International Journal of Ecology 世界生态学, 2026, 15(4), 633-642
Published Online November 2026 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/ije
https://doi.org/10.12677/ije.2026.154069

Hans汉斯

伊犁河谷玉米田草地贪夜蛾发生风险定量评估

李雪玲[1,2]，金　前[1]

[1]伊犁师范大学生物科学与技术学院，新疆 伊宁
[2]新疆薰衣草资源保护与利用重点实验室，新疆 伊宁

收稿日期：2026年9月24日；录用日期：2026年10月28日；发布日期：2026年11月10日

摘　要

草地贪夜蛾(*Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith))是联合国粮农组织全球预警的重大迁飞性害虫，自2019年入侵我国后已扩散至西北边境，对新疆玉米生产构成潜在威胁。为明确其在伊犁河谷的发生风险，本研究基于该虫全世代发育起点温度12.6℃、有效积温584.0日·度的生物学参数，结合伊犁河谷9个县(市)多年平均气温、≥10℃活动积温、降水、无霜期及玉米种植面积等数据，采用有效积温法估算理论发生世代数，并构建涵盖传入、定殖和为害3个环节共7项指标的多指标综合风险评价模型，结合层次分析法确定指标权重，对各县(市)发生风险进行定量分级。结果表明：伊犁河谷各县(市)草地贪夜蛾理论发生世代数为0.62~2.99代，河谷平原区可完成2.7~3.0代；综合风险值为1.10~2.64，伊宁县、察布查尔锡伯自治县、伊宁市和霍城县为高风险区，新源县、巩留县和尼勒克县为中风险区，特克斯县和昭苏县为低风险区。伊犁河谷冬季严寒，该虫不能在当地稳定越冬，风险主要来自夏季随偏南暖湿气流的逐代北迁和口岸农产品调运传入，区域气候暖湿化趋势将进一步抬升其入侵与定殖风险。据此提出分区监测预警、检疫阻截和应急防控对策，可为伊犁乃至中亚干旱半干旱地区草地贪夜蛾的早期预警和科学防控提供依据。

关键词

草地贪夜蛾，伊犁河谷，玉米，有效积温，风险评价，层次分析法

Quantitative Assessment of Fall Armyworm (*Spodoptera frugiperda*) Establishment Risk in Maize Fields of the Yili River Valley

Xueling Li[1,2], Qian Jin[1]

[1]College of Biological Sciences and Technology, Yili Normal University, Yining Xinjiang
[2]Xinjiang Key Laboratory of Lavender Conservation and Utilization, Yining Xinjiang

Received: September 24, 2026; accepted: October 28, 2026; published: November 10, 2026

文章引用: 李雪玲, 金前. 伊犁河谷玉米田草地贪夜蛾发生风险定量评估[J]. 世界生态学, 2026, 15(4): 633-642.
DOI: 10.12677/ije.2026.154069

Abstract

The fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), is a major migratory pest under global alert by the Food and Agriculture Organization of the United Nations. Since its invasion of China in 2019, it has spread to the northwestern border regions, posing a potential threat to maize production in Xinjiang. To elucidate its occurrence risk in the Yili River Valley, this study integrated the species' biological parameters, specifically, a whole-generation developmental threshold temperature of 12.6˚C and an effective accumulated temperature of 584.0 degree-days, with multi-year climatological data (mean annual temperature, ≥10˚C accumulated temperature, precipitation, frost-free period) and maize planting area from nine counties (cities) in the valley. The theoretical number of annual generations was estimated using the effective accumulated temperature method. A multi-criteria comprehensive risk assessment model encompassing seven indicators across three key processes (introduction, establishment, and impact) was constructed, with indicator weights determined through the Analytic Hierarchy Process (AHP), to quantitatively classify the occurrence risk in each county (city). Results indicated that the theoretical number of generations ranged from 0.62 to 2.99 across each county (city) in the Yili River Valley, with the valley plain areas capable of supporting 2.7 to 3.0 generations annually. The comprehensive risk values ranged from 1.10 to 2.64, identifying Yining County, Qapqal Xibe Autonomous County, Yining City, and Huocheng County as high-risk areas; Xinyuan County, Gongliu County, and Nilka County as medium-risk areas; and Tekes County and Zhaosu County as low-risk areas. Given the severe winter cold in the Yili River Valley, *S. frugiperda* cannot stably overwinter locally; the primary risks stem from successive northward migration driven by warm, moist southerly air currents during summer and introduction through agricultural product transport at border ports. The regional trend toward warmer and wetter climatic conditions is expected to further elevate its invasion and establishment risk. Accordingly, this study proposes zonal strategies for monitoring and early warning, quarantine interception, and emergency control, which can provide a scientific basis for early warning and rational management of *S. frugiperda* in the Yili River Valley and similar arid and semi-arid regions across Central Asia.

