

2021 年我国草地螟发生特点与原因分析*

张熠场^{1**} 刘 杰¹ 赵素梅² 尹祥杰³ 张云慧⁴

卞 悦¹ 曾 娟¹ 姜玉英^{1***}

(1. 全国农业技术推广服务中心, 北京 100125; 2. 内蒙古自治区农牧业技术推广中心, 呼和浩特 010010;
3. 山西省植物保护植物检疫总站, 太原 030001; 4. 中国农业科学院植物保护研究所, 北京 100093)

摘 要 【目的】草地螟 *Loxostege sticticalis* 是我国北方重要的迁飞性害虫, 对我国华北、东北、西北农牧交错区安全生产造成严重威胁。明确草地螟年度间发生特点、发生原因, 可以为今后开展监测预警和防控防治提供重要的理论依据。【方法】在华北、西北和东北等草地螟常发区, 利用高空测报灯和常规测报灯监测成虫始见期、发生盛期、蛾峰日及其发生数量; 人工踏查法调查成虫和幼虫发生田块和虫口密度, 估算其发生面积, 分析我国北方草地螟时空发生动态。【结果】2021 年我国草地螟成虫发生区域广, 在内蒙古大部分地区、河北和山西北部等地灯下蛾峰多、蛾量高, 内蒙古大部分地区和河北张家口等地田间越冬代成虫数量高, 一代幼虫在内蒙古大部地区和山西北部多地见高密度点。【结论】分析认为, 部分区域越冬虫源基数偏高是 2021 年我国草地螟在内蒙古及其周边地区中等发生的主要原因, 春季气温偏高导致大部地区越冬代成虫始见期偏早, 内蒙古中西部及其周边地区适宜的降水和温度是草地螟幼虫发生较重的关键, 风场条件是导致灯下蛾峰次数多且时空集中的重要因素, 内蒙古及其周边境内外虫源存在源库关系。

关键词 草地螟; 监测; 蛾峰

Occurrence characteristics and causes of meadow moth *Loxostege sticticalis* outbreaks in China in 2021

ZHANG Yi-Yang^{1**} LIU Jie¹ ZHAO Su-Mei² YIN Xiang-Jie³ ZHANG Yun-Hui⁴
BIAN Yue¹ ZENG Juan¹ JIANG Yu-Ying^{1***}

(1. National Agro-technical Extension and Service Centre, Beijing 100125, China; 2. Agriculture and Animal Husbandry Technology Promotion Center of Inner Mongolia, Hohhot 010010, China; 3. Plant Protection and Quarantine General Station of Shanxi Province, Taiyuan 030001, China; 4. Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100093, China)

Abstract 【Objectives】The meadow moth *Loxostege sticticalis* is an important migratory pest in northern China, which poses a serious threat to the production safety in the agricultural and pastoral intercropping areas in north, northeast and northwest China. Clarifying the characteristics and causes of the annual occurrence of the *L.sticticalis* can provide an important theoretical basis for early monitoring, prevention and control in the future. 【Methods】In north, northwest and northeast China, first appearance date, occurrence peak, moth data and occurrence number of the adults were monitored by pest monitoring lamps and high altitude lamps. Adult and larval field population densities were investigated by artificial field survey, and the occurrence area was estimated to analyze the temporal and spatial dynamics of the *L.sticticalis*. 【Results】The meadow moth, *L. sticticalis*, occurred in many parts of China in 2021. Most of Inner Mongolia, northern Hebei and Shanxi had frequent peaks of meadow moth abundance and most of Inner Mongolia and Zhangjiakou in Hebei had high numbers of overwintering adults. First generation of larvae were mostly observed in Inner Mongolia and northern Shanxi. 【Conclusion】A high number of overwintering adults was the main reason for the moderate meadow moth abundance in Inner Mongolia and

*资助项目 Supported projects: 国家重点研发计划项目 (2022YFD1400600)

**第一作者 First author, E-mail: zhangyiyang@agri.gov.cn

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: jiangyuying@agri.gov.cn

收稿日期 Received: 2022-09-16; 接受日期 Accepted: 2022-10-28

surrounding areas in 2021. The high spring temperature that year resulted in an earlier overwintering adult generation in most areas. Furthermore, suitable precipitation and temperature in central and western Inner Mongolia and surrounding areas were key factors leading to outbreaks of *L. sticticalis* larvae. Favorable wind conditions are also an important factor affecting the number of population peaks and the distribution of this pest in space and time. *L. sticticalis* populations in Inner Mongolia and surrounding areas are sources of immigrant moths for local migrations within this region.

Key words meadow moth; monitoring; moth peaks

草地螟 *Loxostege sticticalis* 是世界性的迁飞性害虫, 在亚洲、欧洲、北美洲广泛分布, 具有多食性、暴食性、间歇性发生特点, 对我国华北、东北、西北农牧交错区安全生产造成严重威胁, 在大发生年份造成产量损失达 60%, 甚至绝收 (罗礼智等, 1996; Jiang *et al.*, 2010)。2009 年 6 月我国东北及俄罗斯东西伯利亚地区出现极端低温多雨天气, 华北北部出现严重的干旱, 造成草地螟种群崩溃 (陈晓等, 2016), 终结了我国长达 15 年的第 3 发生周期。随后的 2010-2016 年一直处于轻发生阶段 (曾娟和姜玉英, 2011, 2012, 2014a, 2014b, 2016a, 2016b), 但 2018 年我国内蒙古、黑龙江、吉林三省交界处草地螟重发 (刘杰等, 2019), 专家依草地螟周期性发生规律、太阳黑子活动周期以及田间种群动态监测结果等因素分析认为, 我国草地螟第 4 个发生周期或将来临 (江幸福等, 2019)。因此持续监测草地螟发生动态, 掌握其种群变动规律, 对及时做好防控准备及其实施具有重要现实意义。本文总结了 2021 年全国草地螟发生概况、各代次成虫和幼虫发生特点, 重点分析了天气条件尤其是两次明显灯下蛾量突增的原因, 以期为进一步明确新的发生周期种群灾变规律提供重要依据。

1 材料与方法

1.1 方法

成虫采用高空测报灯、常规测报灯进行监测, 灯具类型和设置按《农作物病虫害测报观测场建设规范》(NY/T 3698-2020) 中规定的方法; 田间成虫和幼虫发生数量采用人工踏查法调查, 具体调查方法按《农区草地螟预测预报技术规范》(NY/T 1675-2008)。

1.2 数据来源

草地螟 2010-2021 年发生面积及见虫省市县数等数据资料来自全国农业技术推广服务中心《全国植保专业统计资料》(内部资料)。草地螟各代灯下监测数据由陕西、宁夏、内蒙古、河北、山西、北京、吉林、黑龙江、辽宁、新疆各级植保机构收集整理提供。月均温等气象数据来自国家气候中心 (<http://www.nmc.cn/publish/observations/mta-30days.html>, <http://www.nmc.cn/publish/observations/precipitation-30pa.html>)。

