苹果蠹蛾成虫在苹果园中的动态分布*

徐 婧[1] 杜 磊[1,2] 秦天军[3] 张建超[4] 张润志[1,5**]

(1. 中国科学院动物研究所 动物进化与系统学重点实验室 北京 100101; 2. 中国科学院研究生院 北京 100049;3. 高台县农技中心 甘肃 734300;4. 张掖市植保植检站 甘肃 734000;5. 农业虫害鼠害综合治理技术国家重点实验室 北京 100101)

摘 要 为了解苹果蠹蛾 *Cydia pomonella*(L.)在田间的空间分布格局及其季节变化,从而为基于不同果园特点的诱捕器监测及有害生物综合治理提供基础信息,2005 及 2010 年,本研究选择甘肃高台县和张掖甘州区的两处果园,应用地统计方法对其中的成虫空间分布及其季节性变化进行了研究。其结果显示:在采取常规防治的果园中,苹果蠹蛾发生热点集中在果园的边缘,且随着成虫数量季节性的消长,这种边界效应变的更加突出;而在采取了迷向防治措施的果园当中,诱捕器捕获量的空间相关性与信息素浓度和虫口数量有密切的关系。根据以上研究结果,在今后的监测工作中,尤其是在较大的果园中进行诱捕器布局的时候,应将果园的边缘地区作为重点监测区域。

关键词 苹果蠹蛾,成虫,空间分布,边界效应,监测

Dynamic distribution of *Cydia pomonella* adults in apple orchards

XU Jing[1] DU Lei[1,2] QIN Tian-Jun[3] ZHANG Jian-Chao[4] ZHANG Run-Zhi[1,5**]

(1. CAS Key Laboratory of Zoological Systematics and Evolution, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Gaotai Agricultural Technology Service Center, Gaotai 734300, China; 4. Zhangye Plant Protection and Quarantine Station, Zhangye 734000, China; 5. State Key Laboratory of Integrated Management of Pest Insects and Rodents, Beijing 100101, China)

Abstract In order to better understand the spatial and temporal distribution patterns of codling moths, and to provide base-line information for trap monitoring and integrated pest management, we applied a geostatistical approach to studying the spacio-temporal distribution of adult moths in two orchards; one in Gaotai county and the other in Ganzhou district of Zhangye city, Gansu Province, in 2010—2011. The results indicate that hotspots are concentrated on the edges of orchards with regular control methods. In such orchards edge-effects are much more prominent, fluctuating with the growth and decline of the adult populations. In orchards in which mating is disrupted the spatial relativities of the trap catches are closely correlated with the pheromone concentration and the adult population size. Based on the above results, the edges of the orchards should be regarded as key areas in future monitoring work, especially when arranging traps in large orchards.

Key words *Cydia pomonella*, adults, spatial distribution, edge effects, monitoring

苹果蠹蛾 *Cydia pomonella* (L.)是世界性的果树害虫,是我国的重要检疫危险性有害生物。我国于 19 世纪 50 年代首次在新疆发现苹果蠹蛾(张学祖, 1957);80 年末该虫传入甘肃省河西走廊,随后加速向东扩散。至 2010 年,苹果蠹蛾疫情已扩散至新疆、甘肃、宁夏、内蒙古、黑龙江、吉林 6 省区,对我国的苹果、梨等水果生产安全造成了极大威胁。

以诱捕器捕获量反映的苹果蠹蛾时空动态可用来进行苹果蠹蛾生活史及发生世代数、越冬生物学(Higbee, 2001)、扩散特征、生物气候模型的开发验证(Rield *et al.*, 1976; Knight, 2007)等多方向的研究,从而为有效控制该虫提供基础信息。自 2000 年以后,我国研究者对苹果蠹蛾成虫的季

* 资助项目:公益性行业(农业)科研专项(200903042)、973 计划课题(2009CB119204)。

**通讯作者,E-mail: zhangrz@ioz.ac.cn

收稿日期:2011-12-13,接受日期:2011-12-23

节动态进行了广泛的调查和研究(林伟丽等, 2007; 许永峰, 2008; 周昭旭等, 2008; 石磊等, 2009; 翟小伟等, 2010),结果显示苹果蠹蛾在我国的发生世代数在 2 代与 3 代之间。但对苹果蠹蛾成虫空间分布特征及其随季节变化的研究相对薄弱。林伟丽等(2007)用计算空间分布指标的方法对苹果蠹蛾的空间分布型进行了研究,结果发现苹果蠹蛾成虫在田间的空间分布型受密度的影响较大,当平均密度小于 3 时,成虫呈聚集分布,且聚集强度随种群密度的升高而增加;当平均密度大于 3 时,成虫相互排斥,呈均匀分布。

在现代精耕农业当中,了解有害生物在田间的空间分布格局及其季节变化,对掌握有害生物在田间的活动区域、合理的设置监测诱捕器、确定重点防治区域、划定新发区域的检疫处理范围等工作都有非常重要的价值。长期以来,对农业有害生物空间格局动态研究的应用一直受限与对多维空间数据处理的困难性和复杂性,因此发展缓慢,直到 20 世纪五六十年代地统计学的产生。结合计算机技术的发展,地统计学已经被证明是分析昆虫种群空间分布特征和变迁规律的最为有效工具之一(向昌盛和袁哲明, 2009)。

