

气象因子对佳木斯大豆蚜发生数量的影响与预测模型的创建

王自杰 王洪武 杨晓贺 姚亮亮 高雪冬 邱磊
张家智 董良旭 张旭 丁俊杰 张茂明

(黑龙江省农业科学院佳木斯分院 / 农业农村部佳木斯作物有害生物科学观测试验站 / 国家大豆产业技术体系佳木斯综合试验站 / 三江平原主要作物育种栽培重点实验室, 佳木斯 154007)

摘要: 为了探究气象因素对佳木斯大豆蚜发生数量的影响, 收集整理了2015–2024年17个基础气象因子与大豆蚜调查数据, 进行灰色关联分析与逐步回归分析研究, 建立预测模型。结果表明: 7月上旬平均气温(X_3)、7月上旬累计降水量(X_{10})、7月中旬累计降水量(X_{11}) 3个因子对该地区全年大豆蚜发生数量的影响最为关键, 预测模型为 $Y = -20464.278 + 6527.653X_3 + 2609.345X_5 - 230.775X_9 - 552.385X_{10} - 4006.556X_{11} + 117.117X_{16}$ 。利用模型可以提前对全年大豆蚜危害等级进行预测, 2024年预测危害等级与实际发生情况相符, 预测模型具有有效利用价值。

关键词: 气象因素; 大豆蚜; 灰色关联分析; 回归分析; 预测模型

Impact of Meteorological Factors on the Occurrence of Soybean Aphids in Jiamusi and the Creation of a Prediction Model

WANG Zijie, WANG Hongwu, YANG Xiaohe, YAO Liangliang, GAO Xuedong, QIU Lei,
ZHANG Jiazhi, DONG Liangxu, ZHANG Xu, DING Junjie, ZHANG Maoming

(Jiamusi Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences/Jiamusi Crop Pest Science Observation and Experimental Station, Ministry of Agriculture and Rural Affairs/Jiamusi Comprehensive Experimental Station, National Soybean Industry Technology System/Key Laboratory of Major Crop Breeding and Cultivation in Sanjiang Plain, Jiamusi 154007, Heilongjiang)

大豆蚜 (*Aphis glycines* Matsumura) 属同翅目、蚜科、蚜属, 是佳木斯地区大豆生产需要防治的主要虫害之一。大豆蚜越冬卵在春季平均温度高于10℃时孵化, 并在鼠李属植物上孤雌生殖1~2代, 发生有翅型蚜时开始迁飞至大豆田^[1], 在东北孤雌胎生10余代^[2]。大豆蚜聚集在植株上吸食汁液^[3], 造成植株茎叶卷缩、节间缩短、植株矮化^[4-5], 为害严重时叶片早落, 可使整株逐渐死亡^[6]。大豆蚜虫也是苜蓿花叶病毒、大豆花叶病毒、烟草环斑病毒、马铃薯

薯Y病毒、花生矮化病毒等的传播媒介^[7-12], 这些病毒会进一步加剧大豆生长不良, 导致减产。

大豆蚜的种群数量受环境因素、天敌因素和田间管理等多种因素的制约, 其中气象条件是极为重要的因素之一^[13]。温度、光照、湿度、降雨和气流等物理因子不但直接影响害虫的生长发育、繁殖、生存, 还会影响寄主植物或天敌, 间接干扰害虫的发生^[14]。王冰等^[15]采用人工模拟风雨气象因子的方法, 研究了吹风和喷水对麦长管蚜种群数量的干扰作用, 研究认为风雨的强度越大, 对蚜虫的防治效果越好; 李芝茹等^[16]利用灰色关联分析研究降水、气温、风速等气象因子与落叶松毛害虫发生面

