

宁夏中宁县麦蚜种群空间分布与蚜茧蜂的跟踪作用

胡懿君¹ 赵映书² 陈龙¹ 洪波¹ 关晓庆¹ 贺达汉^{1,3}

1.宁夏大学农学院,银川 750021; 2.宁夏中宁县林业技术推广服务中心,中宁 751500;
3.宁夏大学西北退化生态系统恢复与重建国家重点实验室,银川 750021

摘要 采用棋盘式五点取样法调查,应用聚集度指标和灰色关联度法,对不同景观结构下麦蚜及僵蚜田间分布型变化和时间动态进行分析与模拟。发现当地蚜茧蜂 10 种,蚜小蜂 1 种。麦长管蚜、麦二叉蚜及僵蚜在时空上呈负二项分布,聚集强度随虫口密度增加而增强。麦长管蚜聚集程度受田块景观复杂程度的影响显著,麦二叉蚜则不显著。2 种蚜虫空间格局表现为扩散-聚集周期性变化,但周期性变化不尽相同。僵蚜分布与蚜虫分布有明显的相关关系,但对麦长管蚜跟踪明显高于对麦二叉蚜的跟踪。用 Blackith 种群聚集指数分析,结果表明蚜虫的聚集原因主要是由环境因素所引起。当麦长管蚜、麦二叉蚜平均密度分别大于 5.57、8.26/株时,聚集程度取决于本身生物学特性与环境因素共同作用。对麦蚜种群数量具有显著性跟踪关系的蚜茧蜂主要有燕麦蚜茧蜂、烟蚜茧蜂及四川蚜茧蜂。

关键词 麦蚜; 蚜茧蜂; 空间分布; 时空动态; 跟踪作用

中图分类号 S 181; S 186 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2016)03-0030-08

在宁夏春麦区,麦蚜主要有麦长管蚜 *Sitobion avenae*、麦二叉蚜 *Schizaphis graminum*、禾谷缢管蚜 *Rhopalosiphum padi*, 3 种蚜虫混合发生,是对春小麦生产造成严重危害的害虫类群之一。在宁夏春麦区蚜虫是外地迁入的^[1]。

关于麦蚜种群的时空分布动态,前人已多有研究。张新瑞等^[2]应用扩散型指标确定多数蚜虫分布呈负二项聚集分布型。何连生等^[3]研究了麦长管蚜和禾缢管蚜的聚集扩散趋势,发现在不同年份间两种蚜虫也表现出相似的规律。赵惠燕等^[4]对麦长管蚜、麦二叉蚜和禾缢管蚜自然种群的空动态研究发现,3 种麦蚜种群均表现为聚集-扩散-聚集的趋势。李丹等^[5]对蚜虫种群聚集扩散规律提出了动态模型。麦蚜空间分布型与种群动态受区域、生态环境及小麦生育期、气候因素影响极大^[6-7]。

麦田生态系统中,蚜茧蜂群落对麦蚜种群数量存在一定抑制作用^[8],但针对蚜茧蜂与麦蚜空间分布关系的研究甚少。李宁等^[9]研究了西宁地区麦蚜与蚜茧蜂种群数量消长,认为自然界蚜茧蜂和蚜虫之间一般有明显的跟随现象。罗瑞梧等^[6]认为燕麦蚜茧蜂有随寄主麦长管蚜季节性同步远距离迁飞。

邹运鼎等^[10]报道蚜虫与蚜茧蜂的分布皆为聚集型分布,其空间格局变程为 36~55 cm 之间,不同时期蚜茧蜂种群变程的变化与麦长管蚜种群变程的变化趋势一致。研究蚜茧蜂与麦蚜空间分布型关系及其天敌的空间追踪作用是了解自然天敌对害虫生物控制作用的重要方面之一。

宁夏中宁县地处西北部地区黄河两岸,与其他农业区隔离,区域环境封闭,麦蚜及天敌系统受外界影响及人为干扰很小,其蚜虫及天敌一直未见报道。为此,我们于 2013—2014 年对中宁县小麦蚜虫和蚜茧蜂种群及其他天敌进行了系统调查,现就空间分布型及蚜茧蜂的追踪作用分析结果报告如下。

1 材料与方法

1.1 调查地及景观复杂度的划分

研究区域位于宁夏回族自治区中宁县(37°9′~37°50′N, 105°26′~106°7′E),整个调查区分布从新堡镇→恩和镇→鸣沙镇,农业景观复杂性呈现由复杂到简单的梯度变化。新堡镇农田景观为高度复杂结构,包括小麦、水稻、玉米、苜蓿、枸杞等多种作物田块,乔灌木林地、果园及居民居住地,各类农田与

收稿日期: 2015-08-18

基金项目: 国家自然科学基金项目(31260429)

胡懿君,硕士研究生。研究方向:昆虫生态学。E-mail: hyj19881113@126.com

通信作者: 贺达汉,博士,教授。研究方向:昆虫生态学。E-mail: hedahan@163.com

林网纵横,形成特有的生态农业景观,小麦与玉米套种种植。恩和镇,种植有小麦、水稻、玉米、苜蓿、枸杞等作物,以及乔木林果地,作物类型相对简单,以小麦与玉米套种、单种混合,农田生境环境较新堡镇明显简单。鸣沙镇基本只有小麦、玉米、草地等农田生境,田块面积大,类型单一,以小麦、玉米单种为主。

