

作物品种抗蚜性综合决策体系研究*

侯有明

沈宝成

(华南农业大学资源环境学院,广州 510642)

(陕西省植保总站,西安 710003)

摘 要 提出一套作物品种抗蚜性综合决策体系,其三级决策指标体系包括累积存活率、平均发育历期、平均产仔率、内禀增长率、种群干扰效应、自然感蚜量及品种耐害性;给出了模糊隶属函数和模糊综合决策模型的建立方法等。其决策结果能客观、全面地反映出作物品种的抗蚜特性,不仅在品种抗蚜性决策中有很好的应用效果,而且在作物对其他害虫的抗性研究中亦有着广阔的应用前景。

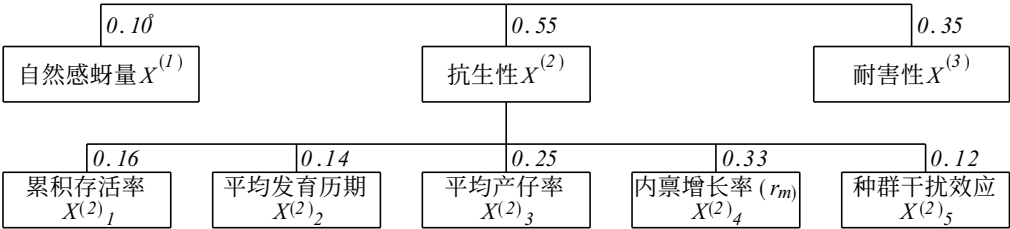
关键词 作物品种,抗蚜性,综合决策,指标体系

中图分类号 S433.3

品种抗虫性大小取决于植物体内的抗性遗传物质^[1],同时又受环境条件的影响,是植物与昆虫间相互适应、长期演化的综合体现。表征品种的抗性指标多种多样,但这些指标间的定量刻化并没有明确的外延,各指标间的界限亦不十分明确,存在着“亦此亦彼”的中间状态。同时,品种抗蚜性的表现并不具有永衡的精确性,而是有条件的,尤其在蚜虫类中,数量大,各指标间没有明显差异,且具有一定的不公度性和连续性。显然,作物品种抗蚜性的综合决策是一具有模糊性和经验性的问题。基于此,作者在油菜、小麦品种对油菜蚜虫、小麦蚜虫综合抗性系统研究的基础上^[2,3],提出一套作物品种抗蚜性综合决策体系。

1 综合决策指标体系

农作物对害虫的抗性主要涉及不选择性、抗生性和耐害性三个方面^[4,5]。本文选取抗生性方面主要指标建立了品种抗蚜性的决策指标体系,并依据各因素间的相对重要性和限制因素,结合实践经验,给出了各指标间的相对权重,见附图。



附图 品种抗蚜性综合决策指标体系及其权重

1.1 累积存活率

以往有关害虫存活率方面的研究,大多就在某一固定的时间点上的害虫种群存活率或整个生育期内害虫存活率之平均值进行比较分析^[6],显然缺乏动态的观点,并不能很好

收稿日期: 1996-02-01;修改稿收到日期: 1996-06-05

* 农业部全国病虫测报总站资助项目,获陕西省农业厅一等奖

地反映出害虫持续危害特征。本文作者提出的“累积存活率”指标,不仅能很好地反映害虫在不同作物品种上存活率的动态变化特征,而且亦将虫态结构及其危害特征纳入其中,能很好地反映出害虫在不同作物品种上的持续危害特征。

设 $t_0 \sim t_1, t_1 \sim t_2, t_2 \sim t_3, t_3 \sim t_4, t_4 \sim t'$ 分别代表 1, 2, 3, 4 龄若虫和成虫的平均发育起始、终止时刻; $f_1(t), f_2(t), f_3(t), f_4(t), f_{成}(t)$ 分别代表 1, 2, 3, 4 龄若虫和成虫的存活率随时间变化的动态模型。则有:

$$S_n = \int_{t_0}^{t_1} k_1 f_1(t) dt + \int_{t_1}^{t_2} k_2 f_2(t) dt + \int_{t_2}^{t_3} k_3 f_3(t) dt + \int_{t_3}^{t_4} k_4 f_4(t) dt + \int_{t_4}^{t'} k_{成} f_{成}(t) dt$$

$$= \sum_{i=1}^4 k_i \int_{t_{(i-1)}}^{t_i} f_i(t) dt + \int_{t_4}^{t'} k_{成} f_{成}(t) dt \quad (1)$$

式中: S_n 为累积存活率,反映的是害虫随时间变化的存活率动态曲线下的校正面积; $k_1, k_2, k_3, k_4, k_{成}$ 分别为 1, 2, 3, 4 龄若虫和成虫间的校正权重系数。

