

宁夏固原苜蓿斑蚜种群发生的适宜生境

朱猛蒙¹ 蔡凤环² 张 蓉^{*} 马建华¹

(1 宁夏农林科学院植物保护研究所, 银川 750002; 2 宁夏出入境检验检疫局, 银川 750001)

摘要: 针对宁夏苜蓿斑蚜 *Therioaphis trifolii* 适宜生境不明, 监测预报技术落后的局面, 在大尺度上对苜蓿斑蚜适宜生境进行分析。将宁夏固原市不同时期苜蓿斑蚜种群分布插值图与生态气候图、数字高程图叠加, 分析苜蓿斑蚜密度与生态环境和地理之间的关系。结果显示, 苜蓿斑蚜的分布和发生程度与气候、地貌和海拔密切相关, 其适宜生境为海拔 1501~2100m 的半干旱丘陵区 and 半干旱川道区, 最易暴发成灾的区域为海拔 1701~2100m 的半干旱丘陵区。表明苜蓿斑蚜的适宜生境与不同时期的空间分布插值图相结合, 可定量分析各生态区苜蓿斑蚜种群的空间动态。

关键词: 苜蓿斑蚜; 适宜生境; 种群; 预测预报技术

Suitable habitat of the spotted alfalfa aphid *Therioaphis trifolii* populations in Guyuan City, Ningxia

Zhu Mengmeng¹ Cai Fenghuan² Zhang Rong^{*} Ma Jianhua¹

(1 Institute of Plant Protection, Ningxia Academy of Agricultural Sciences, Yinchuan 750002, Ningxia

Hui Autonomous Region, China; 2 Ningxia Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau,

Yinchuan 750001, Ningxia Hui Autonomous Region, China)

Abstract As the suitable habitats of the spotted alfalfa aphid, *Therioaphis trifolii*, were not clear and the prediction technology was fallen behind in Ningxia, we analyzed the suitable habitat of *T. trifolii* in a large scale based on GIS. The interpolation maps of *T. trifolii* population in Guyuan City in different periods were overlapped with the ecological regionalization map and digital altitude map, aimed to analyze the relationships of *T. trifolii* population density with its ecological environment and geographical distribution. The results showed, in the study area, the occurrence and distribution of *T. trifolii* had close relations with climate, geomorphology and altitude. The suitable habitat of *T. trifolii* was located in the semi-arid plain area and semi-arid hilly area at the altitude 1501–2100m, while the most possible occurrence area was the semi-arid plain at the altitude 1701–2100m. By combining the suitable habitat with the interpolation maps of *T. trifolii* population in different periods, the spatial dynamics of *T. trifolii* population in variety of ecological areas could be analyzed quantitatively.

Key words *Therioaphis trifolii*; suitable habitat; population; prediction technology

地理信息系统 (Geographical Information System, GIS) 集地理信息的采集、储存、分析功能于一身, 是处理和分析大量地理数据的综合性技术系统, 近年来, GIS 已被广泛应用于有害生物和重要农业害虫的地理分布研究^[1-2]。赵友福和林伟^[3]应用地理信

息系统分析了梨火疫病在我国梨、苹果种植区的分布区和非分布区; 鞠瑞亭等^[4]利用地理信息系统分析预测了蔗扁蛾在中国的可能适生分布范围; 汪四水等^[5]利用地理信息系统实现了稻纵卷叶螟迁飞的灾变动态显示。应用 GIS 技术, 可以考虑特定地

基金项目: 国家自然科学基金 (30760130), 国家牧草产业技术体系建设项目 (nycytx-37)

作者简介: 朱猛蒙, 男, 1979 年生, 助理研究员, 研究方向为昆虫生态学及预测预报, email: zhumengmeng79@yahoo.com.cn

* 通讯作者 (Author for correspondence), email: zhangrong_nx@yahoo.com.cn, 收稿日期: 2010-05-10