积的关联关系,通过分析验证认为可从上年8月降水量、全年极端气温、3月降水量为切入点预测年落叶松毛虫发生数量;董爽^[17]选用年度大豆蚜田间发生的种群动态与其相对应的气象因子进行单因子相关分析,之后依次叠加一年种群动态与对应气象因子进行单因子相关分析,筛选出对大豆蚜种群动态变化具有显著相关性的气象因子最低气温、平均气温与平均风速,并以此作为模型因子预测哈尔滨大豆蚜发生等级。本研究采用灰色关联分析、逐步回归分析解析气象因子对近年来佳木斯地区大豆蚜发生数量的影响,建立预测模型预测大豆蚜危害级别,以期为该地区的大豆蚜防治提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 2015–2024年供试大豆品种为合丰55,此品种对大豆蚜抗性表现为感^[18]。气象数据来源于黑龙江省农业科学院佳木斯分院微型气象站和佳木斯气象站。

1.2 试验设计 试验于2015–2024年在黑龙江省农业科学院佳木斯分院10号、15号试验地同时进行,连续重茬种植大豆。采用“垄三”栽培方式,垄距67cm,垄上双行间距15cm,播种密度为27.5万株/hm²。底肥每hm²一次性施入磷酸二铵150kg、钾肥60kg、尿素50kg。试验田除不施用杀虫剂外,除草剂、叶面肥、中耕等按照常规田管理。

1.3 测定项目及方法 每年分别在两块试验田按5点取样法定点调查,每个点选取20株大豆。调查日期为每年6月15日至9月10日,每隔6d调查1次大豆蚜数量,遇雨天顺延。调查中发现,除2018年6月大豆蚜发生数量较多,其他年份6月、9月大豆蚜发生数量都非常少,故选择当地7–8月大豆蚜发生高峰期调查。每个点调查100株大豆,将连续调查10次的大豆蚜总数作为大豆蚜发生量的基础分析数据。

目前大豆田间自然发生的大豆蚜危害级别没有统一标准,参考前人^[17,19–20]关于大豆抗蚜的分级标准,结合佳木斯近些年大豆蚜的发生情况及植株受害表型,本文依照佳木斯地区大豆蚜高发期(7–8月)的大豆蚜发生总数量制定自然危害标准为:0头<1级(轻度发生)≤10000头,10000头<2级(中度偏轻发生)≤50000头,50000头<3级(中度发生)

≤100000头,100000头<4级(中度偏重)≤200000头,200000头<5级(重度偏轻发生)≤300000头,300000头<6级(重度发生)≤500000头,7级(特重发生)>500000头。

本试验将2015–2024年各调查地点气象站收集整理的6月中旬平均气温(X_1)、6月下旬平均气温(X_2)、7月上旬平均气温(X_3)、7月中旬平均气温(X_4)、7月下旬平均气温(X_5)、8月上旬平均气温(X_6)、8月中旬平均气温(X_7)、6月中旬累计降水量(X_8)、6月下旬累计降水量(X_9)、7月上旬累计降水量(X_{10})、7月中旬累计降水量(X_{11})、7月下旬累计降水量(X_{12})、8月上旬累计降水量(X_{13})、8月中旬累计降水量(X_{14})、6月累计日照时数(X_{15})、7月累计日照时数(X_{16})、8月累计日照时数(X_{17})共17个气象因子数据作为比较序列和自变量,将2015–2024年大豆蚜发生高峰期每个点100株大豆连续调查10次的大豆蚜总数作为参考序列和因变量,分别进行灰色关联分析、逐步回归分析。

1.4 数据分析 运用Excel 2010进行关联分析计算,DPS 9.01进行逐步回归分析。

2 结果与分析

2.1 灰色关联分析

2.1.1 确定序列值 表1为2015–2024年佳木斯大豆蚜发生数量与主要气象因子,将17个气象因子数据作为比较序列 X_i ,连续10次的100株年累计蚜虫数量作为分析数据的参考序列 X_0 ,进行灰色关联分析。记为 $X_0 = \{x_0(k) | k=1, 2, \dots, 10\}$; $X_i = \{x_i(k) | k=1, 2, \dots, 10\}$, $i=1, 2, \dots, 17$ 。

