

秋花菜田节肢动物群落结构的研究

张立洋, 邱晨, 吴晓峰, 马小蕊, 缪勇^{*} (安徽农业大学植物保护学院, 安徽合肥 230036)

摘要 [目的] 研究花菜田节肢动物的群落结构。[方法] 以花菜品种雪宝1号 F_1 代为试材, 在田间系统调查基础上, 分析合肥市西北郊花菜试验田节肢动物群落的物种组成及各种种群数量动态, 计算群落均匀度和多样性。[结果] 调查共记录节肢动物 25 种, 其中害虫 12 种, 天敌 13 种。害虫主要优势种为菜蚜和斜纹夜蛾; 捕食性天敌主要优势种为八斑球腹蛛和草间小黑蛛。害虫和天敌的优势种主要分布于花菜外层叶反面。节肢动物群落多样性在 10 月上旬前较高, 此后较低, 在时间过程中呈稳定下降趋势。影响群落多样性的主要因素是群落均匀度。[结论] 调控花菜田节肢动物主要害虫优势种的种群数量, 并保护天敌以提高群落的均匀度, 是提高群落多样性和稳定性的主要途径。

关键词 花菜田; 节肢动物; 群落结构

中图分类号 S433 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2009)14-06476-02

Study on the Community Structure of Arthropod in Autumn Cauliflower Fields

ZHANG Li-yang et al (College of Plant Protection, Anhui Agricultural University, Hefei, Anhui 230036)

Abstract [Objective] The purpose was to research the community structure of arthropod in autumn cauliflower fields. [Method] With the cauliflower variety Xuebao 1 F_1 as tested material, on the basis of field system investigation, the species composition and each population quantity dynamics of arthropod communities in cauliflower experimental field in northwest suburb of Hefei City were analyzed, and the community evenness and diversity were calculated. [Result] In investigation, 25 species of arthropods were recorded, among which, pests were 12 kinds and the natural enemies were 13 kinds. The major dominant species of insect pests were *Prodenia litura* and *Lipaphis erysimi*. The main dominant species of predator were *Theridion octomaculatum* and *Erigonidium graminicolum*. The dominant species of insect pests and natural enemies were distributed mainly on the back of outer leaves of cauliflower. The community diversity of arthropods were higher in the first 10 days of Oct. and lower later, with steady declining trend in time course. The principal factor affecting the diversities was species evenness. [Conclusion] The main approach of improving community diversity and stability were: controlling the population quantity of the major pest dominant species of arthropods in cauliflower fields, and protecting natural enemies to enhance community evenness.

Key words Cauliflower field; Arthropod; Community structure

花菜 (*Caulifloerw leracea* var. *capitata* L.) 属十字花科蔬菜。十字花科植物含有芥子油苷等次生化合物, 其对大多数害虫具有忌避作用, 但在种间协同进化中出现了一些以芥子油苷为信息物的十字花科专性害虫, 如小菜蛾、菜青虫、黄曲条跳甲等, 成为危害严重的十字花科蔬菜主要害虫^[1-4]。由于十字花科蔬菜以叶菜为主, 大量使用化学农药防治害虫, 使得蔬菜农药残留严重, 危害人类身体健康, 因而迫切需要将害虫防治由主要依赖化学防治转向以生态控制为主的综合治理^[1]。花菜是合肥市郊区种植的主要蔬菜种类之一, 相对于其他十字花科蔬菜, 花菜具有可周年种植和生产周期较长的特点。近年来, 花菜害虫的危害日趋严重, 同时化学农药的盲目使用加剧了害虫抗药性的发展, 以生物防治和农业防治为主要内容的综合治理和生态控制日益受到人们的重视^[4-5]。因此, 有必要开展花菜田节肢动物群落结构的研究, 为科学制定花菜害虫的综合治理策略和措施提供依据。