域中影响种群数量分布的各种因素,包括景观种植格局、土壤因素、地理因素、气象因子以及不同区域之间种群分布及消长的联系,并结合时间动态,寻找引发害虫暴发的关键因子,预报可能暴发的区域,及其迁移蔓延趋势和影响的范围,从而为害虫防治提供有效的宏观管理方案^[6]。国外,GIS已经成功应用于害虫适宜生境的风险评估、害虫空间分布的动态监测以及发生趋势预测等方面^[7-8];国内张艳红和何春光^[9]利用GIS从隐蔽物、水源、人为干扰等多个影响因素确定了扎龙自然保护区丹顶鹤的适宜生境,并分析了20世纪80年代以来丹顶鹤适宜生境的动态变化过程。张蓉等^[10]利用GIS分析了苜蓿斑蚜密度与生态环境和地理之间的关系,初步明确了苜蓿斑蚜在宁夏固原市原州区耕地上的适宜生境。

宁夏是传统的农牧业经济区,草地资源占全区土地总面积的58%以上^[11]。苜蓿被誉为牧草之王,随着西部大开发保护生态环境战略的实施,苜蓿面积急剧增加^[12],2009年种植面积达到42万 hm^2 。然而,随着苜蓿种植面积的急剧增大和集中连片种植,苜蓿斑蚜成为危害苜蓿的重要害虫,其发生危害呈逐年上升趋势^[13-14],2002—2007年,在宁夏发生面积占苜蓿总种植面积的90%,危害面积从20%增加到42%,产量损失20%~30%^[15]。宁夏南部山区是宁夏苜蓿的主要种植区域,2009年留床面积30万 hm^2 ,占全区种植面积的71.43%。另外,该区域的生态条件和气候特点较为丰富,为此,本试验对该区域进行了基于GIS苜蓿斑蚜适宜生境研究。

1 材料与方法

1.1 数据采集

根据苜蓿斑蚜种群发生规律,2007年苜蓿斑蚜发生期,于6月10日、7月21日、8月30日在宁夏固原市四县一区采样3次。根据苜蓿的种植分布,选择非网格取样。在研究区域共采集78个样点,GPS定位,每样点5点取样,统计每平方米苜蓿斑蚜的虫口数量,每样点的数据为5个取样点的平均值。GPS为集思宝GPS72 Pro,北京合众思壮科技股份有限公司提供。

1.2 苜蓿斑蚜种群密度发生程度的划分

根据苜蓿斑蚜田间发生危害情况和防治指标,将斑蚜种群密度分成5级:轻度发生 < 500 头/ m^2 ;中度偏轻为501~1000头/ m^2 ;中度1001~1500头/ m^2 ;中度偏重1501~2000头/ m^2 ;重度 > 2000 头/ m^2 。计

算不同时期斑蚜各发生等级的面积和比例^[10]。

1.3 研究区域空间地理数据库的建立

ArcGIS 9软件,美国ESRI公司提供。空间数据库包括1:250 000的固原市行政区划、地形、地貌、气候、数字高程、土地利用等数据,均由中科院地理科学与资源研究所提供。全部数据采用Krasovsky_1940_Lambert_Conformal_Conic投影,中央经线:106°,纬度起点0°。地貌区分为山地区、丘陵区、台地区、川道区;根据湿润指数(AI)^[16],气候区分成半

湿润区(AI=0.5~0.65)、半干旱区(AI=0.2~0.5)、干旱区(AI < 0.2)。根据气候和地貌,将研究区域按气候区、地貌区及高程进行划分,建立研究区域空间数据库,空间分辨率约为1 km,北部地区略小。AI=R/R_e。其中,AI为地表湿润指数,R为月降水总量,R_e为最大潜在蒸发。

1.4 耕地上苜蓿斑蚜空间分布与地貌、气候以及海拔变量的叠置分析

分别进行基于指数模型的不同时期苜蓿斑蚜的普通Kriging插值处理,生成耕地上斑蚜种群分布的插值空间分布图。将不同时期耕地苜蓿斑蚜种群分布插值图与研究区域生态气候图叠加,统计研究区域半干旱川道区、半干旱丘陵区、半干旱山地区、半干旱台地区、半湿润川道区、半湿润丘陵区、半湿润山地区及干旱区8个气候地貌区苜蓿斑蚜分布的密度、栅格数、面积占插值范围耕地总面积比例,探讨斑蚜密度与生态环境之间的相关性、今后最易暴发成灾的区域和气候,确定斑蚜高密度发生区;将斑蚜种群分布插值图与研究区域数字高程图叠置处理,进行空间计算,分别统计不同海拔区间斑蚜及其天敌的密度、栅格数和面积,分析苜蓿斑蚜种群与海拔间的关系。