Keywords

***Spodoptera frugiperda*, Yili River Valley, Maize, Effective Accumulated Temperature, Risk Assessment, Analytic Hierarchy Process (AHP)**

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Open Access

1. 引言

草地贪夜蛾(*Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith))属鳞翅目夜蛾科的灰翅夜蛾属，俗称秋黏虫，原产于美洲热带和亚热带地区，是一种适生性强、繁殖力高、迁飞距离远的杂食性重大农业害虫[1] [2]。该虫寄主范围广，可危害玉米、水稻、小麦、高粱、甘蔗等 350 余种植物，幼虫偏好取食玉米心叶和幼穗，严重时可造成整株死亡和绝收[3]。草地贪夜蛾无滞育现象，成虫具极强的远距离迁飞能力，单夜间可迁飞 100~200 km，借助气流 24 h 内扩散距离可达 500 km [4]。2016 年草地贪夜蛾首次在西非尼日利亚暴发，随后 2 年内迅速扩散至撒哈拉以南 44 个国家，对非洲粮食安全造成严重冲击[5]；2018 年传入亚洲的印度，并迅速蔓延至南亚和东南亚[6]。该虫于 2019 年 1 月由缅甸侵入我国云南省，同年 9 月已在全国 26

个省(区、市) 1518 个县(市、区)被发现，扩散速度为历史罕见[7]。在我国南方周年繁殖区，该虫可常年发生并逐代北迁，目前西线迁飞已抵达甘肃、宁夏和内蒙古阿拉善等地，对包括新疆在内的西北玉米产区形成紧逼态势[8]。

伊犁河谷位于新疆天山西部，地处我国向西开放的前沿，辖区拥有霍尔果斯、都拉塔、木扎尔特 3 个国家一类口岸，是连接中亚和欧洲的重要陆路通道。河谷气候相对温润、雨量较新疆其他区域充沛，玉米尤其是青贮玉米种植面积大，是新疆重要的粮食和饲料生产基地[9] [10]。已有基于 MaxEnt 和 CLIMEX 的适生性分析多将伊犁河谷列为季节性潜在适生区，但普遍分辨率较粗，尚缺乏针对县(市)尺度、结合本地气候与寄主数据的定量风险评估[7] [11] [12]。目前草地贪夜蛾在伊犁尚未见定殖报道，但在气候暖湿化和农产品跨境调运日益频繁的背景下，其入侵风险不容忽视。有害生物风险分析是外来入侵物种早期预警和检疫决策的重要工具。本研究在系统整理草地贪夜蛾发育生物学参数和伊犁河谷各县(市)气候、寄主资料的基础上，采用有效积温法估算理论发生世代数，并构建多指标综合风险评价模型，对河谷各县(市)草地贪夜蛾发生风险进行定量评估和分区，以期为当地制定监测预警和检疫防控策略提供科学依据，并为中亚干旱半干旱地区同类研究提供方法参考。

2. 材料与方法

2.1. 研究区概况

研究区为伊犁哈萨克自治州直属的 9 个玉米种植县(市)，包括伊宁市、伊宁县、察布查尔锡伯自治县、霍城县、新源县、巩留县、尼勒克县、特克斯县和昭苏县。该区地处天山西部，整体呈向西敞开的喇叭口地形，属温带大陆性半干旱气候，山地气候特征明显。受地形影响，水热条件空间差异显著，自西部河谷平原向南部和东部山地，海拔升高、热量递减、降水增多。西部河谷平原是玉米集中种植区，南部区域的特克斯、昭苏盆地海拔较高、无霜期短，以耐寒作物和牧业为主。

2.2. 数据来源

草地贪夜蛾全世代发育起点温度和有效积温等生物学参数取自公开发表的恒温饲养试验结果[13] [14]。各县(市)多年平均气温、最热月平均气温、≥10℃活动积温、年降水量、无霜期和极端最低气温等气候数据，依据国家气象观测站多年统计资料及各县(市)人民政府公开发布的县情概况整理[15]；玉米种植面积依据当地农业生产统计资料及已有调查方案估算[16]。因个别县(市)公开资料统计口径和年限不完全一致，本研究统一采用多年平均口径，相关结果用于风险的相对比较，具体数值以当地气象与农业部门的最新统计为准。具体而言，玉米种植面积数据分别来源于：察布查尔、伊宁、霍城、新源 4 县(市) 2025 年国民经济和社会发展统计公报(公开发布于各县政府网站)；巩留、尼勒克、特克斯、昭苏 4 县的数据采用《伊犁哈萨克自治州统计年鉴》(2024 年)中粮食作物播种面积按玉米占比折算。

