

紫花苜蓿草地节肢动物群落功能团和营养层的多样性*

姜双林^{**}

(陇东学院生命科学系, 甘肃庆阳 745000)

摘要 用网捕、手捕和巴氏诱罐法对紫花苜蓿草地的节肢动物进行了系统调查, 采集到标本 9 225 头, 隶属 15 目 38 科 81 种; 根据营养水平和取食关系归为 3 个营养层(基位物种、中位物种和顶位物种)和 14 个功能团, 分析了苜蓿地节肢动物群落的物种、优势功能团和营养层多样性的时序动态。结果表明, 在苜蓿的整个生长季节, 物种多样性 > 功能团多样性 > 营养层多样性, 物种多样性和营养层多样性分别与功能团多样性之间的相关性均达到极显著水平($P < 0.01$)。功能团多样性与物种多样性的变化趋势较一致, 营养层多样性在时间序列过程中波动性较小。在群落研究中, 可以用对功能团的研究代替对物种的研究, 从而简化物种间复杂的网络关系。功能团多样性可用于群落相似性和稳定性分析。

关键词 紫花苜蓿; 节肢动物; 营养层; 功能团; 多样性

中图分类号 Q968.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000–4890(2007)04–0519–04

Diversity in functional group and nutritional class of arthropod community on cultivated lucerne grassland. JIANG Shuang-lin (*Department of Life Science, Longdong University, Qingyang 745000, Gansu, China*). *Chinese Journal of Ecology*, 2007, 26(4):519–522.

Abstract: An investigation was made on the composition and structure of arthropod community on cultivated lucerne grassland in Qingyang City, Gansu Province. A total of 81 species belonging to 38 families and 15 orders were collected. According to the trophic level and feeding mode, three nutritional classes and fourteen functional groups were established, and the temporal dynamics of the diversities in species, functional group, and nutritional class were analyzed. The results indicated that during the growth season of lucerne, the species of arthropod community had the highest diversity, followed by functional group, and nutritional class. Both species diversity and nutritional class diversity had significant correlations with functional group diversity ($P < 0.01$). Functional group biodiversity had a similar temporal variation trend with species biodiversity, while functional group diversity had less fluctuation. In studying the composition and structure of arthropod communities, species study could be replaced by functional group study to simplify the complicated network relationships among the species in the community, while functional group diversity could be used in evaluating the community similarity and stability.

Key words: *Medicago sativa*; arthropod; nutritional class; functional group; diversity.

1 引言

紫花苜蓿(*Medicago sativa*)由于其多年生、枝叶茂盛等生物学特性, 形成一个独特的生态环境, 即一个以苜蓿为中心的多种害虫、天敌和中性节肢动物

通过取食关系而联结构成的复杂网络系统(Tschamntke & Greiler, 1995; Jonas et al., 2002)。在以往报道中, 对紫花苜蓿授粉昆虫的研究主要是基于授粉生态和对苜蓿种子产量的影响(张青文等, 1999; 姜华等, 2004; 何承刚等, 2005), 对苜蓿等栽培牧草的害虫、天敌种类及其发生规律也有研究报道(白文辉等, 1990; 吴永敷和李秀娴, 1990; 张蓉等, 2003), 对昆虫等节肢动物的研究多集中在群落结

* 甘肃省自然科学基金项目(ZS012-A25-020-N)和黄土高原水土保持世界银行贷款甘肃分部资助项目(CNPA3540-G02)。

** 通讯作者 E-mail: js18387@yahoo.com.cn

收稿日期: 2006-05-09 接受日期: 2006-12-17

构组成和时间格局等方面(鲁挺等,1988;冯光翰和李吉昌,1989;刘长仲等,2002)。而在群落功能团和营养层的组织结构层次上,分析比较多样性的时间动态及其相关性的文献在国内还未见报道。为此,本文以2005年在甘肃省庆阳市紫花苜蓿草地节肢动物群落的系统调查资料为基础,分析了节肢动物群落物种、功能团和营养层的组成及多样性动态,以期为紫花苜蓿人工草地害虫管理提供依据。

2 研究地区与研究方法

2.1 研究区概况

试验设在甘肃省庆阳市马莲河流域人工草地试验区内($35^{\circ}26'N, 107^{\circ}35'E$)。该区年均温度 $8^{\circ}C \sim 10^{\circ}C$,年降水量 $480 \sim 660\text{ mm}$,多集中在7—9月,年蒸发量 $1100 \sim 1500\text{ mm}$,年日照时数 $2300 \sim 7200\text{ h}$,土壤为黑垆土,肥力中等。