1.2 调查方法

在2013及2014年5-7月在上述调查地,按地块景观复杂性,设为3类调查样地,每类再选3块不同小麦田块,进行麦蚜与寄生蜂调查。对麦蚜的调查方法采用棋盘式五点取样法,取田块中的5个方位(东、西、南、北、中),采用随机法在每方位取20株健康的小麦,利用目测与计数2种方法,记录每个方位上小麦蚜虫数量及被寄生蚜虫(僵蚜)情况。将采集到的僵蚜装入已备好的指形管中,做好标记,带回实验室饲养至羽化,鉴定种类并统计。两年期间从5月下旬开始,每隔3~4 d调查1次,至7月上旬收割期结束。

1.3 分布型及参数测定与分析

将每次调查田块数据整理成频次分布表形式,先计算参数指标:平均虫口密度(m)、方差(S^2),平均拥挤度(m^*),再进行如下参数计算与分析。

1) 聚集度指标法测定。Lloyd 聚块性指标 m^*/m , $m^* = m + S^2/m - 1$, 式中, m 为平均密度, S^2 为

$$r_{ij}(k) = \frac{\min_i \min_k |y_j(k) - x_i(k)| + \rho \max_i \max_k |y_j(k) - x_i(k)|}{|y_j(k) - x_i(k)| + \rho \max_i \max_k |y_j(k) - x_i(k)|} \quad (4)$$

$G(y_j, x_i) = \sum r_{ij}(k)/n$, 表明:第 i 种(x_i) 天敌量与(y_j) 麦蚜量的关联度,其值反映的是 x_i 对 y_j 的影响程度。

2 结果与分析

2.1 麦蚜初寄生蜂群落结构组成

调查得出,中宁县麦蚜初寄生蜂种类为蚜茧蜂10种和蚜小蜂1种。其中燕麦蚜茧蜂、烟蚜茧蜂和四川蚜茧蜂的个体数占总体数的比例均大于10%,其总和占90%以上,可认为是当地的优势种。而翼蚜外茧蜂、缢管蚜外茧蜂和蚜小蜂均在1%~10%之间,为常见种,其余为稀有种。

2.2 空间分布格局动态

1) 不同景观特征下小麦蚜虫及僵蚜空间分布型变化。表2为麦蚜田间的水平分布型测定结果。可

样本方差。通过对参数 m^*/m 比值分析可得:若小于1,则是均匀分布;等于1,为随机分布;大于1,则为聚集分布。根据 Lloyd(1967)对平均拥挤 m^* 和平均密度 m 相应变化所进行分析,采用 $(m^* + 1)/m$ 进行检验,当 $(m^* + 1)/m$ 减少时表现出扩散,当 $(m^* + 1)/m$ 增大时表现出聚集。参数 K 指标, $K = m/(S^2/m - 1)$ 与 Beall 扩散系数 C 指标, $C = S^2/m$, 亦均是反映分布情况的指标: $K < 0$, 均匀分布; $K > 0$, 聚集分布; $K \rightarrow \infty$, 随机分布。当 $C < 1$, 均匀分布; $C = 1$, 随机分布; $C > 1$, 聚集分布^[11]。

2) 影响聚集分布的原因分析。运用 Blackith 的种群聚集均数(λ)参数检验法检验其聚集原因^[11]。写入公式为: $\lambda = mr/(2K)$ 。其中 K 为负二项分布的指数值; r 是 $2K$ 自由度,当 $\alpha = 0.5$ 时的 χ^2 分布函数值。其原理:若 $\lambda < 2$, 反映出由某种环境因素导致虫口聚集;若 $\lambda \geq 2$, 可能是由虫口本身的聚集行为和环境的异质性两种因素共同作用引起的虫口聚集。

1.4 追踪动态与分析方法

将麦蚜与寄生蜂关系视为灰色^[12],麦长管蚜数量(Y_1)、麦二叉蚜数量(Y_2)可作为两参照序列,而对应其主要天敌数量 X_i ($i = 1, 2, \dots, M$, 表示有 M 种天敌)看作比较序列。在不同时间点上对应麦蚜及主要天敌数量可作为 Y_j 与在第 k 点上的效果白化值,进行双序列关联分析。 Y_j 与 X_i 在第 k 点上的关联系数为:

以看出所有 $m^*/m > 1$, $C > 1$, $0 < K < 8$, 得出,主体上麦蚜及僵蚜在小麦田呈聚集分布。在同一时序,不同景观类型的田块,蚜虫聚集度指标与景观复杂程度没有明显关系,但在同一类型田块,景观的复杂程度对2种蚜虫聚集影响程度则有着一定影响。