2.1.2 数据标准化处理 由于 $X_0 \sim X_{17}$ 不同指标的单位 and 数量级不同,为了消除这些差异的影响,需要对数据进行无量纲化处理,按初值化进行变换。初值化变换:

$$x'_i(k) = \frac{x_i(k)}{x_i(1)}, i=0, 1, \dots, 17, k=1,$$

2, $\dots, 10$ 。其中 $x_i(1)$ 为第 i 个观测对象的第1个指标值。得到消除纲量的初值像序列,使其具有可比性。

2.1.3 计算关联系数 计算绝对差:计算第 i 个比较序列 x_i 与参考序列 x_0 在第 j 个指标上的绝对差。

$$\Delta_i(k) = |x'_0(k) - x'_i(k)|, i=0, 1, \dots, 17, k=1, 2, \dots, 10。$$

确定两极最值:找出绝对差中的

表1 2015–2024年佳木斯大豆蚜发生数量与主要气象因子

年份	气温(℃)						降水量(mm)						日照时数(h)					年累计蚜虫数量 (头)	危害 级别
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}	X_{17}		
2015	22.8	20.9	19.7	22.1	24.1	24.5	22.6	6.1	37.8	31.3	34.4	43.3	34.2	18.3	214.2	209.6	168.5	32205	2
2016	18.0	21.0	22.9	22.3	23.4	17.5	22.6	51.4	26.9	39.0	29.9	76.4	35.6	13.2	204.3	240.9	223.2	70890	3
2017	18.9	20.5	25.5	23.7	21.3	17.8	22.7	30.0	36.6	18.1	37.3	27.0	96.9	0.1	206.1	243.6	177.0	62079	3
2018	18.6	19.1	25.8	24.0	24.1	19.9	19.7	36.0	17.1	18.1	21.1	52.7	54.7	3.1	187.2	261.2	177.2	143045	4
2019	15.4	18.5	21.9	22.8	22.6	24.6	19.0	44.5	19.4	22.8	31.5	138.5	52.6	164.5	198.9	205.3	148.2	61920	3
2020	16.1	17.8	21.0	24.0	24.2	21.8	21.1	67.6	68.5	39.6	32.7	6.4	56.7	37.1	182.7	206.3	184.8	35238	2
2021	21.5	22.5	21.9	27.3	28.0	23.3	25.0	46.1	60.6	29.0	37.3	0.9	16.0	8.5	199.8	167.4	224.0	35785	2
2022	21.8	23.4	24.1	24.6	23.8	30.5	20.1	3.1	27.5	61.5	31.6	8.7	98.2	40.4	193.5	221.5	231.6	58198	3
2023	20.5	22.5	21.1	21.3	25.6	23.2	21.5	36.1	41.2	49.0	31.2	55.9	41.5	58.6	190.8	219.0	201.9	47520	2
2024	16.9	19.8	21.9	22.3	22.2	22.5	21.8	86.2	54.2	32.6	32.2	48.4	9.2	25.4	200.7	184.3	215.0	42492	2

最大值 M 和最小值 m , 即 $M=\max_i \max_k \Delta_i(k)$, $m=\min_i \min_k \Delta_i(k)$ 。计算关联系数: 关联系数计算公式为 $\xi_i(k) = \frac{m + \rho M}{\Delta_i(k) + \rho M}$, 其中 ρ 为分辨系数, 常取 0.5。关联系数反映了比较序列与参考序列在该指标上的关联程度。

2.1.4 计算关联度 关联度 r_i 是比较序列 X_i 与参考序列 X_0 之间关联程度的综合度量, 采用算术平均法计算, 公式为 $r_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \xi_i(k)$, $i=0, 1, \dots, 17$ 。

由此得到关联度 $r_1=0.878, r_2=0.897, r_3=0.915, r_4=0.902, r_5=0.896, r_6=0.890, r_7=0.894, r_8=0.619, r_9=0.873, r_{10}=0.903, r_{11}=0.892, r_{12}=0.873, r_{13}=0.886, r_{14}=0.816, r_{15}=0.889, r_{16}=0.900, r_{17}=0.913$ 。灰色关联分析结果显示, 17 个评价项与目标变量的关联度介于 0.619~0.915 之间。关联度 <0.7 说明关联度相对较差, 关联度在 0.7~0.8 之间说明二者关联度较好, 关联度 >0.8 说明二者相关性大^[21]。由于 $r_8=0.619$, 说明 6 月中旬的累计降水量与大豆蚜发生数量的关联度较差, 其余气象因子与大豆蚜发生数量的相关性大。

