

典型草原蝗虫发生规律与监测预警技术研究

仲 泰

木垒县蝗虫鼠害测报站 新疆维吾尔自治区 昌吉回族自治州 木垒哈萨克自治县 831900

【摘要】：典型草原是我国西北新疆北疆地区草地生态系统的核心组成部分，是新疆畜牧业核心生产基地，同时承担着西北边疆防风固沙、水土保持、维系区域生态平衡的关键生态功能。蝗虫是新疆典型草原优势植食性害虫，具有暴发突然、扩散迅速、危害剧烈的特征，大规模爆发时可大面积啃食天然牧草，短时间内造成草场植被损毁、产草量大幅下降，不仅严重制约新疆牧区畜牧业高质量发展，还会加剧草场退化、土地沙化与荒漠扩张风险，直接威胁北疆绿洲生态安全。蝗虫种群越冬存活、孵化发育、空间扩散与种群扩增高度依赖区域气候、土壤结构、植被群落与草场利用方式，使得新疆典型草原蝗虫发生规律呈现显著的地域性、时空差异性与年际波动性。

近年来，受全球气候变暖影响，新疆北疆区域暖干化气候趋势突出，春夏阶段性连续干旱频发，大幅优化了蝗卵越冬、孵化与蝗蛹发育的环境条件，导致北疆典型草原蝗虫发生范围持续扩张、高发频次增多、连年暴发趋势明显。同时新疆草原地域辽阔、地形复杂、偏远草场分散，传统人工踏查监测覆盖范围有限、工作效率低下、预警滞后问题突出，难以满足大面积草原虫害动态监测与精准防控需求。

本文以新疆北疆典型草原为研究区域，系统探究区域特殊气候、土壤与草场条件下蝗虫世代发育、空间分布、种群暴发的核心规律，剖析当前地面监测、定点测报、遥感监测等技术在北疆草原的应用瓶颈，结合北疆草原生态特征构建多源数据融合、天地一体化的智能化监测预警技术体系，为新疆典型草原蝗虫绿色防控、草场生态修复、牧区防灾减灾与边疆草地生态安全保障提供科学参考与技术支撑。

【关键词】：典型草原；蝗虫；发生规律；种群动态；监测预警；虫害防控；新疆北疆

DOI:10.12417/2705-0998.26.09.005

1 绪论

1.1 研究背景

我国新疆北疆广泛分布大面积典型草原，主要涵盖天山北坡草原带、准噶尔盆地周边荒漠草原过渡带、阿勒泰山前典型草原等核心区域，是我国西北干旱半干旱区最具代表性的典型草原生态系统。北疆区域以温带大陆性干旱、半干旱气候为主，全年降水稀少、春季干旱多风、夏季温热少雨、昼夜温差大；区域草原土壤多为砂质壤土，土质疏松、透气性强、排水性好，同时草原植被以针茅、羊草、隐子草、冰草等蝗虫喜食的禾本科牧草为优势群落，天然适配蝗虫产卵越冬、孵化发育、取食繁育的生存需求，是我国北方草原蝗虫的核心高发区与重点防控区域。

近年来，在全球气候变暖与区域暖干化气候驱动下，新疆北疆草原干旱化、荒漠化趋势加剧，春季持续少雨、地温回升提前，大幅降低了蝗卵越冬霉变、腐烂概率，显著提升蝗卵越冬存活率与孵化率；同时北疆部分草场存在过度放牧、草场利用不合理、植被退化、地表裸露加剧等问题，进一步优化了蝗虫产卵栖息环境，促使草原蝗虫种群基数逐年累积，区域性、阶段性暴发频次持续增加，虫害危害程度逐年加重，对北疆草原生态系统与畜牧产业造成持续性威胁。