随景观复杂程度逐步下降,麦长管蚜和麦二叉蚜 C 值与 m^* 也随之降低,但聚集度 λ 则先降后升,与 m^* 和 m^*/m 变化趋势基本一致。麦长管蚜随景观复杂程度的减弱变化趋势明显,而麦二叉蚜减弱变化趋势则相对缓和。复杂农业景观下麦长管蚜聚集度 λ 最高数值(2.692 7)明显高于麦二叉蚜最高数值(0.159),说明复杂农业景观下麦长管蚜聚集明显,而田块间影响差异性较大(2.920、2.692、0.907);但麦二叉蚜聚集度指数均较低,不同田块间波动也较小(0.176、0.159、0.114)。在简单景观下麦

表 1 中宁县麦蚜初寄生蜂群落结构与比例组成

Table 1 The community structure and composition ratio of parasitoids in Zhongning County

科 Family	种类 Species	个体数量/头 Number of individuals	百分比/% Percentage
蚜茧蜂科 Aphidiidae	燕麦蚜茧蜂 <i>Aphidius avenae</i>	912	55.64
	烟蚜茧蜂 <i>A. gifuensis</i>	239	14.58
	四川蚜茧蜂 <i>A. sichuanensis</i>	348	21.23
	混合柄瘤蚜茧蜂 <i>Lysiphlebus confusus</i>	1	0.06
	翼蚜外茧蜂 <i>Praon volucre</i>	43	2.62
	东方蚜外茧蜂 <i>P. orientale</i>	2	0.12
	缢管蚜外茧蜂 <i>P. rhopalosiphum</i>	54	3.29
	亚洲三叉蚜茧蜂 <i>Trioxyys asiaticus</i>	1	0.06
	三叉蚜茧蜂 <i>Trioxyys</i> .sp.1	1	0.06
	弓蚜茧蜂 <i>Toxares</i> sp.	1	0.06
蚜小蜂科 Aphelinidae	蚜小蜂 <i>Phelinus</i> sp.	37	2.26

表 2 不同田块生境麦蚜和僵蚜在田间聚集度指数

Table 2 Aggregation indices of wheat aphids and *Aphid* parasitoids in the different habitat fileds

种类 Species	景观特征 Agricultural features	m	S^2	C	K	m^*	m^*/m	λ	分布型 Distribution pattern
麦长管蚜 <i>S. avenae</i>	复杂景观 Complex landscape	6.350	86.028	13.548	0.506	18.898	2.976	2.920	聚集 AD
		6.070	81.884	13.490	0.486	18.560	3.058	2.692	聚集 AD
		3.160	33.085	10.470	0.334	12.630	3.997	0.907	聚集 AD
	中等景观 Middle landscape	1.430	13.177	9.215	0.174	9.645	6.744	0.099	聚集 AD
		1.510	15.303	10.134	0.165	10.644	7.049	0.089	聚集 AD
		0.270	1.431	5.301	0.063	4.571	16.931	0.000	聚集 AD
	简单景观 Simple landscape	1.800	10.000	5.556	0.395	6.356	3.531	0.643	聚集 AD
		0.310	0.499	1.609	0.509	0.919	2.966	0.143	聚集 AD
		1.710	17.521	10.246	0.185	10.956	6.407	0.142	聚集 AD
	麦二叉蚜 <i>S. graminum</i>	复杂景观 Complex landscape	4.250	127.987	30.115	0.146	33.365	7.850	0.159
2.260			34.538	15.282	0.158	16.542	7.320	0.114	聚集 AD
0.690			4.135	5.993	0.138	5.683	8.237	0.021	聚集 AD
中等景观 Middle landscape		2.310	57.206	24.765	0.097	26.075	11.288	0.012	聚集 AD
		0.450	2.472	5.493	0.100	4.943	10.985	0.003	聚集 AD
		0.470	5.343	11.367	0.045	10.837	23.057	0.000	聚集 AD
僵蚜 <i>Aphid parasitoids</i>	简单景观 Simple landscape	5.010	145.162	28.974	0.179	32.984	6.584	0.379	聚集 AD
		3.700	83.202	22.487	0.172	25.187	6.807	0.248	聚集 AD
		2.890	52.867	18.293	0.167	20.183	6.984	0.176	聚集 AD
	复杂景观 Complex landscape	0.460	0.716	1.557	0.827	1.017	2.210	0.293	聚集 AD
		0.310	0.438	1.413	0.751	0.723	2.332	0.188	聚集 AD
		0.080	0.175	2.188	0.067	1.268	15.844	0.000	聚集 AD
中等景观 Middle landscape	0.120	0.127	1.058	2.057	0.178	1.486	0.101	聚集 AD	
	0.080	0.095	1.181	0.441	0.261	3.266	0.032	聚集 AD	
	0.180	0.392	2.175	0.153	1.355	7.528	0.008	聚集 AD	
简单景观 Simple landscape	0.210	0.228	1.087	2.423	0.297	1.413	0.182	聚集 AD	
	0.140	0.202	1.443	0.316	0.583	4.163	0.037	聚集 AD	
		0.150	0.465	3.097	0.072	2.247	14.982	0.000	聚集 AD

注 Note: AD: Aggregation distribution.

