



冉红凡, 曹岩坡, 巴义彬, 田玉, 马爱红, 刘文旭, 路子云, 李建成, 高慧敏. 石家庄市菜用大豆田节肢动物群落结构及多样性 [J]. 环境昆虫学报, 2020, 42 (5): 1159–1167.

石家庄市菜用大豆田节肢动物群落结构及多样性

冉红凡², 曹岩坡¹, 巴义彬³, 田玉¹, 马爱红², 刘文旭², 路子云²,
李建成², 高慧敏^{1*}

(1. 河北省农林科学院经济作物研究所, 河北省蔬菜工程技术研究中心, 石家庄 050051; 2. 河北省农林科学院植物保护研究所, 河北省农业有害生物综合治理工程技术研究中心, 农业部华北北部作物有害生物综合治理重点实验室, 河北保定 071000;

3. 河北大学博物馆, 河北保定 071000)

摘要: 为明确河北省石家庄市菜用大豆田节肢动物群落结构特点及其多样性, 应用马来氏网, 对该地区菜用大豆田的节肢动物进行采集及种类鉴定, 并对其群落结构组成、主要类群发生动态进行研究。结果表明: 石家庄市菜用大豆田中共诱集到各类节肢动物 3 纲 11 目 94 科 255 种 6 927 头, 其中唇足纲 45 头, 弹尾纲 31 头, 昆虫纲 6 851 头。在昆虫纲中, 数量从大到小顺序为: 半翅目 > 双翅目 > 鞘翅目 > 缨翅目 > 鳞翅目 > 膜翅目 > 脉翅目 > 直翅目 > 蜻蜓目。主要类群包括叶蝉科、蚜科、蓟马科、夜蛾科、薪甲科、瓢甲科、蚜蝇科。叶蝉、蚜虫、蓟马、夜蛾和叶甲为优势害虫种群。蚜蝇、瓢虫为主要天敌。该地区菜用大豆田的节肢动物种类和个体数量均远多于其他地区大豆地块。多样性分析表明, 石家庄市菜用大豆田的节肢动物群落结构多样性指数、均匀度指数和丰富度指数均较高, 说明该地区节肢动物群落具有较高稳定性。

关键词: 石家庄; 菜用大豆田; 节肢动物; 群落结构; 多样性

中图分类号: Q969.96; S435.2

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2020) 05-1159-09

Structure and diversity of arthropod community in vegetable soybean field in Shijiazhuang

RAN Hong-Fan², CAO Yan-Po¹, BA Yi-Bin³, TIAN Yu¹, MA Ai-Hong², LIU Wen-Xu², LU Zi-Yun², LI Jian-Cheng², GAO Hui-Min^{1*} (1. Institute of Cash Crops, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences; Hebei Vegetable Engineering Technology Research Center, Shijiazhuang 050051, China; 2. Plant Protection Institute, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences; IPM Center of Hebei Province, Baoding 071000, Hebei Province, China; 3. Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crops in Northern Region of North China of Ministry of Agriculture, Baoding 071000, China; 3. Hebei University Museum, Baoding 071000, Hebei Province, China)

Abstract: In order to clarify the structure and diversity of arthropod community in vegetable soybean field in Shijiazhuang, Malaise trap was used in this research to collect arthropods. The arthropod species were identified, the composition, structure of arthropod community and the dynamics of main groups were also studied. The results showed that: A total of 6 927 arthropods belonging to 3 classes, 11 orders, 94 families

基金项目: 现代农业产业技术体系项目 (CARS-23-G-05); 河北省农林科学院创新工程课题 (2019-3-2-1); 河北省第三批“巨人计划”蔬菜科研创新团队项目; 国家天敌等昆虫资源数据中心观测监测项目 (ZX09S030101, ZX09S030102); 国家重点研发计划专项 (2017YFD0201000)

作者简介: 冉红凡, 男, 河北人, 博士, 副研究员, 主要研究方向为害虫绿色防控, E-mail: ranhongfan@163.com

* 通讯作者 Author for correspondence: 高慧敏, 硕士, 副研究员, 主要研究方向为蔬菜栽培技术, E-mail: nkyjzs@126.com

收稿日期 Received: 2019-11-08; 接受日期 Accepted: 2020-02-17

and 255 species were collected by Malaise trap, among which, 45 were Chilopoda, 31 were Collembola, and 6 851 were insects. In Insecta, the order of quantity from large to small was: Hemiptera > Diptera > Coleoptera > Mycoptera > Lepidoptera > Hymenoptera > Neuroptera > Orthoptera > Odonata. The major groups were Cicadellidae, Aphididae, Thripidae, Noctuidae, Lathridiidae, Coccinellidae, and Syrphidae. The leaf hoppers, aphids, thrips, nocturnal moths and leaf beetles were the dominant pest populations. Syrphidae and Coccinellidae were the main natural enemies. The arthropod species and number in this vegetable soybean field were far more than that in other fields. Diversity analysis showed that the diversity index, evenness index and richness index of arthropod community structure in vegetable soybean field in Shijiazhuang were all high, indicating that arthropod community had high stability in this area.