1.3 数据分析与统计

利用 Sigmaplot12.0 绘制柱状图; 使用 Python 绘制高空风场和垂直风场图。

2 结果与分析

2.1 发生概况

2.1.1 发生面积 2021 年全国草地螟成虫发生 54.1 万 hm^2 , 其中越冬代 44.1 万 hm^2 , 1 代 7.8 万 hm^2 , 2 代 2.2 万 hm^2 ; 幼虫发生 19.2 万 hm^2 , 其中 1 代 18.5 万 hm^2 (农田 13.0 万 hm^2), 2 代 0.7 万 hm^2 (农田 0.5 万 hm^2) (图 1)。与 2010-2020 年均值 (为常年值, 下同) 相比, 2021 年成虫发生面积比常年值减少 29.5%, 幼虫发生面积比常年值减少 37.8%, 是 2018 年以来发生最轻的一年, 但比 2014-2017 年明显偏高。

2.1.2 发生区域 成虫在 10 个省 (区) 发生, 内蒙古、河北、山西和新疆四省 (区) 发生面积分别占全国发生面积的 69.3%、12.9%、7.4% 和 1.9%, 陕西、宁夏、吉林和黑龙江的发生面积小于 1 万 hm^2 , 北京和辽宁零星见虫。幼虫在 9 个省 (区) 发生, 内蒙古、山西、河北、新疆、宁夏、黑龙江 6 省 (区) 发生面积占比分

别为 79.5%、7.4%、6.1%、5.9%、4.1%和 2.8%，陕西和吉林发生面积小于 1 万 hm^2 ，辽宁仅发生 0.001 hm^2 。

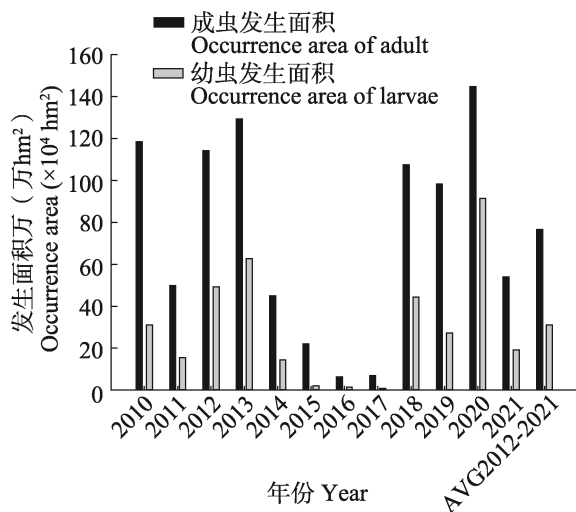


图 1 2010-2021 年全国草地螟成虫和幼虫发生面积
Fig. 1 Occurrence area of *Loxostege sticticalis* adult and larva in China from 2010 to 2021

AVG 2012-2021 为 2012-2022 年均值。

AVG 2012-2021 means the average between 2012 to 2021.

全国草地螟成虫在 10 个省 31 个市 105 县见虫，幼虫在 9 个省 23 个市 73 县发生，主要分布在新疆、宁夏、陕西、山西、内蒙古、河北、吉林和黑龙江。

越冬代成虫发生范围较广，在内蒙古、河北、山西、北京、黑龙江、吉林、辽宁、陕西、宁夏及新疆 10 个省（区、市）的 28 个市（盟）共 98 个县，见虫市、县数比常年发生数分别增加 40.0%、66.1%。主要分布在 3 个区域内，一是东北地区，即内蒙古东部与黑龙江、辽宁与吉林 3 省相邻区域，二是华北和西北东部地区，即内蒙古中西部与河北、山西、陕西和宁夏 4 省（区）北部相邻区域，三是新疆北部。1 代幼虫在内蒙古、河北、山西、黑龙江、吉林、辽宁、陕西、宁夏及新疆 9 个省（区）的 23 个市（盟）共 76 个县发生，比常年见虫市、县数分别增加 43.8%、111.1%。

1 代成虫在内蒙古、河北、山西、黑龙江、吉林、陕西、宁夏和新疆 8 个省（区）的 25 个市（盟）共 64 个县发生，比常年见虫市、县数

均增加了 56%。仍然分布在越冬代成虫的 3 个集中发生区，但见虫区域有所缩小；2 代幼虫仅在内蒙古、宁夏、陕西和新疆 5 个省（区）的 6 个市（盟）18 个县发生，见虫市数同常年，见虫县数比常年增加 90.0%。

2 代成虫仅在内蒙古鄂尔多斯（伊金霍洛旗、鄂托克旗、达拉特旗、杭锦旗）、兴安盟（科右前旗），宁夏石嘴山（惠农区、平罗县），陕西榆林（府谷县、横山区、神木市、靖边县），吉林白城（通榆县）4 个省（区）5 个市（盟）12 个县发生，见虫市数同常年，见虫县数比常年增加 9.1%。

2.2 发生特点

2.2.1 大部地区越冬代成虫始见日比常年偏早

据各地灯下监测，内蒙古（西部）、陕西及宁夏等西北东部常年主发区越冬代成虫始见日集中在 4 月 20-23 日，新疆为 5 月 13 日，华北和东北多为 5 月 10-22 日。与常年相比，山西、吉林的始见日偏早 14-16 d，内蒙古（西部）、陕西、辽宁和宁夏的始见日偏早 2-7 d，河北和北京始见日偏晚 2 d 和 7 d，黑龙江始见日与常年的接近。与 2020 年相比，山西、宁夏、内蒙古（西部）及吉林的始见日偏早 4-10 d，新疆、辽宁、河北和北京的始见日分别晚 5、8、13 和 22 d（表 1）。

2.2.2 灯下蛾峰次数多且发生时空集中

草地螟成虫在内蒙古中西部和东部，河北、山西、北京、陕西、宁夏及新疆等省（区）北部，以及黑龙江和吉林西部，共出现 4 次蛾峰，5 月底、6 月中旬、8 月上旬分别在内蒙古鄂尔多斯、内蒙古兴安盟、内蒙古乌兰察布和山西大同灯下见较高蛾峰，4 次蛾峰发生区域、虫量不同。

2.2.2.1 第 1 次蛾峰

第 1 次蛾峰出现在 5 月中旬至 6 月初，主要在西北和华北地区发生，涉及到东北部分地区，蛾量较大地区主要在内蒙古中西部及其周边的陕西、宁夏、山西和河北等省的北部地区（表 2）。5 月中旬先在陕西北部、宁夏北部和内蒙古中西部出现，陕西定边县 5 月 10 日和宁夏平罗县 5 月 13 日高空测报灯单灯诱蛾

表 1 2021 年各省草地螟越冬代成虫灯下始见及早晚比较

Table 1 Comparison of the starting date of light trapping of overwintering adults of *Loxostege sticticalis* in 2021

省份 (或地区) Province (Region)	始见日 (月/日) First appearance date (month/day)	始见地 First occurrence region	比常年早晚 (d) * Comparison with the last 10 years (d)
内蒙古 (西部) Inner Mongolia (West)	4/20	临河区 Linhe district	+5
陕西 Shanxi	4/21	府谷县 Fugu county	+4
宁夏 Ningxia	4/23	平罗县 Pingluo county	+7
山西 Shanxi	4/21	代县 Dai county	+16
河北 Hebei	5/11	康保县 Kangbao county	- 2
辽宁 Liaoning	5/13	建平县 Jianping county	+7
北京 Beijing	5/20	延庆区 Yanqing district	- 5
黑龙江 Heilongjiang	5/21	肇州县 Zhaozhou county	0
吉林 Jilin	5/18	长岭县 Changling county	+1
新疆 Xinjiang	5/13	阿勒泰地区 Altay region	+3

+表示比常年早的天数, - 表示比常年晚的天数。

+ means days earlier than the normal year, - means days later than the normal year.