地统计学是以区域化变量理论为基础,以变异函数为主要工具,研究在空间分布上既有随机性又有结构性,或存在空间相关和依赖性的自然现象的科学。通过对区域化变量和变异函数的研究,可以定量的描述和解释空间异质性和空间自相关的方法,建立各种有关的空间预测模型并进行空间数据的插值和估计(王政权, 1999)。在我国,已有研究人员将地统计分析的方法引入到对二化螟(袁哲明等, 2004)、烟粉虱(马宁远等, 2008)以及东亚飞蝗(季荣等, 2007)空间分布格局或时空动态的研究,但是目前尚没有人对苹果蠹蛾在果园中的季节空间分布情况及其动态变化进行过研究。在国外,地统计学已经广泛的应用于农业有害生物空间分布及空间生态学的多方面的研究。在对卷蛾科蛀果类害虫的研究方面,对成虫空间分布的研究数据主要为诱捕器的捕获结果。Trematerra 等(2004)运用了地统计方法对 2 种异质性农业生态系统中苹果蠹蛾诱捕器的捕获数据进行了分析,运用插值获得的预测图来分析异质性农业生境当中的苹果蠹蛾分布热点地区。Sciarretta 和 Trematerra(2006)也利用地统计的方法对梨小食心虫 *Grapholia molesta* 和桃条麦蛾 *Anarsia lineatella* 在由各种果园组成的异质性农业景观中的空间分布进行了研究,结果发现这 2 种害虫在研究区域的空间分布不同,分布格局主要由寄主植物的位置所决定,另外,研究发现雄虫有向外扩散的趋势。Basoalto 等(2010)通过对智利中部地区异质性果树种植区内的苹果蠹蛾的诱捕结果进行地统计分析并结合荧光标记重捕的方法进行研究,结果发现苹果蠹蛾诱捕器捕获结果在 100 ~ 300 m 的范围内具有空间相关性,商业果园中释放点至诱捕器的平均距离与之相符,但是释放自未管理果园的苹果蠹蛾可到达远在 828 m 外的商业果园,表明果园外围无人管理的果园会对大面积综合防治项目产生严重威胁。

2005 年及 2010 年,本研究分别在甘肃高台县和张掖甘州区选择 2 个具有较大面积的果园,布置性信息素诱捕器对果园中的成虫发生情况进行实地监测;依据诱捕器诱捕结果,应用地统计方法对这 2 个果园的成虫空间分布及其季节性变化进行分析,以期为基于不同果园特点的诱捕器监测及有害生物综合治理的实施提供参考。

1　材料与方法

1.1　研究地点

2005 年,甘肃省高台县监测果园(下文简称为高台果园)面积约 6.67 hm^2,主栽果树为黄元帅苹果,采取传统的化学防治措施。整个果园分为东西两片,其中西片果树种植密集,东片果树种植稀疏,两片种植区由一条宽度 10 m 左右的道路隔开。2010 年,甘肃省张掖市甘州区监测果园(下文简称为甘州果园)面积为 2.67 hm^2,主栽果树为黄元帅和国光苹果。整个果园分为南北两片,其中南片果园面积较大,并在 5 月初和 7 月上旬分 2 次进行了苹果蠹蛾性信息素迷向制剂处理,自南向北分别使用高剂量的性信息素迷向制剂和低剂量的迷向制剂;而北部果园面积较小,其北侧作为迷向处理的对照区未进行任何处理,其南侧作为对照区和迷向区中间的缓冲区域,同样也使用了性信息素迷向制剂。两片果园之间有一条宽度在 20 m 左右的空地。此外,与高台果园不同,甘州果园外侧还分布有其他采取常规化学防治的果园了;且在果园东侧零星分布一些无人管理的果树。

1.2 研究方法

在上述 2 个果园当中布设苹果蠹蛾性信息素诱捕器进行苹果蠹蛾监测。诱剂为美国 BRI (Bedoukian Research Inc.)公司合成的苹果蠹蛾信息素(反,反 - 8,10 - 十二碳二烯 - 1 - 醇),纯度约为 97%;诱芯为反口小橡皮塞,形状中空,每个重约 0.3 ~ 0.5 g,由中国科学院动物研究所研制生产(专利号:CN201217257);每个诱芯中性信息素的含量为 1 mg,采用微量注射器滴定法制备。诱捕器为白色三角粘胶式诱捕器(中捷四方生物科技有限公司生产),由钙塑瓦楞板制成,其横向截面为边长 18 cm 的等边三角型,其纵向长度为 25 cm,底部放置粘虫胶板(长 25 cm × 宽 18 cm)。其中高台县果园布设的诱捕器总数为 30 个,甘州区果园布设的诱捕器总数为 40 个。2 个果园的诱捕器安放时间为 6 月下旬和 5 月上旬,之后每周 1 次对诱捕器进行检查,记录捕获到的苹果蠹蛾数量。每 2 周 1 次更换诱捕器的粘虫板,每月 1 次更换苹果蠹蛾性信息素诱芯。