2.2 样地选择

选择有代表性的3~4年生紫花苜蓿地作为系统调查田,即刈割1次(7月1日)的苜蓿地和种子田,2块苜蓿地的面积均 $\geq 1500\text{ m}^2$ 。调查当年均不使用任何农药,其它管理措施与当地的常规措施相同。

2.3 调查方法

2.3.1 苜蓿植株上节肢动物的系统调查 从2005年4月上旬至9月下旬,每隔10 d左右调查1次,每样地随机调查5点,每点上先随机调查10枝条,随即放入塑料袋内抖动枝条收集微小昆虫(如蚜虫),然后将枝条置于白纸板上采集小型节肢动物(如蚜虫、潜叶蝇幼虫和天敌幼虫等);在样点周围用捕虫网随机扫10单网(口径33 cm,深50 cm),将扫取的标本连同枝条上收集的标本进行编号,带回室内镜检分类,统计节肢动物的种类和数量。

2.3.2 苜蓿地表节肢动物的系统调查 采用巴氏诱罐法(姜双林等,2005),用一次性塑料杯(高9 cm,口径7.5 cm)作为诱罐,杯壁上方1/4处打一小孔,以免由于雨水过多使标本流失;每块样地设诱杯50~60个,约3~4个杯子为一引诱点,诱杯间距30~40 cm,引诱点间距约3~5 m,在样地内排成2列;引诱剂为醋、蔗糖、医用酒精和水的混合物,质量比为2:1:1:20,每个诱杯内放引诱剂40~60 ml;放置时间4 d(间隔3夜),每10 d左右调查1次。对各样地每次采集的标本进行编号,带回室内镜检分类,统计节肢动物的种类与数量。

2.4 分析方法

2.4.1 营养层划分 参考郝树广等(1998)和丁伟等(2002)的方法将苜蓿群落中的节肢动物划分为:基位物种(basal species)(不捕食其它物种,而被其它物种所捕食,主要是指植食害虫和多种中性昆虫,包括蚊蝇、跳虫、类蚂蚁等;中位物种(intermediate species)(既能捕食其它物种,又被其它物种所捕食,主要是一些小型的肉食性种类,如捕食性蚜虫、食蚜蝇和寄生蜂等);顶位物种(top species)(只捕食其它物种,不易被其它物种所捕食,主要是一些生性凶猛,游走性强的大中型捕食者,如狼蛛、圆蛛、跳蛛、步甲和瓢虫)等3个营养层。

中性物种的确定是相对于天敌和害虫而言的,指一些对植物危害轻微、腐生吸血或杂食性的节肢动物种类,如蝇虫、跳虫以及杂食性的蚂蚁,既是捕食者的食料,对农作物的生长又没有威胁。

2.4.2 功能团划分 参考郝树广等(1998)的方法。将苜蓿田的节肢动物群落按照所处的营养关系划分为3个营养层,每个营养层下再划分为若干个功能团(guilds)。功能团是以相似方式利用相同等级生境资源的一个类群(Adans,1985)。依据该原理,本研究将营养层的物种划分为多个取食行为相似、利用资源和生境选择相似的,基于系统分类上的科(family)或亚科(subfamily),由多个物种(species)组成的集合体,即功能团。

2.4.3 计算公式 群落多样性指数(H')和多度(abundance)的量度,采用马克平(1994)和郝树广等(1998)的方法计算。

3 结果与分析

3.1 物种和主要功能团组成

经田间系统调查,共采集到节肢动物9225头,隶属于14目38科81种(一些种类只鉴定到科)。植食性类群36种,其中主要功能团是蚜虫(以苜蓿斑蚜(*Theroaphis trifolii*)和苜蓿无网蚜(*Acyrtosiphon kondoi*)占优势)、蓟马类(以苜蓿齿蓟马(*Odentothript sp.*)和牛角花齿蓟马(*Odentothrips lati*)占优势)、盲蝽类(以苜蓿盲蝽(*Adelphocoris lineolatus*)和牧草盲蝽(*Lygus pratensis*)占优势)、潜叶蝇(优势种是豌豆潜叶蝇(*Phytomyza tricornis*))等;捕食性类群20种,其中主要功能团是蜘蛛类(以星豹蛛(*Pardosa astrigera*)和草间小黑蛛(*Erigonidium gramineolum*)占优势)、步甲类(以赤背梳爪步甲(*Calathus*

halensis)占优势)、瓢虫类(以七星瓢虫(*Coccinella septempunctata*)占优势)、草蛉类(以中华草蛉(*Chrysopa sinica*)占优势)和食蚜蝇(以细腹食蚜蝇(*Sphaerophoria philanthus*)占优势)等;寄生性类群5种,主要功能团是蚜茧蜂(以无网长管蚜茧蜂(*Aphidius ervi*)占优势);授粉昆虫4种;中性昆虫(杂食、腐生或吸血类群)16种,优势类群为蚂蚁、跳虫和腐生吸血的蚊蝇等。