2.2 逐步回归分析及预测模型的建立 将灰色关联分析后关联度最小的气象因子 6 月中旬的累计降水量(X_8)排除, 其余的 16 个气象因子作为自变量 X , 2015–2024 年调查的年累计大豆蚜虫数量作为因变量 Y , 进行逐步回归分析, 筛选得到 7 月上旬平均气温(X_3), 7 月下旬平均气温(X_5), 6 月下旬累计降水量(X_9), 7 月上旬累计降

水量(X_{10}), 7 月中旬累计降水量(X_{11}), 7 月累计日照时数(X_{16})共 6 个因子。结果显示, 利用 6–8 月基础气象因子对大豆蚜发生数量进行模拟的效果较好, 依据筛选出来的气象因子, 采用逐步回归分析的方法建立了大豆蚜发生数量预测模型: $Y = -20464.278 + 6527.653X_3 + 2609.345X_5 - 230.775X_9 - 552.385X_{10} - 4006.556X_{11} + 117.117X_{16}$ 。

如表 2 所示, 7 月上旬平均气温(X_3), 7 月下旬平均气温(X_5), 7 月累计日照时数(X_{16})分别在控制其他 5 个变量后, 与大豆蚜发生数量存在极强的正线性相关, 偏相关系数分别为 0.9995、0.9973、0.9871。6 月下旬累计降水量(X_9), 7 月上旬累计降水量(X_{10}), 7 月中旬累计降水量(X_{11})与大豆蚜发生数量存在很强的负线性相关, 偏相关系数分别为 -0.9941、-0.9991、-0.9998。 T 检验值在 10.6883~78.1976 之间, 均较大, 说明 Y 与 X_i 之间的偏相关关系在统计上较为显著。所有自变量与 Y 的偏相关的 P 值都远小于极显著水平 0.01, 即这些自变量与 Y 之间真实存在线性关系。

表2 复相关关系及 T 检验

偏相关系数	数值	t 检验值	P 值
$r(Y, X_3)$	0.9995	54.1646	0.0001
$r(Y, X_5)$	0.9973	23.6205	0.0001
$r(Y, X_9)$	-0.9941	15.8791	0.0001
$r(Y, X_{10})$	-0.9991	41.3102	0.0001
$r(Y, X_{11})$	-0.9998	78.1976	0.0001
$r(Y, X_{16})$	0.9871	10.6883	0.0004

从自变量与 Y 的整体关系来看, 相关系数 $r=0.9999$, 非常接近 1, 表明自变量 $X_3, X_5, X_9, X_{10}, X_{11}, X_{16}$ 整体能够解释因变量 Y 的绝大部分变异, 与因变量 Y 存在极高的线性相关关系。 F 值为 5803.8297, 说明回归模型中自变量整体对因变量的解释能力较强。 F 检验的 P 值 (0.0001) < 0.01, 进一步证实了整个回归模型具有高度显著性, 即自变量集合对因变量 Y 的影响是极显著的, 不是由随机因素造成的。 剩余标准差 $S=520.8950$ 反映了调查值围绕回归直线的离散情况, 该值小于因变量 Y 的均值 (58937.2) 和标准差 (32402.6575), 说明回归方程的预测值与实际观测值之间的平均差异较小 (表 3)。 拟合误差的波动范围在 -617.6266~480.1258 之间, 误差率绝对值 < 1.50%, 模型的拟合效果较好。 上述各项指标都表明, 该回归模型对数据的拟合效果极佳, 自变量与因变量之间存在极显著的线性关系, 模型具有较高的可靠性和解释力。