1.3 数据分析

根据实地测量以及 Googleearth 对果园中每个诱捕器位置的测量结果,绘制诱捕器在果园当中的布局图,用半变异方差函数作为研究空间分布特征的研究方法,利用地统计软件 GS + Version 7.0(Gamma Design Software, Plainwell, MI, USA)对 2 个果园中苹果蠹蛾成虫分布进行空间分析,以全方向的变差函数图为分析对象,对线性函数、球形函数、指数函数以及高斯函数 4 个模型进行测定,选择最优的模型进行拟合,根据模型的参数:变程(a)、空间变异系数($C/C + C_0$)、以及基底效应($C_0/C + C_0$)分别描述苹果蠹蛾的空间相关范围、空间相关的强弱(聚集程度)以及样本间的变异特征(随机程度)(其中 C 为半变异函数的偏基台值,C_0 为块金系数)。在确定方差图分析的模型之后,根据模型的参数在 GIS 软件 Arcgis 9.3 (ESRI, Redlands, CA, USA)的地统计分析模块中用普通克里格(ordinary kriging)法对诱捕器的捕获量进行插值,获得的等高线图代表具诱捕到相同虫口量范围预测值。对不同月份的等高线图进行比较,分析虫口量随在不同月份发生的空间变化。

2 结果与分析

将这 2 个果园的捕获数量按月进行累加,并计算最终每个诱捕器的累积诱捕量,借助 GS + Version 9.0 作出各个时间段的距离半方差图并选择不同的模型函数进行拟合,拟合的结果见表 1。

根据地统计分析的结果,多数情况下空间变异系数 $C/(C + C_0) > 0.8$,表明苹果蠹蛾雄虫在果园中的分布存在一定程度的空间自相关性。但是变异函数图显示,异质性的程度在不同的果园和季节间存在较大差异(图 1:A ~ D;图 2:A ~ F)。从模型的拟合程度来看,2005 年 8 月份和 2010 年 6 月份变异函数的拟合程度最高,均为球形模型。而这 2 个月分别为 2 个实验果园累积捕获成虫量较多的月份,对于其他月份来说,拟合程度不高。由上述 2 个月份的模型参数可知,由空间自相关引起的空间变异程度分别占总空间异质性的 82.0% 和 98.4%,而由随机因素引起的差异则占总空间异质性的 18.0% 和 1.6%。此外由于拟合程度不同的影响,变程 a 的范围在 82 ~ 1 232 m,这主要是由甘州区果园监测结果空间变差的规律性较差造成的。而对于所有决定系数 $R^2 > 0.7$ 的变异函数,变程范围在 152 ~ 171 m。当距离大于这个数值后,则不再具有空间自相关性。

根据空间变异函数的理论模型,通过普通克里格法插值,绘制研究区域苹果蠹蛾的空间格局,并对分布格局以及其季节性动态进行分析,插值结果见图 3(A ~ D)以及图 4(A ~ F)。

2.1 高台果园中苹果蠹蛾成虫空间分布动态

由于高台果园从 6 月底开始进行监测,因此实际对成虫的捕获开始于 7 月份,其结果反映的是越冬代之后各个成虫的发生情况,在 7 月份,由于时值第 1 世代苹果蠹蛾的成虫羽化期,苹果蠹蛾在果园中的分布相对较为广泛,在果园南面的边界有 2 个集中发生的热点,在北面边界有一个集中发生的热点,西部边界有 2 个热点(图 3:A ~ D)。西片果树种植区的苹果蠹蛾发生较为密集,但主要位于果园的边界附近,东片果园的发生较轻(图 3:A ~ D)。

在 8 月份,第 1 世代的成虫逐渐减少,8 月下旬时第 2 世代的成虫上升,此时的果园中成虫的分布的异质性增强,果园的周边仍然是成虫发生

表 1　苹果蠹蛾成虫捕获量变异函数的拟合模型及参数

Table 1　Asymptotic models and parameters obtained by fitting the semivariograms of the pheromone trap catches of 120 adult male codling moth

时间 Date		模型种类 Type	块金常数 C_0 Nugget constant	基台值 $C+C_0$ Sill	变程 a Change process	空间变异 $C/C+C_0$ Spatial variation	基底效应 $C_0/C+C_0$ Base effect	R^2
2005	7 月	指数 Exponential	1.380	10.820	108.000	0.872	0.128	0.315
	8 月	球形 Spherical	3.080	17.090	171.400	0.820	0.180	0.796
	9 月	球形 Spherical	0.152	1.505	82.000	0.899	0.101	0.314
	合计	球形 Spherical	15.200	53.270	152.400	0.715	0.285	0.813
2010	5 月	指数 Exponential	37.400	241.200	1232.700	0.845	0.155	0.148
	6 月	球形 Spherical	0.800	50.340	160.700	0.984	0.016	0.767
	7 月	指数 Exponential	8.400	57.800	1122.300	0.855	0.145	0.350
	8 月	指数 Exponential	3.000	37.000	1043.400	0.919	0.081	0.299
	9 月	指数 Exponential	0.786	3.582	1135.500	0.781	0.219	0.251
	合计	指数 Exponential	136.000	982.900	841.800	0.862	0.138	0.390

