

基于 CLIMEX 的苜蓿叶象甲在我国的适生区分析

吴志刚¹ 倪文龙¹ 张泽华² 赵莉³ 李志红^{1*}

(1. 中国农业大学 农学与生物技术学院,北京 100193; 2. 中国农业科学院 植物保护研究所,北京 100193;
3. 新疆农业大学 农学院,乌鲁木齐 830052)

摘要 综合运用 CLIMEX 3.0 与 ArcGIS 9.3 对苜蓿叶象甲(*Hypera postica* Gyllenhal)在我国目前以及未来气候条件下的潜在地理分布进行了研究。结果显示:目前气候条件下,苜蓿叶象甲在我国的适生区主要分布新疆、甘肃、内蒙古、西藏东南部、四川和云南地区。基于中国未来气候的预测结果显示,2020 年,适生范围向西部扩大到西藏中南部,高度适生范围南界向南移至 33°N,其中高度适生区范围由 29.38% 增加至 35.1%,增加了 5.72%;非适生区有所减少,由 35.49% 降至 30.47%,减少了 5.02%。鉴于苜蓿叶象甲在我国的适生性研究结果,建议进一步完善监测预警预报体系,采取相应有效的防控策略,加强对苜蓿叶象甲的防治措施,严防该虫的进一步传播扩散。

关键词 苜蓿叶象甲; 适生区; CLIMEX; ArcGIS; 牧草

中图分类号 S 432; S 41

文章编号 1007-4333(2011)06-0099-05

文献标志码 A

Potential geographical distribution of *Hypera postica* based on CLIMEX in China

WU Zhi-gang¹, NI Wen-long¹, ZHANG Ze-hua², ZHAO Li³, LI Zhi-hong^{1*}

(1. College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193, China;

2. Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China;

3. College of Agronomy, Xinjiang Agricultural University, Wulumuqi 830052, China)

Abstract The current and future potential geographic distributions of *H. postica* were studied in this paper by using CLIMEX 3.0 and ArcGIS 9.3. The results showed that; at the current weather conditions, the suitable areas of alfalfa weevil (*Hypera postica* Gyllenhal) are Xinjiang, Gansu, Neimenggu, southeast Tibet, Sichuan and Yunnan in China. Based on projections of future climate in China showed that in 2020, it's suitable area would expand to central and southern Tibet. The highly suitable area may southwards to 33 ° N. The high suitable area would be increased from 29.38% to 35.1%, difference is 5.72%. Meanwhile, the non-suitable area would be reduced from 35.49% to 30.47%, difference is 5.02%. In order to prevent the further spread of the pest, the quarantine and monitor measures should be enhanced more in China.

Key words *Hypera postica*; potential geographical distribution; CLIMEX; ArcGIS; grass

苜蓿叶象甲(*Hypera postica* Gyllenhal),别名苜蓿叶象、紫苜蓿叶象,英文名 alfalfa weevil,属鞘翅目 Coleoptera 象甲科 Curculionidae^[1]。苜蓿叶象甲是重要的苜蓿害虫之一,成虫和幼虫均能为害,但以幼虫为害第一茬苜蓿最严重;也取食红三叶草

等豆科、十字花科、菊科和藜科等植物,还可危害玉米、马铃薯、草莓等茄科、禾本科、蔷薇科的植物,也是重要的牧草害虫之一,随着全球气候变化,如果苜蓿叶象甲进一步扩散将对我国的牧草产业造成威胁。明确其在我国的适生区分布以及未来气候变化

收稿日期: 2011-08-14

基金项目: 现代农业产业技术体系建设项目(CARS-35); 公益性行业(农业)科研专项(201003079); 中国农业大学研究生科研创新专项(KYCX2010017)

第一作者: 吴志刚,博士研究生,主要从事有害生物风险分析及信息系统相关研究,E-mail:wuzhigang@cau.edu.cn

通讯作者: 李志红,教授,博士生导师,主要从事植物检疫与入侵生物学相关研究,E-mail:lizh@cau.edu.cn

对其在中国潜在地理分布的影响,对科学地防控其危害、保护我国牧草产业的安全生产与草原生态环境具有重要的意义。本研究利用已报道的苜蓿叶象甲的分布资料,采用 CLIMEX 模型和 ArcGIS 的插值、叠加功能对苜蓿叶象甲在我国目前以及未来的适生区进行了分析,旨在对苜蓿叶象甲在未来气候条件下的潜在分布情况作出初步预测,为制定更科学的防控措施提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 已知地理分布