长管蚜聚集度降低(0.643、0.143、0.142),麦二叉蚜却呈上升趋势(0.379、0.248、0.176)、聚集度增高。在中等景观下 2 种蚜虫聚集度均最低,不同田块间数值差异也最小。总体来说随景观复杂度降低麦长管蚜聚集变化趋势较大,受环境因素的变化干扰影响明显,麦二叉蚜变化幅度较小,受环境因素影响相对较小。

麦长管蚜在复杂景观下种群数量最高点超过简单农业景观,麦二叉蚜却恰恰相反,在简单景观中的平均密度大于复杂景观虫口密度。说明简单景观中大面积单一作物有利于麦二叉蚜种群发生,聚集度变高。僵蚜各聚集指数分布趋势与麦长管蚜基本一致,并对该数据进行检验分析,僵蚜与麦长管蚜极显

著,与麦二叉蚜不显著,说明在分布型上蚜茧蜂对其麦长管蚜追踪作用明显,对麦二叉蚜追踪作用不明显,也间接说明其具有选择性^[13]。

2)空间分布格局的时间动态。表 3 是麦蚜和僵蚜聚集指数的时间动态。麦长管蚜呈从聚集到均匀再到聚集分布的变化规律。在 5 月迁入期内麦长管蚜一直呈现聚集分布,随麦长管蚜平均密度的增加聚集度指标 λ 值也变大;6 月 8—18 日呈均匀分布, λ 值迅速变小至 0,这与当地 6 月 5 号左右集体喷施农药,造成虫口密度大幅度下降直接关系。到 6 月 23 日 λ 值上升,呈聚集分布。说明麦长管蚜的时空分布动态呈现波动变化。麦二叉蚜与僵蚜 λ 多呈聚集分布,但也呈现波动性变化。

表 3 麦蚜和僵蚜田间聚集度指标的时间动态(调查地:1 号样地)

Table 3 Temporal dynamic of aggregation indices in the fields of wheat aphids and Aphid parasitoids (sample area: No.1)

昆虫 Insect	日期 Date	m	S^2	C	K	m^*	m^*/m	λ	$(m^*+1)/m$	分布型 Distribution types
麦长管蚜 <i>S. avenae</i>	5/20	1.24	9.659	7.790	0.183	8.030	6.475	0.099	7.28	聚集 AD
	5/24	1.72	12.103	7.036	0.285	7.756	4.510	0.385	5.09 ↓	聚集 AD
	5/28	1.97	11.888	6.035	0.391	7.005	3.556	0.696	4.06 ↓	聚集 AD
	6/2	6.35	86.028	13.548	0.506	18.898	2.976	2.920	3.13 ↓	聚集 AD
	6/8	0.02	0.020	0.990	-2.000	0.010	0.500	0.000	50.50 ↑	均匀 ED
	6/12	0.00	0.000	—	—	—	—	—	— ↓	—
	6/18	0.02	0.020	0.990	-2.000	0.010	0.500	0.000	50.50 ↑	随机 RD
	6/23	0.16	1.166	7.288	0.025	6.448	40.301	0.000	46.55 ↓	聚集 AD
麦二叉蚜 <i>S. graminum</i>	5/20	0.01	0.010	1.000	—	—	—	—	—	随机 RD
	5/24	0.00	0.000	—	—	—	—	—	—	—
	5/28	0.86	7.293	8.480	0.115	8.340	9.698	0.011	10.86	聚集 AD
	6/2	0.49	3.889	7.937	0.071	7.427	15.156	0.000	17.20 ↑	聚集 AD
	6/8	0.03	0.090	3.000	0.015	2.030	67.667	0.000	101.0 ↑	聚集 AD
	6/18	0.01	0.010	1.000	—	—	—	—	—	随机 RD
	6/23	0.19	1.206	6.347	0.036	5.537	29.144	0.000	34.41 ↑	聚集 AD
僵蚜 <i>Aphid parasitoids</i>	5/20	0.01	0.010	1.000	—	—	—	—	—	随机 RD
	5/24	0.01	0.010	1.000	—	—	—	—	—	随机 RD
	5/28	0.06	0.118	1.960	0.063	1.020	17.000	0.000	33.67	聚集 AD
	6/2	0.50	2.131	4.263	0.153	3.763	7.525	0.023	9.53 ↓	聚集 AD
	6/8	0.09	0.143	1.592	0.152	0.682	7.580	0.004	18.69 ↑	聚集 AD
	6/12	0.11	0.301	2.735	0.063	1.845	16.777	0.000	25.86 ↑	聚集 AD
	6/18	0.16	0.499	3.121	0.075	2.281	14.258	0.000	20.51 ↓	聚集 AD
6/23	0.06	0.057	0.950	-1.200	0.010	0.167	0.000	16.83 ↓	均匀 ED	

注: ↑ 扩散; ↓ 聚集; — 无 Note: ↑ Spread; ↓ Aggregation; — None. AD: Aggregation distribution; ED: Evenly distribution; RD: Random distribution.