量分别为 2 685 头和 3 432 头, 内蒙古的临河区和达拉特旗 5 月 13 日常规测报灯单灯诱蛾量分别为 6 463 头和 1 182 头。5 月下旬至 6 月初, 内蒙古中西部、陕西北部、新疆北部、河北北部、山西北部、黑龙江西部等地出现或再次出现蛾峰。内蒙古达拉特旗 5 月 21 日和五原县 5 月 22 日高空测报灯单灯诱蛾量分别为 3 940 头和 4 028 头; 伊金霍洛旗 5 月 29 日常规测报灯和高空测报灯单灯诱蛾量分别 2.6 万头和 2.1 万头, 卵巢发育均为 1 级和 2 级。内蒙古临河区及陕西定边县分别于 5 月 21 日和 5 月 30 日灯下再次出现蛾峰, 单灯诱蛾量分别为 1 833 头和 1 538 头, 蛾量明显小于 5 月中旬。新疆阿勒泰地区 5 月 27-30 日常规测报灯累计诱蛾 439 头。河北康保县 5 月 29 日蛾量突增, 高空测报灯诱蛾量为 3 232 头。山西代县 5 月 30 日高空测报灯诱蛾量为 2 400 头; 大同 6 月 2-8 日高空测报灯累计诱蛾 8.0 万头, 6 月 7 日达 2.8 万头。吉林长岭县 5 月 27 日和黑龙江双城区 5 月 31 日高空测报灯诱蛾量分别为 74 头和 272 头, 辽宁北票市 6 月 5-7 日高空测报灯累计诱蛾是 351 头。

2.2.2.2 第 2 次蛾峰 第 2 次蛾峰多出现在 6 月中下旬 (表 3), 发生地点集中在内蒙古中东部

的锡林郭勒盟、赤峰市和兴安盟, 其次是华北北部的河北张家口、山西大同和忻州、北京延庆及吉林松原等地, 多点解剖雌蛾卵巢发育级别较高, 种群异地迁入特征明显。内蒙古在兴安盟及赤峰市 6 月上旬末起多地见蛾峰, 兴安盟科右前旗于 6 月 7-14 日高空测报灯出现蛾盛期, 累计诱蛾量为 156.1 万头, 6 月 12 日达 83.7 万头, 为 2021 年见虫点单日最高, 雌蛾卵巢发育为 3 级及 4 级; 乌兰浩特市及扎赉特旗在 6 月 11 日出现蛾峰, 高空测报灯诱蛾量分别为 1.6 万头和 8 200 头; 赤峰市巴林左旗 6 月 8 日、17 日常规测报灯单日诱蛾量超过 2 000 多头。河北张家口、山西大同和忻州、北京延庆及吉林松原灯下蛾峰出现在 6 月 12-29 日, 其中, 河北康保县 6 月 12 日、20 日、22 日、28 日高空测报灯诱蛾量超过 2 000 头; 围场县 6 月 15 日常规测报灯、代县 6 月 22 日高空测报灯均出现诱蛾量为 1.4 万头的蛾峰。吉林长岭 6 月 19 日、北京延庆 6 月 21 日高空测报灯分别为 248 头和 433 头。

2.2.2.3 第 3 次蛾峰 第 3 次蛾峰首先出现在 6 月末至 7 月上旬 (表 4), 仅在宁夏北部、陕西北部、新疆北部、河北北部、北京北部及辽宁西部等局部地区发生, 灯下诱蛾量明显少于前 2

表 2 2021 年草地螟灯下第 1 次蛾峰

Table 2 Comparison of the first moth peak with light trapping of *Loxostege sticticalis* in 2021

省份 Province	监测点 Monitoring point		盛发期 (月/日) Occurrence peak (month/day)	盛发期累计 诱蛾量(头) Accumulative mount (ind.)	蛾峰日(月/ 日) Moth data (month/day)	峰日蛾量 (头) Mount of moth peak (ind.)	灯具类型 Type of lamp
	市(地、盟) City (Region, League)	站点 Site					
新疆 Xinjiang	阿勒泰 Altay	阿勒泰地区 Altay region	5/27-5/30	439	5/30	162	常规测报灯 Pest monitoring lamp
宁夏 Ningxia	石嘴山 Shizuishan	平罗县 Pingluo county	5/11-5/16	7 188	5/13	3 432	高空测报灯 High altitude lamp
陕西 Shanxi	榆林 Yulin	定边县 Dingbian county	/	/	5/10	2 685	高空测报灯 High altitude lamp
					5/30	1 538	高空测报灯 High altitude lamp
内蒙古中西部 Central and western Inner Mongolia	巴彦淖尔 Bayannur	临河区 Linhe district	5/10-5/13	6 862	5/13	6 463	常规测报灯 Pest monitoring lamp
			5/17-5/21	3 498	5/21	1 833	常规测报灯 Pest monitoring lamp
		杭锦后旗 Hangjin rear banner	5/16-5/21	901	5/21	536	常规测报灯 Pest monitoring lamp
			5/28-5/31	440	5/30	382	常规测报灯 Pest monitoring lamp
		五原县 Wuyuan county	5/20-5/22	8 324	5/22	4 028	高空测报灯 High altitude lamp
		乌拉特前旗 Urad front banner	5/21-5/25	1 166	5/23	436	常规测报灯 Pest monitoring lamp
			6/4-6/7	630	6/7	214	常规测报灯 Pest monitoring lamp
			6/4-6/7	1 239	6/7	749	高空测报灯 High altitude lamp
		乌拉特中旗 Urad middle banner	6/3-6/7	1 203	6/6	372	高空测报灯 High altitude lamp
	鄂尔多斯 Erdos	达拉特旗 Dalad banner	5/12-5/13	1 267	5/13	1 182	常规测报灯 Pest monitoring lamp
			5/17-5/23	1.1×10 ⁴	5/21	3 940	高空测报灯 High altitude lamp
		伊金霍洛旗 Ejinhoro banner	5/29-5/31	3×10 ⁴	5/29	2.6×10 ⁴	常规测报灯 Pest monitoring lamp
			5/29-5/31	2.6×10 ⁴	5/29	2.1×10 ⁴	高空测报灯 High altitude lamp
山西 Shanxi	大同 Datong	大同市 Datong city	6/2-6/8	8.0×10 ⁴	6/7	2.8×10 ⁴	高空测报灯 High altitude lamp
		阳高县 Yanggao county	6/5-6/14	1.6×10 ⁴	6/13	4 502	高空测报灯 High altitude lamp
	忻州 Xinzhou	代县 Dai county	5/28-6/2	5 626	5/30	2 400	高空测报灯 High altitude lamp
河北 Hebei	张家口 Zhangjiakou	康保县 Kangbao county	5/29-5/30	3 906	5/29	3 232	高空测报灯 High altitude lamp
			6/3-6/7	4 252	6/4	1 247	常规测报灯 Pest monitoring lamp
辽宁 Liaoning	北票 Beipiao	北票市 Beipiao city	6/5-6/7	351	/	/	高空测报灯 High altitude lamp
吉林 Jilin	松原 Songyuan	长岭县 Changling county	5/27-5/31	132	5/27	74	高空测报灯 High altitude lamp
黑龙江 Heilongjiang	哈尔滨 Harbin	双城区 Shuangcheng district	5/28-5/31	379	5/31	272	高空测报灯 High altitude lamp

/为不明显或无。下表同。/ means not obvious or none. The same below.