新疆典型草原跨度极大、草场分布零散、山地与荒漠交错分布、偏远牧区交通闭塞，草原蝗虫兼具群居性、爆发性与远

距离迁飞扩散特性，一旦高密度种群形成，可快速实现跨乡镇、跨区域扩散蔓延，常规防控措施往往滞后于虫害发展速度，极易形成连片重大虫灾。当前北疆牧区虫情监测仍以传统人工踏查为主，山地草场、荒漠边缘草场、边境草场存在大量监测盲区，无法实现全域动态摸排；现有预警方式多依赖基层植保经验与历史数据定性判断，缺乏定量化、智能化、区域化的预警模型，预报精度不足、预警时效性差，极易错过低龄蝗蛹最佳防治窗口期，造成严重的牧草减产与生态损失。

1.2 研究意义

(1) 理论意义

本文聚焦新疆北疆典型草原特殊的干旱气候、砂质土壤、植被结构与地貌特征，系统厘清区域气候波动、土壤温湿度、植被覆盖、草场退化程度与蝗虫种群消长的耦合机制，明确北疆不同地貌、不同草场类型、不同退化程度草原的蝗虫空间分布与聚集规律，补充西北干旱区典型草原蝗虫种群生态学研究内容，完善边疆草原蝗虫灾变机理与发生规律理论体系，填补新疆本地化蝗虫监测预警量化研究短板，为我国西北同类干旱草原虫害研究提供区域理论参考。

(2) 实践意义

本文结合新疆北疆草原地域辽阔、地形复杂、风沙大、极端天气多的环境特点，优化“地面定点监测+无人机巡检+卫星遥感”天地一体化监测模式，有效解决新疆偏远草场监测盲区

大、数据获取难的问题,大幅提升北疆草原虫情监测的精准度、时效性与覆盖度。通过构建适配新疆区域的多因子量化预警分级模型,实现蝗虫虫害分级、分区、分时精准预警,指导北疆牧区开展差异化、精准化绿色防控,有效压低蝗虫种群基数,减少化学药剂滥用,降低牧业经济损失。同时可维护北疆典型草原生物多样性,遏制草场退化沙化趋势,保障新疆草原生态安全与牧区畜牧业可持续发展,为西北边疆草原防灾减灾工作提供实操性技术方案。

2 典型草原蝗虫主要发生规律

本文基于新疆北疆典型草原气候、土壤、植被环境特征,结合区域蝗虫常年监测数据,系统总结区域蝗虫世代发育、空间分布、种群暴发三大核心规律。

2.1 世代发育规律

新疆北疆典型草原优势蝗虫种类多为一年一代,以卵块形式藏匿于草原表层砂质土壤中越冬,适配北疆冬季低温、春季干旱的区域气候特征。每年秋季气温下降前,成虫优先选择北疆地势偏高、排水通畅、不易积水的砂质裸地、轻度退化草场产卵,蝗卵入土后进入滞育休眠状态,抵御北疆冬季低温冻害安全越冬。

次年春季,北疆气温快速回升、土壤解冻,地表5cm土层温度稳定突破12℃时,蝗卵集中打破滞育、批量孵化出土,孵化时间集中在每年4—5月,较内蒙古草原略晚,且孵化周期受北疆春季降水、地温波动影响极大。初孵低龄蝗蚴活动能力弱,就近取食草原低矮禾本科牧草;随龄期增长,活动范围持续扩张,经多次蜕皮后羽化为成虫,夏季持续取食积累营养,秋季交配产卵后自然衰亡,完成年度世代循环。

北疆独特的暖干气候直接决定蝗虫发育成活率:春季持续干旱少雨、土壤含水率低,蝗卵霉变、病菌感染概率大幅降低,越冬存活率显著提升,当年极易形成高密度虫群;若春季出现持续性阴雨、土壤湿度过大,会导致大量卵块腐烂坏死,孵化率骤降,虫害发生程度显著偏弱。北疆干旱少雨的常态化气候,是区域蝗虫连年高发、种群基数持续累积的核心发育诱因。