2 结果与分析

2.1 耕地上苜蓿斑蚜空间分布的模拟

由不同时期固原市苜蓿斑蚜种群分布的插值空间分布图可以看出,固原市6月上旬苜蓿斑蚜发生最重,聚集中心位于西南部和西北部(与海原县接壤),平均虫量在5000头/ m^2 以上。7月下旬除了南部的隆德县和泾源县以及原州区的三营老庄中度发生外,其余各地苜蓿斑蚜均中度偏轻发生。8月下旬苜蓿斑蚜属于发生后期,除了北部偏东地区中度发生外,其它地区苜蓿斑蚜的发生程度均处于中

度偏轻(图 1)。

2 2 苜蓿斑蚜种群空间分布与气候和地貌变量间的关系

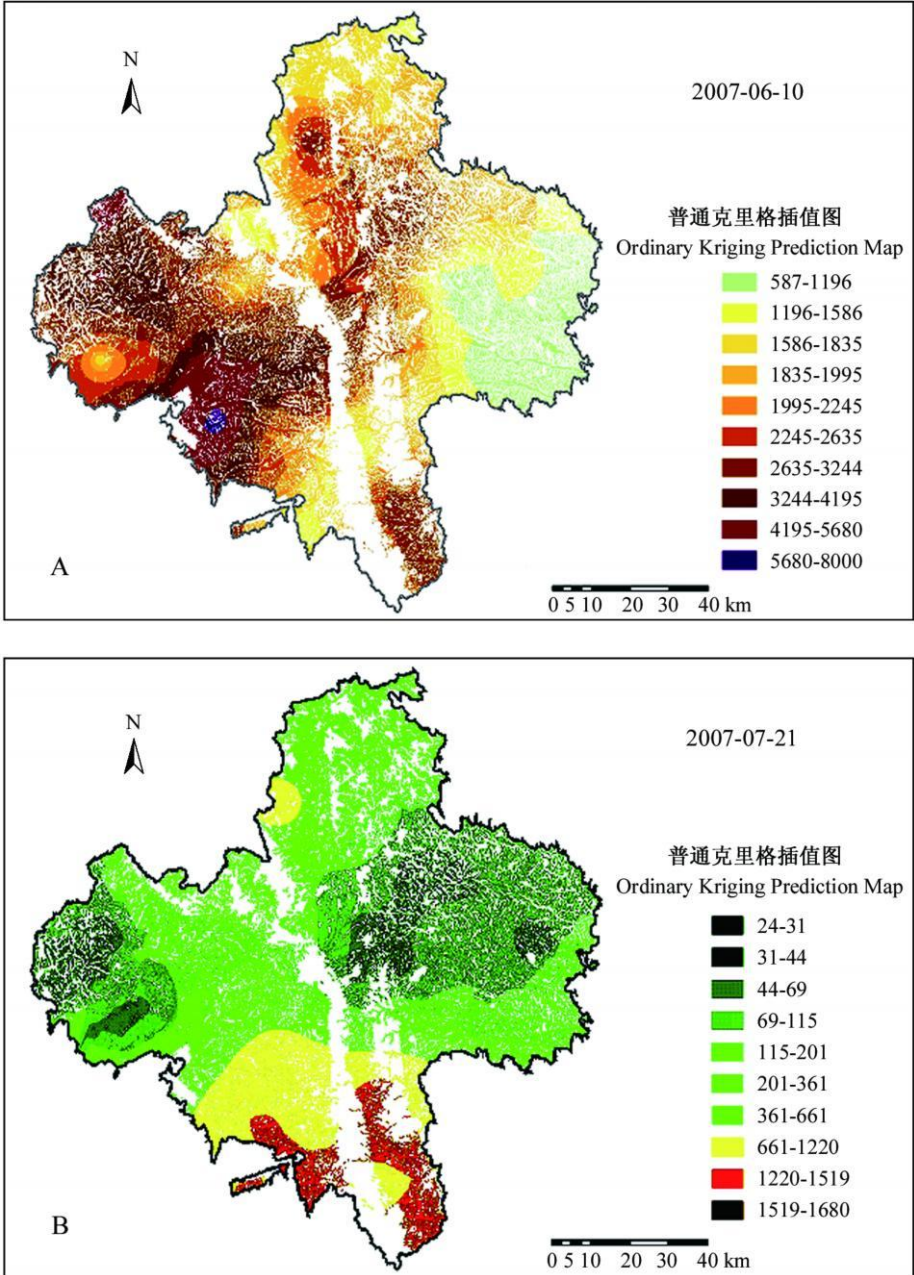
2 2 1 种群空间分布与气候变量间的关系

苜蓿斑蚜的发生分布与气候间的关系十分密切,主要集中在半干旱区。研究区域半干旱地区斑蚜在各个发生等级上均重于半湿润区和干旱区,不同时期半干旱区中度以上发生面积分别为 20.75 万、2.59 万和 0.12 万 hm^2 ; 而半湿润区为 0.75 万、0.42 万和 0 hm^2 ; 干旱区 6 月上旬仅为 0.07 万 hm^2 , 后期没有出现中度以上发生。说明在苜蓿斑蚜整个发生期,主要发生在半干旱区,半湿润区次