表 3 2021 年草地螟灯下第 2 次蛾峰

Table 3 Comparison of the second moth peak with light trapping of *Loxostege sticticalis* in 2021

省份 Province	监测点 Monitoring point		盛发期 (月/日) Occurrence peak (month/day)	盛发期累计 诱蛾量 (头) Accumulative mount (ind.)	蛾峰日 (月/日) Moth data (month/day)	峰日蛾量 (头) Mount of moth peak (ind.)	灯具类型 Type of lamp
	市 (地、盟) City (Region, Leagu)	站点 Site					
内蒙古 Inner Mongolia	赤峰 Chifeng	巴林右旗 Bahrain right banner	6/11-6/15	635	6/12	286	常规测报灯 Pest monitoring lamp
		巴林左旗 Bahrain left banner	6/8-6/11	5 474	6/8	2 160	常规测报灯 Pest monitoring lamp
			6/13-6/18	6 697	6/17	2 650	常规测报灯 Pest monitoring lamp
	兴安盟 Xingan league	乌兰浩特市 Ulanhot city	6/6-6/14	6.5×10^4	6/11	1.6×10^4	高空测报灯 High altitude lamp
			6/13-6/14	4 640	6/14	3 200	常规测报灯 Pest monitoring lamp
		突泉县 Tuquan county	6/7-6/12	1 324	6/12	279	常规测报灯 Pest monitoring lamp
			6/9-6/12	5 312	6/12	1 171	高空测报灯 High altitude lamp
		科右前旗 Horqin right front banner	6/7-6/14	1.561×10^6	6/12	8.37×10^5	高空测报灯 High altitude lamp
			6/12-6/14	5 182	6/14	1 585	常规测报灯 Pest monitoring lamp
		扎赉特旗 Jalaid banner	/	/	6/11	8 200	高空测报灯 High altitude lamp
		锡林郭勒盟 Xilingol league	6/7-7/9	1 944	6/21	370	高空测报灯 High altitude lamp
河北 Hebei	鄂尔多斯 Ordos	达拉特旗 Dalat banner	6/29-7/8	1 355	7/4	401	常规测报灯 Pest monitoring lamp
		张家口 Zhangjiakou	6/10-6/15	5 098	6/12	2 232	高空测报灯 High altitude lamp
	康保县 Kangbao county		6/20-29	12 358	6/20, 6/22, 6/28	2 052, 2 264, 2 300	高空测报灯 High altitude lamp
		万全区 Wanquan district	6/20-6/23	7 928	6/21	2 576	常规测报灯 Pest monitoring lamp
		围场县 Weichang county	6/14-6/16	2.4×10^4	6/15	1.4×10^4	常规测报灯 Pest monitoring lamp
山西 Shanxi	大同 Datong	大同市 Datong city	6/5-6/14	1.6×10^4	6/13	4 502	高空测报灯 High altitude lamp
		阳高县 Yanggao county	6/21-6/28	3.4×10^4	6/22	9 680	高空测报灯 High altitude lamp
	忻州 Xinzhou	代县 Dai county	6/20-6/24	1.5×10^4	6/22	1.4×10^4	高空测报灯 High altitude lamp
吉林 Jilin	松原 Songyuan	长岭县 Changling county	6/19-6/22	440	6/19	248	高空测报灯 High altitude lamp
北京 Beijing		延庆区 Yanqing district	6/20-6/25	1 578	6/21	433	高空测报灯 High altitude lamp

表 4 2021 年草地螟灯下第 3 次蛾峰

Table 4 Comparison of the third moth peak with light trapping of *Loxostege sticticalis* in 2021

省份 Province	监测点 Monitoring point		盛发期 (月/日) Occurrence peak (month/day)	盛发期累计诱 虫量(头) Accumulative mount (ind.)	蛾峰日 (月/日)Moth data (month/day)	峰日蛾量 (头)Mount of moth peak (ind.)	灯具类型 Type of lamp
	市(地、盟) City (Region, Leagu)	站点 Site					
陕西 Shanxi	榆林 Yulin	定边县 Dinbian county	/	/	6/30	2 685	高空测报灯 High altitude lamp
宁夏 Ningxia	石嘴山 Shizuishan	平罗县 Pingluo county	6/25-7/3	4 172	6/29	1 251	高空测报灯 High altitude lamp
			7/7-9	1 705	6/29	954	常规测报灯 Pest monitoring lamp
新疆 Xinjiang	阿勒泰 Altay	阿勒泰地区 Altay region	7/5-9	506	7/5	187	常规测报灯 Pest monitoring lamp
河北 Hebei	张家口 Zhangjiakou	康保县 Kangbao county	7/6-9	457	7/8	248	高空测报灯 High altitude lamp
北京 Beijing		延庆区 Yanqing district	7/3-4	623	7/3	441	高空测报灯 High altitude lamp
辽宁 Liaoning	阜新 Fuxin	彰武县 Zhangwu county	7/6-12	766	7/6	321	常规测报灯 Pest monitoring lamp
黑龙江 Heilongjiang	哈尔滨 Harbin	双城县 Shuangcheng county	7/10-13	1 051	7/10	379	高空测报灯 High altitude lamp
吉林 Jilin	长春 Changchun	德惠县 Dehui county	/	/	7/15	440	高空测报灯 High altitude lamp
内蒙古 Mongolia	锡林郭勒盟 Xilingol	多伦县 Duolun county	7/15-26	822	7/21	296	高空测报灯 High altitude lamp

次。宁夏平罗县 6 月 25 日-7 月 3 日高空测报灯、7 月 7-9 日常规测报灯累计诱蛾量分别为 4 172 和 1 705 头,其中两灯具都在 6 月 9 日见蛾量分别为 1 257 和 954 头的蛾峰。陕西定边县 6 月 30 日灯下出现诱蛾高峰,单日诱蛾 2 685 头,为本次蛾峰虫量最高。新疆阿勒泰地区 7 月 5-9 日常规测报灯下见盛期,累计诱蛾 506 头。北京延庆、辽宁彰武县和河北康保县分别于 7 月 3-4 日、7 月 6-12 日、7 月 6-9 日高空测报灯下见盛发期,7 月 3 日、6 日和 8 日峰日蛾量分别为 441、321 和 248 头。黑龙江双城区高空测报灯于 7 月 7 日诱蛾 101 头,7 月 10-13 日诱蛾量分别为 379、38、333 和 301 头。7 月中下旬,吉林德惠县、内蒙古多伦县高空测报灯峰日诱蛾量为 440 和 296 头。

2.2.2.4 第 4 次蛾峰 第 4 次蛾峰出现在 8 月上中旬(表 5),发生区域在内蒙古西部和东部、山西北部 and 河北北部、北京延庆等地。内蒙古乌兰察布市兴和县 8 月 6-8 日高空测报灯累计诱蛾

