

文章编号: 1004-4574(2008) 03- 0125- 05

白背飞虱种群数量与气象要素关系的统计分析

吕 芬¹, 周 平², 黄新动³, 翟秀英⁴

(1. 云南农业大学烟草学院, 云南 昆明 650201; 2. 云南农业大学农学与生物技术学院, 云南 昆明 650201;
3. 云南省文山州植保植检站, 云南 文山 663000 4. 云南省富宁县植保植检站, 云南 富宁 663400)

摘要: 研究了白背飞虱种群数量与气象要素之间的关系。相关分析表明: 白背飞虱种群数量与最高气温、最低气温和相对湿度均呈指数相关; 与平均气温的最优曲线估计为 S 曲线, 其中最低气温达到极显著水平, 最高气温、相对湿度和平均气温达到显著水平。而偏相关分析则表明: 气象要素对白背飞虱种群数量变化的影响大小依次为最高气温、平均气温和最低气温, 其偏相关系数分别为 - 0.3100, 0.2689 和 - 0.2646 其余 3 个要素, 降水量、相对湿度和日照时数的不相关概率介于 39.9% 至 82.6%, 远未达到 5% 的显著水平, 说明分析方法不同可导致分析结果出现差异。

关键词: 白背飞虱; 气象要素; 统计分析

中图分类号: S435.112⁺.3 文献标识码: A

Statistical analysis of relationship between meteorological factors and group number of *Sogatella furcifera* Horvath

LÜ Fen¹, ZHOU Ping², HUANG Xin-dong³, ZHAI Xi-ying⁴

(1. College of Tobacco Science, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; 2. College of Agronomy and Biotechnology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China; 3. Station of Plant Protection and Quarantine in Wenshan Prefecture, Wenshan 663000, China; 4. Station of Plant Protection and Quarantine in Funing County, Funing 663400, China)

Abstract The relationship between group number of *Sogatella furcifera* Horvath and meteorological factors is studied in this paper. Based on correlation analysis, it is showed that the group number is exponentially correlated with the highest temperature, the lowest temperature and relative humidity. It's optimized curve with the average temperature is a "S" shaped one; its difference with the lowest temperature reaches an extreme significant level, and its differences with the highest temperature, relative humidity and average temperature reach significant level. But by the partial correlation analysis, the influence of the meteorological factors on the group number of *Sogatella furcifera* Horvath is ordinarily the highest temperature, average temperature and the lowest temperature from greatness to smallness, the partial correlation coefficients is ordinarily - 0.3100, 0.2689 and - 0.2646, the non-correlated probability of precipitation, relative humidity and the sunshine duration is 39.9% ~ 82.6%, far away from the significance level 0.05. It is also concluded that for different analysis method, the results may be not same each other.

Key words *Sogatella furcifera* Horvath; meteorological factors; statistical analysis

稻飞虱是水稻作物生长过程中影响水稻稳产、高产的主要虫害之一。一般远距离迁入造成危害, 由于

收稿日期: 2007- 06- 15 修订日期: 2007- 09- 23

作者简介: 吕芬 (1971-), 女, 讲师, 主要从事烟草栽培及烟草病虫害研究。E-mail: lfen18@163.com

耕作制度的不断改革及全球气候的异常,加之水稻品种的不断更新以及栽培管理水平的提高,尤其是杂交稻的大面积推广,其发生面积不断扩大,从最初的 200~300万 hm^2 到最严重时的 2320万 hm^2 。同时,暴发频率增加到平均每 3 a就有 2 a发生,其发生为害程度亦日趋加重^[1]。它对水稻生产的为害日益引起了人们的高度重视。过去,由于褐飞虱危害较重,国内侧重于研究褐飞虱发生程度的预测模型。20世纪 90年代以来,随着白背飞虱 (*Sogatella furcifera* Horvath) 发生频次和危害程度的大幅度提高,对白背飞虱方面的研究逐渐增多,但对白背飞虱发生程度的长期预测模型研究较少^[2]。

