

188-192

12

第18卷第2期
1998年3月

生态学报
ACTA ECOLOGICA SINICA

Vol. 18, No. 2
Mar., 1998

影响禾谷缢管蚜种群密度的因子分析*

杨益众 戴志一 赵田芬 李浩

(扬州大学农学院植保系 扬州 225009)

5433.3
Q969.352

摘要 运用回归分析、通径分析和网络理论探讨了小麦植株体内氨基酸、蔗糖、水分和温度、光照等因子对禾谷缢管蚜种群数量及其胚胎数的单个影响和综合作用。结果表明,单个因子对麦蚜的作用符合二次多项式 $\hat{y}_2 = a + b_1x + b_2x^2$ 或三次多项式 $\hat{y}_3 = a + b_1x + b_2x^2 + b_3x^3$ 关系,5个因子的共同作用以多元非线性回归模型 $\hat{y} = a + \sum \sum (b_{ij}x_i^j) + \sum \sum (b_{i_1i_2i_3}x_{i_1}^{j_1}x_{i_2}^{j_2}x_{i_3}^{j_3})$ 拟合比较合理。计算结果指出,麦株体内蔗糖含量对麦蚜种群消长和胚胎数的影响占主导地位,其它因子所起的作用与麦蚜在麦株上所处的部位有关。最后提出了氨基酸等5因子对麦蚜种群消长起共同作用的通径网络模型。

关键词: 禾谷缢管蚜, 种群密度, 相关因子, 通径网络。

EFFECTS OF ECOLOGICAL CONDITIONS ON POPULATION DENSITY OF BIRD CHERRY-OAT APHID

Yang Yizhong Dai Zhiyi Zhao Tianfen Li Hao

(Department of Plant Protection, Agricultural College, Yangzhou University, 225009, China)

Abstract The single and comprehensive factors including the free amino acids, sucrose, content of water in wheat, temperature and light that influence the population density on *Rhopalosiphum padi* were studied according to theory of variance and path net. The relationship between some single factors and population densities of *R. padi* was $y = a + b_1x + b_2x^2$ or $y = a + b_1x + b_2x^2 + b_3x^3$. The synthetic influence on five factors to the densities of *R. padi* was analyzed by the model $\hat{Y} = a + \sum \sum (b_{ij}x_i^j) + \sum \sum (b_{i_1i_2i_3}x_{i_1}^{j_1}x_{i_2}^{j_2}x_{i_3}^{j_3})$. The sucrose in wheat was the most important in five factors that influenced the population densities and quantities of embryo. But, the function of some other factors was relative to site of *R. padi* on wheat. A path model between the population dynamics of *R. padi* on the area and the five factors was described.

Key words: *Rhopalosiphum padi*, population density, wheat, factors of correlation, path net.

禾谷缢管蚜 *Rhopalosiphum padi* 既是长江中下游地区小麦上的主要害虫, 又是几种麦蚜的优势种。关

* 徐辰武博士协助统计分析, 谨表谢意。

收稿日期: 1995-11-04, 修改稿收到日期: 1997-01-31。

于影响该蚜数量变动的因素研究,虽有一些零星报道^[1~4],但缺乏系统分析。本文从环境、小麦植株及该蚜的自身特点等方面研究该蚜近年来的密度与这些因子的关系,旨在为麦蚜的准确测报和生态治理提供更多的理论依据。

1 材料与方法

1.1 品种:扬麦5号。为长江中下游麦区大面积种植。每年均于10月25日播种,次年4月18~21日(1995年4月11日)抽穗。面积133m²,常规管理。

1.2 麦蚜数量消长的调查

自小麦抽穗始,每隔5d调查1次小麦剑叶(含剑叶)以上部位及麦株下部 $\frac{1}{3}$ 段的蚜量,至麦收割止。5点取样,每点20个单茎。详细记载蚜虫总量。

1.3 麦蚜种类、体内胚胎数的检测

1.3.1 麦蚜种类的鉴定 根据张广学等^[5]介绍的方法,每次分别取麦株上部 and 下部成若蚜多于50头,在室内于解剖镜下区分几种麦蚜。用此获得的麦蚜种类比例推断大田禾谷缢管蚜种群数量。

1.3.2 禾谷缢管蚜所含胚胎的计数 每次分麦株上部和下部 $\frac{1}{3}$ 段采禾谷缢管蚜无翅成蚜100头以上,在室内解剖镜下剔除个别非禾谷缢管蚜和高龄若蚜,然后分成3组(每组约30余头)逐头解剖卵巢,挤出胚胎,计数胚胎数,平均后折成10头成蚜所含胚胎数。