苜蓿叶象甲原发生于欧洲南部地区,后传入美国、加拿大及墨西哥等地,迄今已扩展到奥地利、比利时、保加利亚、克罗地亚、捷克、法国、德国、希腊、意大利、挪威、波兰、葡萄牙、罗马尼亚、英国、印度、伊朗、伊拉克、以色列、日本、黎巴嫩、沙乌地阿拉伯、土耳其及加拿大、美国、墨西哥等地,已分布于亚洲、欧洲及北非等世界大部分地区^[2-3]。我国主要分布于新疆、内蒙古和甘肃等地区;在新疆此虫主要分布于伊犁,阿勒泰,呼图壁,乌鲁木齐及奇台等地^[4]。

1.2 生物学特性

苜蓿叶象甲一般1年发生2~3代,苜蓿叶象甲的卵、幼虫、蛹及产卵前期成虫的发育起点温度分别为8.8、10.5、11.9和9.5℃,完成整个世代需要的有效积温为480.96日度。成虫有一定数量的个体发生滞育,并在苜蓿地残株落叶下或裂缝中越冬^[5-6]。次年4月苜蓿开始萌发时,成虫进行取食为害。第1代幼虫盛期在5月下旬至6月上旬,对第一茬苜蓿危害较严重。第1代成虫羽化盛期在6月中下旬,羽化的第1代成虫有10%进入滞育。第2代卵于7月上旬产出,7月下旬幼虫化蛹,8月上旬出现第2代成虫^[4]。在美国北方气候较寒冷的地区,苜蓿叶象甲1年发生1~2代,主要以成虫在田间杂草下越冬^[7],卵、幼虫、蛹发育起点温度分别为9.1、8.7和12.5℃,有效积温分别为106.8、212.5和54.8日度^[8]。

1.3 气候数据及地理数据

本研究使用的气候数据采用了 CLIMEX 3.0 自带的1961—1990年大约2500个气象站点数据集,以及由澳大利亚 CSIRO 的 Darren J. Kriticos 提供的 East Anglia 大学气候研究组的 TYN SC 2.0 数据集,TYN SC 2.0 数据集以0.5°栅格化将全

球陆地气候网格化,通过月平均降雨量等变量推算出了每月相对湿度平均值^[9]。随着全球气候逐渐变暖,秦大河等对我国未来气候做了如下预测:与1961—1990年的30年平均相比,2020年平均气温将增加1.3~2.1℃,平均降雨量将增加2%~3%^[10]。本研究使用的气温和降雨量的增加范围的平均值,即平均温度增加1.7℃,平均降雨量增加2.5%。

本研究的电子地图来源于中国基础地理信息系统网站,比例尺为1:400万的中国国界和省界图。本研究根据作物保护纲要(CPC, Crop Protection Compendium)检索结果,并结合国内外相关文献,明确了苜蓿叶象甲在全球的地理分布情况。

1.4 分析工具及方法

试验采用 CLIMEX 3.0 软件,该版本在原有功能的基础上,实现了同时对2个有相互作用的物种进行预测模拟,增加了辐射指数(Radiation Index, RI)、底物指数(Substrate Index, SVI)、物理底物指数(Physical Substrate Index, PSI)和生物底物指数(Biotic Substrate Index, BSI),对物种间的竞争或协同作用、物种对太阳光辐射强度的反应、对植物物种生长指数和可以影响到种群数量的增长的各种因子进行分析^[11]。Olfert 和 Weiss 小组利用 CLIMEX 进行了气候变化对血黑蝗(*Melanoplus sanguinipes*)在加拿大地区的分布影响的相关研究^[12]。中国农业大学植物检疫实验室,近年也利用该方法对进行了相关研究^[13-15]。

本研究主要根据苜蓿叶象甲的实际分布情况,采用 CLIMEX 3.0 的单一物种的地点比较方法结合 ArcGIS 9.3 的插值功能进行了适生性预测,结果用生态气候指数(EI)表示,其取值越小,表明该地区越不适合物种的生存;值越大,则表明该地区越适合该物种的生存。同时,为了使得分析结果更为可靠,本研究叠加了由中国农业科学院提供的农业用地类型底图,排除了中国西北部地区沙漠地形对研究结果的影响,由于苜蓿叶象甲的寄主相对较广,所以本研究未考虑寄主分布的影响。本研究使用的 CLIMEX 3.0 和 ArcGIS 9.3 正版软件均由中国农业大学植物检疫实验室购买。

2 结果与分析

2.1 CLIMEX 参数确定

本研究将苜蓿叶象甲的适生性评判标准划为非适生区(EI=0)、低度适生区(0<EI≤10)、中度适

生区($10 < EI \leq 20$)和高度适生区($EI > 20$) 4 个等级,根据适生性评判标准结合首蓿叶象甲的实际发生情况进行 CLIMEX 参数调试。