白背飞虱与褐飞虱相比,食性较广,耐寒力强,越冬范围稍广,能在广西至福建德化以南地区以卵在自生苗和游草上越冬,在中国海南岛南部和云南最南部地区可终年繁殖,越冬北界暖冬年份在 26°N 左右。在冬季生存区内,除当地虫源外,还有大量外地虫源迁入。在 26°N 以北的不能越冬区,每年初发虫源则全由外地迁入^[3]。研究表明^[4-5]: 春秋两季初始虫源主要来源于中南半岛等东南亚国家。从国外迁入中国的白背飞虱大致可分为 3支: 一支由泰缅北部随西南季风迁入,主降地区为云南西南边境的局部地区; 一支由菲律宾于 7-8月随台风外围气流迁入,主降地区为东南沿海; 另一支由中南半岛随盛行的西南季风于 5-6月迁入,主降两广,随后迁向全国稻区。中国白背飞虱每年均出现有规律的 5次由南向北和 3次由北向南的迁飞过程,其发生除受副高位置、季风及锋面雨区的季节变化影响外,与白背飞虱初始虫源地的关系密切。本文利用与越南接壤既是白背飞虱越冬区,又是白背飞虱迁飞通道的滇东南常年监测资料,分析了白背飞虱种群数量与常规气象要素间的统计关系,目的是利用地面常规气象观测资料估算白背飞虱种群数量,并对所选气象要素对白背飞虱种群数量变化的主次贡献进行讨论,为进行水稻白背飞虱发生趋势长期预测提供科学依据。

1 资料获取

1.1 大田白背飞虱种群动态调查

系统调查资料来源于云南省文山州富宁县植保植检站常年监测资料。1996-2002年连续 7 a在富宁县新华镇 ($23^{\circ}39'\text{N}$, $105^{\circ}38'\text{E}$, 位于云南省东南部,紧邻广西、越南,海拔高度 685.5 m,年均气温 19.5°C ,年均降水量 1156.2 mm,年平均日照数 1697 h,属亚热带季风气候) 选择 100 hm^2 连片中稻普查田,随机选择其中肥力中等稻田,采用平行多点跳跃取样法,定田不定点,随机取样,从每年 5月至 9月(从水稻返青一直调查到黄熟),每月逢 5 逢 10选择 3种不同类型、不同生长势和不同管理方式的田块,在水稻分蘖期,每块查 25点,每点查 4丛,共查 100丛; 孕穗至黄熟期,每块查 10~20点,每点查 1~2丛,共查 20~40丛,调查各种飞虱的虫口数量(百丛虫量)、虫态和虫龄并记录水稻生育期。拍查工具为 45 cm \times 33 cm \times 3.5 cm 白瓷盘。

1.2 气象资料的获取

调查期间的同期气象资料来源于富宁县气象局,包括平均气温、最高气温、最低气温、降水量、相对湿度及日照时数等 6个常规观测要素,具有很高的可靠性。

2 资料处理与分析

2.1 白背飞虱的种群数量与气象条件的关系

2.1.1 相关分析结果

白背飞虱种群数量分别与平均气温、最高气温、最低气温、降水量、相对湿度及日照时数间的最优关系,由 SPSS 统计分析软件之曲线估计 (curve estimation) 处理,在 11个模型中求其最佳,模拟结果见表 1。从中可以看出白背飞虱种群数量与最高气温、最低气温和相对湿度均呈指数相关,其中最低气温达到极显著水平,最高气温和相对湿度达到显著水平,拟合方程为:

$$\text{白背飞虱种群数量} \quad N_c = b_0 \times e^{b_1 \times t}$$

白背飞虱种群数量与平均气温的最优曲线估计为 S 曲线,并达到显著水平,拟合方程为:

$$\text{白背飞虱种群数量} \quad N_c = e^{(b_0 + b_1/t)}$$

而在选取的 11个模型中,白背飞虱种群数量与降水量和日照时数的最优曲线估计分别为复合曲线和逆(倒

数)曲线,但未达到显著水平,从单因素考虑,表明白背飞虱种群数量与降水量和日照时数无关。

表 1 白背飞虱种群数量 (PEST)与气象要素间的曲线模拟结果

Table 1 Regressive curve simulated results of relationship between group number of *Sogatella furcifera* Horvath and main meteorological factors