2.2 空间分布规律

新疆北疆典型草原地形交错复杂,山地草原、山前平原草原、荒漠过渡草原相间分布,蝗虫产卵与栖息具备极强的环境选择性,整体呈现斑块聚集、裸地富集、退化草场集中的空间分布特征,区域差异性极为显著。

从立地条件来看,北疆山前缓坡草场、过度放牧退化草场、撂荒裸地草场,地表植被低矮稀疏、裸露砂地占比高,土壤吸热快、昼夜温差大、透气性优良,完全适配蝗卵越冬孵化需求,是北疆蝗虫常年聚集的核心高发区;而植被茂密、覆盖度高的优质原生草场,土壤湿度偏高、光照穿透弱,不利于蝗卵存活发育,虫口密度长期处于低位。

从植被群落来看,北疆以针茅、羊草、冰草为优势的禾本科纯草群落,适口性强、食源充足,蝗虫种群数量大、聚集程度高;杂类草、豆科牧草占比高的区域,食源适配性差,蝗虫分布稀疏。

2.3 种群暴发诱因规律

(1) 区域暖干气候是蝗虫暴发的主导因子

气温与降水是调控新疆北疆蝗虫种群动态的核心气象要素。北疆春季干旱是蝗虫大暴发的首要先决条件,持续干旱环境可有效降低土壤湿度、抑制病原微生物滋生,极大提升蝗卵越冬存活率与孵化率;夏季高温天气可加速蝗蚴蜕皮发育,缩短生长周期,促使成虫提前繁育,快速扩大种群基数。若北疆出现连续两年春季干旱,草场虫口密度会呈阶梯式增长,重度虫害暴发风险急剧升高。反之,夏季集中持续性降雨可浸润表层土壤、浸泡卵块,造成虫卵腐烂死亡,同时抑制成虫、蝗蚴活动,实现天然抑虫效果,降低次年虫害发生基数。

(2) 土壤与草场退化环境优化繁育条件

新疆北疆典型草原以砂壤土为主,土质疏松、排水透气性能优异,相较于黏土更适宜蝗卵藏匿、越冬与孵化,是区域蝗虫天然适生土壤条件。同时北疆部分牧区长期过度放牧、草场无序利用,导致表层牧草被过度啃食,地表裸露、土壤疏松,进一步改造出适配蝗虫产卵繁育的生境;而植被完整、覆盖度高、适度轮牧的优质草场,可有效抑制蝗虫聚集产卵,自然控虫效果显著。草场退化、裸地扩张是近年来北疆蝗虫高发区域持续扩大的重要环境诱因。

3 现有监测技术应用现状与短板

结合新疆北疆典型草原辽阔分散、地形复杂、风沙频发、温差剧烈、偏远草场多的区域特点,当前区域主流监测预警技术存在明显地域适配短板,无法完全满足北疆虫情防控需求。

3.1 传统地面人工监测局限性突出

人工样方踏查是北疆草原虫情监测的基础手段,操作简单、数据直观,适用于乡镇周边近地小规模草场监测。但新疆北疆草原幅员辽阔、草场分散、山地沟壑多、荒漠偏远区域交通闭塞,人工巡查覆盖半径有限,耗时耗力、工作效率极低,大量边境草场、深山草场、荒漠过渡草场存在监测盲区,无法实现全域全覆盖监测。同时人工调查结果受监测人员经验、取样位置、风沙天气影响较大,数据随机性误差高;监测数据多为事后汇总,实时性差,无法动态追踪北疆蝗虫迁飞扩散与种群爆发动态,难以满足大范围草原精准防控的时效需求。

3.2 定点自动化监测设备区域适配性差

虫情测报灯、野外高清监控、红外监测设备已逐步在北疆牧区试点应用,可实现点位式、全天候自动监测。但新疆北疆草原风沙大、沙尘天气频发、昼夜温差极端、冬季低温严寒、

夏季暴晒高温,野外监测设备极易出现镜头积尘遮挡、低温停机、高温故障、供电不稳定等问题,设备故障率高、野外运维难度大、使用寿命短。同时定点设备监测范围有限,单点数据仅能代表小范围草场情况,无法反映北疆大面积草原斑块化、差异化的蝗虫分布特征,空间代表性严重不足;加之风沙、杂草、阴影干扰,现有AI识别模型对北疆野外复杂场景适配度低,蝗虫识别精准度不稳定,监测数据可靠性不足。