29.3 万头,8 月 6 日峰日蛾量为 25.1 万头;乌兰察布市 8 月 4-8 日和卓资县 8 月 6-11 日高空测报灯诱蛾量分别达 2.1 万和 2.3 万头,8 月 6 日和 8 月 8 日峰日蛾量分别为 6 645 头和 6 120 头。化德县、商都县、凉城县等也同期见盛发期。山西高空测报灯见高数量蛾峰,阳高县 8 月 1-8 日和大同 8 月 4-10 日累计诱蛾 31.2 万头和 4.0 万头,两地 8 月 8 日峰日蛾量分别达 7.2 万头和 1.2 万头。河北康保县 8 月 4-16 日高空测报灯累计诱蛾量达 9 072 头,8 月 5 日和 12 日分别为 1 988 头和 2 518 头。北京延庆区 8 月 5 日高空测报灯诱蛾 363 头,随后下降,8 月 9-16 日又出现全年最高虫量的盛发期,累计诱蛾量达 3.6 万头,8 月 13 日峰值达 1.8 万头。

2.2.3 田间蛾量区域间差异明显 5 月中旬至 6 月下旬,西北、华北及东北草地螟主发区田间出现越冬代成虫,各地蛾量差异较大,蛾量高的点出现在内蒙古大部 and 河北北部(表 6)。5 月中旬至 6 月中旬内蒙古西部、中部和东部多地田间见

表 5 2021 年草地螟灯下第 4 次蛾峰

Table 5 Comparison of the forth moth peak with light trapping of *Loxostege sticticalis* in 2021

省份 Province	监测点 Monitoring point		盛发期 (月/日) Occurrence peak (month/day)	盛发期累计 诱虫量(头) Accumulative mount (ind.)	蛾峰日 (月/日) Moth data (month/day)	峰日蛾量 (头) Mount of moth peak (ind.)	灯具类型 Type of lamp
	市(地、盟) City (Region, League)	县(市、区) Site					
内蒙古 Inner Mongolia	巴彦淖尔 Bayannur	乌拉特中旗 Urad middle banner	8/13-8/15	1 366	8/13	1 262	高空测报灯 High altitude lamp
		乌拉特前旗 Urad front banner	8/7-8/15	85	8/7	25	常规测报灯 Pest monitoring lamp
	乌兰察布 Ulanqab	察右后旗 Chayouhou banner	8/2-8/8	687	8/6	150	高空测报灯 High altitude lamp
		乌兰察布市 Ulanqab city	8/4-8/8	2.1×10^4	8/8	6 645	高空测报灯 High altitude lamp
		凉城县 Liangcheng	8/4-8/7	6 753	8/6	2 210	高空测报灯 High altitude lamp
			8/6-8/7	2 488	8/6	1 255	常规测报灯 Pest monitoring lamp
		化德县 Huade county	8/6-8/8	9 650	8/7	4 810	高空测报灯 High altitude lamp
		察右前旗 Chayouqian banner	8/6-8/8	433	8/8	177	高空测报灯 High altitude lamp
		兴和县 Xinghe county	8/6-8/8	2.92×10^5	8/6	2.51×10^5	高空测报灯 High altitude lamp
			8//6-8/8	537	8/6	275	常规测报灯 Pest monitoring lamp
		卓资县 Zhuozi county	8/6-8/11	2.3×10^4	8/6	6 120	高空测报灯 High altitude lamp
		商都县 Shangdu county	8/7-8/10	7 791	8/10	2 070	高空测报灯 High altitude lamp
			8/8-8/11	376	8/8	162	常规测报灯 Pest monitoring lamp
		丰镇市 Fengzhen city	8/9-8/12	4 690	8/11	1 730	高空测报灯 High altitude lamp
	呼伦贝尔 Hulun Buir	满洲里 Manzhouli	8/3-8/10	2.3×10^4	8/4	1.0×10^4	高空测报灯 High altitude lamp
		额尔古纳市 Ergun city	8/3-8/9	6 510	8/3	2 600	高空测报灯 High altitude lamp
山西 Shanxi	大同 Datong	大同市 Datong city	8/4-8/10	4.0×10^4	8/8	1.2×10^4	高空测报灯 High altitude lamp
		阳高县 Yanggao county	8/1-8/8	3.12×10^5	8/8	7.2×10^4	高空测报灯 High altitude lamp
河北 Hebei	张家口 Zhangjiakou	康保县 Kangbao county	8/4-8/16	9 072	8/5,8/12	1 988, 2 518	高空测报灯 High altitude lamp
北京 Beijing		延庆区 Yanqing district	8/9-8/16	3.6×10^4	8/13	1.9×10^4	高空测报灯 High altitude lamp

表 6 2021 年草地螟越冬代成虫田间发生情况
Table 6 Occurrence of overwintering adults of *Loxostege sticticalis* in 2021

省份 Province	盟市(地、盟) City (Region, League)	监测点 Monitoring site	盛发期 Occurrence peak	蛾峰日(月/日) Moth data (month/day)	平均(最高)百步惊蛾量(头) Average (maximum) number of moths per hundred steps (ind.)
内蒙古 Inner Mongolia	巴彦淖尔 Bayannur	乌拉特中旗 Urad middle banner	6 月上旬 Early June	/	500 (1 000)
	鄂尔多斯 Erdos	伊金霍洛旗 Ejinhoro banner	6 月上旬 Early June	/	(1 200)
	锡林郭勒盟 Xilingol league	锡林郭勒盟 Xilingol league	6 月上旬 Early June	/	1 100 (5 000)
	通辽 Tongliao	通辽市 Tongliao city	5 月下旬-6 月中旬 Late May to middle June	/	12 (20)
	赤峰 Chifeng	赤峰市 Chifeng city	6 月中旬 Middle June	/	150 (200)
	兴安盟 Xingan	科右前旗 Horqin right front banner	5 月中旬-6 月上旬 Middle May to early June	6/13	1 130 (3 000)
		科右中旗 Horqin left middle banner	6 月上旬 Early June	6/9	1 975 (4 000)
		阿尔山市 Arxan city	6 月上旬 Early June	/	1 750 (2 000)
	呼伦贝尔 Hulun Buir	额尔古纳市 Ergun city	6 月中旬 Middle June	6/14	1 250 (2 000)
	张家口 Zhangjiakou	康保县 Kangbao county	6/11-6/14 6/20-6/23	/ /	1 250 (3 000) 2 000 (5 000)
				6/28	2 000 (3 000)
新疆 Xinjiang	阿勒泰 Altay	阿勒泰地区 Altay region	/	5/25	40 (500)
宁夏 Ningxia	石嘴山 Shizuishan	平罗县 Pingluo county	5 月中旬 Middle May	5/16	42
陕西 Shanxi	榆林 Yulin	定边县 Dingbian county	6 月初 Early June	/	51

较高蛾量,其中,巴彦淖尔市乌拉特中旗乌加河镇小麦田坝埂杂草和鄂尔多斯市伊金霍洛旗苜蓿地百步惊蛾量最高达 1 000-1 200 头,锡林郭勒盟草场平均百步惊蛾量为 1 100 头,最高达 4 000-5 000 头;兴安盟科右前旗阿力得尔苏木区敖宝嘎村最高达 2 000-3 000 头,科右中旗农田平均为 1 975 头,最高达 4 000 头;阿尔山市草场为 1 500-2 000 头。呼伦贝尔市额尔古纳市农田、草场分别为 500-1 000 头、800-2 000 头。河北康保县 6 月 11-14 日,小叶锦鸡儿盛花的田块百步惊蛾量为 1 000-1 500 头,雌蛾卵巢发育 1 级;6 月 20-23 日田间再次见成虫盛发,灰菜田块百步