的热点区域,南北边界的热点位置没有发生改变,但是果园中部的成虫数量逐渐消退。边界发生区的范围可以向果园内部延伸 100 m 左右。另外,在果园东部果树稀疏种植区的苹果蠹蛾成虫数量大幅减少,分隔东西果园的道路两侧的成虫发生更加明显(图 3:B)。

9 月份出现的主要为第 2 世代的成虫,因此数量相对较少,此时成虫空间分布格局发生变化,之前的主要发生热点苹果蠹蛾数量下降,成虫在果园中呈点状发生,几个热点仍位于边界附近,发生数量最多的位置位于分隔东西果园的道路附近,很有可能为南部边界的成虫向北迁移的结果(图 3:C)。

总体看来,苹果蠹蛾在高台果园中的分布呈现西重东轻的格局,其分布结构与果树的稀疏程度具有一定关系,在果树种植均匀齐整的地区,成虫的分布具有明显的"边界效应",果园四周成为捕获苹果蠹蛾成虫比例最高的地区;而在果树种植稀疏的地区,边界效应并不明显,从分布预测图上看,这些区域苹果蠹蛾分布更有可能是由西部果园的成虫迁移而致(图 3:D)。

2.2　甘州果园中苹果蠹蛾成虫空间分布动态

甘州果园由于之前的虫口基数较大,因此通过插值预测图可以看出,在 2010 年 5 月,尽管采取了性信息素迷向防治措施,但是在实验果园中仍然捕获了大量的苹果蠹蛾成虫,其中对照区域捕获数量最高,随着向迷向区域内部的延伸,捕获数量逐渐减少,至果园南部迷向区域处已经没有捕获的成虫,苹果蠹蛾雄虫在此区域内已经完全被迷向制剂所干扰(图 4:A)。

至 6 月份,随着迷向制剂效果的减弱,成虫捕获数量上升,失去迷向作用干扰的雄虫空间分布异质性增强,在迷向区域中部出现了发生热点地区,个别发生区已经深入果园的南部迷向区,随着在 7 月份第 2 次迷向制剂,南部果园成虫捕获量再次消退,但是在果园中部以及北部的对照区内

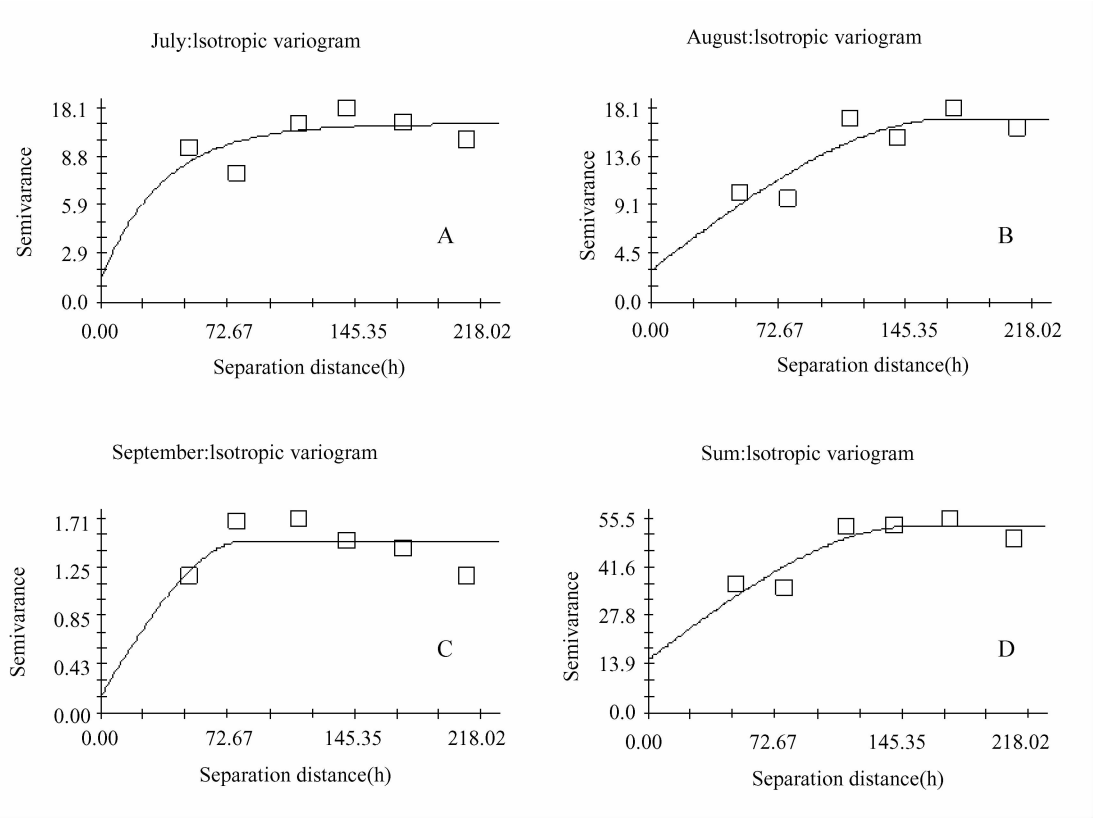

图 1 果园苹果蠹蛾成虫空间变异函数图(甘肃高台,2005)