之,而干旱区几乎不发生(表 1,图 1)。

2 2 2 种群空间分布与地貌变量间的关系

固原市 6 月上旬和 7 月下旬丘陵区苜蓿斑蚜中度以上发生面积分别为 11.57 万和 1.92 万 hm^2 , 川道区为 5.17 万和 0.58 万 hm^2 , 均大于同期山地区和台地区分布面积。虽然 8 月下旬中度以上发生面积最大的地区为山地区,但面积仅为 0.10 万 hm^2 , 同期中度以下发生面积最大的仍为丘陵区 and 川道区,分别为 11.77 万和 5.28 万 hm^2 , 远大于山地区和台地区的 2.94 万和 2.15 万 hm^2 (表 1)。因此,从发生分布面积和发生程度上看,苜蓿斑蚜主要分布



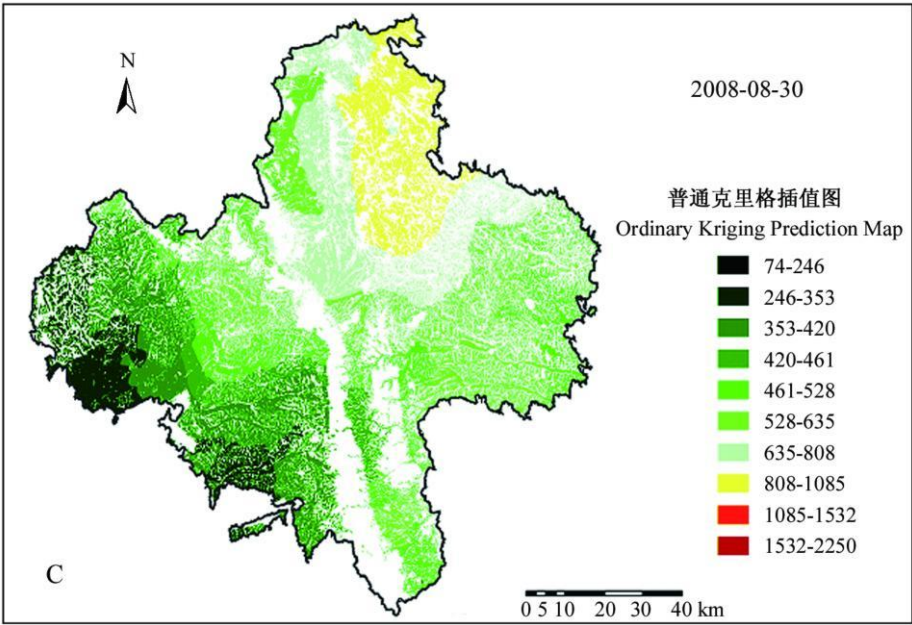


图 1 不同时期苜蓿斑蚜种群的普通 Kriging插值

Fig 1 The maps of ordinary Kriging interpolation for *Therioaphis trifolii* in different periods