惊蛾量为 1 000-3 000 头,最高为 4 000-5 000 头。通辽市、赤峰市田间蛾量较低,5 月下旬至 6 月中旬为 20-200 头。另外,5 月中旬至 6 月初,新疆阿勒泰、宁夏平罗、陕西定边和山西阳高为 40-500 头。

2.2.4 1 代幼虫发生范围广,内蒙古局部程度重
内蒙古、河北、山西、黑龙江、吉林、辽宁、陕西、宁夏及新疆 9 个省(区)草地螟 1 代幼虫发生省份中,发生面积最大的内蒙古平均虫口密度为 0.2-12 头/m²,但西部、中部和东部均见高密度发生点,6 月上旬在内蒙古巴彦淖尔、鄂尔多斯和包头,6 月中下旬在内蒙古乌兰察布、呼和

浩特、锡林郭勒、兴安盟和山西大同及朔州多地见高密度点。其中, 6 月 3 日巴彦淖尔市临河区调查一块灰菜较多的玉米田, 单株玉米最高虫量达 120 头; 6 月 7 日乌拉特旗单株玉米有虫 5-7 头; 乌拉特中旗虫口密度为 100 头/ m^2 。鄂尔多斯市 6 月 7 日调查玉米、向日葵上, 幼虫平均密度为 35 头/ m^2 。包头市 6 月 8 日调查, 土默特右旗玉米田虫口密度为 103 头/ m^2 , 九原区玉米田虫口密度 82 头/ m^2 。6 月下旬, 乌兰察布、呼和浩特、锡林郭勒盟及兴安盟多地见幼虫发生, 其中, 乌兰察布市玉米田幼虫密度为 0.5-12 头/ m^2 , 察右后旗虫口密度为 80-100 头/ m^2 。呼和浩特市土默特左旗、托克托县和赛罕区玉米田虫口密度分别为 11、65 和 40 头/ m^2 , 林格尔县草场虫口密度为 45 头/ m^2 。锡林郭勒盟马铃薯、甜菜、向日葵田幼虫密度为 3-28 头/ m^2 , 其中太仆寺旗最高达 60 头/ m^2 。兴安盟玉米田、大豆田幼虫密度一般为 0.2-1.0 头/ m^2 , 最高为 35 头/ m^2 。

在宁夏、河北、吉林、辽宁和黑龙江等大部地区 1 代幼虫轻发生, 幼虫密度一般为 0.01-2 头/ m^2 , 但山西、陕西及新疆局部出现高密度点, 其中, 山西大同市及朔州市玉米和苜蓿地重发, 6 月 18 日调查, 平均虫口密度 200-400 头/ m^2 , 最高 512 头/ m^2 。陕西榆阳区苜蓿地虫口密度平均为 21.0 头/ m^2 , 最高为 42.0 头/ m^2 。新疆阿勒泰、塔城地区苜蓿和玉米地虫口密度平均值和最高值分别为 15.1 头/ m^2 和 35.0 头/ m^2 。

2 代幼虫在新疆北部、宁夏北部、内蒙古及吉林轻发生, 陕西局部达中等发生。其中, 新疆阿勒泰地区 7 月下旬田间出现 2 代幼虫为害, 主要受害作物有苜蓿和玉米, 虫口密度为 2-11 头/ m^2 ; 宁夏 2 代幼虫农田平均密度为 0.1 头/ m^2 ; 陕西榆林神木市锦界镇苜蓿地虫口密度为 50 头/ m^2 , 3-4 龄居多。

3 讨论

2021 年全国草地螟总体偏轻发生, 发生特点主要是成虫始见期偏早、1 代幼虫发生区域广且内蒙古局部重发、灯下蛾峰次数多且时空集中。通过对境内虫源基数、4-8 月北方农牧区温

湿度及空中风场情况综合分析, 得出以下结论。

3.1 虫源基数偏高是 2021 年局部草地螟中等发生的主要原因

境内越冬基数偏高是导致内蒙古及其周边地区草地螟中等发生主要原因。2020 年秋季在内蒙古巴彦淖尔五原县、乌特拉前旗、乌特拉中旗, 鄂尔多斯杭锦旗, 乌兰察布四王子旗、兴和县, 兴安盟突泉县以及河北张家口康保县、张北县、沽源县和承德丰宁县, 共计 2 个省(区)6 市(盟)11 县(旗)查到越冬活茧。两省(区)越冬面积分别为 1.07 万 hm^2 和 0.16 万 hm^2 , 全国越冬面积仅 1.04 万 hm^2 , 越冬活茧加权平均密度, 内蒙古为 0.52 头/ m^2 , 其中四子王旗和杭锦旗分别为 23.5 头/ m^2 和 25.9 头/ m^2 , 四子王旗最高密度达 115 头/ m^2 ; 河北为 1.23 头/ m^2 , 全国越冬总虫量为 6 154 万头, 是 2018—2019 年均值的 14.7 倍。

3.2 春季气温偏高导致大部地区越冬代成虫始见期偏早

成虫始见期偏早原因是春季北方农牧区气温偏高。草地螟蛹的发育起点温度为 11 $^{\circ}\text{C}$, 且发育历期随温度的升高而缩短(曾娟, 2015; 罗礼智, 2016)。根据国家气候中心数据(<http://www.nmc.cn/publish/observations/mta-30days.html>, <http://www.nmc.cn/publish/observations/precipitation-30pa.html>), 4 月份西北、华北农牧区平均气温为 11.6 $^{\circ}\text{C}$, 接近常年, 其中内蒙古月平均气温为 8.1 $^{\circ}\text{C}$, 但巴彦淖尔北部偏高 1-2 $^{\circ}\text{C}$, 局部地区偏高 2-4 $^{\circ}\text{C}$, 有利于草地螟越冬蛹发育, 导致大部地区成虫始见期偏早。

3.3 内蒙古中西部及其周边地区适宜的降水和温度是草地螟幼虫发生较重的关键

研究证明, 最适合草地螟种群增长的气温是 21-22 $^{\circ}\text{C}$, 相对湿度是 60%-80%(唐继洪, 2016; 曾娟等, 2018)。根据国家气候中心数据, 6 月份宁夏、陕西、山西、内蒙古中西部和河北大部平均气温为 19.4 $^{\circ}\text{C}$, 比常年偏高 0-1 $^{\circ}\text{C}$, 其中内蒙古西部与陕西和甘肃交界处偏高 1-2 $^{\circ}\text{C}$; 内

蒙古中西部、河北和山西北部及新疆北部等草地螟主发区大部降水量接近常年至偏多 50%，马莲、蒲公英等杂草和榆叶梅、山杏树等乔灌植物长势好，蜜源植物丰富，如河北康保县 6 月有 40 000 hm² 小叶锦鸡儿进入盛花期，有利于草地螟种群发育和定殖。同时，内蒙古巴彦淖尔、鄂尔多斯、包头和山西大同、朔州等 1 代幼虫重发区域降雨量与常年相近，温湿度对越冬代成虫定殖和 1 代幼虫的生长发育有利，造成以上区域 1 代幼虫重发，而内蒙古东北部、东北地区西北部和南部等地降水较常年偏多 3 成至 4 倍，田间湿度过高，不利于成虫产卵和幼虫存活，从而导致田间发生相对较轻。