Fig. 1 Asymptotic models obtained from semivariograms of the pheromone trap caches of codling moth (Gaotai, 2005)

仍维持了较高的捕获数量,说明靠近果园中部的迷向区以及缓冲区的性信息素迷向制剂并没有取得相应的效果。在 8 月份,随着成虫数量的消退,捕获量的分布格局没有发生太大变化,但程度有所减轻,至 9 月份,整个果园中已经没有明显的热点区域存在,但是有外源成虫迁入果园的可能(图 4:B ~ E)。

由于采用了信息素迷向处理,因此 2010 的捕获结果并不是苹果蠹蛾成虫在果园的实际空间分布格局,相反的,它反映的是性信息素迷向剂对苹果蠹蛾产生迷向效果的空间结构。由插值的结果可知,在整个迷向果园中,苹果蠹蛾成虫的捕获量随着在迷向区的深入而逐渐减少,由于果园形状细长,在一定程度上增强了迷向处理区的边界效应,从而降低了迷向处理区的信息素浓度,在这种情况下,在迷向处理区北部靠近对照区的诱捕器也捕获了一定数量的苹果蠹蛾雄虫,但是在高剂量信息素迷向区,随着信息素浓度的逐渐升高,成虫的捕获量则非常低。因此,从整个生长季成虫捕获量的插值结果来看,该预测图自北到南展示出从无防治措施区到低剂量迷向防治区再到高剂量迷向防治区的迷向效果以及其各自的影响范围(图 4:F)。

3 讨论

在本研究中,1 部/667 m^2 的布设密度使诱捕器之间的距离大多维持在 50 m 左右,由于果树分布的因素,甘州果园中部分诱捕器之间的距离在 30 m 左右,这使得诱捕器之间不可避免的会发生相互干扰的作用。诱捕器的捕获效率会受到一定影响(薛光华等, 1995),但是考虑到诱捕器分布比较均匀,不同诱捕器之间受到的干扰大致相等,所以此处将诱捕器之间相互作用所造成的影响忽略。而且,诱捕器之间的距离小于苹果蠹蛾的扩散距离,也避免了 Brenner 等(1998)提到的由诱捕器吸引而造成的假“热点”的出现。因此,在本项调查当中,对苹果蠹蛾的发生“热点”的预测是相对准确的。