表 3 气象因子回归方程拟合结果

样本	观测值	拟合值	拟合误差	误差率 (%)
1	32205.0000	31724.8742	480.1258	1.49
2	70890.0000	70744.1600	145.8400	0.21
3	62079.0000	62210.4719	-131.4719	-0.21
4	143045.0000	142942.5132	102.4868	0.07
5	61920.0000	62228.6402	-308.6402	-0.50
6	35238.0000	35226.8302	11.1698	0.03
7	35785.0000	35709.6341	75.3659	0.21
8	58198.0000	57970.7324	227.2676	0.39
9	47520.0000	48137.6266	-617.6266	-1.30
10	42492.0000	42476.5172	15.4828	0.04

佳木斯地区 7 月中旬即将进入防治大豆蚜的关键时期, 2024 年 7 月 15 日利用已知的气象数据 6 月下旬累计降水量 54.2mm、7 月上旬平均气温 21.9℃、7 月上旬累计降水量 32.6mm, 结合当地气象站短期气象预测 7 月中旬累计降水量 33.0mm、7 月下旬平均气温 22.8℃、7 月累计日照时数 186.5h, 将上述数据代入大豆蚜发生数量预测模型中, 结果显示大豆蚜发生数量 Y 约为 41291 头, 预测全年大豆蚜危害级别为 2 级, 属中度偏轻发生年份, 与实际调查危害级别一致。

2.3 气象因子与大豆蚜虫发生量的通径分析 对通过自变量逐步回归分析保留的对因变量影响极显著的 6 个气象因子进行通径分析, 结果见表 4。 7 月中旬累计降水量 (X_{11})、7 月上旬平均气温 (X_3)、7 月上旬累计降水量 (X_{10}) 的直接通径系数绝对值较大, 是对大豆蚜发生数量影响较大的气象因子, 其他依次为 7 月下旬平均气温 (X_5)、6 月下旬累计降水量 (X_9)、7 月累计日照时数 (X_{16})。 其中 7 月中旬累计降水量 (X_{11})、7 月上旬累计降水量 (X_{10})、6 月下旬累计降水量 (X_9) 与大豆蚜发生数量呈负相关, 7 月上旬平均气温 (X_3)、7 月下旬平均气温 (X_5)、7 月累计日照时数 (X_{16}) 与大豆蚜发生数量呈正相关。 决定系数 $R^2=0.9991$, 剩余通径系数 (0.00928) 的平方约为 0.000086, 这表明在该模型中, 自变量 $X_3, X_5, X_9, X_{10}, X_{11}, X_{16}$ 能够很好地解释因变量变化, 影响比重高达 99.99%, 其他未考虑的因素对因变量的影响较小。

3 讨论

灰色关联分析发现, 7 月各气象因子指标与大豆蚜发生数量关联度普遍高于 6 月和 8 月, 说明目标系统对该时期环境因子更为敏感。 逐步回归分析

表 4 气象因子与大豆蚜虫发生数量的通径系数

因子	直接通径系数	间接通径系数					
		→ X_3	→ X_5	→ X_9	→ X_{10}	→ X_{11}	→ X_{16}
X_3	0.4011		-0.0520	0.0624	0.0623	0.2149	0.0673
X_5	0.1506	-0.1386		-0.0464	-0.0567	-0.0479	-0.0443
X_9	-0.1239	-0.2020	0.0564		-0.0328	-0.3154	-0.0696
X_{10}	-0.2345	-0.1066	0.0364	-0.0173		-0.0318	-0.0136
X_{11}	-0.5631	-0.1530	0.0128	-0.0694	-0.0133		-0.0603
X_{16}	0.1014	0.2663	-0.0658	0.0850	0.0315	0.3351	

筛选出了与大豆蚜发生数量密切相关的6个气象因子,包括7月上旬平均气温(X_3)、7月下旬平均气温(X_5)、6月下旬累计降水量(X_9)、7月上旬累计降水量(X_{10})、7月中旬累计降水量(X_{11})、7月累计日照时数(X_{16}),其中7月的气象条件对全年大豆蚜的发生数量具有主导作用。在近些年实际调查中,大豆蚜全年的发生数量呈现出与上述气象因子紧密相关的态势。佳木斯地区6月下旬至7月中旬有翅蚜完成向大豆田迁飞,在豆田内完成全年第3~4代繁殖,这是决定全年大豆蚜繁殖基数的关键时期。该时期如果降水较少,温度范围在20~25℃之间,日照充足,则极有利于大豆蚜的繁殖,增加全年大豆蚜虫发生数量,这与刘兴龙^[14]、Mccornack等^[22]的研究结果一致。