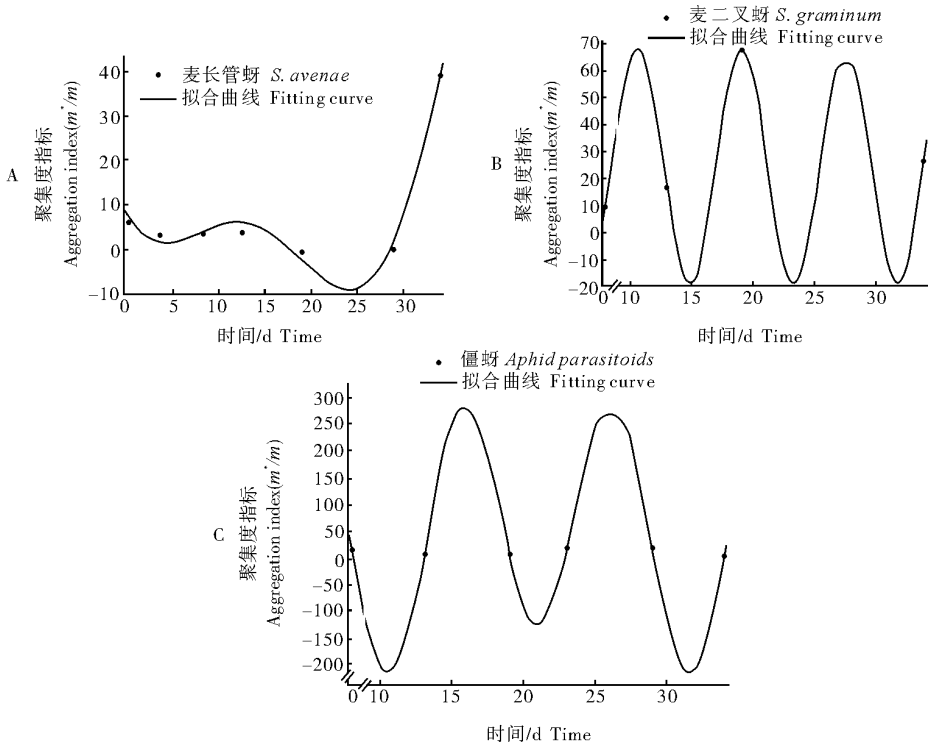
从表 3 看出,随着时间推移,麦长管蚜在 5 月 20 日 $(m^*+1)/m$ 聚集度为 7.28,表现为强聚集性,5 月 14 日—6 月 2 日为减少趋势(5.09 ↓、4.06 ↓、

3.13 ↓)。从 6 月 8 日一直到小麦穗期其表现为升或降的不稳定状态,表明麦长管蚜随时间变化扩散与聚集程度表现出来不规则的周期变化趋势;麦二

蚜从 5 月 28 日 ($m^* + 1)/m$ 聚集度才开始出现为 10.86, 表现强聚集性, 到 6 月 2—8 日为增强趋势 (17.20 ↑、101.0 ↑) 随之锐减, 到 6 月 23 日聚集度 ($m^* + 1)/m$ 又上升 (34.41 ↑), 表明麦二叉蚜随时间变化扩散与聚集程度表现出来较为规则的周期振荡变化趋势; 僵蚜从 5 月 28 日 ($m^* + 1)/m$ 聚集度才开始出现为 33.67, 表现为强聚集性, 到 6 月 2 日急剧下降为 9.53 ↓, 至 6 月 8—12 日则表现为增强趋势 (18.69 ↑、25.86 ↑), 随之到小麦穗期其表现为下降趋势 (20.51 ↓、16.83 ↓), 表明僵蚜随时间变化扩散与聚集程度表现出麦长管蚜与麦二叉蚜两者结合的周期振荡趋势。亦说明随着小麦的生长发育, 蚜

虫(麦长管蚜、麦二叉蚜)及僵蚜种群个体表现出扩散—聚集—再扩散—再聚集的总趋势。

图 1 是对麦长管蚜、麦二叉蚜和僵蚜 (m^*/m) 聚集度指标的时序动态进行的模型拟合。麦长管蚜: $R^2 = 0.9728$, $SSE = 33.05$; 麦二叉蚜: $R^2 = 1.0000$, $SSE = 3.637 \times 10^{-6}$; 僵蚜: $R^2 = 0.8827$, $SSE = 25.79$ 。反映出麦长管蚜与麦二叉蚜在时间序列上并不同步, 周期性变化不尽相同。由于麦二叉蚜受环境变化影响较小, 种群相对稳定, 显示周期性; 麦长管蚜动态变化不是单一周期, 而由 2 个叠加的周期组成, 可能受环境变化影响种群动态呈不稳定状态; 僵蚜的聚集与扩散随时间动态变化趋势趋



A. 麦长管蚜的数据拟合 Data fitting of *Sitobion avenae* Fabricius; B. 麦二叉蚜的数据拟合 Data fitting of *Schizaphis graminum* Rondani; C. 僵蚜的数据拟合 Data fitting of the *Aphid parasitoids*.