3.2 节肢动物群落中各功能团多度的时序动态

由表1可以看出,在苜蓿的整个生育期,顶位物种的步甲和蜘蛛在4—9月均有分布,而且个体数量均相对较高,瓢虫类在6月占优势,草蛉类在7月占优势;中位物种前期以捕食性蓟马占优势,后期以食蚜蝇、肉食性蝽类和蚜茧蜂占优势;基位物种前期以潜叶蝇占优势,中期植食性蓟马和蚜虫占优势,后期以盲蝽类占优势;蚂蚁、跳虫和腐生吸血蚊蝇等中性昆虫的数量在苜蓿整个生育期始终较高,在苜蓿生长后期(8—9月)占绝对优势,这可能与气温逐渐降低和田间农作物收获有关,从而导致中性昆虫和非目标昆虫向苜蓿地迁移,进入越冬场所。由表1可见,苜蓿人工草地节肢动物各营养层总个体数量随时间变化有明显的差异和规律性。顶位物种由于它们承受外界干扰能力强,活动性大,取食范围广,例

如蜘蛛和步甲的抗饥饿能力强,食谱广,取食一次可维持较长时间,因此顶位物种的个体数量随时间的变化比较平稳;6月下旬基位物种的多度均达到最大值;但天敌的个体数量高峰期明显落后于害虫,天敌的个体数量高峰出现在7月中旬,表现出明显的时间跟随现象。到7月底苜蓿进入成熟期以后,由于天敌的控制作用,加上降雨和苜蓿刈割使害虫数量急剧下降到低水平。

从物种和个体数量来看,4—5月优势种和常见种较多,数量相对较低;6—7月的物种数和个体数量均达到高峰;8—9月稀有种类较多,数量相对较高。在苜蓿的整个生育期,总个体数量高峰出现在6月,而物种数7月相对最多;生物多样性指数的变化趋势均按照物种多样性、功能团多样性和营养层多样性依次降低。

3.3 不同营养层多样性间的相关性

在多样性指数的变化趋势上,功能团多样性与物种多样性较一致,且反应较灵敏;营养层多样性波动性小,比较稳定,这说明由于对物种进行合并,消除了物种个体数量变动以及物种鉴别造成误差的影响(表1)。经过对各类群多样性之间的相关性分析表明(表2),以功能团多样性与物种多样性间的相关性较高,都达到了极显著水平($P < 0.01$);营养层

表1 紫花苜蓿草地节肢动物群落营养层及优势功能团的多度和多样性

Tab. 1 Abundance and diversity of different nutrient classes and dominant guilds of arthropod community on cultivated lucerne grassland

营养层	功能团	4月	5月	6月	7月	8月	9月
顶位物种多度	步甲	0.015	0.013	0.017	0.028	0.021	0.021
	蜘蛛	0.023	0.016	0.014	0.013	0.026	0.031
	瓢虫	0.022	0.015	0.047	0.044	0.021	0.014
	草蛉	0.000	0.000	0.008	0.023	0.017	0.012
中位物种多度	食蚜蝇	0.000	0.005	0.008	0.011	0.012	0.011
	捕食性蝽类	0.013	0.010	0.012	0.026	0.028	0.022
	捕食性蓟马	0.020	0.009	0.013	0.021	0.013	0.012
基位物种多度	蚜茧蜂	0.000	0.006	0.012	0.011	0.011	0.009
	授粉昆虫	0.000	0.006	0.008	0.007	0.005	0.006
	植食性蓟马	0.084	0.071	0.350	0.156	0.088	0.051
	蚜虫	0.126	0.383	0.117	0.055	0.037	0.033
总种数	盲蝽	0.016	0.013	0.020	0.039	0.035	0.022
	潜叶蝇	0.045	0.114	0.057	0.011	0.000	0.000
	中性昆虫	0.055	0.036	0.038	0.063	0.186	0.184
		22	31	44	52	41	29
总个体数量		691	1798	2187	1983	1562	1013
营养层多样性		0.646	0.533	0.658	0.789	0.749	0.716
功能团多样性		1.201	1.332	1.524	1.479	1.374	1.217
物种多样性		1.796	1.983	2.162	2.509	2.237	1.733

中性昆虫包括跳虫、蚊蝇和蚂蚁;多度为每一个功能团的个体数占总个体数量的比例。

表2 不同营养层多样性间的相关性

Tab. 2 Correlations between different nutrient classes

相关项目	4月	5月	6月	7月	8月	9月
营养层-种	0.4169	0.6719*	0.7239*	0.6983*	0.7169*	0.7069*
功能团-种	0.8859**	0.9124**	0.9287**	0.9061**	0.9309**	0.9208**
营养层-功能团	0.8475**	0.8318**	0.8946**	0.8699**	0.9012**	0.8792**

* * P < 0.01, * P < 0.05.