1 材料与方法

1.1 调查方法 田间系统调查在合肥市西北郊花菜试验田进行, 调查田面积 667 m^2 , 花菜品种为雪宝 1 号杂交一代, 按常规措施进行管理, 不施用任何杀虫剂。每 3 d 调查 1 次, 定点 200 株花菜。调查时将花菜分为心叶、内层叶正面 (内正)、内层叶反面 (内反)、外层叶正面 (外正)、外层叶反面 (外反) 5 个部位, 分别调查记载各种节肢动物的数量。

1.2 分析方法 根据田间系统调查结果, 分析节肢动物群落的物种组成及各种种群数量动态^[6]; 对群落中害虫和天敌的

主要优势种, 统计分析其在花菜不同部位的分布比例及其动态; 群落特征指数取群落总个体数 (N)、物种丰富度 (S)、均匀度 (E)、集中度 (C) 和多样性 (H') 5 个指标。采用 Pielou 的均匀度公式 $E = H'/\ln S$ 计算群落均匀度; 采用 Shannon-Wiener 多样性指数公式 $H' = -\sum P_i \ln P_i$ 计算群落多样性; 采用 Simpson 集中度指数公式 $C = \sum (N_i/N)^2$ 计算群落集中度^[7-9]。

2 结果与分析

2.1 群落物种构成及各种种群数量动态 调查共记录节肢动物 25 种, 其中害虫 12 种, 捕食性天敌 13 种 (表 1)。每次调查记录的物种数介于 14~21 种。害虫中优势种为斜纹夜蛾、菜蚜。总的来看, 由于长期的化学防治, 害虫相对较为简单, 优势种突出。菜蚜在 9 月 16~23 日较少, 从 9 月 26 日种群数量开始迅速上升, 10 月 22 日为发生高峰。斜纹夜蛾从 9 月 16 日~10 月 7 日基本呈上升趋势, 并在 10 月 7 日达到发生高峰, 此后逐渐下降。捕食性天敌中蜘蛛 10 种, 捕食性昆虫 3 种, 主要优势种为八斑球腹蛛、草间小黑蛛, 捕食性天敌物种和个体数量均较丰富, 但优势种优势突出。

2.2 群落主要优势种的空间分布格局 由表 2 可见, 害虫优势种中斜纹夜蛾主要分布于花菜外层叶反面和内层叶反面, 菜蚜主要集中分布在花菜外层叶反面; 而菜青虫在花菜植株内的分布较广。捕食性天敌优势种中草间小黑蛛、八斑球腹蛛和血色亮腹蛛主要分布于花菜外层叶反面。从系统调查结果看, 空间分布集中度高的害虫易大发生, 如吸汁害虫主要优势种菜蚜和食叶害虫主要优势种斜纹夜蛾均主要集中分布于花菜外层叶反面。而捕食性天敌主要优势种草间小黑蛛、八斑球腹蛛对害虫主要优势种菜蚜、斜纹夜蛾有很好的空间追随关系, 表明前者对后者有很好的潜在控制作用。

基金项目 安徽省自然科学基金 (070411014)。

作者简介 张立洋 (1981-), 男, 安徽全椒人, 硕士研究生, 研究方向: 农业害虫生态控制。* 通讯作者, 教授, E-mail: miaoyong2002@163.com。

收稿日期 2009-02-23

表 1 秋花菜田节肢动物群落物种构成及各种群数量动态

Table 1 Species composition and each population amount dynamics of arthropod community in autumn cauliflower fields 只/200 株