自变量	拟合模型	R^2	自由度	F 值	显著性概率	常数项, b_0	回归系数, b_1
平均气温	S曲线	0.073	62	4.89	0.031 [*]	-6.6739	289.582
最高气温	指数曲线	0.080	62	5.43	0.023 [*]	2.8E+07	-0.4032
最低气温	指数曲线	0.129	62	9.22	0.003 ^{**}	9.9E+07	-0.6271
降水量	复合曲线	0.055	62	3.58	0.063	333.273	0.9874
相对湿度	指数曲线	0.091	62	6.20	0.015 [*]	2.9E+07	-0.1514
日照时数	逆曲线	0.010	62	0.63	0.430	1000.77	-6646.1

注:“**”和“*”分别表示 0.01 和 0.05 的显著水平

根据表 1 的曲线模拟结果,白背飞虱种群数量的自然对数 $\ln N_G$ 与最高气温、最低气温和相对湿度呈线性相关,为初步探索各变量间的关系,特求出其零阶相关矩阵(表 2),分析表明:白背飞虱种群数量的自然对数与平均气温、最高气温、最低气温和相对湿度呈负相关关系,并达到极显著或显著水平,表明随平均气温、最高气温和最低气温的升高及相对湿度的增加,大田白背飞虱种群数量减少,从白背飞虱迁飞的角度考虑,这可以得到合理的解释。研究结果表明,当虫源地近地层温度相对于别处较高时,引起气流辐合上升,有利于虫群的起飞^[1],同时白背飞虱适应在高湿环境下迁飞^[6],空中湿度较大有利于其迁飞个体保持自身的水分,以延续其生命,因而湿度较大的空间,往往迁飞种群的密度大。在一般情况下,夏季湿度在 75% ~ 83% 时,虫量较多;而秋季空中湿度在 40% ~ 50% 时,虫量较多^[7]。观测地 5-9 月的 30 a 平均相对湿度为 76% ~ 83%,符合上述研究结论的白背飞虱迁飞湿度条件。在诸多因素中,最低气温对白背飞虱种群数量的影响最大,其次是相对湿度、最高气温和平均气温,降水量和日照时数对白背飞虱种群数量的影响不明显。

表 2 白背飞虱种群数量的自然对数与气象要素间的零阶相关矩阵

Table 2 Zero order correlation matrix between natural logarithm of group number of *Sogatella furcifera* Horvath and main meteorological factors

	$\ln N_G$	平均气温	最高气温	最低气温	降水量	相对湿度	日照时数
$\ln N_G$	1.0000	-0.268 [*]	-0.284 [†]	-0.360 ^{**}	-0.233	-0.302 [†]	-0.058
平均气温		1.0000	0.871 ^{**}	0.884 ^{**}	-0.005	-0.141	0.519 ^{**}
最高气温			1.0000	0.619 [*]	-0.110	-0.235	0.761 ^{**}
最低气温				1.0000	0.206	0.244	0.135
降水量					1.0000	0.537 [*]	-0.230
相对湿度						1.0000	-0.531 ^{**}
日照时数							1.0000

注: $D_F = 64$ “*”和“**”分别表示 0.05 和 0.01 的显著水平

同时,表 2 也表明各气象要素间存在不同程度的相关关系,如最高气温与日照时数,降水量与相对湿度等,说明 6 个气象要素彼此间相互影响,为考虑多因素对白背飞虱种群数量影响的贡献大小,特求出其偏相关矩阵(表 3)。分析表明:白背飞虱种群数量的自然对数与最高气温、平均气温、最低气温关系密切,偏相关系数分别为 -0.3100、0.2689 和 -0.2646 其次是降水量、相对湿度和日照时数偏相关系数分别为 -0.1119、0.0691 和 -0.0293 不相关概率 39.9% ~ 82.6%,远未达到 5% 的显著水平。这与表 2 的分析结果有差异,降水量的影响还高于相对湿度,说明降水量、相对湿度可能是通过温度来间接影响白背飞虱种群数量。5-9 月日最高气温和最低气温对滇东南白背飞虱种群数量的影响正好印证了侯婷婷等的研究结果:当虫源地近地层温度相对于别处较高时,引起气流辐合上升,有利于虫群的起飞,因而田间白背飞虱种群数量自然减少。这与暖冬的温度效应相反,霍治国等^[3]的研究表明:暖冬可造成白背飞虱迁入期提前、发生期延长,意味着虫口密度会比常年成倍增加,同时暖冬可使白背飞虱冬季繁殖或残存数量增加、越冬范围扩大,虫