Key words: Community structure; diversity; arthropod; vegetable soybean field; Shijiazhuang

菜用大豆又称毛豆,具有较高的营养价值和药用功效。随着市场需求量的增加,栽培面积逐步扩大,目前中国已成为世界上最大的菜用大豆生产国(徐有等,2012)。北方地区20世纪70年代开始引种并成功种植。近年来,随着农业产业结构的调整,种植面积持续增加,但连年种植造成多种害虫发生严重,对菜用大豆生产造成严重威胁(吴梅香,2006)。目前我国关于菜用大豆田节肢动物,尤其是昆虫的研究数据资料较少,并且已有的资料多为针对某一地区、某一种害虫的研究,基础薄弱且不系统(汪文俊,2007;迟家家,2017)。对田间节肢动物群落结构组成及发生动态规律进行研究,有助于了解节肢动物,尤其是害虫的发生规律,从而制定科学有效的害虫防控措施(尹邵忠等,2011;秦胜楠等,2018)。本研究在河北省石家庄市开展了菜用大豆田节肢动物群落结构及多样性的系统调查,试图阐明该地区菜用大豆田的节肢动物群落发生及演变状况,为掌握主要害虫发生动态,分析害虫发生原因及与天敌间的相互关系,制定有针对性的害虫防控策略提供依据。

1 材料与方法

1.1 调查地点和时间

试验在河北省农林科学院经济作物研究所大河试验园区进行(38°05' N, 114°18' E),菜用大豆2018年5月20日播种,10月20日收获。期间肥水常规管理,7月下旬施药1次。试验地面积为375 m²,北边为棚室蔬菜,种植有番茄、黄瓜、叶菜等;南边为陆地韭菜;西边为小麦地,6月份收

割后改种玉米;东边为大葱,大葱地再东边为小麦。试验地前茬为芦笋。周边均为小面积地块或棚室,可以代表典型的设施蔬菜地块。

1.2 调查方法

采用马来氏网对田间节肢动物标本取样。将马来氏网安装于通风且阳光充足的大豆地块,拉紧固定绳索,使其各网面展开抻平;中间的黑色阻隔网下部与地面接触,不要留缝隙,以便收集爬行类节肢动物。收集瓶使用95%以上酒精,持有量保持50%以上。每隔15 d换1次收集瓶,将收集瓶中的昆虫标本逐一编号进行分类鉴定及统计。

1.3 数据分析

所得数据采用Excel 2010 进行统计分析。

(1) 相对丰盛度(Relative abundance)表示节肢动物群落中各科丰盛度与总丰盛度的比值: $P_i = N_i / N$,其中 N_i 为第 i 个科的丰盛度, N 为群落内所有科的丰盛度。

(2) 群落多样性指数:采用Shannon-Wiener(1963)多样性指数,公式如下: $H' = -\sum P_i \ln P_i$,其中 P_i 为第 i 个科的个体占总个体数的比例。

(3) 科级丰富度(Family richness)表示节肢动物群落包含的所有科数,用 S 表示。

(4) 群落均匀度:按照Pielou(1975)公式计算: $J = H' / H_{max} = H' / \ln S$,其中 H_{max} 为群落的最大多样性指数,即当有 S 科时,若科数及其种的数量相等,其多样性指数值最大。

(5) 群落优势集中指数:以Simpson(1949)集中性指数(C)表示: $C = \sum P_i^2$ 。

2 结果与分析

2.1 石家庄菜用大豆田节肢动物群落结构与组成

马来氏网共诱集到各类节肢动物 3 纲 11 目 94 科 255 种 6 927 头, 其中唇足纲 45 头, 占总量的 0.65%; 弹尾纲 31 头, 占总量的 0.45%; 昆虫纲 6 851 头, 占总量的 98.9% (表 1)。