在丘陵区,其次为川道区,山地区虽有发生,但发生程度较轻,不足以引起危害,而台地区基本不发生。

2 3 种群空间分布与海拔间的关系

苜蓿斑蚜在研究区域固原市的分布与海拔关系非常明显,适宜分布区域在海拔 2 100 m 以下的地区,其中海拔 1 701~ 2 100 m 是苜蓿斑蚜集中分布区域,也是发生程度较重的区域。海拔 2 300 m 以上的区域苜蓿斑蚜分布较少且发生极轻,海拔 2 500 m 以上未见发生(表 2)。

综上所述,苜蓿斑蚜在固原市的适宜生境是海拔为 1 501~ 2 100 m 的半干旱丘陵区 and 半干旱川道区,最易暴发成灾的区域是海拔 1 701~ 2 100 m 的半干旱丘陵区。

3 讨论

以往大尺度分析中,由于缺乏“3S”(地理信息系统 GIS、全球定位系统 GPS 和遥感 RS)技术的支持,仅能利用实验区域中零散的点数据情况对整体情况进行估计,分析结果主观性强,且不能定量分析整个研究区域的病虫害发生发展情况。本研究在对苜蓿斑蚜空间分布模拟研究的基础上,进行了基于指数模型的不同时期苜蓿斑蚜的普通 Kriging 插值分析,定量分析了苜蓿斑蚜空间分布情况,实现准确计算害虫的不同发生等级的比例和面积,使其更接近于实际。不同时期苜蓿斑蚜种群分布的插值空间

分布图可以更加真实地反映在一定区域内苜蓿斑蚜的种群分布和扩散动态,确定重发地位置。

本研究在张蓉等^[10]利用 GIS 分析苜蓿斑蚜密度与生态环境和地理之间的关系的基础上,把研究区域从原州区扩大至固原市的整个耕地区域,从更大的尺度上分析了苜蓿斑蚜的发生分布范围、发生程度与不同气候、地貌和海拔等宏观生态因素之间的关系,这对于苜蓿斑蚜预测和综合防治都具有重要意义。

在进行中到大尺度区域的研究中,受人力、物力的限制,不可能获得完善且空间分辨率较高的生物因子数据。由于我国空间信息技术发展水平相对滞后,甚至很多高分辨率的空间数据都很难获得。因此,空间插值计算是在数据不足的情况下对整个空间表面特性的一种合理估计。本研究所采用的空间差值方法不仅能对未知区域进行估计,还可估计研究区域中差值误差程度(限于篇幅未在文中体现)。但是,受分析表面特性变异程度即病虫害本身的空间分布特性影响,基于空间自相关理论的插值方法可能会过度重视空间特性而忽视生物学特性。即便是偏差很小的表面分析,尽管能估计出大尺度上的空间分布格局,但也有可能体现不出苜蓿斑蚜在较小空间尺度上的分布特性。在后续的研究中拟通过两个方面的工作来解决:①结合小、中尺度的分析结果进行综合分析,既要体现微观尺度上苜蓿斑蚜的

表 1 固原市不同地貌区和气候区苜蓿斑蚜种群的分布

Table 1 Distribution of the *Therioaphis trifolii* in different geomorphologic regions and climatic regions in Guyuan