根据适生性评判标准和首蓿叶象甲的实际地理分布,使用了 CLIMEX 42 个生物学参数中的 18 个参数项,同时考虑了主要寄主首蓿的分布情况,进行了反复调试并确定了如下参数值(表 1)。

表 1 首蓿叶象甲的地点比较模型参数

Table 1 Parameters used in the CLIMEX model for *Hypera postica*

CLIMEX 参数描述	参数值
DV0 发育起点温度	9.70
DV1 适宜温度下限	15.00
DV2 适宜温度上限	30.00
DV3 发育最高温度	35.00
PDD 有效积温	393.70
SM0 发育需要的最低土壤湿度	0.05
SM1 适宜发育需要的土壤湿度下限	0.10
SM2 适宜发育需要的土壤湿度上限	0.50
SM3 发育需要的土壤最高湿度	1.00
TTCS 冷胁迫开始积累的阈值	10.00
THCS 冷胁迫积累速率	-0.000 01
TTHS 热胁迫开始积累的阈值	35.00
THHS 热胁迫积累速率	0.001
SMDS 干胁迫开始积累的阈值	0.001
HDS 干胁迫积累速率	-0.005
SMWS 湿胁迫开始积累的阈值	1.20
HWS 湿胁迫积累速率	0.002
灌溉	0.00
累计	1.00

2.1.1 有效积温

Okumura 等的研究结果显示,据实验室饲养结果显示,卵、幼虫和蛹的有效积温分别为 106.8、212.5 和 54.8 日度^[8];赵莉等研究了我国新疆地区分布的首蓿叶象甲,研究结果显示在新疆首蓿叶象甲 1 年发生 2~3 代,完成整个世代需要的有效积温为 480.96 日度^[5-6];目前最新的研究结果为 Yamada 等在日本实验室条件下,通过实验得出首蓿叶象甲的有效积温为 393.7 日度。本研究结合已知实际地理分布情况,有效积温设为 393.7 日度^[17]。

2.1.2 温度指数

Yamada 研究得出首蓿叶象甲的世代有效积温

为 9.7 °C^[12],Okumura 等研究发现其幼虫和蛹在 15~35 °C 均可存活,温度分别为 15、20、25 和 30 °C 条件下,从卵发育为成虫的天数逐渐缩短,但在 35 °C 条件下,发育时间由 30 °C 时的 17.4 d 增加至 19.6 d,说明 35 °C 条件限制其发育^[16],Yamada 等发现其幼虫在 20 °C 时存活率最高^[17]。因此各温度指数分别设为 9.7、15、30 和 35 °C。

2.1.3 冷胁迫

冷胁迫开始积累的阈值和冷胁迫积累速率主要影响北美洲加拿大西部和美国阿拉斯加洲的分布,已知报道中阿拉斯加洲没有该虫的分布,因此冷胁迫开始积累的阈值和冷胁迫积累速率分别设为 10.0 °C 和 -0.000 01。

2.1.4 热胁迫

热胁迫开始积累的阈值和热胁迫积累速率主要影响首蓿叶象甲在撒哈拉沙漠、印度和澳洲内陆的分布。本研究将热胁迫开始积累的阈值和热胁迫积累速率分别设为 35 °C 和 0.001,使预测结果与 CPC 报道的在印度和澳大利亚均有该虫分布相符。

2.1.5 干胁迫

干胁迫开始积累的阈值和干胁迫积累速率主要影响首蓿叶象甲在新疆石河子、奇台和甘肃部分地区的分布,结合实际发生情况,干胁迫开始积累的阈值和干胁迫积累速率分别设为 0.001 和 -0.005。

2.1.6 湿胁迫

湿胁迫开始积累的阈值和湿胁迫积累速率主要限制首蓿叶象甲在北美洲东部、欧洲北部和亚洲印度地区的分布,CPC 报道其在北美洲和欧洲各国几乎均有发生,而在印度也有发生,因此湿胁迫开始积累的阈值和湿胁迫积累速率分别设为 1.2 和 0.002。

2.1.7 灌溉

灌溉参数值主要影响其在欧洲和亚洲中国的新疆地区的分布,CPC 报道其在欧洲大部分地区均有分布,在中国新疆的伊犁、阿勒泰、呼图壁、乌鲁木齐及奇台等地^[4]也已造成严重危害,因此灌溉参数值设为冬季 0 mm/d,夏季 1.0 mm/d。