在昆虫纲中, 半翅目 3 361 头, 占总量的 48.52%; 双翅目 1 066 头, 占总量的 15.39%; 鞘翅目 793 头, 占总量的 11.45%; 缨翅目 746 头, 占总量的 10.77%; 鳞翅目 664 头, 占总量的 9.59%; 膜翅目 157 头, 占总量的 2.27%; 脉翅目 46 头, 占总量的 0.66%; 直翅目 17 头, 占总量的 0.25%; 蜻蜓目 1 头, 占总量的 0.01%。昆虫纲数量从大到小顺序为: 半翅目 > 双翅目 > 鞘翅目 > 缨翅目 > 鳞翅目 > 膜翅目 > 脉翅目 > 直翅目 > 蜻蜓目 (表 2)。

从科级水平上来看, 害虫中, 以长蝽科数量最多, 1 600 头; 其次为叶蝉科, 856 头; 蓟马科 725 头; 蚜科 501 头; 瘿蚊科 500 头; 夜蛾科和蓟甲科, 231 头; 盲蝽科 179 头; 叶甲科 140 头; 菜蛾科 134 头; 螟蛾科 104 头。

表 1 河北省石家庄市菜用大豆田节肢动物群落组成结构
Table 1 Composition structure of arthropod community in soybean field of Shijiazhuang, Hebei

类群 Order	科数 Family number	比例 (%) Ratio
鞘翅目 Coleoptera	20	21.28
鳞翅目 Lepidoptera	19	20.22
双翅目 Diptera	16	17.02
膜翅目 Hymenoptera	14	14.89
半翅目 Hemiptera	14	14.89
直翅目 Orthoptera	4	4.26
缨翅目 Thysanoptera	2	2.13
脉翅目 Neuroptera	2	2.13
蜻蜓目 Odonata	1	1.06
蜘蛛目 Scutigromorpha	1	1.06
弹尾目 Collembola	1	1.06
合计 Total	94	100

天敌中, 以瓢甲科数量最多, 207 头, 其次为蚜蝇科 153 头; 然后是花蝽科 87 头, 蚜茧蜂科 51 头。

2.2 石家庄菜用大豆田节肢动物主要类群发生动态分析

菜用大豆田中, 节肢动物主要类群的发生数量呈现 2 个高峰期; 第 1 个高峰在 6 月中下旬 - 7 月初, 第 2 个高峰在 8 月底 - 9 月初; 10 月底以后, 各类群个体数减少 (图 1)。

叶蝉科有 3 个发生高峰, 分别为 6 月底、8 月中旬与 10 月中旬, 其中 6 月底发生量最大, 达 171 头。蚜蝇科 6 月中旬达到第 1 个高峰, 9 月中旬达到第 2 个高峰, 但 9 月中旬的数量仅为第 1 个高峰的一半。蓟甲科第 1 个高峰的时间同蚜蝇科, 8 月中旬为第 2 个高峰, 第 1 个高峰数量略多于第 2 个高峰。瓢甲科仅在 8 月底有 1 个高峰, 蚜科高峰出现于 7 月中旬。蓟马科有 2 个明显高峰, 分别出现于 6 月底与 10 月中旬, 其中后者数量最多。夜蛾科仅有 1 个高峰, 出现于 9 月中旬。土蜂科的高峰不明显, 分别出现于 8 月中旬和 9 月中旬。

2.3 石家庄菜用大豆田节肢动物群落丰盛度时间动态

菜用大豆生长期内, 6 月中旬至 7 月底是丰盛度最高的时期, 为 1 766 ~ 1 836; 此前及此后一段时间, 丰盛度比较稳定, 保持在 400 ~ 600 之间。10 月中旬以后, 丰盛度迅速下降 (图 2)。

2.4 石家庄菜用大豆田节肢动物群落结构多样性时间动态

菜用大豆生长期的大部分时间段内, 群落多样性指数均在 2 ~ 3 之间; 只有 6 月底较低, 为 1.5 左右; 11 月中旬收获期, 多样性指数迅速下降 (图 3)。6 月底群落结果多样性的降低可能与周边小麦收割改种玉米有关, 也可能是由于天气过热导致。

2.5 石家庄大豆田节肢动物群落结构丰富度时间动态

从群落结构丰富度来看 (图 4), 菜用大豆生长期, 群落结构丰富度维持在较高水平, 保持在 30 ~ 40 之间, 7 月中下旬达到最高值, 为 53; 10 月中旬以后迅速下降。

表 2 河北省石家庄市菜用大豆田主要节肢动物群落组成
Table 2 Community composition of arthropod in vegetable soybean field in Shijiazhuang of Hebei