1.4 田间温度、光照的测定

以14:00~15:00为统一时间。将通风干湿表和照度计感光探头吊在长3m的竹竿端部,手持另一端使干湿表或照度计探头靠近麦株剑叶至穗间及麦株下部 $\frac{1}{3}$ 段,稳定2~3min后读数。以5点测得的数值平均后记录。

1.5 麦株体内水分、蔗糖、游离氨基酸的测定

选用40%乐果(1:2000)喷洒过的无蚜麦株。每次取30茎,将剑叶叶鞘基部茎秆和下部 $\frac{1}{3}$ 段分别剪下,称鲜重。在80℃烘箱中烘干后再称其干重,得出麦株含水量。将烘干的样品剪断磨碎后过60目筛。

1.5.1 蔗糖含量的测定 取过筛的样品500mg左右,加入10ml 82%乙醇,在80℃恒温水浴锅中抽提24h,除去乙醇,滤出样品,将样品稀释50倍后参照蔡武城等^[6]的Roe比色法测定。

1.5.2 氨基酸含量的测定 取过筛的样品500mg左右,送农学院理化测试中心用岛津835-50型氨基酸自动分析仪分析。

上述1.3~1.5工作与1.2工作同时进行。

1.6 相关性检验 将各次测得的氨基酸总量(x_1 , $\mu\text{g}/50\text{ml}$)、蔗糖含量(x_2 , $\mu\text{g}/\text{mg}$)、麦株含水量(x_3 , %)、温度(x_4 , $^{\circ}\text{C}$)、光照(x_5 , lx)分别进行平方根转换后与同期的禾谷缢管蚜数量(y_1 , 头/百茎, 对数转换)、胚胎数(y_2 , 只/10头, 平方根转换),在386⁺(软盘SAS)微机上进行分析^[7]。

2 结果与分析

2.1 氨基酸等因子对禾谷缢管蚜种群数量的影响。

研究结果指出,麦株体内氨基酸、蔗糖、含水量、田间温度、光照等5因子对禾谷缢管蚜穗部种群数量及其胚胎数的单个影响均为非线性关系(图1)。其中,氨基酸与麦蚜数量及其胚胎数的关系呈三次多项式曲线,其它4个因子与麦蚜密度及胚胎数的关系为不对称的S型曲线。

根据图1,将五个单因子与蚜虫种群数量的关系分别进行非线性回归,结果有:

$$\hat{y}_{1,3} = -107.5170 + 3.2511x_1 - 0.03166x_1^2 + 0.0001x_1^3 \quad F_{(3,77)} = 4.19^*, \quad R^2 = 0.6371 \quad (1)$$

$$\hat{y}_{2,2} = 0.6494 + 0.8526x_2 - 0.07921x_2^2 \quad F_{(2,8)} = 7.10^*, \quad R^2 = 0.6396 \quad (2)$$

$$\hat{y}_{3,2} = -10.8233 + 4.1551x_3 - 0.3136x_3^2 \quad F_{(2,8)} = 9.62^{**}, \quad R^2 = 0.7064 \quad (3)$$

$$\hat{y}_{4,2} = -7.5509 + 4.1079x_4 - 0.4033x_4^2 \quad F_{(2,5)} = 19.38^{***}, \quad R^2 = 0.8289 \quad (4)$$

$$\hat{y}_{5,2} = -1.8122 + 0.4813x_5 - 0.0120x_5^3 \quad F_{(2,8)} = 123.66^{***}, \quad R^2 = 0.9687 \quad (5)$$

(注: $F_{(0.05)(3,77)} = 4.35$, $F_{(0.05)(2,8)} = 4.46$, $F_{(0.01)(2,8)} = 8.65$,式中 $\hat{y}_{1,3}$ 为 x_1 因子影响后的三次多项式, $\hat{y}_{2,2}$ 为 x_2 因子影响后的二次多项式,余类推)。