而 8 月份气候条件不利于 1 代成虫在大部地区的定殖。根据国家气候中心数据，8 月份，内蒙古西部、新疆北部、宁夏、陕西及山西大部气温正常至偏高 2℃，内蒙古、宁夏、陕西、山西及河北东部降水量与常年接近至减少 50%，其中内蒙古西部和陕西北部偏少 50%-100%，高温干旱的天气条件不利于 1 代成虫的定殖，尽管内蒙古兴和县、山西阳高县、河北康保县及北京延庆区等地 8 月份灯下出现明显蛾峰，但均未在当地滞留。

3.4 风场条件是导致灯下蛾峰次数多且时空集中的重要因素

草地螟在我国常年有 2 次大规模迁飞活动，即 5 月下旬到 6 月上旬的越冬代成虫，以及 7 月下旬至 8 月上旬的一代成虫，2021 年同样符合这一规律。如内蒙古伊金霍洛旗 5 月 29 日常规测报灯和高空测报灯同日出 2 万多头的蛾峰，科右前旗 6 月 12 日高空测报灯见 83.7 万头的蛾量；内蒙古兴和县 8 月 6 日和山西阳高县 8 月 8 日高空测报灯诱蛾量分别高达 25.1 万头和 7.2 万头，都是典型的种群规模迁飞事件。造成再次迁飞事件的发生一是有充足的种群数量，二是成虫发生地的温湿度或寄主营养条件不适合，三是风场的运载作用，而 2021 年风场条件起到更为重要的作用。

据张云慧等（待发表）分析，5 月 29-30 日我国华北地区北部，蒙古国的大部盛行偏北风

（图 2），在内蒙古与陕西、山西及河北等交界处与偏南气流汇合发生偏转，造成内蒙古伊金霍洛旗、山西代县及河北康保等地虫量突增。6 月 8-11 日，随着副热带高压的增强，主要发生区逐渐被西南偏西气流所控制，有利于华北和中蒙边界种群向东北方向迁飞。6 月 11-12 日内蒙古兴

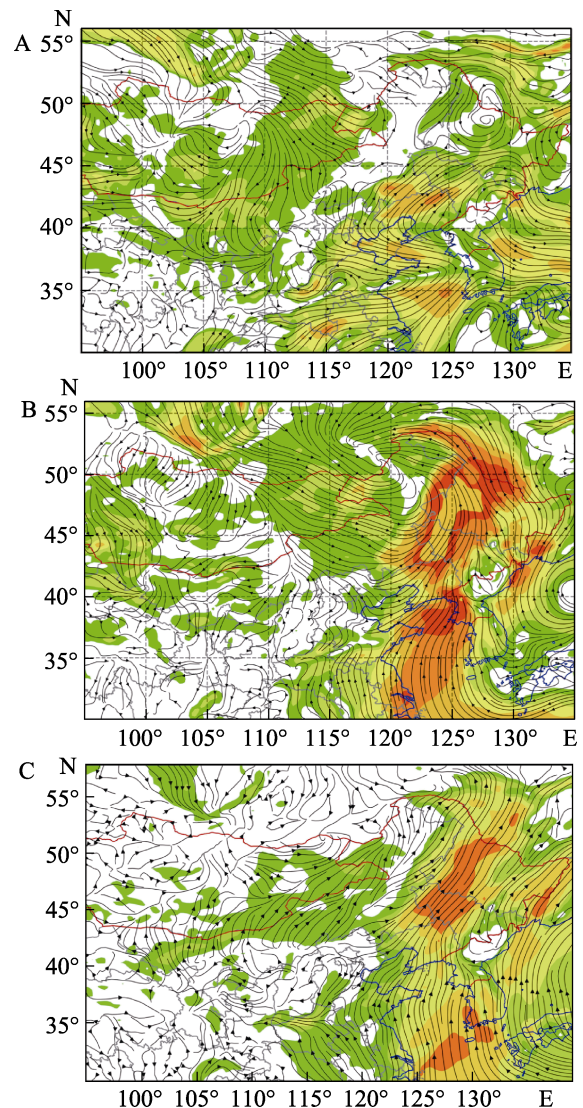


图 2 2021 年 5 月底至 6 月上旬
我国东北地区 18:00 风场

Fig. 2 18:00 wind fields in northeast China from the end of May to the early June in 2021

A. 2021 年 5 月 29 日至 30 日高空风场；

B. 2021 年 5 月 31 日至 6 月 1 日高空风场；

C. 2021 年 6 月 8 日至 11 日高空风场。

A. Upper atmosphere wind from May 29th to 30th, 2021;

B. Upper atmosphere wind from May 31th to June 1st, 2021;

C. Upper atmosphere wind from June 8th to 11th, 2021.

安盟及周边地区出现明显的下沉气流,造成了草地螟在兴安盟地区集中降落,当日科右前旗单灯诱虫量 83.7 万头。6 月 13-20 日东北地区受气旋天气影响,形成低压中心,给当地带来大面积的降水,阻止了草地螟进一步向东北中南部地区迁飞。同期蒙古国的中南部、华北地区主要盛行偏北风,有利北部虫源区草地螟的南迁,造成河北北部、北京等地灯下出现蛾峰。

2021 年 8 月 6-8 日华北北部盛行偏南风(图 3),草地螟主要在山西、河北北部、内蒙古的乌盟及锡盟与蒙古国边界徘徊。7 日蒙俄交界地带形成气旋天气并逐渐向蒙古国的中南部移动,气旋中心所波及的达尔汗省、东方省盛蛾期分别

出现在 8 月 3-14 日和 8 月 7-18 日,其中蛾峰日同在 8 月 8 日,诱蛾量均为 21 万头。13-15 日我国盛行的偏南气流与来自与蒙古国盛行的偏北气流在中蒙边界相遇,8 月 3-18 日蒙古国南戈壁省出现灯下见蛾峰,但 8 月 12-14 日有降雨,3 d 诱虫量均为 0,其中 8 月 15 日为蛾峰日,当日日均温为 23.8 °C,诱蛾量达 30 万头,印证上述分析结果。

因此,内蒙古及其周边境内外虫源互为源和库的关系,做好我国草地螟准确预报,需要国内区域间或国家间建立联合监测、信息共享及联防联控机制,提升区域监测防控技术水平,推动实现区域性可持续治理。