半翅目 Hemiptera				双翅目 Diptera				鞘翅目 Coleoptera				缨翅目 Thysanoptera				鳞翅目 Lepidoptera				膜翅目 Hymenoptera			
科	数量	比例(%)	科	数量	比例(%)	科	数量	比例(%)	科	数量	比例(%)	科	数量	比例(%)	科	数量	比例(%)	科	数量	比例(%)	科	数量	比例(%)
Family	Number	Ratio	Family	Number	Ratio	Family	Number	Ratio	Family	Number	Ratio	Family	Number	Ratio	Family	Number	Ratio	Family	Number	Ratio	Family	Number	Ratio
长蝽科 Lygaeidae	1 600	47.60	瘿蚊科 Cecidomyiidae	500	46.90	薪甲科 Lathridiidae	231	29.13	蓟马科 Thripidae	725	97.18	夜蛾科 Noctuidae	231	34.79	蚜茧蜂科 Aphidiidae	51	32.48						
	856	25.47		瓢甲科 Coccinellidae	207		26.10	纹蓟马科 Aeolothripidae		21	2.82		菜蛾科 Plutellidae	134		20.18	土蜂科 Scoliidae	47	29.94				
叶蝉科 Cicadellidae			丽蝇科 Calliphoridae	155	14.54	叶甲科 Chrysomelidae	140	17.65				螟蛾科 Pyrimidae	104	15.66	胡蜂科 Vespidae	21	13.38						
蚜科 Aphididae	501	14.91	蚜蝇科 Syrphidae	153	14.35																		
盲蝽科 Miridae	179	5.33	蚤蝇科 Phoridae	102	9.57	谷盗科 Ostomatidae	63	7.94				麦蛾科 Gelechiidae	58	8.74	方头泥蜂科 Crabronidae	6	3.82						
飞虱科 Delphacidae	90	2.67	麻蝇科 Sarcophagidae	37	3.47	露尾甲科 Nitidulidae	36	4.54				羽蛾科 Pterophoridae	27	4.07	茧蜂科 Braconidae	6	3.82						
花蝽科 Anthrenoridae	87	2.58	寡脉蝇科 Asteidae	28	2.63	隐食甲科 Cryptophagidae	25	3.15				尖蛾科 Cosmopterigidae	24	3.62	臀沟土蜂科 Tiphidae	6	3.82						
网蝽科 Tingidae	12	0.36	厕蝇科 Fanniidae	27	2.53	豆象科 Bruchidae	20	2.52				粉蝶科 Pieridae	21	3.16	肿腿蜂科 Bethyidae	6	3.82						
缘蝽科 Coreidae	12	0.36	蝇科 Muscidae	21	1.97	金龟科 Scarabaeidae	19	2.39				蛱蝶科 Nymphalidae	16	2.41	金小蜂科 Pteromalidae	5	3.18						
蜡科 Pentatomidae	6	0.18	草柄蚊科 Bolitophiliidae	16	1.51	大蕈甲科 Erotylidae	19	2.39				卷蛾科 Tortricidae	11	1.66	分舌蜂科 Colletidae	3	1.91						
蜡蝉科 Fulgoridae	6	0.18	水虻科 Stratiomyidae	10	0.94	隐翅甲科 Staphylinidae	13	1.64				潜蛾科 Lyonetidae	11	1.66	姬蜂科 Ichneumonidae	2	1.27						
猎蝽科 Reduviidae	5	0.15	寄蝇科 Tachinidae	5	0.47	象甲科 Curculionidae	7	0.88				尺蛾科 Geometridae	6	0.90	小蜂科 Chalcididae	1	0.64						

续表 1 Continued table 1

半翅目 Hemiptera				双翅目 Diptera				鞘翅目 Coleoptera				缨翅目 Thysanoptera				鳞翅目 Lepidoptera				膜翅目 Hymenoptera			
科	数量	比例(%)	科	数量	比例(%)	科	数量	比例(%)	科	数量	比例(%)	科	数量	比例(%)	科	数量	比例(%)	科	数量	比例(%)	科	数量	比例(%)
Family	Number	Ratio	Family	Number	Ratio	Family	Number	Ratio	Family	Number	Ratio	Family	Number	Ratio	Family	Number	Ratio	Family	Number	Ratio	Family	Number	Ratio
蝼蛄科 Berytidae	3	0.09	潜蝇科 Agromyzidae	3	0.28	叩甲科 Elateridae	5	0.63				鞘蛾科 Coleophoridae	4	0.60	蜜蜂科 Apidae	1	0.64						
木虱科 Psyllidae	3	0.09	蚊科 Culicidae	3	0.28	扁甲科 Cucujidae	1	0.13				展足蛾科 Stathmopodidae	4	0.60	巨胸小蜂科 Perilampidae	1	0.64						
皮蠹科 Ptesmatidae	1	0.03	眼蕈蚊科 Sciariidae	3	0.28	步甲科 Carabidae	1	0.13				灰蝶科 Lycaenidae	4	0.60	蛛蜂科 Pompilidae	1	0.64						
			果蝇科 Drosophilidae	2	0.19	负泥虫科 Cricetidae	1	0.13				细蛾科 Gracillariidae	3	0.45									
			花蝇科 Anthomyiidae	1	0.09	花蚤科 Mordellidae	1	0.13				刺蛾科 Limacodidae	3	0.45									
						锯谷盗科 Siovanidae	1	0.13				灯蛾科 Arctidae	1	0.15									
						拟步甲科 Tenebrionidae	1	0.13				天蛾科 Sphingidae	1	0.15									
						皮蠹科 Dermestidae	1	0.13				谷蛾科 Tineidae	1	0.15									
						蚁形甲科 Anthicidae	1	0.13															
合计 Total	3 361	100	合计 Total	1 066	100	合计 Total	793	100	合计 Total	746	100	合计 Total	664	100	合计 Total	157	100						