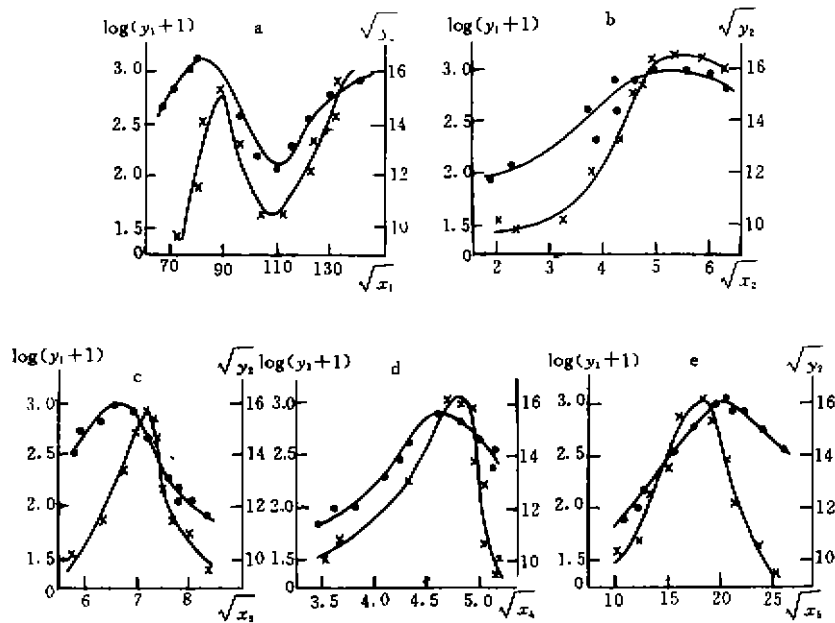


图1 禾谷缢管蚜数量(y_1)、胚胎数(y_2)与5因子($x_1 \sim x_5$)关系

Fig. 1 The relationship between densities, quantities of embryo on *R. padi* and five factors

—•—•— $y_1 - x_1$ —×—×— $y_2 - x_1$

(1)~(5)式表明,用二次或三次多项式描述穗蚜种群数量与氨基酸等单因子的关系是比较恰切的。其 F 测验除(1)式接近显著水平外,其余均达到显著或极显著水平。

2.2 影响禾谷缢管蚜种群消长因子的综合分析

禾谷缢管蚜田间密度的增减及胚胎数的多少,受植株体内营养、气候等因素的共同影响,而非某个因素的单独作用,并且因素之间也会存在着某种联系。为此,将植株体内氨基酸、蔗糖、水分含量、温度、光照等5因子对禾谷缢管蚜种群数量的综合影响进行多元多项式回归分析。采用的模型为^[7]:

$$\hat{y} = a + \sum \sum (b_{ij} x_i^j) + \sum \sum (b_{ijk} x_i^j x_k^l) \quad (6)$$

当剔除一些不显著的因子后有:

$$\hat{y} = -10.0440 + 2.6139 x_2 - 0.1740 x_3^2 + 0.2730 x_5 - 0.0055 x_5^2 \quad R^2 = 0.9923 \quad (7)$$

(7)式说明,麦株体内的蔗糖含量和光照强弱是影响穗蚜种群密度的2个主要因子,其它3个因子对麦蚜种群动态的影响则达不到显著水平,且任何两两因子之间的互作对穗蚜数量也无显著的贡献。

为了检验上述模型的合理性,需进行方差分析和 t 测验。结果, $F_{(4,5)} = 193.68$, 远远大于 $F_{0.01(4,5)} = 4.53$, 所有 t 的绝对值 ($a, b_1, \dots, b_4$) 均小于 0.05, 且决定系数 (R^2) 达到 0.9923。这说明与麦蚜种群消长有关的因子已基本包括在内,所采用的模型(6)是合理的。

同样,用模型(6)对禾谷缢管蚜体内胚胎数与上述5个因子的关系进行拟合,其方差分析和 t 测验也是显著的 ($F_{(4,6)} = 35.61, R^2 = 0.8990$)。

由于上述分析是在原始的数据上进行了各种转换,在此,将转换后数据的分析结果 F 值及决定系数 (R^2) 与原始数据的分析结果 F 值及决定系数 (R^2) 进行比较(表1),表明上述一系列数据经转换后,不但没有丢失一些重要的信息,相反地提高了分析的可靠性。

表1 转换数据与原始数据分析结果比较

Table 1 A comparison between transformation value and primitive scale

处理 Treatment	穗部蚜量 Aphids on ear		胚胎数 Embryo		基部蚜量 Aphids on bosilar		胚胎数 Embryo	
	原始值 ¹⁾	转换值 ²⁾	原始值	转换值	原始值	转换值	原始值	转换值
F Value	7.250	14.259 [△]	4.712 [△]	6.444*	6.640*	22.941**	6.521*	9.819**
R ²	0.8788	0.9345	0.8249	0.8657	0.8691	0.9582	0.8670	0.9076

注 note: 1) Primitive scale; 2) Transformation value.