2.3. 理论发生世代数估算

依据有效积温法则，昆虫完成一个世代所需有效积温为常数。草地贪夜蛾全世代发育起点温度 C = 12.6℃，全世代有效积温 K = 584.0 日 • 度[13]。以日均温稳定≥10℃的日数 N_{10} 作为生长季长度，用无霜期按 0.92 折算近似；则生长季内高于发育起点温度的有效积温(Degree-Days (effective), DD)为：

$$DD = \sum (T - C) \approx GDD_{10} - C \times N_{10}$$

式中，GDD_{10} 为≥10℃活动积温。理论发生世代数 G 为：

$$G = DD/K$$

G ≥ 1 表示当地热量条件可保证该虫完成至少一个完整世代，G 值越大表明可繁殖世代次数越多。

2.4. 多指标综合风险评价模型

参照国际植物检疫措施标准中有害生物风险分析的总体框架，结合草地贪夜蛾迁飞入侵的生物学特点，从传入可能性、定殖可能性和为害后果 3 个环节选取 7 项评价指标(表 1)。各指标按风险程度由低到高赋值 1、2、3，评分标准见表 1。

Table 1. Indicator system and weights for comprehensive risk assessment of *Spodoptera frugiperda* occurrence
表 1. 草地贪夜蛾发生风险综合评价指标体系与权重

环节	指标	评分标准(1/2/3 分)	权重(W)
传入	口岸传入通道(P5)	远离口岸 1/一般临近 2/直接毗邻一类口岸 3	0.17
传入	南迁通道(P7)	气流难以抵达 1/河谷可季节性输入 2/偏南气流主通道 3	0.15
定殖	生长季有效积温(P1)	<900 日·度 1/ 900~1500 为 2/ ≥1500 为 3	0.20
定殖	夏季高温适宜度(P2)	低于 20℃为 1/ 20~22℃为 2/ 22~28℃为 3	0.10
定殖	降水与湿度(P3)	<200 或>600 mm 为 1/ 200~250 或 500~600 为 2/ 250~500 为 3	0.10
定殖	冬季越冬条件(P4)	严寒不能越冬 1/温和区局部可能 2/可稳定越冬 3	0.13
为害	寄主玉米面积(P6)	<12 万亩 1/ 12~18 万亩 2/ ≥18 万亩 3	0.15

采用层次分析法确定指标权重[17]。根据各指标在风险形成中的相对重要性构建判断矩阵[18]，经归一化得到权重向量 W = (0.20 (P1), 0.10 (P2), 0.10 (P3), 0.13 (P4), 0.17 (P5), 0.15 (P6), 0.15 (P7))，判断矩阵一致性比例 CR < 0.10，满足一致性要求。各县(市)综合风险值 R 按下式计算：

$$R = \sum \left(W_i \times S_i \right), \quad i = 1,2,3,\cdots,7$$

式中，W_i 和 S_i 分别为第 i 项指标的权重和评分。R 取值范围为 1~3。结合风险值的自然间断和专家研判，将风险等级划分为：R ≥ 2.30 为高风险区，1.65 ≤ R < 2.30 为中风险区，R < 1.65 为低风险区。数据处理、模型计算和绘图使用 Python 3.0 完成。

3. 结果与分析

3.1. 各县(市)气候与寄主条件

伊犁河谷各县(市)水热条件空间分异明显(表 2)。西部河谷平原的伊宁市、伊宁县、察布查尔和霍城县年均温 7.9~9.2℃，≥10℃活动积温 3450~3800℃·d，无霜期 161~177 d，是玉米集中种植区；其中察布查尔玉米种植面积最大，约 48.88 万亩。新源县水热条件较好，年均温 9.7℃，降水丰沛。巩留、尼勒克及南部的特克斯、昭苏县等地海拔升高、热量减少，昭苏县年均温度仅 2.9℃、无霜期不足 100 d，基本不具备喜温作物成熟条件。

Table 2. Climatological conditions and maize planting area across counties (cities) of the Yili River Valley over the years
表 2. 伊犁河谷各县(市)多年平均气候与玉米种植情况

县(市)	年均温/℃	≥10℃积温/(℃·d)	7 月均温/℃	年降水量/mm	无霜期/d	玉米面积/万亩	风险分组
伊宁市	9.2	3650	22.8	280	168	12	河谷平原主产区
伊宁县	9.0	3580	22.5	340	163	18	河谷平原主产区

续表

察布查尔	7.9	3800	23.1	222	177	49	河谷平原主产区
霍城县	7.9	3450	22.7	240	161	15	河谷平原主产区
新源县	9.7	3100	22.6	480	169	20	河谷平原主产区
巩留县	7.4	3050	21.8	257	145	15	丘陵山地农牧区
尼勒克县	6.2	2550	20.6	353	100	12	丘陵山地农牧区
特克斯县	5.3	2292	18.0	383	118	10	丘陵山地农牧区
昭苏县	2.9	1500	15.2	512	98	8	丘陵山地农牧区