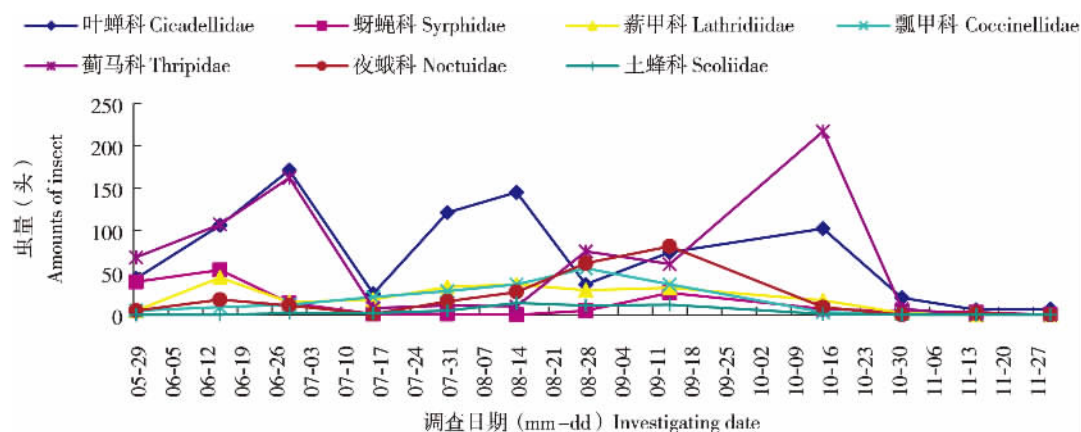


图1 河北省石家庄市菜用大豆田主要类群发生动态

Fig. 1 Population dynamics of main groups in soybean field of Shijiazhuang, Hebei