源基数提高。

表 3 白背飞虱种群数量的自然对数与气象要素间的偏相关矩阵

Table 3 Partial correlation matrix between natural logarithm of group number of *Sogatella furcifera* Horvath and main meteorological factors

	平均气温	最高气温	最低气温	降水量	相对湿度	日照时数
$\ln N_G$	0.2689 [*]	-0.3100 [†]	-0.2646 [*]	-0.1119	0.0691	-0.0293
	$P = 0.039$	$P = 0.017$	$P = 0.043$	$P = 0.399$	$P = 0.603$	$P = 0.826$

注: $D_F = 57$

2.1.2 回归结果分析

为了评价各气象要素对白背飞虱种群数量变化的主次贡献,选取白背飞虱种群数量的自然对数为因变量,平均气温 t_{av} 、最高气温 t_{max} 、最低气温 t_{min} 、降水量 R 、相对湿度 H_R 及日照时数 h_s 为自变量,选择不同的回归模式,将得到不同的回归方程。将所选自变量全部入选回归方程后,得到的简单回归方程为:

$$\ln N_G = 10.152 + 3.713t_{av} - 1.526t_{max} - 2.639t_{min} - 6.29 \times 10^{-3}R + 6.922 \times 10^{-2}H_R - 8.05 \times 10^{-3}h_s \quad (1)$$

方程式的 F 值为 3.842, 显著性概率为 0.003, 多元相关系数 $R = 0.537$, 决定系数 $R^2 = 0.288$ 。若进行逐步回归分析,回归方程初始参数为:进入回归方程式的 F 显著水平值为 $F \leq 0.05$, 剔除回归方程式的 F 显著水平值为 $F \geq 0.1$ 。计算后得到的回归方程为:

$$\ln N_G = 18.406 - 0.627 \times t_{min} \quad (2)$$

方程式的 F 值为 9.219, 显著性概率为 0.003, 多元相关系数 $R = 0.360$, 决定系数 $R^2 = 0.129$ 。计算结果表明:白背飞虱种群数量的自然对数与最低气温呈显著负相关,说明最低气温的升高对白背飞虱种群数量的增加有抑制作用。逐步回归分析的结果与表 1 的指数曲线完全一致,但仅用最低气温作为唯一的预报指标,又明显不妥。研究表明:降雨有利于白背飞虱的降落,尤其是强下沉气流,可使白背飞虱种群大量降落,迁入时期的降雨多少和强度大小与当地白背飞虱发生消长有很好的相关关系。如广东各地白背飞虱发生程度与主要迁入期(4-5月)雨日成正相关,相关系数为 0.8981;各地白背飞虱和褐飞虱发生频率与主要迁飞期(4-5月)雨日也成正相关,相关系数分别为 0.7101 和 0.6652^[8]。高苹等^[9]的研究也表明:白背飞虱虫量与平均气温、平均最低气温、降水总量、相对湿度及平均风速的相关密切,尤其与降水总量存在极显著的相关关系。

从回归方程(1)来看,所选参数较多,计算相对复杂,且在常规气象预报工作中通常不预报日照时数,而相关分析结果表明白背飞虱种群数量的自然对数与平均气温、最高气温、最低气温和相对湿度呈负相关关系,并达到极显著或显著水平,因此我们采用上述常规气象要素拟合出与白背飞虱种群数量的自然对数的关系式,这样即可用某些常规要素的当日预报量间接求出白背飞虱种群数量的预报量,实现对白背飞虱种群数量的预报。为此,建立如下拟合方程:

$$\ln N_G = 14.523 + 3.444t_{av} - 1.508t_{max} - 2.454t_{min} + 3.035 \times 10^{-2}H_R \quad (3)$$