图 1 麦蚜和僵蚜聚集与扩散的时间动态

Fig.1 Temporal dynamic of aggregation and spread of wheat aphids and *Aphid parasitoids*

于两者之间。

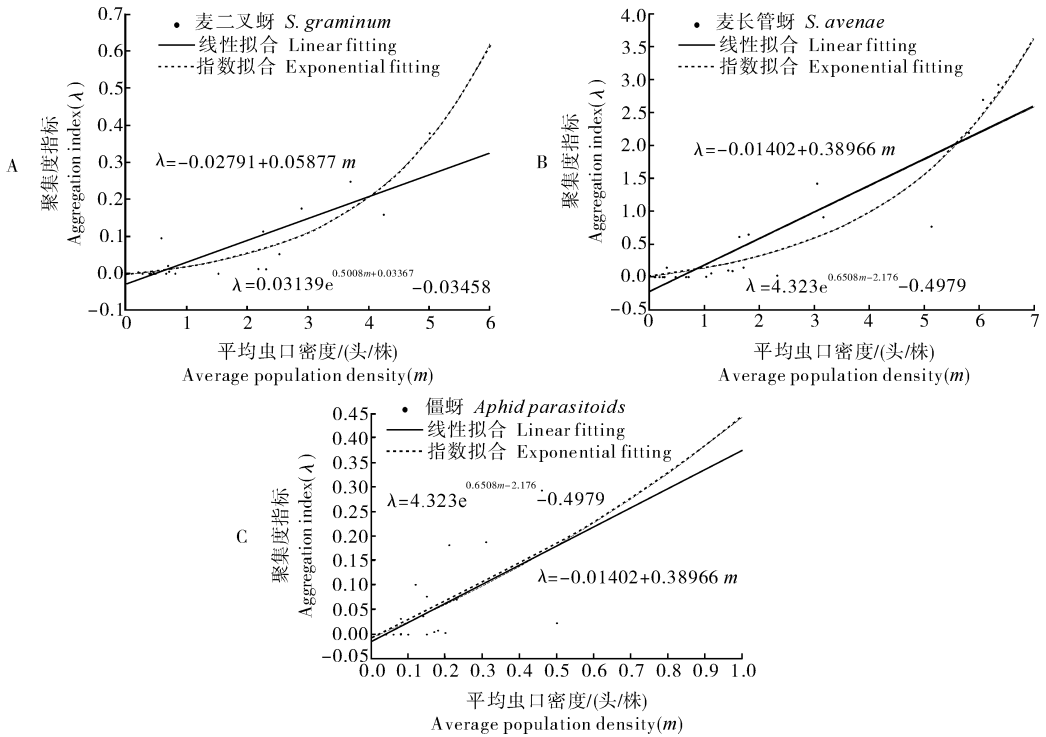
2.3 聚集与扩散动态影响因子分析

运用 Blackith 的种群聚集均数 (λ) 参数检验法检验其聚集原因。由表 2 可得麦长管蚜有 2 块田聚集均数 λ 大于 2, 说明聚集原因由该虫本身生物学特性与环境因素共同作用引起; 而剩余的田块聚集均数 λ 均小于 2, 说明其聚集原因多半是环境因素引起。麦二叉蚜与僵蚜聚集均数 λ 均小于 2, 其聚集原因多半是环境因素引起。

运用最小二乘法对总体平均数 (m) 与聚集均数 (λ) 进行线性拟合和指数拟合, 并进行相关分析: 麦长管蚜线性拟合 $R = 0.9134^{**}$, 指数拟合 $R = 0.9402^{**}$ 。当 $\lambda = 2$ 时, 代入两关系式得出麦长管蚜线性拟合值平均虫口密度在 5.55 (指数拟合值 5.57) 头/株以下时, 聚集是由某种环境因素所引起的; 当麦长管蚜线性拟合平均虫口密度在 5.54 (指数拟合值 5.57) 头/株以上时, 其聚集原因是由麦长管蚜自身生物学特性与环境因子互作。麦二叉蚜线性

拟合 $R = 0.8594^{**}$, 指数拟合 $R = 0.9150^{**}$ 。取 $\lambda < 2$ 临界值可得麦二叉蚜平均虫口密度在 34.51 头/株(指数拟合值 8.26 头/株)以下时, 聚集是由某

种环境因素所引起的。僵蚜线性拟合 $R = 0.6158^*$, 指数拟合 $R = 0.6065^{**}$ 。当 $\lambda < 2$ 时, 僵蚜平均虫口密度 5.17(指数拟合值 2.50)头/株以下



A.麦二叉蚜 $m-\lambda$ 拟合示意图 Data fitting of $m-\lambda$ *Schizaphis graminum* Rondani; B.麦长管蚜 $m-\lambda$ 拟合示意图 Data fitting of $m-\lambda$ *Sitobion avenae* Fabricius; C.僵蚜 $m-\lambda$ 拟合示意图 Data fitting of $m-\lambda$ the *Aphid parasitoids*.