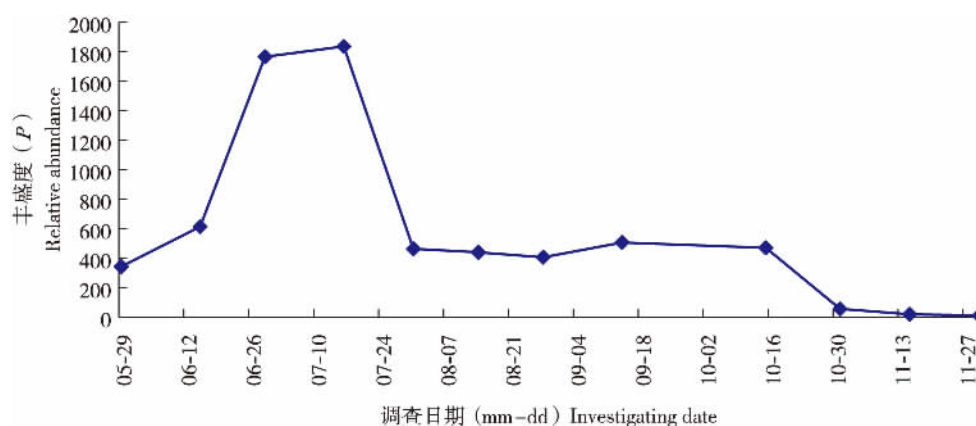


图2 河北省石家庄市菜用大豆田群落丰盛度 (P) 时间动态

Fig. 2 Dynamics of relative abundance in soybean field of Shijiazhuang, Hebei

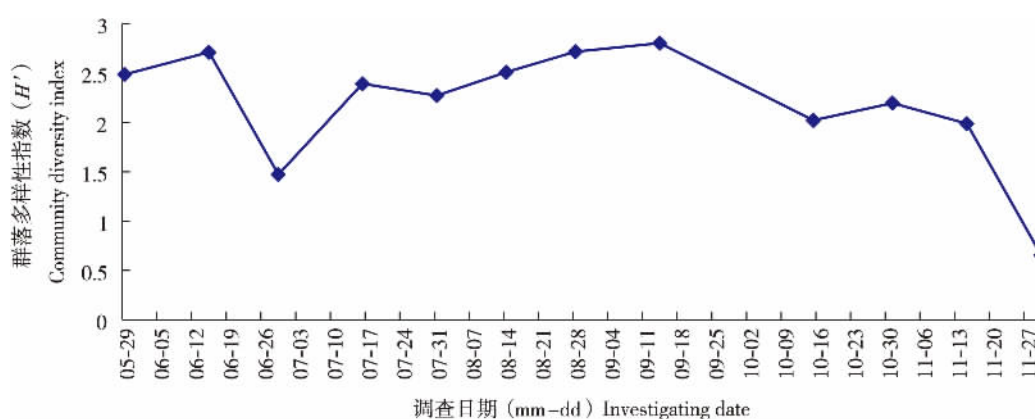


图3 河北省石家庄市菜用大豆田群落多样性指数 (H')

Fig. 3 Dynamics of community diversity index in soybean field of Shijiazhuang, Hebei

2.6 石家庄菜用大豆田节肢动物群落均匀度时间动态

菜用大豆田昆虫群落均匀度指数除6月底、

10月中旬略低以外,其余时间段均在0.6以上,10月中旬以后略有上升(图5)。6月底群落多样性下降,但均匀度也显著降低;说明各种群数量



图 4 河北省石家庄市大豆田群落结构丰富度 (S) 时间动态
Fig. 4 Dynamics of community richness insoybean field of Shijiazhuang, Hebei

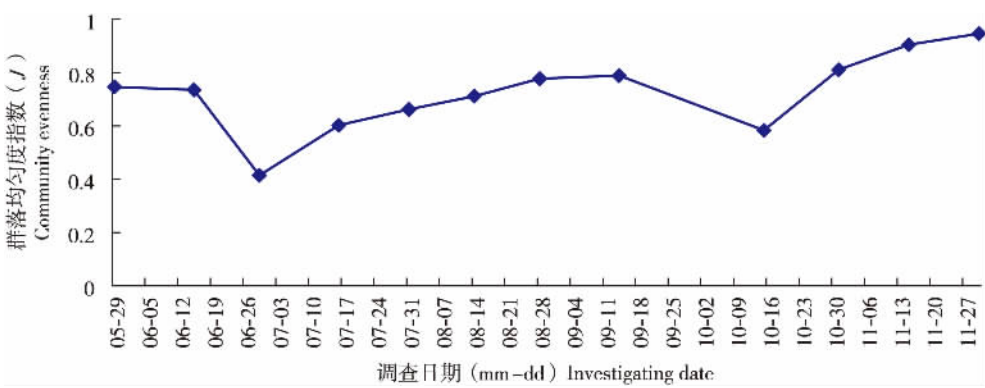


图 5 河北省石家庄市大豆田群落均匀度指数 (J)
Fig. 5 Dynamics of community evenness insoybean field of Shijiazhuang, Hebei

均出现的下降,可能与6月底的天气相关。10月中旬以后的均匀度,上升显著,且一直呈上升趋势。这与后期天气变化和收割导致群落的多样性降低有关。

2.7 石家庄菜用大豆田节肢动物群落优势集中指数时间动态

菜用大豆田群落优势集中指数6月底、11月底最高,分别为0.441和0.537。其他时间段,群落优势集中指数多集中在0.1~0.3之间(图6)。

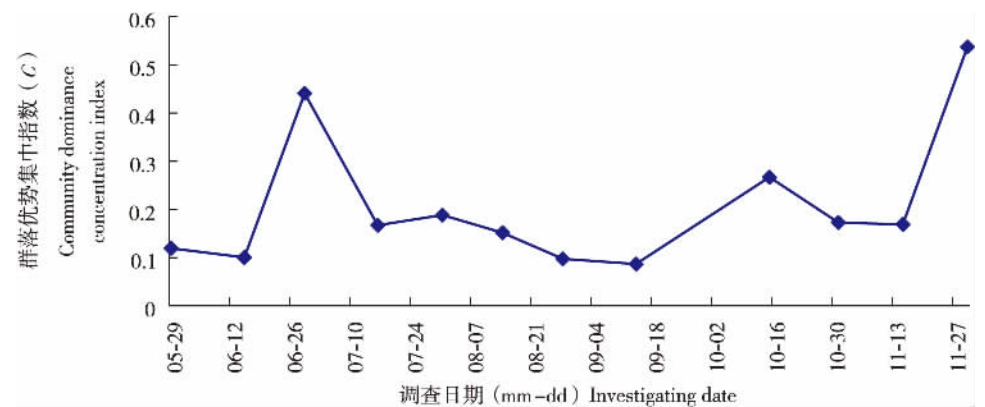


图 6 河北省石家庄市大豆田群落优势集中指数 (C)
Fig. 6 Dynamics of community dominance concentration index insoybean field of Shijiazhuang, Hebei