在回归模型与通径分析中,7月上旬平均气温(X_3)、7月下旬平均气温(X_5)、7月累计日照时数(X_{16})与大豆蚜发生数量呈正相关,6月下旬累计降水量(X_9)、7月上旬累计降水量(X_{10})、7月中旬累计降水量(X_{11})与大豆蚜发生数量呈负相关。刘兴龙^[14]认为,温度是影响大豆蚜生长的主要因子,温度越高每代的历期越短,气温较高、日照充足有利于大豆蚜的繁殖和发生。徐蕾等^[23]研究认为,7月上旬平均气温较高时,可能加快了大豆蚜虫的新陈代谢速率,使其繁殖代数增加,适宜的高温也可能提升了大豆植株的生理活性,为蚜虫提供了更丰富的营养物质,有利于蚜虫取食和繁殖。大豆蚜繁殖的适宜温度一般为20~25℃^[22],较高的温度会使大豆蚜的生理活动紊乱,体内酶的活性受到影响,导致其生长发育受阻,繁殖能力下降^[24-25],而当温度超过25℃,大豆蚜成蚜寿命、繁殖力及体型大小均随温度升高而减小^[26]。这与本研究实际调查结果一致,7月下旬的气温并非越高越有利于大豆蚜的成长与繁殖。大豆蚜发生数量与降水量因子成反比,这与王冰等^[15,27]研究结果相似,可能是因为降水对蚜虫的冲刷作用降低了种群数量,或是过多降水增大了田间湿度,引发了微生物病害,抑制其繁殖,还可能是降水影响了蚜虫的迁飞和扩散行为,阻碍有翅蚜的飞行,限制其寻找新的寄主植株。

本研究结果表明,影响佳木斯地区大豆蚜全年发生数量的关键气象要素有6个,其中平均气温、日照时数为正相关要素,降水量为负相关要素。构建

的预测模型能够较为准确地预测大豆蚜发生数量,判断全年大豆蚜的危害级别。在实际生产中,可依据6~7月的气象数据,提前对大豆蚜的发生情况进行预判,提高大豆蚜的防治效果。鉴于本试验结果具有一定的地域特性,在分析预测时可依据不同地区生态条件进行模型优化。此外,田间生态系统复杂,除气象因子外,天敌数量、土壤肥力等生物和非生物因素也可能对大豆蚜发生数量产生作用,后续研究可考虑将这些因素纳入分析。