3.2. 理论发生世代数

基于有效积温法的估算结果(表 3、图 1)表明，伊犁河谷各县(市)草地贪夜蛾理论发生世代数为0.62~2.99 代，总体随海拔升高和热量减少而降低。西部河谷平原区可完成 2.71~2.99 代，其中察布查尔最高，达 2.99 代，伊宁市、伊宁县分别为 2.92 和 2.89 代，热量条件足以保证该虫在玉米生长季内完成近 3 个世代；新源、巩留、尼勒克可完成 1.95~2.38 代；特克斯县为 1.58 代，昭苏县仅 0.62 代，无法完成一个完整世代。这说明除昭苏等高寒区域外，河谷多数玉米产区一旦有虫源传入，草地贪夜蛾就能在当地的夏秋季完成 1~3 个世代，并造成持续为害的热量条件是具备的。

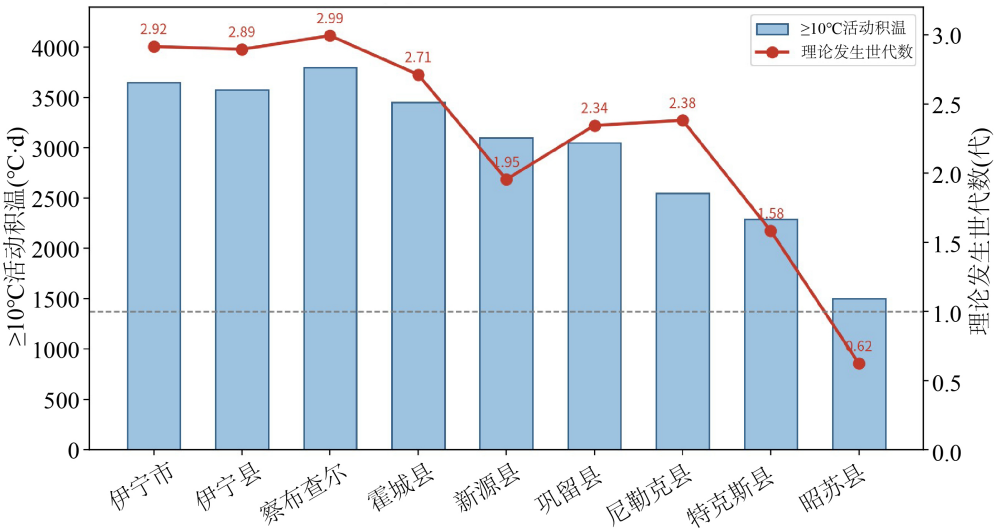


Figure 1. Heat resources across counties (cities) of the Yili River Valley and the theoretical number of generations of *Spodoptera frugiperda*

图 1. 伊犁河谷各县(市)热量资源与草地贪夜蛾理论发生世代数

3.3. 综合风险评价与分区

各县(市) 7 项指标评分及综合风险值见表 3 和图 2。综合风险值为 1.10~2.64。伊宁县、察布查尔、伊宁市和霍城县综合风险值分别为 2.57、2.64、2.42 和 2.34，均≥2.30，属高风险区；新源县、巩留县和尼勒克县综合风险值为 2.18、1.80 和 1.65，属中风险区；特克斯县和昭苏县综合风险值为 1.40 和 1.10，属低风险区。高风险区集中在西部河谷平原，其共同特征是生长季热量充足、夏季温度适宜、玉米寄主面积大，且地处夏季偏南暖湿气流北抬的主要通道或毗邻一类口岸，传入和定殖条件兼备(图 3)。中风险区

水热条件可满足 1~2 个世代发育，但或受地形阻挡、或口岸通道条件较弱。低风险区主要受热量不足限制，即使有少量成虫传入，也难以在有限生长季内完成世代并造成严重为害。

Table 3. Effective accumulated temperature, theoretical number of generations, and comprehensive risk level across counties (cities) of the Yili River Valley
表 3. 伊犁河谷各县(市)有效积温、理论世代数与综合风险等级

县(市)	生长季有效积温/(日·度)	理论世代数/代	综合风险值 R (等级)
伊宁市	1703	2.92	2.42 高风险
伊宁县	1691	2.89	2.57 高风险
察布查尔	1748	2.99	2.64 高风险
霍城县	1584	2.71	2.34 高风险
新源县	1141	1.95	2.18 中风险
巩留县	1369	2.34	1.80 中风险
尼勒克县	1391	2.38	1.65 中风险
特克斯县	924	1.58	1.40 低风险
昭苏县	364	0.62	1.10 低风险