与功能团间的相关性也极显著($P < 0.01$),但营养层与种间的相关性比较低($P < 0.05$)。这可能是因为营养层归类中,同一层次内包含不同科、目的生物类群,以致淡化了各类生物间本身对环境反映的差异性。而功能团是依据系统分类上的科、空间分布和食性相似等特征来归类,既能反映各类群间的生物学差异,又简化了调查分析中的程序。因此,可以用功能团多样性替代物种多样性进行群落相似性和稳定性分析。

4 结 论

将紫花苜蓿人工草地节肢动物按营养和取食关系划分为3个营养层(基位物种、中位物种和顶位物种)和16个功能团,并且在物种、功能团和营养层3个组织层次水平上分析了苜蓿草地节肢动物群落的结构和多样性。功能团多样性与物种多样性的变动趋势一致,如果以功能团的分析替代物种的分析,会使群落中天敌与害虫的复杂关系易于量化,这是研究群落中物种功能关系的有效途径。群落的稳定性应该在顶位、中位和基位3个营养层上表现物种多少和个体数量结构比例的平衡。但物种多样性没有体现营养关系,不能因物种多样性高就认为群落稳定,因为物种处于同样营养层或功能团中,尽管数量多,但功能相同且作用一致,此时的群落也不稳定。为此群落的稳定性除与物种数的多少有关外,尚与群落中的营养层次和渠道的多少有关,而功能团在其概念和含义以及划分原则上体现了营养层次和营养渠道的意义。因此,利用群落中功能团的多样性替代对物种多样性的研究,在分析群落的相似性和稳定性方面有重要意义。

参考文献

- 白文辉, 刘爱萍, 宋银芳, 等. 1990. 我国北方主要栽培牧草害虫种类的调查. 中国草地, (5): 58-60.
- 丁伟, 赵志模, 王进军. 2002. 玉米地节肢动物群落优势功能集团的组成与演替. 生态学杂志, 21(1): 38-41.
- 冯光翰, 李吉昌. 1989. 栽培牧草地蜘蛛群落动态的研究.

植物保护学报, 16(5): 176-179.

何承刚, 毕玉芬, 姜华, 等. 2005. 紫花苜蓿的花蜜量和访花蜜蜂数量对种子产量的影响. 生态学杂志, 24(12): 1388-1391.

郝树广, 张孝义, 程遐年, 等. 1998. 稻田节肢动物群落营养层及优势功能集团的组成与多样性动态. 昆虫学报, 41(4): 343-353.

姜华, 毕玉芬, 周禾, 等. 2004. 蜜蜂访花与不同品种紫花苜蓿花部特征的相关性. 昆虫学报, 47(5): 618-623.

姜双林, 王根旺, 周天林. 2005. 子午岭林区步甲类群多样性及其与生境的关系. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 33(9): 37-41.

刘长仲, 王万雄, 吴小刚, 等. 2002. 苜蓿人工草地节肢动物群落的时间格局. 应用生态学报, 13(8): 990-992.

鲁挺, 刘岩, 龙瑞军, 等. 1988. 混播牧草昆虫群落的研究. 甘肃农业大学学报, 22(1): 95-100.

马克平. 1994. 生物群落多样性的测度方法 I: α 多样性的测度方法(上). 生物多样性, 2(3): 162-168.

吴永敷, 李秀娴. 1990. 危害苜蓿的蓟马生活史及活动规律的初步研究. 中国草地, (4): 38-41.

张青文, 张巍巍, 蔡青年, 等. 1999. 苜蓿切叶蜂授粉扩散行为及苜蓿种子增产效应的研究. 应用生态学报, 10(5): 606-608.

张蓉, 马建华, 杨芳, 等. 2003. 宁夏苜蓿害虫天敌种类及田间发生规律的初步研究. 草业科学, 20(7): 60-62.

Adams J. 1985. The definition and interpretation of guild structure in ecological communities. *Journal of Animal Ecology*, 54: 43-59.

Jonas JL, Whiles MR, Charlton RE. 2002. Aboveground invertebrate responses to land management differences in a central Kansas grassland. *Environmental Entomology*, 31: 1142-1152.

Tscharntke T, Greiter HJ. 1995. Insect communities, grasses, and grasslands. *Annual Review of Entomology*, 40: 535-558.

作者简介 姜双林,男,1963年生,硕士,副教授。主要从事无脊椎动物学和昆虫生态学的教学与研究,发表论文40余篇。E-mail: js18387@yahoo.com.cn

责任编辑 刘丽娟