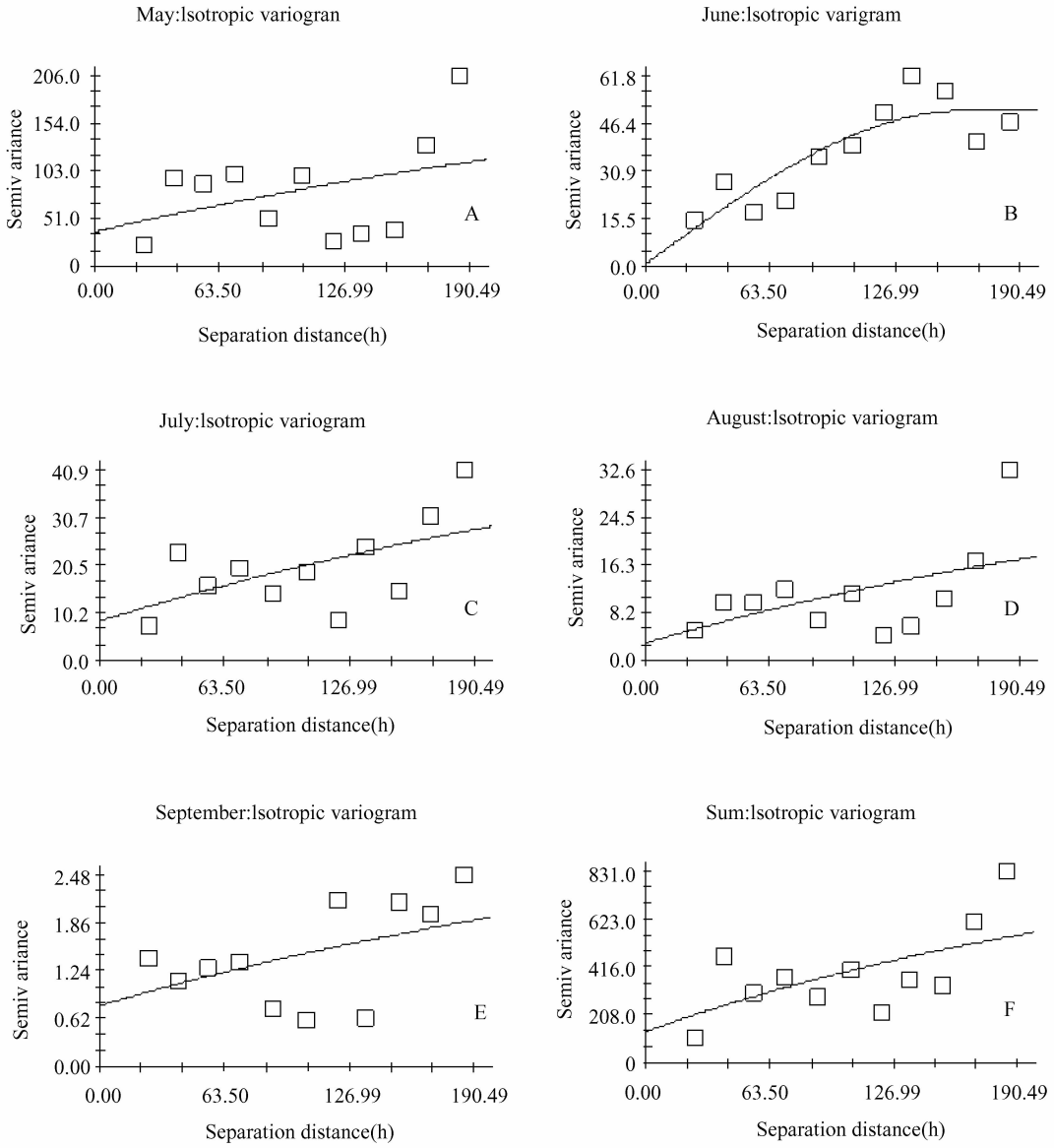

图 2　果园苹果蠹蛾成虫空间变异函数图(甘肃甘州,2010)

Fig. 2　Asymptotic models obtained from semivariograms of the pheromone trap caches of codling moth (Ganzhou, 2010)

在甘州果园中,迷向制剂的使用不但干扰了诱捕器的捕获结果,也干扰了成虫正常的分布和飞行行为,半方差的残差变大,模型的决定系数变低。因此此处对诱捕量进行插值,只是对迷向条件下诱捕器诱捕效果的估计,并不反映这种环境下的成虫空间分布特征。

通过地统计分析的结果可知,在采取常规防治的果园中,苹果蠹蛾发生热点集中在果园的边缘,果园中部地区仅在虫口量较大的时候才有成虫的分布,多为外围苹果蠹蛾向内迁移的结果,随着成虫数量季节性的消长,这种边界效应变的更加突出。而且即使是在果树种植区内部的道路两侧,捕获苹果蠹蛾的概率也要高于果园的内部地区。因此,在监测工作中,尤其是在较大的果园中进行诱捕器布局的时候,应将果园的边缘地区作为重点监测区域。

在采取了迷向防治措施的果园当中,诱捕器捕获量的空间相关性与信息素浓度和虫口数量有密切的关系,只有在环境中信息素浓度降低且成虫发生数量较大的时候,诱捕器的捕获结果才会