2.3 影响禾谷缢管蚜种群消长因素的通径分析

上述研究表明,禾谷缢管蚜种群消长受多种因素的影响,这些因子的作用有显著与不显著之分,为了阐明显著因子中最重要以及次要因子中哪些又相对重要些,采用通径分析的结果,麦株体内的蔗糖含量是决定禾谷缢管蚜种群数量及其胚胎数的首要因素。无论是麦株穗部还是基部,其蚜量、胚胎数与蔗糖关系的通径系数(path coefficient)的绝对值均最大。对于穗蚜,麦株周围的光照及体内氨基酸是仅次于蔗糖作用的另2个重要因素;麦株基部的蚜量、温度和光照则是影响麦蚜种群消长的另2个主要因素(表2、表3)。

表2 5因子对小麦穗蚜种群消长的通径系数

Table 2 Path coefficients between the change of population on *R. padi* on the ear and five factors

项目 Item	1→ $\frac{y_1}{y_2}$	2→ $\frac{y_1}{y_2}$	3→ $\frac{y_1}{y_2}$	4→ $\frac{y_1}{y_2}$	5→ $\frac{y_1}{y_2}$
$x_1, 1 \rightarrow$	$\frac{-0.7596}{-0.6152}$	$\frac{0.5109}{0.7108^*}$	$\frac{0.4210}{0.4123}$	$\frac{-0.3386}{-0.1777^*}$	$\frac{0.5941}{0.5754^*}$
$x_2, 2 \rightarrow$	$\frac{-0.4273}{-0.3461^*}$	$\frac{0.9081}{1.2636}$	$\frac{-0.1279}{-0.1253}$	$\frac{0.2717}{0.1423^*}$	$\frac{0.1835}{0.1778^*}$
$x_3, 3 \rightarrow$	$\frac{-0.4542}{-0.3679}$	$\frac{-0.1650}{-0.2296}$	$\frac{0.7040}{0.6895}$	$\frac{-0.6113}{-0.3209^*}$	$\frac{-0.8077}{-0.7824^*}$
$x_4, 4 \rightarrow$	$\frac{0.3761}{0.3046^*}$	$\frac{0.3601}{0.5010^*}$	$\frac{-0.6292}{-0.6163^*}$	$\frac{0.6839}{0.3590}$	$\frac{0.5414}{0.5244}$
$x_5, 5 \rightarrow$	$\frac{-0.4987}{-0.4039^*}$	$\frac{0.1846}{0.2563^*}$	$\frac{-0.6283}{-0.6154^*}$	$\frac{0.4092}{0.2148}$	$\frac{0.9049}{0.8765}$
剩余通径系数 Surplus path coef.			$\frac{0.2559}{0.3665}$		

表3 5因子对小麦基部麦蚜种群消长的通径系数

Table 3 Path coefficients between the change of population on *R. padi* on the bosilar position and five factors

项目 Item	1→ $\frac{y_1}{y_2}$	2→ $\frac{y_1}{y_2}$	3→ $\frac{y_1}{y_2}$	4→ $\frac{y_1}{y_2}$	5→ $\frac{y_1}{y_2}$
$x_1, 1 \rightarrow$	$\frac{-0.06132}{-0.06657}$	$\frac{0.2085}{0.2901^*}$	$\frac{0.2319}{0.2478}$	$\frac{-0.3849}{-0.4970^*}$	$\frac{-0.06018}{-0.1265^*}$
$x_2, 2 \rightarrow$	$\frac{-0.02025}{-0.02198^*}$	$\frac{0.6315}{0.8786}$	$\frac{0.1166}{0.1246}$	$\frac{-0.04157}{-0.05368^*}$	$\frac{-0.2216}{-0.4659^*}$
$x_3, 3 \rightarrow$	$\frac{-0.05155}{-0.05596}$	$\frac{0.2669}{0.3713}$	$\frac{0.2759}{0.2948}$	$\frac{-0.3841}{-0.4960^*}$	$\frac{-0.1808}{-0.3800^*}$
$x_4, 4 \rightarrow$	$\frac{0.05285}{0.05708^*}$	$\frac{-0.05848}{-0.08136^*}$	$\frac{-0.2361}{-0.2523^*}$	$\frac{0.4489}{0.5797}$	$\frac{0.1054}{0.2216}$
$x_5, 5 \rightarrow$	$\frac{0.01050}{0.01140^*}$	$\frac{-0.3984}{-0.5543^*}$	$\frac{-0.1420}{-0.1517^*}$	$\frac{0.1347}{0.1740}$	$\frac{0.3513}{0.7384}$
剩余通径系数 Surplus path coef.			$\frac{0.2045}{0.3040}$		

* 根据可能的相关计算的通径系数 The path coefficients according to possible correlation.