3 结论与讨论

在菜用大豆的整个生长期内,本研究利用马来氏网调查了菜用大豆田节肢动物类群,共获得节肢动物标本 6 927 头,分属 3 纲、11 目、95 科、255 种。昆虫纲中,个体数前 5 位的目为半翅目、双翅目、鞘翅目、缨翅目、鳞翅目;科级数前 5 位的目为:鞘翅目、鳞翅目、双翅目、膜翅目、半翅目。危害菜用大豆的主要害虫包括叶蝉科、蓟马科、蚜科、夜蛾科、盲蝽科、菜蛾科、螟蛾科等。主要天敌类群包括瓢虫、蚜蝇、花蝽、蚜茧蜂以及土蜂等。总得来看,大豆田害虫以具有刺吸式口器的半翅目害虫为主,鳞翅目害虫为辅;天敌中以捕食半翅目的瓢虫、蚜蝇、花蝽等为主,以寄生性的蚜茧蜂、土蜂等为辅。

吴梅香(2006)对福建省连江县菜用大豆田采用 5 点取样法进行了节肢动物群落调查,共调查出节肢动物 59 科 116 种。汪文俊等(2007)采取平行跳跃法对安徽省和县菜用大豆田节肢动物群落进行调查,发现节肢动物 47 科 59 种。与上述研究相比,本研究所获得的节肢动物群落更加丰富、全面。

有研究表明,菜用大豆的主要害虫与粒用大豆基本一致(吴梅香,2006)。不同地点,大豆田节肢动物种类、数量及主要害虫、天敌都不尽相同,如在山东泰安大豆田,共调查节肢动物 2 纲 10 目 27 科 39 种;主要害虫有大豆蚜、小绿叶蝉、豆荚螟、烟粉虱等,主要天敌昆虫为微小花蝽、中华通草蛉、异色瓢虫、龟纹瓢虫等(迟家家,2017)。而在长春市大豆田,节肢动物包括 220 余种,害虫以烟蓟马、大豆蚜、烟粉虱、大青叶蝉、双斑萤叶甲为主,天敌以草间花蛛、异色瓢虫、小花蝽优势度最高(高月波,2006)。另外在哈尔滨以及山东菏泽大豆田,主要优势害虫及天敌种类也存在差异(杨勤民等,2004;侯中一,2007)。而在本研究中,节肢动物种类和个体数量均远远多于上述籽用大豆田的研究。这可能是由于采集方法不同造成的差异,也可能是由于周围地块的多样化造成的节肢动物多样性增加。

本研究中大豆田主要害虫为叶蝉、蚜虫、蓟马及部分半翅目刺吸式口器害虫,主要天敌为瓢虫、食蚜蝇。与其他地区发生主要类群略有差异,这可能是由于地区差异造成的。石家庄大豆田主

要害虫的发生高峰在 6 月底 7 月初和 8 月底 9 月初,这两个时期应加强对害虫的防控;天敌昆虫发生较多的时期则应尽量少用化学农药。6 月到 10 月底为大豆生长期,节肢动物群落多样性指数、丰富度和均匀度指数维持在较高水平,而优势集中指数较低。收获后的 11 月,田间为休耕期,多样性指数较低,而优势集中指数较高。节肢动物群落发生与周围环境、耕作制度、用药情况、气候条件等有密切关系。总之,石家庄地区菜用大豆田节肢动物多样性指数较高,种群结构较为稳定。本研究为了解石家庄菜用大豆田节肢动物群落结构特点及制定有效的害虫防治策略提供理论依据。

参考文献 (References)