2.2 目前的适生区和适生程度

调试参数后结果利用 ArcGIS 软件的插值功能,将预测得到的 EI 值进行插值分析,得到了首蓿叶象甲在我国的潜在适生范围及其适生程度(图 1)。高度适生区主要在 50°N~33°N 之间,主要包括新疆、甘肃、内蒙古、青海、宁夏、陕西中北部、山西、河北、北京、天津、河南北部、山东东部等地区,在

黑龙江、吉林、辽宁、四川、西藏、云南、贵州、湖北、安徽、浙江等部分地区也适生。非适生区则包括新疆沙漠地区、湖南、江苏、福建、江西、广西、广东、海南、台湾等省(自治区)。

2.3 2020年的适生区和适生程度

比较苜蓿叶象甲目前和未来的地理分布,对

CLIMEX的预测结果及各适生区所占比例分析后发现,2020年的预测结果,适生范围向西部扩大到西藏中南部,高度适生范围南界向南移至33°N(图2),其中高度适生区范围由29.38%增加至35.1%,增加了5.72%;非适生区有所减少,由35.49%降至30.47%,减少了5.02%。

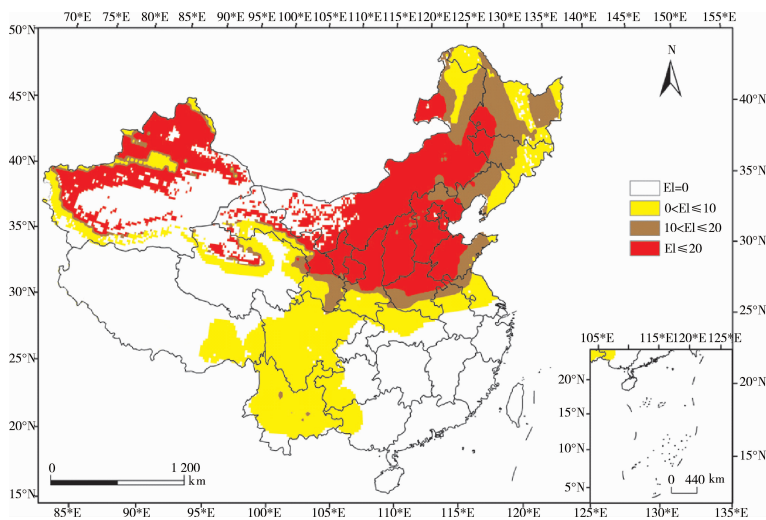


图1 目前条件下苜蓿叶象甲在中国的适生区分布

Fig.1 Current distribution of *Hypera postica* in China

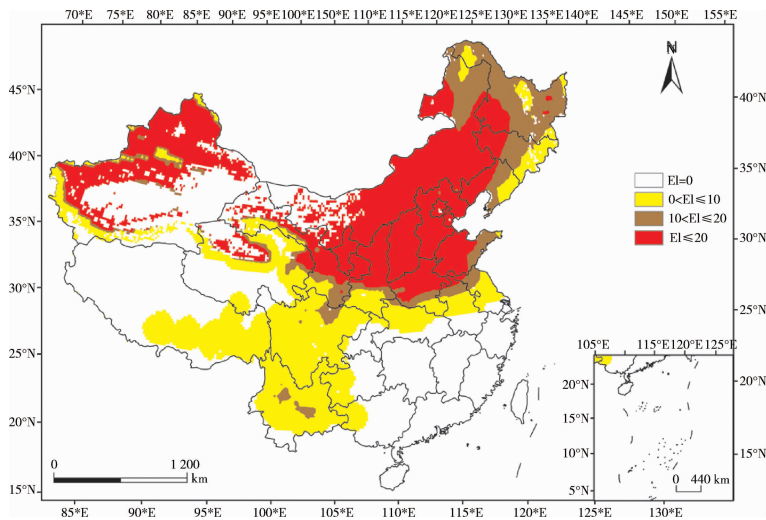


图2 2020年苜蓿叶象甲在中国的适生区分布

Fig.2 Potential distribution of *Hypera postica* in 2020

3 讨论

准确而丰富的气象数据对 CLIMEX 预测结果的准确性至关重要,本研究使用的由澳大利亚 CSIRO 的 Darren J. Kriticos 提供的 East Anglia 大

学气候研究组的 TYN SC 2.0 数据集合的气候数据包中,中国的气象站点数为 3 880 个,站点数相对较多,分布也更加均匀,从而为预测结果的可靠性提供了数据保障。