2.4 与禾谷缢管蚜种群消长有关因子的网络模型

通径分析是以普通网络为基础的。这种网络的基本特征是5个单因子($x_1 \sim x_5$)均对蚜虫种群数量(y_1)、蚜虫胚胎数(y_2)有直接作用。根据一般的生物学知识,温度与光照是相联的,但它们也可能成为影响麦株体内营养物质的一个原因。麦株体内水分与氨基酸含量及蔗糖含量会存在一定的相关,而氨基酸与蔗糖之间是否有直接的相关必须根据有关的专业知识确定。据此,作者们提出禾谷缢管蚜种群消长的一个可能的通径网络模型(图2)。

3 讨论

本文探讨了小麦植株体内氨基酸、蔗糖、水分、温度和光照等5因子对禾谷缢管蚜种群密度及体内胚胎数的单个影响和综合作用,其中尤以蔗糖含量的影响最大。80年代以来,各地广泛推广小麦高产品种和高产栽培新技术,小麦植株的光合作用增强,体内的蔗糖与氨基酸含量明显提高^[8]。这是近年江淮麦区麦蚜危害日趋加重的重要原因之一。以往对麦蚜种群动态的预测,主要依赖越冬基数、温度和天敌等因子,本文的研究则为在麦蚜测报中进一步考虑植株营养成分和光照对种群动态的影响提供了理论依据。

通径分析理论指出,当某个自变量对依变量的作用为不显著时,应予以逐个剔除,直至保留所有通径系数都是显著的自变数,否则通径会失去意义。然而本文利用通径分析的目的仅在于评判5个因子作用的相对大小,可以不必剔除通径系数较小且不显著的那些自变数;其次,剔除不显著的通径系数,要以各个自变数之间均存在相关关系为基础。本研究所选用的5个自变数之间虽然可以计算出相关系数,但有些相关性是否真实(尽管有些相关系数达到显著水平)却不能完全肯定。这也就是表2、表3中对有些间接通径系数做了标记的原因。因此,是否需要和怎样剔除对禾谷缢管蚜种群数量影响较为次要的因子,有待进一步探讨。

本文以蚜虫胚胎数为依变量,衡量了一些自变量对其产生的影响,其结果与以蚜量为依变量的结果趋于一致。然而本试验中的胚胎数是从大田取样的,由于成蚜日龄的不一致,不可避免地带来一些误差。但这是一种系统误差,随着样本容量的足够大($n \geq 45$),这种误差将会被消除^[7]。本试验中每次所取的蚜量已远远超过45头,因此其分析结果是可信的。

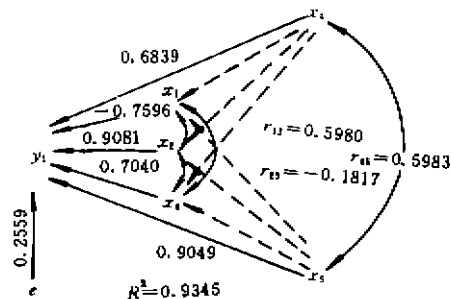


图2 禾谷缢管蚜的一个通径网络模型

Fig. 2 A model of path net on *R. padi*

参 考 文 献

- 1 Weibull J. Seasonal change in the free amino acids of oat barley phloem sap in relation to plant growth stage and growth of *Rhopalosiphum padi*. *Annals of Applied Biology*, 1987, 111(3): 729~737
- 2 Kiekhifer R W and Gellner J L. Influence of plant growth stage on cereal aphid reproduction. *Crop Science*, 1988, 28(4): 688~690
- 3 Weibull H W. Bird cherry-oat aphid performance on annual and perennial temperature-region grasses. *Environment Entomology*, 1993, 22(1): 149~153
- 4 程兰. 气候因素对禾谷缢管蚜发生程度的影响及预测. *植物保护学报*, 1990, 17(2): 111~112
- 5 张广学, 钟铁森. 中国麦类蚜虫鉴别. *病虫测报*, 1990 (3): 33~36
- 6 蔡武城, 袁厚积. 生物物质常用化学分析法. 北京: 科学出版社, 1982. 15~16
- 7 莫惠栋. 农业试验统计. 第二版. 上海: 上海科学技术出版社, 1992. 562~580
- 8 张洪程等. 麦类少免耕高产栽培技术及理论. 南京: 东南大学出版社, 1990. 1~15