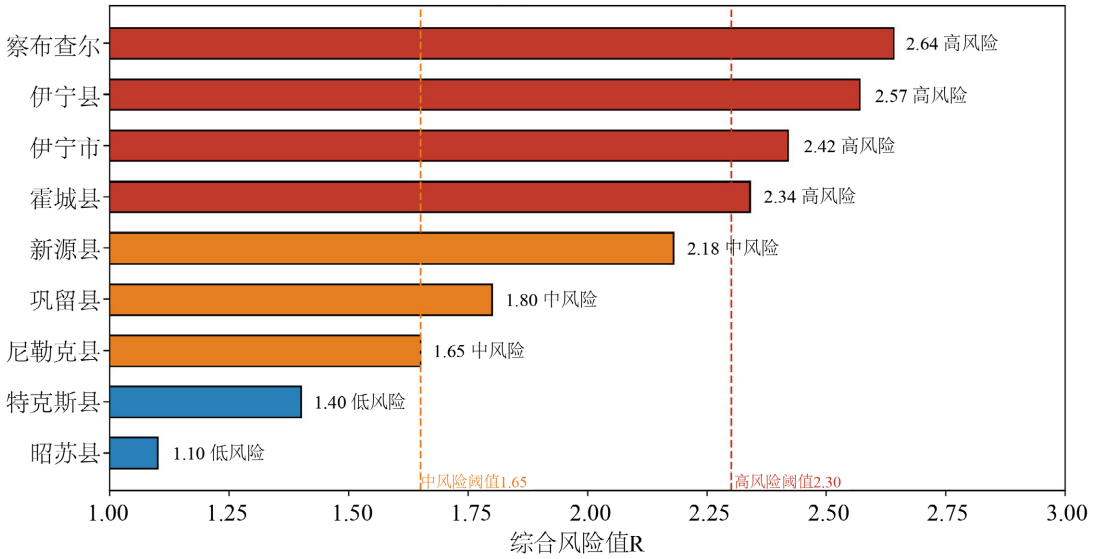


Figure 2. Comprehensive risk assessment of *Spodoptera frugiperda* occurrence across counties (cities) of the Yili River Valley
图 2. 伊犁河谷各县(市)草地贪夜蛾发生综合风险评价

3.4. 气候暖湿化对风险的影响

近 55 年来伊犁河谷气温和降水量总体呈显著增加趋势，气候向暖湿方向演变(图 4)。温度升高将延长喜温昆虫的生长季、提高有效积温、增加可完成的世代数，并可能使该虫越冬北界有所北移；降水和绿洲灌溉条件的改善则有利于卵孵化和幼虫存活。在暖湿化背景下，部分目前的中风险区可能向高风险演变，季节性适生的范围存在进一步扩大的趋势。

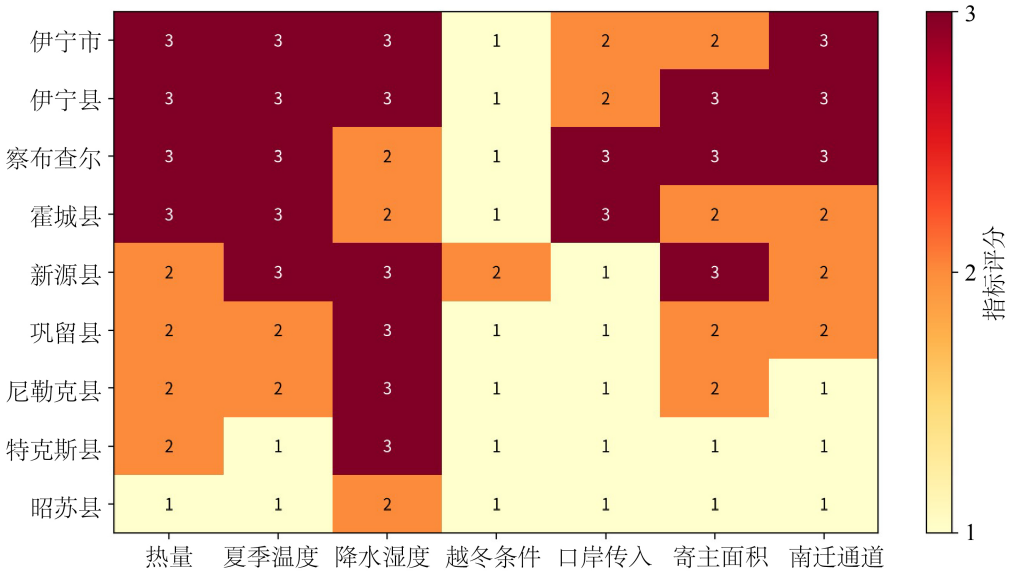


Figure 3. Scoring matrix of indicators for *Spodoptera frugiperda* occurrence risk assessment
图 3. 草地贪夜蛾发生风险评价指标评分矩阵