参考文献

- [1] 陈晓慧. 大豆蚜对温度和寄主植物的适应性研究. 哈尔滨: 东北农业大学, 2015
- [2] 孙永兴. 大豆抗蚜资源筛选及关键酶活性测定. 长春: 吉林农业大学, 2023
- [3] 司兆胜, 陈继光, 宋显东, 宫香余. 黑龙江省大豆蚜发生种群动态研究. 大豆科学, 2017, 36(4): 614-619
- [4] 杨晓贺. 佳木斯地区大豆蚜及其天敌种群发生规律的研究. 大豆科学, 2014, 33(1): 95-98
- [5] 范艳杰, 田镇齐, 王苏吉, 刘健, 赵奎军. 哈尔滨地区大豆蚜及其天敌昆虫的多年种群动态和相关性分析. 大豆科学, 2017, 36(1): 104-107
- [6] 樊东, 李双宇, 王晓云, 裴海英, 鲁冰瑜, 董爽, Muhammad J S. 大豆蚜 *CYP4G51* 基因克隆及吡虫啉胁迫对其诱导效应. 东北农业大学学报, 2019, 50(7): 10-17
- [7] 樊东, 董爽, 姚磊, 杨洪佳, 戴长春, 唐宇. 大豆蚜的发生与防控. 吉林农业大学学报. <https://doi.org/10.13327/j.jjlau.2025.0086>
- [8] 赵彤华, 洪玲, 钟涛, 徐蕾, 许国庆. 大豆有翅蚜传播大豆花叶病毒的趋势研究. 辽宁农业科学, 2023(5): 79-81
- [9] Clark A J, Perry K L. Transmissibility of field isolates of soybean viruses by *Aphis glycines*. Plant Disease, 2002, 86(11): 1219-1222
- [10] 刘莹静, 李正跃, 张宏瑞. 防治蚜虫控制云南马铃薯病毒病传播的对策. 中国马铃薯, 2005, 19(4): 242-246
- [11] Davis J A, Radcliffe E B, Ragsdale D W. Soybean aphid, *Aphis glycines* matsumura, a new vector of Potato Virus Y in potato. American Journal of Potato Research, 2005, 82(3): 197-201
- [12] Damsteegt V D, Stone A L, Kuhlmann M, Gildow F E, Domier L L, Sherman D J, Tian B, Schneider W L. Acquisition and transmissibility of US Soybean dwarf virus isolates by the soybean aphid, *Aphis glycines*. Plant Disease, 2011, 95(8): 945-950
- [13] 于雪莹. 长春地区大豆蚜田间发生动态及其天敌群落研究. 长春: 吉林农业大学, 2022
- [14] 刘兴龙. 黑龙江大豆蚜对大豆危害及产量损失的研究. 北京: 中国农业科学院, 2013
- [15] 王冰, 李克斌, 尹姣, 曹雅忠. 模拟风雨对麦长管蚜自然种群发展的干扰作用. 应用昆虫学报, 2011, 48(6): 1646-1654

父母本行数以 2:10 的比例标准进行移栽。厢宽 2m, 厢间距离 60cm 左右, 便于通行和通风。父本插厢面两边边行, 密度为 16.5cm × 26.4cm, 每穴 2~3 苗, 母本插父本行中间, 密度为 16.5cm × 20.0cm, “母本靠插不靠发”, 可每穴插 5 苗左右, 确保插足基本苗。

4.3 及时剥检, 预测花期, 适时调控 采用“幼穗剥检法”来预测父母本的花期。在幼穗开始分化时, 选取具有代表性的 3 个点的 2 个稻穗, 每隔 3d 对父母本进行一次剥检^[2]。根据剥检的结果, 适时进行调控。发育偏早的亲本, 撒施适量尿素或轻度割叶推迟其分化; 发育偏迟的亲本, 喷施磷酸二氢钾促进其分化。

4.4 适量适时喷施“九二〇”, 提高制种产量 信 1191Awx 在田间种植期间, 包颈明显, 需要在其幼穗分化时期喷施“九二〇”, 每 hm² 用量为 300g。第 1 次喷施“九二〇”为母本始穗期, 间隔 1d (即第 3 天) 以首次喷施的一半剂量喷施第 2 次, 以防止造成母本株高偏高。当天以每 hm² 喷施 300g 的标准对父本进行喷施, 以确保父本植株的高度高于母本, 利于在盛花期时对母本进行传粉, 提高制种产量。在父母本盛花期, 每天采用人工赶粉 2~3 次, 持续 8~10d。

4.5 科学预防稻粒黑粉病 在杂交稻制种过程中, 为防治稻粒黑粉病, 可将 15% 苯醚甲环唑溶液与 15% 丙环唑溶液混合施用, 施用量 350~450mL/hm²,

在母本的始穗期和齐穗期进行喷雾, 每个时期各 1 次, 以提高制种产量。

4.6 严格隔离, 认真去杂, 及时收获 空间隔离距离要在 200m 以上, 时间隔离花期相差 20d 以上^[3]。在杂交稻制种时, 从苗期到收割应根据父母本的全部性状, 认真严格去除杂株, 以确保收获的杂交种子纯度。当观察到大田中母本有 80% 以上的籽粒颜色金黄时及时收获^[4], 如遇多日阴雨天气可提前抢收。在收割时, 提前割去父本植株, 再对母本进行收种, 在收种期间应严格并及时清理收割机器, 并打扫晒场, 单收单晒, 防止机械混杂, 影响杂交种子的纯度^[5]。