日期 Date	地貌区和气候区 Geomorphologic region and climatic regions	轻度发生 Lowest		中度偏轻 Lower		中度 Moderate		中度偏重 Higher		重度 Highest		中度以上 Above moderate	
		面积	比例	面积	比例	面积	比例	面积	比例	面积	比例	面积	比例
		Area (10 ⁴ hm ²)	Proportion (%)	Area (10 ⁴ hm ²)	Proportion (%)	Area (10 ⁴ hm ²)	Proportion (%)	Area (10 ⁴ hm ²)	Proportion (%)	Area (10 ⁴ hm ²)	Proportion (%)	Area (10 ⁴ hm ²)	Proportion (%)
6-10	川道区 Plain area	0.00	0.00	0.08	0.34	1.32	5.93	2.65	11.85	1.20	5.37	5.17	23.15
	丘陵区 Hilly area	0.00	0.00	0.06	0.26	3.27	14.63	4.07	18.24	4.23	18.95	11.57	51.82
	台地区 Platform area	0.00	0.00	0.43	1.94	1.47	6.57	0.25	1.10	0.00	0.00	1.71	7.67
	山地区 Mountain area	0.00	0.00	0.00	0.00	1.46	6.53	1.38	6.18	0.20	0.90	3.04	13.61
	干旱区 Arid area	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.32
	半干旱区 Semi-arid area	0.00	0.00	0.57	2.54	7.28	32.62	7.99	35.76	5.48	24.53	20.75	92.90
	半湿润区 Subhumid area	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	1.04	0.36	1.61	0.15	0.69	0.75	3.35
	川道区 Plain area	3.82	17.09	0.89	4.00	0.58	2.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	2.59
	丘陵区 Hilly area	8.84	39.58	1.02	4.57	1.92	8.60	0.00	0.00	0.00	0.00	1.92	8.60
7-21	台地区 Platform area	2.15	9.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	山地区 Mountain area	2.39	10.70	0.15	0.66	0.51	2.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51	2.28
	干旱区 Arid area	0.07	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	半干旱区 Semi-arid area	17.04	76.31	1.88	8.40	2.59	11.60	0.00	0.00	0.00	0.00	2.59	11.60
	半湿润区 Subhumid area	0.15	0.67	0.18	0.82	0.42	1.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	1.87
	川道区 Plain area	1.79	8.03	3.49	15.61	0.01	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04
	丘陵区 Hilly area	7.03	31.46	4.74	21.23	0.01	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05
	台地区 Platform area	0.14	0.62	2.01	8.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	山地区 Mountain area	0.46	2.08	2.48	11.11	0.10	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.45
8-30	干旱区 Arid area	0.00	0.00	0.07	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	半干旱区 Semi-arid area	8.79	39.34	12.61	56.44	0.12	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.53
	半湿润区 Subhumid area	0.64	2.87	0.11	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	川道区 Plain area	1.79	8.03	3.49	15.61	0.01	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04
	丘陵区 Hilly area	7.03	31.46	4.74	21.23	0.01	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05
	台地区 Platform area	0.14	0.62	2.01	8.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	山地区 Mountain area	0.46	2.08	2.48	11.11	0.10	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.45
	干旱区 Arid area	0.00	0.00	0.07	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	半干旱区 Semi-arid area	8.79	39.34	12.61	56.44	0.12	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.53
	半湿润区 Subhumid area	0.64	2.87	0.11	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

分布特性,又能体现其宏观尺度的生态需求;②尽可能多地收集环境信息,以弥补空间插值的不足。本研究受空间资料限制,只采用了高程及其衍生数据、AI数据等,对大尺度环境因素的概括略显不足,如地貌特性中几种区域(如山地、台地)是一种较大尺度的类型特征,高程数据中仅考虑了海拔高度而未考虑坡度、朝向等,也未考虑苜蓿的分布范围。因此,通过增加环境数据的精度和类别、采用遥感技术获取环境信息(如地表温度、湿度)和地面植被类型信息,使分析数据具备相同的分辨率、时相和相近的误差水平,将有助于发现宏观尺度生态规律和提高

结果的实用性。

参 考 文 献 (References)

[1] Martínez-Salvador M, Valdez-Cepeda R, Arias H R, et al. Distribution and density of maguey plants in the arid Zacatecas Plateau, Mexico. Journal of Arid Environments. 2005. 61 (4): 525-534.

[2] Moya E A, Barales L R, Apablaza G E. Assessment of the disease severity of squash powdery mildew through visual analysis, digital image analysis and validation of these methodologies. Crop Protection. 2005. 24 (9): 785-789.

[3] 赵友福, 林伟. 应用地理信息系统对梨火疫病可能分布区

表 2 固原市不同海拔苜蓿斑蚜的种群分布

Table 2 Distribution of *Therioaphis trifolii* populations in different altitude classifications in Guanyuan