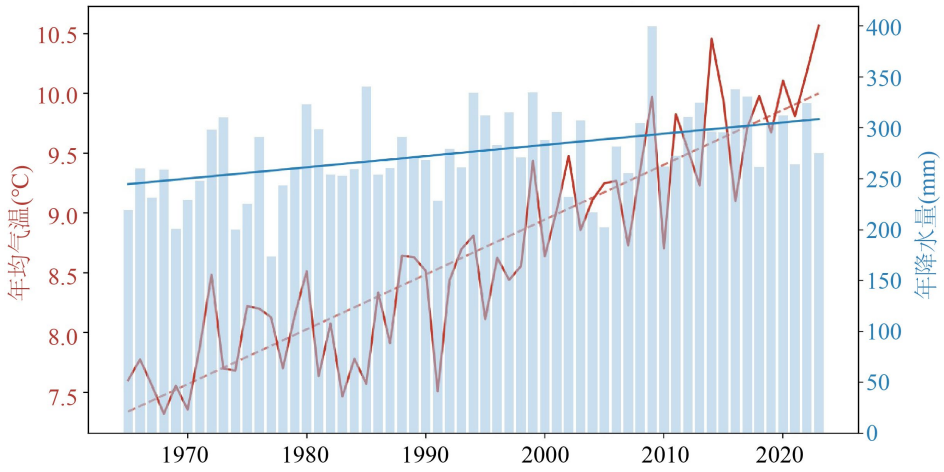


Figure 4. Schematic diagram of the trends of temperature and precipitation in the Yili River Valley over the past 55 years
图 4. 伊犁河谷近 55 年气温与降水变化趋势示意图

4. 讨论

4.1. 风险格局与已有适生性研究的比较

本研究得到的风险高值区集中于伊犁河谷西部平原玉米主产区，与秦誉嘉等基于 MaxEnt 模型预测的草地贪夜蛾在我国西北季节性潜在适生区的分布范围总体一致，也与基于 CLIMEX 模型将该区域列为“季节性适生、夏季可完成世代繁殖”的结论相互印证[11]。三项独立模型的结果表明，伊犁河谷西部玉米主产区确属该虫夏季迁入后最具定殖和为害条件的区域。以往研究多采用国家或省级空间分辨率的网格单元，难以刻画河谷内部显著的水热梯度差异；本研究将评估单元细化到 9 个县(市)，并以有效积温定量估算理论发生世代数，进一步识别出河谷内部由西向东、由平原向山地风险递减的梯度格局：西部河谷平原(察布查尔、伊宁县、伊宁市、霍城县)可完成 2.7~3.0 代，风险最高；东部和丘陵地带(新源、巩留、

尼勒克)仅可完成 1.6~2.4 代，风险中等；南部高海拔盆地(特克斯、昭苏)热量不足，风险最低。这一空间分异格局可为伊犁州监测站点密度配置、性诱捕器和测报灯的布设优先级提供更具操作性的依据。此外，本研究估算的河谷平原 2.7~3.0 代略高于以往按省级尺度“2 代左右”的粗略判断，主要源于河谷西部积温显著高于全疆平均水平，以及采用基于发育起点温度的有效积温法比简单利用≥10℃积温或无霜期更为精细。

4.2. 越冬限制是风险性质的关键约束

低温存活试验表明，草地贪夜蛾在 6~10℃范围内仅能以 5 龄幼虫和蛹短期存活，低于 6℃区域难以越冬；田间日均温低于 10℃并持续 8~10 d 即可导致幼虫全部死亡[19] [20]。伊犁河谷冬季最冷月平均气温多低于−10℃，极端最低气温普遍低于−25℃，热量和低温条件均不支持该虫在当地稳定越冬。因此，伊犁河谷草地贪夜蛾风险在性质上属于季节性迁入为害风险，而非本地化周年繁殖风险，这与全国农技中心将西北地区划为偏轻及以下发生区的判断相吻合[21] [22]。风险来源主要有二：一是夏季偏南暖湿气流引导下来自甘肃、四川和陕西等地虫源的逐代北迁，二是口岸农产品和运输工具携带传入。这决定了防控应以“阻截传入、早发现和早处置”为核心。

4.3. 生物型、替代寄主与天敌的潜在影响

草地贪夜蛾存在玉米型(corn-strain)和水稻型(rice-strain)两个主要生物型，二者在寄主偏好、抗药性和发育速率上存在差异。玉米型对玉米、高粱等禾本科作物的为害更强，而水稻型更偏好水稻和牧草。若入侵伊犁河谷的是玉米型种群，则本研究基于玉米种植区的风险评估是充分的；但若为水稻型或杂交型，则需考虑河谷内广泛分布的牧草(如苜蓿、黑麦草)和绿洲边缘杂草作为替代寄主的潜在作用。这些非耕地寄主可能在玉米收获后为种群提供避难所，延长其在当地的存续时间，从而提高定殖概率。此外，本地天敌对草地贪夜蛾的定殖具有潜在抑制效应。伊犁河谷农田生态系统中已记录的寄生蜂(如夜蛾瘦寄生蜂、螟蛉绒茧蜂)、捕食性天敌(如草蛉、瓢虫)和病原微生物(如白僵菌、绿僵菌)可能对草地贪夜蛾幼虫种群形成一定的自然控制压力。在风险模型的评估时，建议将天敌丰富度作为定殖环节的负向指标纳入评价，以更全面地反映生态系统的抗性。