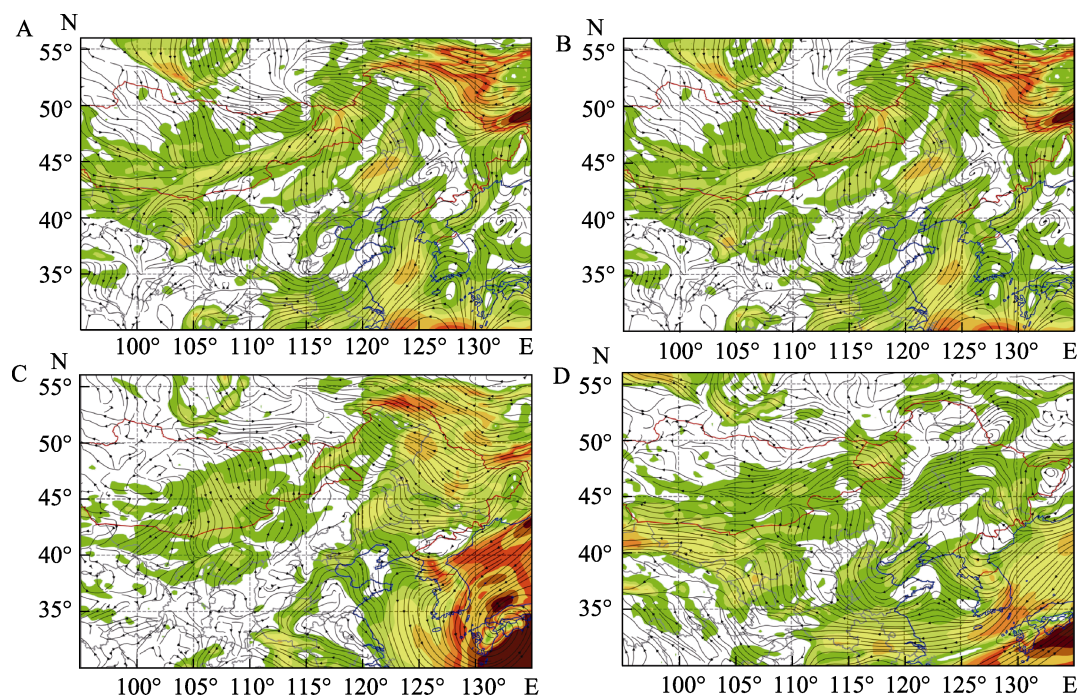


图 3 2021 年 8 月上中旬我国东北地区 18:00 风场

Fig. 3 18:00 wind field in northeast China first and middle August in 2021

A. 2021 年 8 月 6 日至 7 日高空风场; B. 2021 年 8 月 7 日至 8 日高空风场;

C. 2021 年 8 月 8 日至 9 日高空风场; D. 2021 年 8 月 14 日至 15 日高空风场。

A. Upper atmosphere wind from August 6th to 7th, 2021; B. Upper atmosphere wind from August 7th to 8th, 2021;

C. Upper atmosphere wind from August 8th to 9th, 2021; D. Upper atmosphere wind from August 14th to 15th, 2021.

参考文献 (References)

Chen X, Jiang YY, Meng ZP, Chen K, Kang AG, Li CM, Zhai BP, 2016. Extreme climate has become an important factor causing the termination of outbreak periods of *Loxostege sticticalis*

(Lepidoptera: Pyralidae) in China. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 59(12): 1363–1375. [陈晓, 姜玉英, 孟正平, 陈阔, 康爱国, 李春民, 翟保平, 2016. 极端气候成为我国草地螟暴发周期终结的重要因子. 应用昆虫学报, 59(12): 1363–1375.]

- Liu J, Jiang YY, Zeng J, Chen Y, Wang CR, Zhang YH, Tao YL, 2019. Meadow moth *Loxostege sticticalis* occurred severely in partial area of northeast of China in 2018. *China Plant Protection*, 39(5): 36–41. [刘杰, 姜玉英, 曾娟, 陈阳, 王春荣, 张云慧, 陶元林, 2019. 2018 年我国东北局部草地螟重发. 中国植保导刊, 39(5): 36–41.]
- Jiang XF, Cao WJ, Zhang L, Luo Z, 2010. Beet webworm (Lepidoptera: Pyralidae) migration in China: Evidence from Genetic markers. *Environmental Entomology*, 39(1): 232–242.
- Jiang XF, Zhang L, Cheng YX, Jiang YY, Liu J, 2019. The fourth occurrence cycle of the beet webworm *Loxostege sticticalis* may be coming in China. *Plant Protection*, 45(4): 79–81. [江幸福, 张蕾, 程云霞, 姜玉英, 刘杰, 2019. 草地螟第 4 个发生周期或即将来临. 植物保护, 45(4): 79–81.]
- Luo LZ, Cheng YX, Tang JH, Zhang L, Jiang XF, 2016. Temperature and relative humidity are the key factors for population dynamics and outbreak of the beet webworm, *Loxostege sticticalis*. *Plant Protection*, 42(4): 1–8. [罗礼智, 程云霞, 唐继洪, 张蕾, 江幸福, 2016. 温湿度是影响草地螟发生为害规律的关键因子. 植物保护, 42(4): 1–8.]
- Luo LZ, Li GB, Cao YZ, 1996. The third cycle of *Loxostege sticticalis* infestation has arrived. *Plant Protection*, 22(5): 50–51. [罗礼智, 李光博, 曹雅忠, 1996. 草地螟第 3 个猖獗危害周期已经来临. 植物保护, 22(5): 50–51.]
- Tang JH, 2016. Responses and adaptation of the beet webworm, *Loxostege sticticalis* (Lepidoptera: Carambidae) to the variations in temperature and humidity. Doctoral dissertation. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences. [唐继洪, 2016. 草地螟对温湿度变异的适应与反应. 博士学位论文. 北京: 中国农业科学院.]
- Zeng J, 2015. Temporal and spatial patterns of meadow moth (*Loxostege sticticalis* L.) in mild occurrence years in China and the associated climatic background. *Acta Ecol. Sin.*, 35(6): 1899–1909. [曾娟, 2015. 我国草地螟轻发年份时空特征及其气候背景. 生态学报, 35(6): 1899–1909.]
- Zeng J, Jiang YY, 2011. Analysis on new characteristics and causes of mild occurrence of the meadow moth (*Loxostege sticticalis* L.) in 2010 in China. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 27(18): 273–281. [曾娟, 姜玉英, 2011. 2010 年我国草地螟轻发年份的新特点与成因探讨. 中国农学通报, 27(18): 273–281.]
- Zeng J, Jiang YY, 2012. Analysis on the cause of mild occurrence of the meadow moth (*Loxostege sticticalis* L.) in 2011. *China Plant Protection*, 32(8): 37–39. [曾娟, 姜玉英, 2012. 2011 年草地螟发生特点与成因探讨. 中国植保导刊, 32(8): 37–39.]
- Zeng J, Jiang YY, 2014a. Analysis on the characteristics and causes of mild occurrence of the meadow moth (*Loxostege sticticalis* L.) in China in 2013. *China Plant Protection*, 34(11): 46–51, 52. [曾娟, 姜玉英, 2014a. 2013 年我国草地螟轻发特点与原因分析. 中国植保导刊, 34(11): 46–51, 52.]
- Zeng J, Jiang YY, 2014b. Occurrence characteristics and causes of the meadow moth *Loxostege sticticalis* in China in 2012. *Plant Protection*, 40(1): 142–148. [曾娟, 姜玉英, 2014a. 我国 2012 年草地螟发生特点与成因探讨. 植物保护, 40(1): 142–148.]
- Zeng J, Jiang YY, 2016a. Analysis on occurrence of the meadow moth *Loxostege sticticalis* in China in 2014. *Plant Protection*, 42(4): 194–199. [曾娟, 姜玉英, 2016a. 2014 年我国草地螟发生情况解析. 植物保护, 42(4): 194–199.]
- Zeng J, Jiang YY, 2016b. The meadow moth *Loxostege sticticalis* continued mild occurrence in China in 2015. *China Plant Protection*, 36(9): 44–48. [曾娟, 姜玉英, 2016b. 2015 年我国草地螟持续轻发. 中国植保导刊, 36(9): 44–48.]
- Zeng J, Jiang YY, Liu J, 2018. The regional pattern of *Loxostege sticticalis* L. varied during a new occurrence intermission in China. *Acta Ecologica Sinica*, 38(5): 1832–1840. [曾娟, 姜玉英, 刘杰, 2018. 我国草地螟发生间歇期的区域格局变化. 生态学报, 38(5): 1832–1840.]