图 2 麦蚜和僵蚜聚集指数 (λ) 与平均虫口密度 (m) 的关系动态

Fig.2 Relationship dynamic of aggregation index and mean density of wheat aphids and *Aphid parasitoids*

时, 聚集是由某种环境因素所引起的。

2.4 蚜茧蜂对麦蚜的追踪作用

对麦长管蚜和麦二叉蚜与蚜茧蜂灰色关联度进行分析, 麦长管蚜与蚜茧蜂的关联度排列为: $G_{(Y1, X3)} (0.7612) > G_{(Y1, X1)} (0.7602) > G_{(Y1, X2)} (0.6950) > G_{(Y1, X5)} (0.5710) > G_{(Y1, X4)} (0.5522) > G_{(Y1, X6)} (0.5419)$, 即四川蚜茧蜂 > 燕麦蚜茧蜂 > 烟蚜茧蜂 > 缢管蚜外茧蜂 > 翼蚜外茧蜂 > 蚜小蜂。与麦二叉蚜的关联度排列顺序是: $G_{(Y2, X1)} (0.7044) > G_{(Y2, X3)} (0.7035) > G_{(Y2, X2)} (0.6709) > G_{(Y2, X4)} (0.5859) > G_{(Y2, X6)} (0.5524) > G_{(Y2, X5)} (0.5519)$, 即燕麦蚜茧蜂 > 四川蚜茧蜂 > 烟蚜茧蜂 > 翼蚜外茧蜂 > 蚜小蜂 > 缢管蚜外茧蜂。得出该地麦蚜种群跟踪作用强劲前三位为燕麦蚜茧蜂、烟蚜茧蜂及四川蚜茧蜂三物种。

分析麦蚜与蚜茧蜂各类种群的数量相关性检验情况可得出: 蚜茧蜂种类对各蚜虫种群的影响是显著的 ($P < 0.05$), 且基本呈正相关性, 即对麦蚜种群

具有一定的抑制作用。而跟踪作用较强的前三位蚜茧蜂种类对混合总群和麦长管蚜种群影响均呈现极显著相关 ($P < 0.0001$), 且 R 在 $0.6432 \sim 0.7612$ 之间; 而对麦二叉蚜均显示显著 ($P < 0.05$), R 在 $0.4205 \sim 0.5476$ 之间, 表明整体上蚜茧蜂对麦长管蚜追踪作用强于麦二叉蚜, 也间接说明蚜茧蜂寄生具有选择性^[13]。

3 讨论

调查得出, 中宁县麦蚜初寄生蜂包括蚜茧蜂 10 种和蚜小蜂 1 种, 优势种类有燕麦蚜茧蜂 (*Aphidius avenae*)、烟蚜茧蜂 (*A. gifuensis*)、四川蚜茧蜂 (*A. sichuanensis*) 等。

中宁县麦蚜及僵蚜空间分布格局主要呈聚集型分布。不同农业景观下麦长管蚜聚集程度受田块景观复杂程度影响显著, 随农田斑块景观复杂度的提升, 聚集度有增加趋势。僵蚜与麦长管蚜空间分布的相关性十分显著, 与麦二叉蚜关系不显著。其原

因可能是麦长管蚜为麦蚜优势种,种群数量大、发生期长,特别到小麦穗期多以麦长管蚜为主,蚜茧蜂高峰期主要在中后期发生,与麦长管蚜发生期吻合。

麦田田间空间格局变化都表现为扩散—再聚集—再扩散—再聚集的趋势过程,这和前人的研究结论一致^[14]。但反映在麦长管蚜与麦二叉蚜空间分布变化在时间序列上并不同步,周期性变化不尽相同。麦长管蚜动态是由 2 个叠加的周期组成,麦二叉蚜则呈单一周期现象,僵蚜的聚集与扩散随时间动态变化趋势介于两者之间。这种动态差异可能是蚜虫自身生物学特性及景观环境的不同所造成。在当地麦二叉蚜发生期晚,其分布集中于小麦植株中下部,所受环境变化影响相对较小。麦长管蚜发生期早,在小麦整株分布,其分布受环境变化影响较大^[15]。在宁夏,麦蚜无法越冬,春季早期蚜虫主要靠外地迁飞而来,不同景观下蚜虫数量相对较少,蚜虫的聚集度变化差异不显著。在同一时序的相同景观条件下,不同田块聚集度指数和聚集度的差异,是由于植株间长势差异造成,较好营养条件的植株上易引起蚜虫聚集^[16]。

2 种蚜虫种群聚集均数 λ 均小于 2,说明小麦田在管理水平相同的情况下,虫口聚集原因是由某种环境因素所致,表明环境因素的影响力超过昆虫本身的习性。而复杂景观的 2 块麦田,对应其麦长管蚜的聚集均数 $\lambda > 2$,说明本身的昆虫习性远大于环境因素的影响力。原因也可能是景观生境高度破碎化干扰了天敌对猎物或寄主的寻找效应而导致麦蚜较高种群增长速度促使昆虫本身的聚集性影响超过环境因素^[17-18]。试验得出,当 $\lambda < 2$,麦长管蚜平均密度在 5.57 头/株以下时,聚集是由某种环境因素所引起的,反之,其聚集因素是由周边环境因素与麦长管蚜自身的生物学特性共同作用引起的;同理,麦二叉蚜平均密度在 8.26 头/株以下时,聚集是由某种环境因素所引起的,反之,其聚集是由麦二叉蚜本身生物学特性与环境因素互作引起的;僵蚜平均密度在 2.50 头/株以下时,聚集是由某种环境因素所引起的,反之,其聚集则是由麦长管蚜本身生物学特性与环境因素互作的影响。