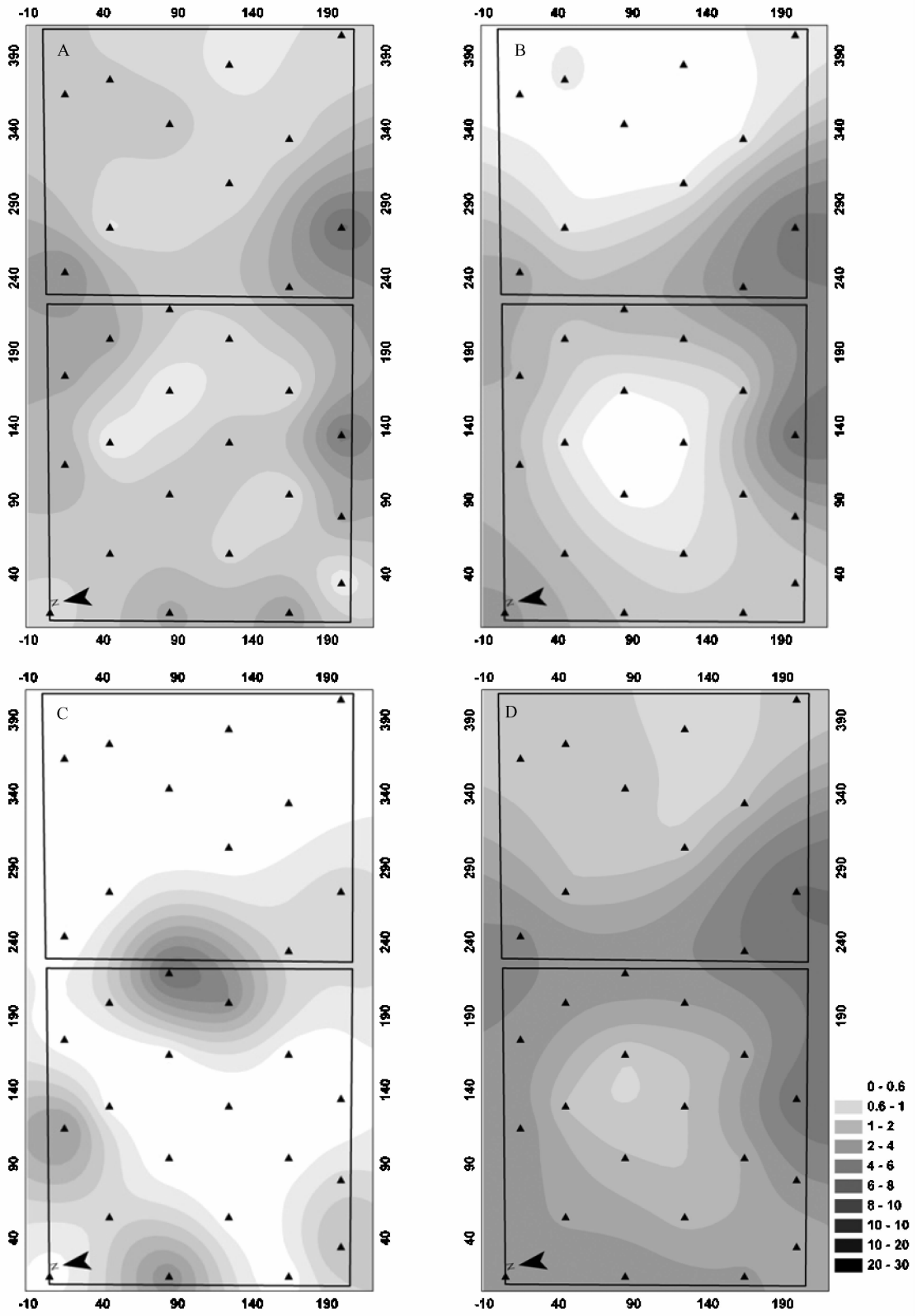

图 3　果园苹果蠹蛾成虫分布等高线图(甘肃高台,2005)

Fig. 3　Contour maps of adult male codling moth (Gaotai, 2005)