4.4. 不确定性与研究展望

本研究仍存在一定不确定性。其一，气候与寄主数据采用多年平均口径，未充分反映年际波动、极端天气和田间小气候，而迁飞成虫对绿洲、逆温带等微生境的利用可能提高其定殖概率[23]；其二，有效积温折算中以无霜期(近似≥10℃)日数，为简化处理；其三，本研究未耦合迁飞轨迹模拟和虫源地实时虫情。未来应在河谷布设长期的性诱和高空测报灯监测网络，获取一手虫情，并结合 HYSPLIT 等轨迹模型和高分辨率气候情景[24]，开展虫源地溯源和未来风险动态预测，同时加强对入侵种群生物型和抗药性基因型的分子监测。

4.5. 风险防控对策建议

针对伊犁河谷草地贪夜蛾的季节性迁入风险特征，提出“分区监测－检疫阻截－应急扑杀－生态调控”四位一体的综合防控对策。在监测预警方面，以伊宁县、察布查尔、伊宁市和霍城县等高风险区为核心，在集中连片玉米田和口岸周边优先布设性诱捕器与高空测报灯，于 5~9 月成虫迁飞期开展系统监测，中风险区兼顾布点、低风险区强化普查，构建覆盖全河谷的分级监测预警网络；在检疫阻截方面，依托霍尔果斯、都拉塔、木扎尔特 3 个国家一类口岸，加强对入境玉米等寄主农产品、包装物和运输工具的检疫查验，重点防范卵、幼虫和蛹的随货传入，并完善首次发现虫情后的应急报告与鉴定确认机制；

在应急防控方面，坚持“治早治小、全力扑杀”原则，主攻 1~3 龄低龄幼虫，优先选用白僵菌、绿僵菌、苏云金杆菌等生物制剂，必要时合理轮换使用氯虫苯甲酰胺、乙基多杀菌素等高效低风险化学药剂，以延缓抗药性产生；在生态调控与区域协作方面，通过玉米与豆类间作轮作、及时清理秸秆残茬、调整播期等农艺措施压低虫源基数，同时强化植保、气象、海关与兵团单位之间的信息共享与联防联控机制，并结合气候暖湿化趋势动态更新风险区划，形成与河谷内部风险梯度相匹配的常态化防控格局。

5. 结论

伊犁河谷各县(市)草地贪夜蛾理论发生世代数为 0.62~2.99 代，西部河谷平原可完成 2.7~3.0 代，具备夏秋季多代为害的热量条件。综合风险评价表明，伊宁县、察布查尔、伊宁市和霍城县为高风险区，新源县、巩留县和尼勒克县为中风险区，特克斯县和昭苏县为低风险区。受冬季严寒限制，该虫不能在当地稳定越冬，风险主要来自夏季偏南气流北迁和口岸传入，且在气候暖湿化背景下呈上升趋势。研究结果可为伊犁河谷草地贪夜蛾监测预警、检疫阻截和应急防控分区决策提供科学支撑。

基金项目

伊犁师范大学校级科研项目(2023YSQN003)。

参考文献

[1] Montezano, D.G., Specht, A., Sosa-Gómez, D.R., Roque-Specht, V.F., Sousa-Silva, J.C., Paula-Moraes, S.V., *et al*. (2018) Host Plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. *African Entomology*, **26**, 286-300. https://doi.org/10.4001/003.026.0286

[2] Supartha, I.W., Susila, I.W., Yudha, I.K.W., Utama, I.W.E.K., Yasa, I.W.S. and Gautama, P.M.P. (2023) Adaptability and Damage Capacity of *Spodoptera frugiperda* J.E Smith (Lepidoptera: Noctuidae) on Various Gramineae: A Laboratory Study. *IOP Conference Series*: *Earth and Environmental Science*, **1208**, Article ID: 012001. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1208/1/012001

[3] Kouanda, N., Ben Fekih, I., Cokola, M.C., Hanstson, A., Megido, R.C., Delvigne, F., *et al*. (2026) Toward Sustainable Management of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae): A Review on the Role of Endophytic Fungi in Crop Protection. *Plants*, **15**, Article No. 2375. https://doi.org/10.3390/plants15152375

[4] Nurkomar, I., Trisnawati, D.W., Fahmi, F. and Buchori, D. (2023) Survival, Development, and Fecundity of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) on Various Host Plant Species and Their Implication for Pest Management. *Insects*, **14**, Article No. 629. https://doi.org/10.3390/insects14070629