- Chi JJ. Arthropod Community Structure in Vegetable Soybean Field and the Study on Artificial Rearing Technique of *Etiella zinckenella* (Treitschke) [D]. Tai'an: Shandong Agricultural University Master Thesis, 2017. [迟家家. 菜用大豆田节肢动物群落结构及豆荚螟人工饲养技术 [D]. 泰安: 山东农业大学硕士论文, 2017]
- Gao YB. Studies on Structure and Succession Rules of Arthropod Community in Soybean Field [D]. Changchun: Jilin Agricultural University Master Thesis, 2006. [高月波. 大豆田节肢动物群落结构及演替规律研究 [D]. 长春: 吉林农业大学硕士论文, 2006]
- Hou ZY. The Community Structure of Insect and Natural Enemies Control to Aphis in Soybean Field [D]. Harbin: Northeast Agricultural University Master Thesis, 2007. [侯中一. 大豆田昆虫群落结构及天敌对蚜虫的调控功能 [D]. 哈尔滨: 东北农业大学硕士论文, 2007]
- Liu Y, Zhu SC, Ren W, et al. The structure and diversity of insect community in main peach orchards of Zhejiang Province [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2017, 39 (6): 1225 - 1234. [刘雅, 朱世城, 任威, 等. 浙江主要桃产区桃园昆虫群落结构及多样性研究 [J]. 环境昆虫学报, 2017, 39 (6): 1225 - 1234]
- Lv YC, Guan XZ, Qu MJ, et al. Structure and diversity of insect communities in peanut field of Songyuan Region in Jilin Province [J]. *Journal of Peanut Science*, 2017, 46 (3): 32 - 38. [吕永超, 管晓志, 曲明静, 等. 吉林松原地区花生田昆虫群落结构及多样性 [J]. 花生学报, 2017, 46 (3): 32 - 38]
- Pielou EC. Ecological Diversity [M]. New York: John Wiley & Sons Incorporated, 1975.
- Qin SN, Guan XZ, Ju Q, et al. The structure and diversity of insect community in peanut fields in Laixi, Shandong Province [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2018, 55 (2): 294 - 303. [秦胜楠, 管晓志, 鞠倩, 等. 山东莱西花生产区昆虫群落基本结构及多样性研究 [J]. 应用昆虫学报, 2018, 55 (2): 294 -

- 303]
- Shannon CE, Wiener W. The Mathematical Theory of Communication [M]. Illinois: University of Illinois Press, 1963: 125.
- Simpson EH. Measurement of diversity [J]. *Nature*, 1949, 163: 688.
- Wang WJ. Studies on the Dynamics of Arthropod Communities and the Disturbance of Pesticide in Soybean Field [D]. Hefei: Anhui Agricultural University Master Thesis, 2007. [汪文俊. 菜用大豆田节肢动物群落动态及药剂对群落的扰动 [D]. 合肥: 安徽农业大学硕士论文, 2007]
- Wang WJ, Zou YD, Lin XF, *et al.* Characters of arthropod community in vegetable soybean field [J]. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 2007, 13 (1): 65. [汪文俊, 邹运鼎, 林雪飞, 等. 菜用大豆田节肢动物群落的种类组成 [J]. 安徽农学通报, 2007, 13 (1): 65]
- Wu MX. Study on the Arthropod Community in Vegetable Soybean Field [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University Doctor Thesis, 2006. [吴梅香. 菜用大豆田节肢动物群落的研究 [D]. 福州: 福建农林大学博士论文, 2006]
- Xu Y, Wang FM, Mo SJ, *et al.* Research status and development tendency of vegetable soybean in China [J]. *Journal of Hebei Agricultural Sciences*, 2012, 16 (4): 42–45. [徐有, 王凤敏, 默邵景, 等. 我国菜用大豆的研究现状与发展趋势 [J]. 河北农业科学, 2012, 16 (4): 42–45]
- Yang QM, Sun M, Xu YF, *et al.* On the community structure of major insect pests and natural enemies in summer bean field [J]. *Journal of Shandong Agricultural University (Natural Science Edition)*, 2004, 35 (2): 217–220. [杨勤民, 孙敏, 徐玉芳, 等. 夏大豆田主要害虫和天敌群落结构的研究 [J]. 山东农业大学学报 (自然科学版), 2004, 35 (2): 217–220]
- Yin SZ, Wang LH, Wang YB. Analysis on structure of insect peanut community in peanut fields [J]. *Beijing Agriculture*, 2011, 15: 52–54. [尹绍忠, 王刘豪, 王运兵. 花生田昆虫群落结构分析 [J]. 北京农业, 2011, 15: 52–54]
- Zhang HM, Chen FS, Wang Y, *et al.* The temporal dynamics and structure of insect community in the vegetable garden in Jinning County, Kunming [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2017, 33 (1): 56–62. [张红梅, 陈福寿, 王燕, 等. 昆明晋宁蔬菜园昆虫群落结构及时间动态 [J]. 中国生物防治学报, 2017, 33 (1): 56–62]