3.3 遥感宏观监测存在早期预警盲区

卫星遥感技术可实现北疆草原大范围、全域化植被长势摸排,通过植被指数反演草场受害情况,预判虫害宏观发生趋势。但该技术属于间接监测手段,无法直接获取蝗卵基数、虫口密度、虫龄结构等核心量化指标,仅能在牧草大面积受害后识别灾害区域,无法实现早期预判。同时新疆北疆沙尘、多云天气多发,极易遮挡卫星影像,造成数据缺失、影像失真;轻度虫害、低密度蝗蝻发生区域植被受害特征微弱,遥感难以识别,存在大量早期预警盲区,无法适配北疆蝗虫“早监测、早预警、早防控”的治理需求。

3.4 区域量化预警体系尚未完善

当前新疆北疆牧区蝗虫预警多依托基层植保人员历史经验、年度气象规律做定性判断,缺乏适配北疆气候、草场特征的本地化量化预警阈值体系。尚未根据北疆虫口基数、虫龄发育阶段、干旱等级、植被退化程度、土壤条件建立标准化的轻、中、重度灾害分级标准,预警结果笼统粗放,无分区、分片、分级的精准预警。同时草原管理、气象、植保、乡镇防控部门

数据互通不畅,信息孤岛问题突出,多源数据融合研判能力不足,整体预警智能化、精细化、本地化水平偏低,难以指导北疆牧区精准开展差异化防控。

4 结语

新疆北疆典型草原干旱少雨、砂质土壤广布、禾本科牧草富集,叠加草场退化、地表裸露等人为影响,形成了适宜蝗虫越冬、孵化、繁育、扩散的天然生境,区域蝗虫发生规律具有显著的西北干旱区地域特殊性,气候暖干化是种群暴发的核心驱动因子,草场退化是虫害高发的重要助推因素。

当前北疆草原蝗虫监测预警工作存在明显短板:人工监测盲区大、效率低,野外自动化设备环境适配性差,遥感技术早期预警能力不足,且缺乏本地化、量化的预警模型,传统经验化预警模式难以适配北疆大范围草原虫害精准防控与生态保护需求。

本文构建的“天地一体化多源融合监测+本地化量化预警+多部门信息共享+生态辅助调控”技术体系,精准适配新疆北疆典型草原复杂环境,可有效提升区域虫情监测全覆盖度、数据精准度与预警时效性,能够实现蝗虫虫害早发现、早预判、早防控。研究成果可有效解决北疆草原虫害监测预警精细化不足的现实问题,对降低牧区虫害损失、遏制草场退化沙化、维护西北边疆草原生态安全、保障新疆畜牧业高质量发展具有重要实践价值,也可为我国西北同类干旱半干旱草原虫害监测防控研究提供参考。

参考文献:

- [1] 农业部草原监理中心.草原蝗虫监测技术规范[S].北京:中国农业出版社,2019.
- [2] 张泽华,李海涛.内蒙古典型草原蝗虫种群发生规律与生态调控研究[J].草地学报,2020,28(03):790-797.
- [3] 罗进仓,王凯.半干旱草原蝗虫遥感监测技术应用与优化[J].中国植保导刊,2021,41(07):15-20.
- [4] 贺达汉.草原昆虫种群生态学[M].北京:科学出版社,2018.
- [5] 刘萍,陈健.基于气象因子的草原蝗虫预警模型构建[J].草业科学,2022,39(05):967-974.
- [6] 黄训兵.无人机技术在草原虫情监测中的应用探析[J].中国农机化学报,2023,44(02):189-194.