[5] Goergen, G., Kumar, P.L., Sankung, S.B., Togola, A. and Tamò, M. (2016) First Report of Outbreaks of the Fall Armyworm *Spodoptera frugiperda* (J E Smith) (Lepidoptera, Noctuidae), a New Alien Invasive Pest in West and Central Africa. *PLOS ONE*, **11**, e0165632. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165632

[6] Nagoshi, R.N., Dhanani, I., Asokan, R., Mahadevaswamy, H.M., Kalleshwaraswamy, C.M., Sharanabasappa, *et al*. (2019) Genetic Characterization of Fall Armyworm Infesting South Africa and India Indicate Recent Introduction from a Common Source Population. *PLOS ONE*, **14**, e0217755. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217755

[7] Wang, R., Jiang, C., Guo, X., Chen, D., You, C., Zhang, Y., *et al*. (2020) Potential Distribution of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) in China and the Major Factors Influencing Distribution. *Global Ecology and Conservation*, **21**, e00865. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00865

[8] Zhou, Y., Wu, Q.-L., Zhang, H.-W. and Wu, K. (2021) Spread of Invasive Migratory Pest *Spodoptera frugiperda* and Management Practices throughout China. *Journal of Integrative Agriculture*, **20**, 637-645. https://doi.org/10.1016/s2095-3119(21)63621-3

[9] 察布查尔锡伯自治县县情介绍[EB/OL]. https://www.xjcbcr.gov.cn/xjcbcr/c114035/202503/224e870ea43342d1a7dfac07740172bf.shtml, 2026-05-25.

[10] 伊犁州概况[EB/OL]. https://www.xjyl.gov.cn/xjylz/c112407/common_list.shtml, 2026-01-04.

[11] Jiang, C., Zhang, X., Xie, W., Wang, R., Feng, C., Ma, L., *et al*. (2022) Predicting the Potential Distribution of the Fall Armyworm *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) under Climate Change in China. *Global Ecology and Conservation*, **33**, e01994. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01994

[12] He, Z., Zhang, B., Wang, R., Xu, D., Deng, X. and Zhuo, Z. (2026) Simulation and Prediction of the Potential Distribution of *Spodoptera frugiperda* under Current and Three Future Scenarios Based on the Biomod2 Model under Global Climate Change. *Insects*, **17**, Article No. 772. https://doi.org/10.3390/insects17080772

[13] Du Plessis, H., Schlemmer, M. and Van den Berg, J. (2020) The Effect of Temperature on the Development of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Insects*, **11**, Article No. 228. https://doi.org/10.3390/insects11040228

[14] Malekera, M.J., Acharya, R., Mostafiz, M.M., Hwang, H., Bhusal, N. and Lee, K. (2022) Temperature-Dependent Development Models Describing the Effects of Temperature on the Development of the Fall Armyworm *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Insects*, **13**, Article No. 1084. https://doi.org/10.3390/insects13121084

[15] 国家气象信息中心. 中国气象数据网[EB/OL]. https://data.cma.cn/, 2025-06-01.

[16] 伊宁县 2025 年国民经济和社会发展统计公报[EB/OL]. https://www.xjyn.gov.cn/xjyn/c113704/202606/40eb1611fec04e1ea5f4175bb70b596d.shtml, 2026-06-23.

[17] Saaty, T.L. (2002) Decision Making with the Analytic Hierarchy Process. *Scientia Iranica*, **9**, 215-229.

[18] Hamidah, M., Mohd Hasmadi, I., Chua, L.S.L., Yong, W.S.Y., Lau, K.H., Faridah-Hanum, I., *et al*. (2022) Development of a Protocol for Malaysian Important Plant Areas Criterion Weights Using Multi-Criteria Decision Making—Analytical Hierarchy Process (MCDM-AHP). *Global Ecology and Conservation*, **34**, e02033. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2022.e02033

[19] 张宇, 迟海鹏, 张苹, 等. 低温处理对草地贪夜蛾生存力的影响[J]. 环境昆虫学报, 2025, 47(5): 1447-1456.

[20] 谢明惠, 钟永志, 陈浩梁, 等. 草地贪夜蛾在安徽地区越冬能力初探[J]. 植物保护, 2020, 46(3): 236-241.

[21] 王磊, 陈科伟, 陆永跃. 我国草地贪夜蛾入侵扩张动态与发生趋势预测[J]. 环境昆虫学报, 2019, 41(4): 683-694.

[22] 姜玉英, 刘杰, 朱晓明. 草地贪夜蛾侵入我国的发生动态和未来趋势分析[J]. 中国植保导刊, 2019, 39(2): 33-35.

[23] 叶辉, 李永萍, 冯丹, 等. 河谷地形对草地贪夜蛾种群迁移的生态学效应[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2022, 44(1): 188-194.

[24] 郭安红, 王纯枝, 邓环环, 等. 草地贪夜蛾迁飞大气动力条件分析及过程模拟[J]. 应用气象学报, 2022, 33(5): 541-554.