调查时间 Date	海拔区间 (m) Altitude classification	发生面积比例 Proportion(%)						
		轻度发生 Lowest	中度偏轻 Lower	中度 Moderate	中度偏重 Higher	重度 Highest	合计 Total	中度以上 Above moderate
6- 10	1 300~ 1 500	0.00	0.92	2.50	0.44	0.00	3.86	2.94
	1 501~ 1 700	0.00	1.43	14.76	6.94	0.09	23.22	21.79
	1 701~ 1 900	0.00	0.19	10.30	13.81	6.45	30.75	30.56
	1 901~ 2 100	0.00	0.00	4.32	13.84	13.79	31.95	31.95
	2 101~ 2 300	0.00	0.00	1.56	2.02	5.35	8.93	8.92
	2 301~ 2 500	0.00	0.00	0.54	0.30	0.45	1.29	1.29
	2 501~ 2 700	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7- 21	1 300~ 1 500	3.82	0.05	0.00	0.00	0.00	3.87	0.00
	1 501~ 1 700	20.65	2.47	0.10	0.00	0.00	23.22	0.10
	1 701~ 1 900	24.78	2.76	3.21	0.00	0.00	30.75	3.21
	1 901~ 2 100	22.09	3.01	6.85	0.00	0.00	31.95	6.85
	2 101~ 2 300	5.56	0.69	2.67	0.00	0.00	8.92	2.67
	2 301~ 2 500	0.41	0.24	0.64	0.00	0.00	1.29	0.64
	2 501~ 2 700	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8- 30	1 300~ 1 500	0.14	3.71	0.00	0.00	0.00	3.85	0.00
	1 501~ 1 700	0.54	22.61	0.02	0.00	0.00	23.17	0.02
	1 701~ 1 900	10.53	19.74	0.43	0.00	0.00	30.70	0.43
	1 901~ 2 100	22.21	9.64	0.08	0.00	0.00	31.93	0.08
	2 101~ 2 300	7.53	1.39	0.00	0.00	0.00	8.92	0.00
	2 301~ 2 500	1.25	0.04	0.00	0.00	0.00	1.29	0.00
	2 501~ 2 700	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

的初步研究. 植物检疫, 1995, 9(6): 321- 326

[4] 鞠瑞亭, 杜予州, 戴霖, 等. 蔗扁蛾在中国的适生性分布研究初报. 植物检疫, 2004, 18(3): 129- 133

[5] 汪四水, 张孝羲, 汤金仪. 基于地理信息系统的稻纵卷叶螟的灾变动态显示系统. 昆虫学报, 2001, 44(2): 252- 256

[6] 闰宏娟, 李典漠. 地理信息系统及其在昆虫生态学中的应用. 昆虫知识, 1999, 36(1): 43- 45

[7] Robinson T P. Geographic information systems and remotely sensed data for determining the seasonal distribution of habitats of migrant insect pests // Drake V A, Gatehouse A G. Insect migration: Tracking resources through space and time. Cambridge: Cambridge University Press, 1995, 335- 352

[8] Schell S P, Lockwood J A. Spatial characteristics of range and grasshopper (Orthoptera: Acrididae) population dynamics in Wyoming: implications for pest management. Environmental Entomology, 1997, 26(5): 1056- 1065

[9] 张艳红, 何春光. 基于GIS扎龙自然保护区丹顶鹤适宜生境动态变化. 东北林业大学学报, 2009, 37(4): 43- 45

[10] 张蓉, 朱猛蒙, 马建华, 等. 基于地理信息系统的耕地苜蓿斑蚜种群发生的适宜生境. 应用生态学报, 2009, 20(8): 1998- 2004

[11] 张蓉, 杨芳, 先晨钟, 等. 蓟马危害苜蓿的产量损失及防治指标研究. 植物保护, 2005, 31(1): 47- 49

[12] 朱猛蒙, 马锐, 张蓉. 刈割对紫花苜蓿病虫害的影响. 中国植保导刊, 2006, 26(12): 8- 10

[13] Rossi R E, Mulla D J, Journel A G, et al. Geostatistical tools for modeling and interpreting ecological spatial dependence. Ecological Monographs, 1992, 62(2): 277- 314

[14] 张蓉, 马建华, 王进华, 等. 宁夏苜蓿病虫害发生现状及防治对策. 草业科学, 2003, 20(6): 40- 44

[15] 马建华, 朱猛蒙, 张蓉, 等. 苜蓿斑蚜的生物药剂筛选试验及其对天敌的安全性. 农药, 2008, 47(8): 614- 616

[16] 郑广芬, 陈晓光, 纳丽, 等. 宁夏地表湿润状况演变规律研究. 气象科学, 2008, 28(5): 533- 538