种类 Species	日期 Date //月-日										
	09-16	09-23	09-26	09-30	10-03	10-07	10-10	10-16	10-19	10-22	10-27
菜蚜 <i>Lipaphis erysimi</i>	2	3	105	212	608	1 324	2 086	3 617	2 891	4 149	4 031
小菜蛾 <i>Plutella xylostella</i>	0	20	7	26	19	42	33	11	7	8	17
菜青虫 <i>Pieris rapae</i>	89	112	36	45	41	62	36	35	34	44	29
斜纹夜蛾 <i>Prodenia litura</i>	46	125	108	176	129	774	497	375	353	227	67
菜螟 <i>Oeobia undalis</i> (Fabricius)	23	40	63	24	33	6	1	4	4	1	0
甜菜夜蛾 <i>Laphygma exigua</i>	25	124	148	102	104	15	6	8	0	0	24
大青叶蝉 <i>Tettigella viridis</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
短额腹蝗 <i>Ateactomorpha sinensis</i>	2	2	2	5	6	2	6	1	1	4	2
黄曲条跳甲 <i>Phyllotrea striolata</i>	0	3	1	0	1	1	2	2	4	0	1
大猿叶虫 <i>Colaphellus bowringi</i>	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
银纹夜蛾 <i>Argyrogramma agnate</i>	11	5	12	9	17	11	3	6	7	8	2
草间小黑蛛 <i>Erigonidium graminicolum</i>	21	23	7	16	12	20	24	28	31	15	5
八斑球腹蛛 <i>Theridion octomaculatum</i>	6	11	7	17	28	34	49	39	56	79	59
黄褐新圆蛛 <i>Neoscona doenitzi</i>	2	5	9	3	1	2	1	0	0	5	2
三突花蛛 <i>Misumenopus tricuspidata</i>	0	2	0	1	1	2	6	4	7	9	4
条纹蝇虎 <i>Plexippus setipes</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
四点亮腹蛛 <i>Singa pygmaea</i>	6	5	18	17	13	7	3	2	1	6	2
中华跃蛛 <i>Siticus sinensis</i>	0	2	0	1	1	0	0	3	1	3	0
四斑锯螯蛛 <i>Dyschiriognatha quadrimaculata</i>	7	5	1	2	1	3	0	0	0	1	0
血色亮腹蛛 <i>Singa sanguinea</i>	5	12	0	7	3	7	6	15	4	6	2
异色瓢虫 <i>Harmonia axyridis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
拟水狼蛛 <i>Pirata subpiraticus</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
中华草蛉 <i>Chrysopa sinicalieder</i>	0	1	2	0	0	0	0	0	1	0	0

注:数量很少的物种食蚜蝇、菜蚜未列入表内。

Note: Few numbers of *Eristalis cerealis* and *Eurydema dominulus* Scopoli are not listed in the table.

表 2 花菜田节肢动物主要优势种类的空间分布格局

Table 2 Spatial distribution pattern of major dominant species of arthropod communities in autumn cauliflower field

种类 Species	在花菜不同部位的平均数量比率 Average ratio in different parts of autumn cauliflower plants				
	心叶	内正	内反	外正	外反
菜蚜 <i>Lipaphis erysimi</i>	0.001	0.001	0.014	0.006	0.978
菜青虫 <i>Pieris rapae</i>	0.076	0.215	0.350	0.073	0.286
斜纹夜蛾 <i>Prodenia litura</i>	0.060	0.024	0.111	0.050	0.755
草间小黑蛛 <i>Erigonidium graminicolum</i>	0.030	0.025	0.104	0.005	0.836
八斑球腹蛛 <i>Theridion octomaculatum</i>	0.018	0.005	0.062	0.008	0.907
血色亮腹蛛 <i>Singa sanguinea</i>	0.015	0.000	0.149	0.000	0.836

2.3 群落主要特征性指数及其动态 由表 3 可见,群落物种丰富度介于 15~19,在时间序列上丰富度变化不大。均匀度和集中度在时间过程中变化较大,总体上看,均匀度在 9 月中下旬较高,10 月上中旬以后,由于菜蚜种群数量迅速增长,导致均匀度较低。集中度的变化与均匀度相反。群落多样性表现为前高后低,10 月中旬以前多样性平均值达 1.878 2,此后多样性平均值仅为 0.635 9。群落多样性是群落丰富度和群落均匀度的函数,群落多样性与丰富度的相关系数 $r = 0.419$ ($r_{0.01,8} = 0.632$),表明无显著相关性;群落多样性与均匀度的相关系数 $r = 0.975$ ($r_{0.01,8} = 0.765$),表明有极显著的相关性。可见对花菜田节肢动物群落多样性的影响,均匀度显著大于丰富度,这与群落优势种尤其是菜蚜的优势度在时间过程中日益突出导致群落均匀度变化较大有关。因此,通过调控花菜田主要害虫优势种的种群数量,提高群落的均匀度,是提高群落多样性和稳定性的主要途径。