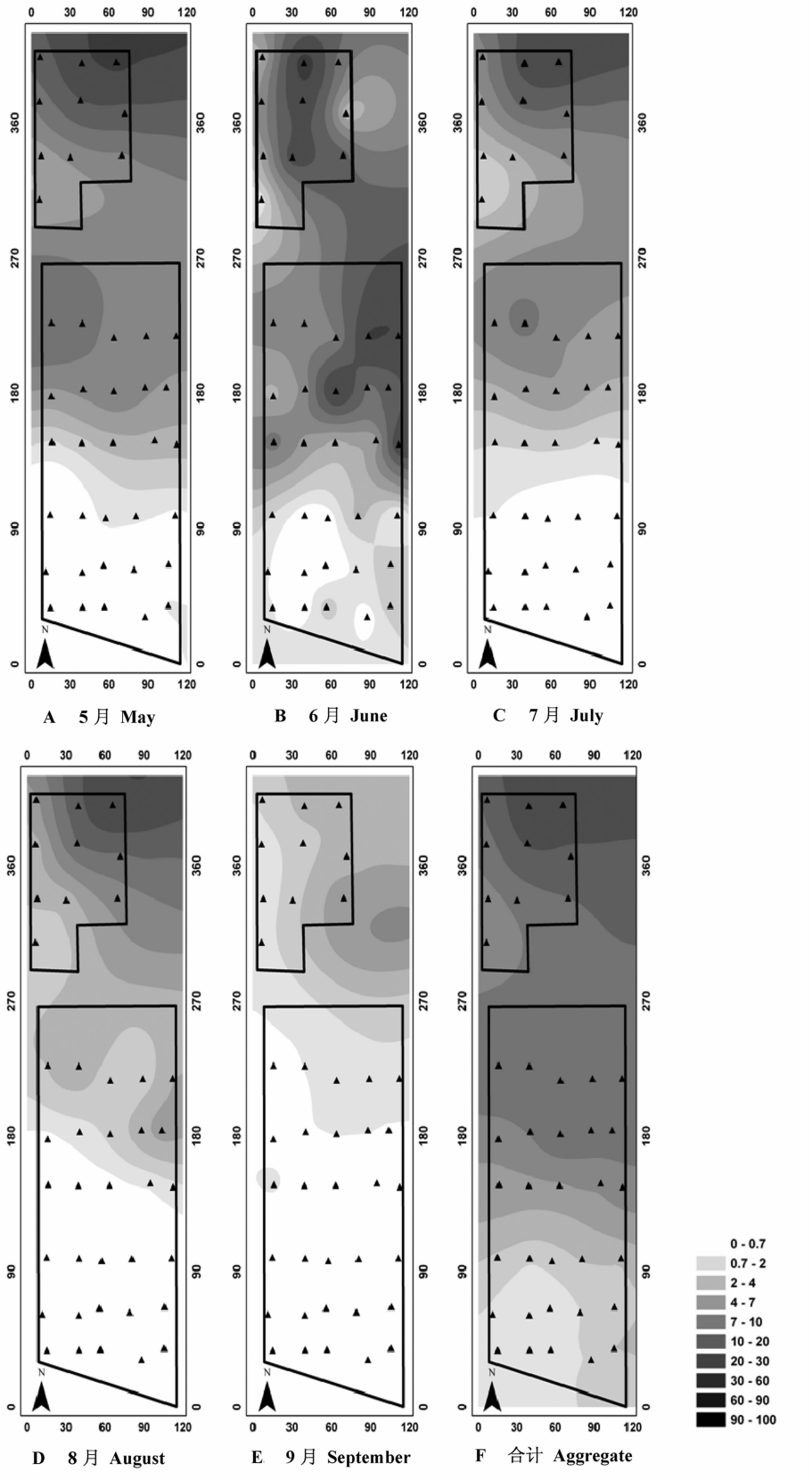

图 4　果园苹果蠹蛾成虫分布等高线图(甘肃甘州,2010)

Fig. 4　Contour maps of adult male codling moth distribution (Ganzhou, 2010)

表现出较强的空间相关性,表明信息素制剂失去了迷向效果。

致谢:在本项研究中,甘肃省植保植检站蒲崇建站长、张文解书记、贾迎春科长、姜红霞科长为开展野外实验上提供了大力的支持,中国科学院动物研究所朱虹昱博士、张静洁博士在野外实验中提供了帮助,刘宁老师在实验材料准备和数据分析方面提供了帮助,在此一并表示感谢。

参考文献(References)

Basoalto E, Miranda M, Knight AL, Fuentes-Contreras E, 2010. Landscape analysis of adult codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) distribution and dispersal within typical agroecosystems dominated by appleproduction in Central Chile. *Environ. Entomol.*, 39(5): 1399—1408.

Brenner RJ, Focks DA, Arbogast RT, Weaver DK, Shuman D, 1998. Practical use of spatial analysis in precision targeting for integrated pest management. *Am. Entomol.*, 44(2): 79—101.

Higbee BS, Calkins CO, Temple C, 2001 Overwintering of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) larvae in apple harvest bins and subsequent moth emergence. *J. Econ. Entomol.*, 94(6): 1511—1517.

Knight AL, 2007. Adjusting the phenology model of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) in Washington State apple orchards. *Environ. Entomol.*, 36(6): 1485—1493.

Sciarretta A, Trematerra P, 2006. Geostatistical characterization of the spatial distribution of *Grapholita molesta* and *Anarsia lineatella* males in an agricultural landscape. *J. Appl. Entomol.*, 130(2): 73—83.

Trematerra P, Gentile P, Sciarretta A, 2004. Spatial analysis of pheromone trap catches of codling moth (*Cydia pomonella*) in two heterogeneous agro-ecosystems, using geostatistical techniques. *Phytoparasitica*, 32(4): 325—341.

季荣, 谢宝瑜, 李典谟, 2007. 南大港湿地飞蝗种群分布与芦苇空间格局的关系. 昆虫知识, 44(1): 830—833.

林伟丽, 于江南, 薛光华, 2007. 苹果蠹蛾空间分布型及数学消长模型研究. 新疆农业大学学报, 30(1): 40—43.

马宁远, 王惠卿, 张伟, 2008. 基于地统计学的新疆棉田烟粉虱(*Bemisia tabaci* (Gennadius)) 危害动态与时空分布. 生态学报, 28(6): 2654—2662.

石磊, 陈明, 罗进仓, 2009. 3 种性诱捕器诱捕苹果蠹蛾效果比较及成虫的时序动态变化. 甘肃农业大学学报, 44(1): 115—117.

王政权, 1999. 地统计学及在生态学中的应用. 1999. 北京: 科学出版社. 1—197.

向昌盛, 袁哲明, 2009. 地统计方法在昆虫学研究中的应用. 中国农学通报, 25(17): 191—194.

许永锋, 2008. 苹果蠹蛾在张掖市发生与为害规律调查. 植物检疫, 22(4): 246—248.

薛光华, 严钧, 王文广, 张伟, 范伟功, 1995. 性信息素监测和防治苹果蠹蛾的应用技术研究. 植物检疫, 9(4): 198—203.

袁哲明, 付威, 李方一, 2004. 二化螟种群空间格局的经典统计分析与地统计学比较研究. 应用生态学报, 15(4): 610—614.

翟小伟, 刘万学, 万方浩, 蒲崇建, 2010. 甘肃酒泉苹果蠹蛾的发生规律. 昆虫知识, 47(4): 715—719.

张学祖, 1957. 苹果蠹蛾(*Carpocapsa pomonella* L.)在我国的新发现. 昆虫学报, 7(4): 467—472.

周昭旭, 罗进仓, 陈明, 2008. 苹果蠹蛾的生物学特性及消长动态. 植物保护, 34(4): 111—114.