燕麦蚜茧蜂、烟蚜茧蜂、四川蚜茧蜂对麦蚜种群

分布具有十分显著的跟随作用,对麦长管蚜种群数量均呈极显著正相关,对麦二叉蚜种群数量呈显著正相关性,表明蚜茧蜂寄生具有一定的选择性^[13]。

参 考 文 献

- [1] 董庆周,张广学.宁夏地区麦二叉蚜远距离迁飞的研究[J].昆虫学报,1995,38(4):414-420.
- [2] 张新瑞,郭满库,朱福成,等.麦长管蚜和二叉蚜空间分布型及抽样技术[J].甘肃农业科技,1991(5):35-36.
- [3] 何连生,倪汉祥,李光博,等.麦蚜聚集与扩散行为的初步研究[J].生态学杂志,1992,11(2):8-13.
- [4] 赵惠燕,汪世则,董应才.麦蚜自然种群的空间动态[J].生态学杂志,1990,9(4):16-19.
- [5] 李丹,赵惠燕,胡想顺.蚜虫种群时空动态模型[J].生态学报,2010,30(18):4986-4992.
- [6] 罗瑞梧,杨崇良,尚佑芬,等.燕麦蚜茧蜂种群动态及其控蚜效能研究[J].植物保护学报,1994,21(2):163-168.
- [7] 任月萍,贺达汉.春小麦蚜虫空间分布型及抽样技术研究[J].安徽农业科学,2010,38(23):12530-12531,12544.
- [8] 赵映书,赵紫华,董凤林,等.银川平原麦蚜寄生蜂群落结构及其时间动态[J].植物保护,2011,37(1):55-58.
- [9] 李宁,刚存武,邱丹.西宁地区小麦蚜虫与蚜茧蜂的种群数量消长初步研究[J].青海师范大学学报(自然科学版),2004(2):65-67.
- [10] 邹运鼎,毕守东,王祥胜,等.麦长管蚜及蚜茧蜂空间格局的地理统计学研究[J].应用生态学报,2001,12(6):857-591.
- [11] IWAO S. A new regression method for analyzing the aggregation pattern of animal populations[J]. Researches on population ecology, 1968(10):1-20.
- [12] 邓聚龙.灰色系统理论教程[M].武汉:华中理工大学出版社,1990:10-15.
- [13] 赵紫华,关晓庆,贺达汉.农业景观结构对麦蚜寄生蜂群落组成的影响[J].应用昆虫学报,2012,49:220-228.
- [14] WINDER L, PERRY J N, HOLLAND J M. The spatial and temporal distribution of the grain aphid *Sitobion avenae* in winter wheat [J]. Entomologic experimentalis et applicata, 1999,93(3):277-290.
- [15] 庞保平,赵建兴,周晓榕,等.麦长管蚜种群空间格局及其应用[J].内蒙古农牧学院学报,1999,20(2):83-86.
- [16] 张德昌,张光林,李长友,等.小麦蚜虫种群动态随时间序列变化的趋势分析[J].昆虫知识,1995(4):204-206.
- [17] 贺达汉.农业景观与害虫种群控制[J].植物保护,2009,35(3):12-15.
- [18] 赵紫华,石云,贺达汉,等.不同农业景观结构对麦蚜种群动态的影响[J].生态学报,2010,30(23):6380-6388.

Spatial distribution pattern of cereal aphids and the dynamic tracing of aphid parasite in Zhongning County, Ningxia, China

HU Yijun¹ ZHAO Yingshu² CHEN Long¹ HONG Bo¹ GUAN Xiaoqing¹ HE Dahan^{1,3}

1. Agricultural School, Ningxia University, Yinchuan 750021, China;

2. The Center of Promotion of Forestry Technology in Zhongning County of Ningxia, Zhongning 751500, China;

3. State Key Laboratory of Land Degradation and Ecological Restoration in North-western China, Ningxia University, Yinchuan 750021, China

Abstract We studied the spatial distribution pattern of cereal aphids along with the dynamic tracking of aphid parasite, in Zhongning County, which would provide scientific basis for comprehending the occurrence regularity and prevention of the aphids in arid area of northwest district. Employing the checkerboard-type investigation in 5 places, we analyzed and simulated the distribution and temporal dynamics of aphids and its parasite with aggregation indices and gray relational degree in different landscape structures. There were 10 kinds of *Aphidiidae* and 1 kind of *Aphelinidae* in the local field. The population of cereal aphids (*Sitobion avenae*, *Schizaphis graminum*) and the parasites mainly showed aggregation distribution, fitting the negative binomial distribution. The aggregation distribution indices increased along with the increasing of the density itself. The aggregate of *S. avenae* other than *S. graminum* was affected remarkably by the complexity of field. The spatial patterns of the aphids changed periodically from diffusion to assembly. The distribution of the parasite was related to the aphids densities, and the tracking effect to *S. avenae* was stronger than to *S. graminum*. When tested by Blackith's method, the aggregation was induced by environmental factors, such as climate, growth period and so on, and if the density of *S. avenae* and *S. graminum* was more than 5.57 and 8.26, per plant respectively, the aggregation depended on the interaction between the creature themselves and the environment. *Aphidius avenae*, *A. gifuensis* and *A. sichuanensis* had significant trace relationships with the aphid populations.

Keywords cereal aphids; aphid parasit; spatial distribution pattern; temporal dynamics; tracking down

(责任编辑:边书京)