3 讨论

研究表明,花菜田害虫相对较简单,优势种突出,吸

表 3 秋花菜田节肢动物群落主要特征指数及其动态

Table 3 Major characteristic indices and their dynamics of arthropod communities in autumn cauliflower field

日期 月-日 Date	总个体数 (N) Total individual	丰富度 (S) Richness	均匀度 (E) Evenness	集中度 (C) Concentration	多样性 (H') Diversity
09-23	501	19	0.682 0	0.185 1	2.008 1
09-26	524	14	0.732 7	0.184 1	1.933 6
09-30	667	19	0.661 7	0.203 7	1.948 3
10-03	1 018	17	0.520 3	0.387 6	1.474 1
10-07	2 312	16	0.395 9	0.441 5	1.097 6
10-10	2 760	16	0.297 4	0.604 4	0.824 7
10-16	4 151	16	0.195 7	0.767 7	0.542 6
10-19	3 403	16	0.217 8	0.733 0	0.603 9
10-22	4 567	17	0.158 1	0.828 2	0.447 9
10-27	4 249	16	0.107 7	0.900 6	0.298 6

汁害虫主要优势种为菜蚜,害虫主要优势种为斜纹夜蛾。捕

(下转第 6596 页)

表2 过渡区近50年温度年代际变化

Table 2 Decadal change of air temperature in transition region in the recent 50 years

项目 Items	温度 Temperature//°C					线性趋势//°C/10年 Linear trend
	1957~1966年	1967~1976年	1977~1986年	1987~1996年	1997~2006年	
年 Year	-0.2	-0.5	-0.5	0.1	1.2	0.334
春季 Spring	0.0	-0.4	-0.5	-0.3	1.2	0.243
夏季 Summer	0.0	-0.3	-0.7	-0.2	1.2	0.233
秋季 Autumn	-0.4	-0.6	-0.4	0.3	1.1	0.365
冬季 Winter	-0.6	1.0	-0.3	0.6	1.3	0.496
4~10月 April to October	-0.2	-0.4	-0.5	-0.1	1.1	0.279

下降趋势。

用 Mann-Kendall 法、滑动 t -检验分析区域内年、季气温变化,发现区域内年平均气温变化表现出明显的增温趋势(通过信度为 99.9% 的显著性检验),1985 年后开始气温呈明显增加趋势,1994 年有一次显著突变,其后气温达到一个更显著的增暖时期。春、夏季在 1996、2000 年发生突变(通过信度为 99% 的显著性检验),其后气温显著增暖;秋季从 1972 年开始气温呈增加趋势,1986 年后开始气温呈明显增加趋势,1993 年有一次显著突变(通过信度为 99.9% 的显著性检验),其后气温以近乎线性上升的趋势增暖;冬季从 1969 年开始气温呈增加趋势,1986 年发生显著突变(通过信度为 99% 的显著性检验),其后气温显著增暖,2005 年左右略有波动。生长季气温 1986 年开始增温,1996 年发生显著突变,气温增暖显著。通过以上讨论,笔者认为向暖干转变是过渡区气候变化的最主要特征,这种演变趋势在年代际上有一定差异,近年来呈现加剧趋势。

