17] 韩小孩,张耀辉,孙福军,等. 基于主成分分析的指标权重确定方法 [J]. 四川兵工学报,2012,33(10):124-126.
Han X H,Zhang Y H,Zhang F J,et al. Method of determining index weight based on principal component analysis [J]. Journal of Sichuan Ordnance,2012,33(10):124-126.

[18] 舒桂清,李 力,肖 平. 基于多准则的多层模糊神经网络学习算法 [J]. 安徽大学学报(自然科学版),2007,31(1):39-42.
Shu G Q,Li L,Xiao P. A multi-criteria learning method for multi-layer fuzzy neural networks [J]. Journal of Anhui University(Natural Science Edition),2007,31(1):39-42.

[19] 刘彩红. BP 神经网络学习算法的研究 [D]. 重庆:重庆师范大学,2008.
Liu C H. The study of algorithm of BP neural network [J]. Chongqing:Chongqing Normal University,2008.

(上接第 135 页)

[11] 蒋海东,杨 青,吕宪国,等. 三江平原典型环型湿地主要植物群落枯落物的热值变化 [J]. 生态与农村环境学报,2006,22(2):36-39.
Jiang H D,Yang Q,Lü X G,et al. Calorific power of litters of main plant communities in typical annular wetlands in Sanjiang plain [J]. Journal of Ecology and Rural Environment,2006,22(2):36-39.

[12] 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.

[13] 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.

[14] 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.

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

[16] 马克平. 生物群落多样性的测度方法: I . 多样性的测度方法(上) [J]. 生物多样性,1994,2(3):162-168.
Ma K P. Measurement of biotic community diversity: I . the statistical aspects of a-diversity measures(1) [J]. Biodiversity Science,1994,2(3):231-239.

[17] 邵春华,张雪萍,张 鹏. 三江平原农田土壤动物组成与结构分析 [J]. 中国农学通报,2010,26(21):335-340.
Shao C H,Zhang X P,Zhang P. Analysis on composition and structure of soil animals in farmland of Sanjiang Plain [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2010,26(21):335-340.

[18] 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):129-133.
Zang J C,Sun T. Community composition and temporal dynamics in occurrence of phototaxis insects in Linzhi, Tibet [J]. Journal of Northwest A&F University (Nat Sci Ed),2014,42(7):129-133.

[19] 宋理洪,武海涛,吴东辉. 我国农田生态系统土壤动物生态学研究进展 [J]. 生态学杂志,2011,30(12):2898-2906.
Song L H,Wu H T,Wu D H. Soil fauna ecology in China cropland ecosystems research progress [J]. Chinese Journal of Ecology,2011,30(12):2898-2906.