能够影响一种昆虫适生程度的因子比较多,其

中温湿度等气候因子最为重要,同时也需要考虑寄主分布、土壤类型、地理特征、天敌和灌溉条件等因素的作用。本研究使用了 CLIMEX 42 个生物学参数中包括温湿度、灌溉条件等 17 个参数项,同时为了使得预测结果更为可靠,还考虑了主要寄主首蓿的分布情况和地理特征情况,最后得到首蓿叶象甲的预测结果。但由于气候因子对 CLIMEX 预测的重要约束,使得其预测结果仍有一定的局限性。

首蓿叶象甲的主要寄主虽然是首蓿,但也取食红三叶草等豆科、十字花科、菊科、藜科等植物,还可危害玉米、马铃薯、草莓等茄科、禾本科、蔷薇科的植物,寄主非常广泛,同时随着未来气候变化的备受关注,本研究也在未来气候变化的条件下,预测了首蓿叶象甲的发展趋势,结果显示:2020 年首蓿叶象甲在中国的适生范围有所扩大,适生程度有所增加,如果该害虫一旦扩散到我国其他地区,对我国牧草、粮食作物及一些重要经济作物具有一定的潜在危害。因此,在我国新疆、甘肃、内蒙古等高度适生区需要进一步加强对其监测预警体系的建设,注意加强检疫,设立长期稳定的监测点,定期上报监测结果,加强预测预报,防止其发生大灾,并向其他地区扩散。

参 考 文 献

[1] 张学祖. 新疆首蓿害虫及其综合防治[J]. 新疆农业科学, 1962(4):160-163

[2] Metcalf R L, Metcalf R A. Destructive and Useful Insects [M]. 5th ed. New York: McGraw-Hill, 1993

[3] CABI. Crop Protection Compendium (CPC, 2010)[DB/OL]. 作物保护大全检索系统//http://www.cabi.org/cpc/

[4] 于江南, 赵莉, 王登元, 等. 新疆农业昆虫学[M]. 乌鲁木齐: 新疆科技出版社, 2003

[5] 张娜, 赵莉, 柴颜军. 不同温度下首蓿叶象甲实验种群生命表研究[J]. 草地学报, 2010, 18(5): 726-730

[6] 赵莉, 程帅莲, 刘芳政. 光周期和温度对首蓿叶象甲发育及滞育的影响[J]. 八一农学院学报, 1994, 17(4): 32-36

[7] White C E, Armbrust E J, DeWitt J R, et al. Evidence of a second generation of the alfalfa weevil in southern Illinois[J]. Journal of Economic Entomology, 1969, 62: 509-510

[8] Okumura M, Okamoto T, Ito, S. Effects of temperature on development of the alfalfa weevil, *Hypera postica* (Gyll.) (Coleoptera: Curculionidae)[J]. Research Bulletin of the Plant Protection Service, 1990, 26: 113-117

[9] Stephens A E A, Kriticos D J, Leriche A. The current and future potential geographic distribution of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis*, (Diptera: Tephritidae) [J]. Bulletin of Entomological Research, 2007, doi: 10. 1017/S0007485307005044

[10] 秦大河, 陈宜瑜, 李学勇. 中国气候与环境演变(上卷)[M]. 北京: 科学出版社, 2005

[11] Sutherst R W, Maywald G F, Bottomley W A. Bourne CLIMEX 3.0 User's Guide 10[S].

[12] Olfert O, Weiss R M. Bioclimatic model of *Melanoplus sanguinipes* (Fabricius) (Orthoptera: Acrididae) populations in Canada and the potential impacts of climate change[J]. Journal of Orthoptera Research, 2006, 15: 65-77

[13] 倪文龙, 陈洪俊, 曲伟伟, 等. 基于 CLIMEX 的橘实锤腹实蝇在中国的适生性分析[J]. 植物检疫, 2010, 4: 20-25

[14] 王俊伟, 李志红, 陈洪俊, 等. 蜜柑大实蝇在中国的适生性研究[J]. 植物检疫, 2009, 23(1): 1-4

[15] 吕文刚, 林伟, 李志红, 等. 枣实蝇在中国适生性初步研究[J]. 植物检疫, 2008, 6: 343-347

[16] Yamada Y, Sakurai H, Tsuchida K, et al. Effects of temperature and food plants on development of alfalfa [*Medicago sativa*] weevil, *Hypera postica* [J]. Research Bulletin of the Faculty of Agriculture, 1996, 61: 39-44

[17] Okumura M, Okamoto T, Yoshida T. Natural enemies of the alfalfa weevil, *Hypera postica* (Gyll.) (Coleoptera: Curculionidae), in Japan(1)[J]. Research Bulletin of the Plant Protection Service, 1987, 23: 63-65

(责任编辑: 袁文业)