参考文献

- [1] 沈光辉, 霍二伟, 郭桂英, 王青林, 马汉云, 陆云, 常幸远, 余林闯, 扶定. 糯性三系不育系信 1191Awx 的选育及利用. 杂交水稻, 2024, 39 (2): 49-51
- [2] 扶定, 鲁伟林, 马汉云, 霍二伟, 王青林, 沈光辉, 全瑞兰. 三系杂交糯稻新组合嘉糯 I 优 721 高产制种技术. 中国稻米, 2016, 22 (4): 88-89
- [3] 霍二伟, 沈光辉, 陈应霞, 扶定, 徐士库, 申关望, 全瑞兰, 郭桂英, 王青林, 李雨虹. 水稻糯性三系不育系信 3122Awx 的选育及应用. 杂交水稻, 2023, 38 (2): 55-57
- [4] 沈光辉, 李彩丽, 霍二伟, 王青林, 鲁伟林, 马汉云, 扶定, 郭桂英, 全瑞兰. 优质杂交糯稻新组合信优糯 5533 高产制种技术. 杂交水稻, 2017, 32 (5): 33-34
- [5] 谢植干, 石瑜敏, 刘百龙, 覃滢卜, 蒋文慧, 韦善富, 蔡涛, 周行, 王威豪. 高产优质杂交水稻新组合桂福优福香占的选育. 中国种业, 2025 (9): 144-146 (收稿日期: 2025-09-08)

(上接第 139 页)

- [16] 李芝茹, 李全罡, 樊冬温, 张北航, 张福娟, 曲哲, 王俊. 气象因素变化与虫害发生的灰色关联分析. 森林工程, 2019, 35 (4): 51-57
- [17] 董爽. 哈尔滨大豆蚜防治指标及预警模型的研究. 哈尔滨: 东北农业大学, 2020
- [18] 孟凡立, 李文滨, 段玉玺, 张大勇, 李冬梅, 王志坤. 大豆蚜虫抗性鉴定技术及抗性资源筛选. 大豆科学, 2010, 29 (3): 457-460
- [19] Jun T H, Mian M A R, Michel P A. Genetic mapping revealed two loci for soybean aphidresistance in PI 567301B. Theoretical and Applied Genetics, 2012, 124: 13-22
- [20] 戴海英. 大豆抗蚜品种筛选及药剂防治研究. 泰安: 山东农业大学, 2015
- [21] 刘晓艳. 基于灰色关联分析与 BP 神经网络的农业灌溉预测. 数学的实践与认识, 2020, 50 (8): 287-291
- [22] Mccornack B, Ragsdale D, Venette R. Demography of soybean

aphid (Homoptera: Aphididae) at summer temperatures. Journal of Economic Entomology, 2004, 97 (3): 854-861

- [23] 徐蕾, 许国庆, 刘培斌, 陈彦, 王兴亚, 赵彤华. 温度对大豆蚜生长发育和繁殖的影响. 中国油料作物学报, 2011, 33 (2): 189-192
- [24] 杜尧, 马春森, 赵清华, 马罡, 杨和平. 高温对昆虫影响的生理生化作用机理研究进展. 生态学报, 2007, 27 (4): 1565-1572
- [25] 陈晓慧, 范艳杰, 田镇齐, 刘健, 赵奎军. 温度及四种植物对大豆蚜形态发育的影响. 环境昆虫学报, 2015, 37 (2): 250-257
- [26] 霍东博. 高温变化对两种大豆蚜虫发育、繁殖及蚜型分化影响. 哈尔滨: 东北农业大学, 2023
- [27] 王冰, 李克斌, 尹姣, 杜桂林, 郭萧, 王玉卿, 曹雅忠. 风雨对麦长管蚜自然种群发展的干扰作用. 生态学报, 2009, 29 (8): 4317-4324

(收稿日期: 2025-09-01)