4 气候变化对粮食产量影响

4.1 粮食产量的演变 考虑到粮食产量是一个以时间为序列的波动函数及实际物理意义,将这个序列分解为 3 个周期不同的波的合成^[14]:

$$Y = Y_t + Y_w + e \quad (1)$$

其中, Y 是粮食单产; Y_t 是反映历史时期生产力发展水平的长周期产量分量,即趋势产量; Y_w 是受以气象要素为主的短周期变化因子影响的产量分量,即气象产量,是以 1 年为周期,该文主要讨论对象; e 是受病虫害、社会动荡等随机因素影响的产量分量,由于所占比例很小,实际计算中不作考虑,简化为:

$$Y = Y_t + Y_w \quad (2)$$

趋势产量的模拟采用三阶时间趋势模拟,把趋势产量写成时间 t 的非线性函数:

$$Y_t = b_0 + b_1 t + b_2 t^2 + b_3 t^3 \quad (3)$$

其中, b_0 、 b_1 、 b_2 、 b_3 为经验常数,用最小二乘法通过实际资料计算得出。

对白银市 1967~2006 年气象产量进行线性倾向分析,结果表明,粮食气象产量呈现明显下降趋势,递减率为 20.5 kg/10 年·hm²,从年代际看,20 世纪 80 年代中期以前,气象产量为正,而后期至今为负,尤其是 1997~2006 年 10 年间,降幅更加显著,这表明,1987 年气象产量发生转折,其后降幅加剧。

4.2 降水对产量的影响 区域内年平均降水距平百分率 1967~2006 年呈逐渐减少趋势,气象产量与年降水距平百分

表3 过渡区粮食气象产量年代际变化

Table 3 Decadal change of grain meteorological yield in transition region

年份 Year	Yw//kg/10年·hm ²
1967~1976	21.0
1977~1986	12.0
1987~1996	-39.0
1997~2006	-208.5
线性趋势 Linear trend	-20.5

率的变化趋势基本一致,气象产量随着降水的减小而减少。20 世纪 60 年代末至 70 年代前期气象产量与降水距平呈快速下降,20 世纪 70 年代中期至末期,受降水量增加影响,气象产量大多增加,80 年代前期降水减少,特别是 1982 年出现近 50 年来最为干旱的一年,气象产量亦迅速减少,出现极小值。1982 年以后,随着降水量逐渐增加,气象产量也快速回升,1983~2003 年降水量变化的振幅减小,气象产量除个别年份外也处于较为平稳的变化之中;从 2004 年以来降水量持续偏少,使得连续 3 年的干旱累积效应明显加剧,气象产量则出现大幅下降,2006 年出现近 40 年最小值,为 -377 kg/hm²。随着降水量的减小,粮食气象产量减小,粮食气象产量与降水呈正相关关系,粮食气象产量随降水变化的线性关系为:

$$Y = 1.51709735X - 397.280281$$

式中, X 为降水量, Y 为粮食气象产量,回归方程相关系数为 0.512。当降水量每减少 10 mm,气象产量减少 15.17 kg/hm²。

4.3 气温对产量的影响 区域内年平均气温距平 1967~2006 年呈逐渐上升趋势,相关系数 0.8437,通过信度 99.9% 的显著性检验。气象产量与年平均气温距平的变化趋势呈现相反的变化趋势,气象产量随着温度距平的升高而减少,20 世纪 60 年代末至 70 年代末温度距平上升,气象产量下降,20 世纪 80 年代至 90 年代中期温度距平缓慢上升,在此期间气象产量振幅减小,变化趋缓,20 世纪 90 年代中期至今温度大幅上升气象产量则出现大幅下降。对温度与气象产量之间作线性回归分析,得回归方程

$$Y^* = -60.0866X + 481.0127$$

式中, Y^* 为粮食气象产量, X 为温度,方程相关系数为 -0.302。

通过对粮食气象产量与降水量、温度分析,粮食气象产量与降水量的相关性极为显著 ($R = 0.512$, 通过信度为 99.9% 的显著性检验),高于气象产量与温度之间相关性 ($R = -0.302$),这说明在西北干旱半干旱过渡区粮食气象产量