方程式的 F 值为 5.659, 显著性概率为 0.001, 相关系数 $R = 0.527$, 决定系数 $R^2 = 0.277$ 。统计参数表明用式(3)明显优于式(1),用式(3)来估计或预报白背飞虱种群数量更为理想,而上述各因子大多可通过每日天气预报信息获得,因此具有很强的实用性。在方程中,气象要素对白背飞虱种群数量的贡献大小依次为平均气温、最低气温、最高气温和相对湿度,这与偏相关分析的结果有差异,其原因在于偏相关分析考虑了 6 个要素,而方程式(3)仅考虑了 4 个要素,说明考虑的因素不同可以导致拟合方程中主次项的差异,这可能是未被纳入方程的其他因素对白背飞虱种群数量的综合影响,通过与它们最相关的因子在方程中反映出来。因此,拟合方程中的系数只能相对地反映各因素的作用,不一定能真正反映出各因素作用机制的本质。白背飞虱种群数量受局地因素影响较大,如白背飞虱的迁飞就受风向、风速、温度、湿度和降水等诸多因子的影响,因此可能造成不同的地区,白背飞虱种群数量的拟合方程相差甚远,选取不同因子将导致拟合出差异较大的方程,但选择常规气象要素作为预报因子,具有较强的实用性,虽然拟合出的方程式不一定是最佳方程式。所以各地应充分考虑自身的具体情况,拟合出最适合本地的方程式。

3 讨论

(1)相关分析表明,白背飞虱种群数量与最高气温、最低气温和相对湿度均呈指数相关,与平均气温的最优曲线估计为 S 曲线,其中最低气温达到极显著水平,最高气温、相对湿度和平均气温达到显著水平,曲线方程分别为:

$$N_G = 9.9 \times 10^7 \times e^{-0.6271 \times t_{\min}}$$

$$N_G = 2.8 \times 10^7 \times e^{-0.4082 \times t_{\max}}$$

$$N_G = 2.9 \times 10^7 \times e^{-0.01514 \times H_R}$$

$$N_G = e^{(-6.6739 + 289.582/t_{\text{av}})}$$

(2)偏相关分析表明,白背飞虱种群数量的自然对数与最高气温、平均气温、最低气温关系密切,偏相关系数分别为 -0.3100、0.2689 和 -0.2646。其次是降水量、相对湿度和日照时数偏相关系数分别为 -0.1119、0.0691 和 -0.0293,不相关概率 39.9% ~ 82.6%,远未达到 5% 的显著水平。

(3)线性回归分析表明,用回归方程

$$\ln N_G = 14.523 + 3.444t_{\text{av}} - 1.508t_{\text{max}} - 2.454t_{\text{min}} + 3.035 \times 10^{-2}H_R$$

来估计或预报白背飞虱种群数量更为理想,而上述各因子大多可通过每日天气预报信息获得,因此具有很强的实用性。

(4)迁入虫量的多少

在一定程度上受降雨量的影响,降雨量大、雨日多,则迁飞中的白背飞虱被迫降落定居也多,虫量随之明显增加。观测地既是白背飞虱的源地,又处于白背飞虱的迁飞通道,种群在迁出的同时还有迁入,因此影响白背飞虱种群数量的因子很多,有迁入虫量、气象、天敌、水稻品种、栽培技术和人为防治等。

参考文献:

- [1] 侯婷婷,霍治国,李世奎,等.影响稻飞虱迁飞规律的气象环境成因[J].自然灾害学报,2003,12(3):142-148
- [2] 高苹,吴洪颜,武金岗,等.水稻白背飞虱发生程度的长期预测模型[J].昆虫知识,2004,41(4),318-323.
- [3] 霍治国,陈林,叶彩玲,等.气候条件对中国水稻稻飞虱为害规律的影响[J].自然灾害学报,2002,11(1):97-102
- [4] 翟保平.区域尺度的昆虫迁飞行为与害虫间歇性猖獗[J].生态学杂志,1999,18(4):42-45
- [5] 巫国瑞,俞晓平,陶林勇.褐飞虱和白背飞虱灾害的长期预测[J].中国农业科学,1997,30(4):25-29
- [6] 叶正襄,秦厚国,黄荣华.不同湿度下白背飞虱实验种群生命表[J].植物保护学报,1992,19(4):323-329.
- [7] 邓望喜.褐飞虱和白背飞虱空中迁飞规律的研究[J].植物保护学报,1981,8(2):73-82
- [8] 包华理,陈忠诚,杨丽梅,等.广东省稻飞虱发生区划及防治策略[J].广东农业科学,1996,28-11
- [9] 高苹,武金岗,陈宁,等.大气环流特征量的水稻白背飞虱发生程度预报模型的研究[J].生态学杂志,2005,24(2):146-152