事实上, $f_1(t), f_2(t), f_3(t), f_4(t), f_{成}(t)$ 为一连续性函数,在对试验数据进行模拟分析后,具有满足同一性质的连续性函数,则 (1) 式变为:

$$S_n = \sum_{i=1}^4 \int_{t_{(i-1)}}^{t_i} k_i f(t) dt + \int_{t_4}^{t'} k_{成} f(t) dt \quad (2)$$

在实际确立累积存活率中,可按数学归纳法所确立的 (3) 式近似估计 S_n 值:

$$S_n' = \sum_{i=1}^4 k_i \sum_{t=t_{i-1}}^{t_i} \{[(N_t + N_{t-1})/2] \cdot \Delta t\} + k_{成} \sum_{t=t_4}^{t'} \{[(N_t + N_{t-1})/2] \cdot \Delta t\} \quad (3)$$

式中: N_t, N_{t-1} 为 $t, t-1$ 时刻的种群存活率; Δt 为试验测试时间间隔。

采用 (3) 式仅能近似估计出 S_n 值,且只可在试验测试时间间隔内进行,并不能外推,若 Δt 太大,所估计出的 S_n 误差愈大,只有在很小的 Δt 时间内,才具有较为精确的 S_n 。

根据系统试验资料,按害虫在各作物品种上的各日存活数 (N_t) 和种群起始数量 (N_0),求出害虫的存活率 ($L_t = N_t / N_0$),然后绘制出害虫在不同作物品种上的存活率变化动态曲线,据此可模拟出害虫在各作物品种上的存活率变化动态函数关系 $f(t)$ 来。

1.2 平均发育历期

蚜虫在不同作物品种上的平均发育历期,反映了蚜虫对品种的适应范围和程度,以及害虫在作物品种上的种群变化、波动情况。据我们的试验表明,不同的蚜虫种类在不同的作物品种上,不仅平均发育历期有显著差异,而且成、若虫间的发育历期的差异亦较为明显。因而分别采用成、若虫阶段的平均发育历期指标,可以全面反映出不同品种上蚜虫的适宜程度和适应性范围,在衡量品种综合抗蚜性研究中是一项十分重要的因素指标。

1.3 平均产仔率

产仔率大小反映的是蚜虫在不同作物品种上的扩展、繁殖趋势与种群发展变化的动态变化规律,反映了蚜虫种群增长速率的重要指标,亦表明了蚜虫在不同作物品种上的持续危害特性,是蚜虫对作物品种的结构特性和营养特性的综合反映,也是蚜虫对不同作物品种适宜程度的综合体现。

1.4 内禀增长率

该指标是蚜虫繁殖力的重要衡量指标,可以敏感地反映出环境条件的细微变化对蚜

虫种群的影响程度,是蚜虫在不同作物品种上繁殖、增长潜能的综合衡量指标,因而在作物品种综合抗蚜性的研究中是一项不可缺少的重要指标。

1.5 种群干扰效应

种群增长的干扰效应是指种群因环境因素的影响,种群数量由一水平增长(或减退)到另一水平所需要的时间,它是种群对环境因素适应能力的综合体现。

设种群初始数量为 N_0 ,由于品种的抗性或其他因素的干扰所造成的种群死亡率(干扰系数)为 T ,则 t 时刻的种群数量为 $N_0(1-T)$,经 t 时刻后种群数量达到 N_t ,则有关系:

$$N_t = N_0(1-T) \exp(r_m \cdot t_R) \quad (4)$$

式中: N_0 , N_t 分别为起始与 t 时刻的种群数量; r_m 为内禀增长率; T 为干扰系数,且 $T \in (0, 1)$; t_R 为种群增长的干扰效应值。对(4)式变换后有:

$$t_R = [\ln N_t - \ln N_0 - \ln(1-T)] / r_m \quad (5)$$

在确立 r_m 后,假定蚜虫在某一品种上的 t_R 值在 $T = 50\%$ 时为 1,则可得其他品种对蚜虫种群的干扰效应模型。然后确立一定的标准,即可对不同品种的干扰程度进行比较分析。 t_R 的大小,反映出蚜虫在不同作物品种上的适应性程度, t_R 值愈大,其适应性愈差,种群增长速度慢。 t_R 值愈小,则反之。各品种间的干扰幅度可由 t_R 值大小来反映。

1.6 品种耐害性

耐害性是品种对蚜虫危害的忍耐能力,是品种抗蚜性分析中的重要衡量指标。其测定以相同水平蚜量自然为害下,不同作物品种的减产率(%)作为耐害性测度。

1.7 自然感蚜量

即品种不选择性测度。在对不同品种感蚜量的自然消长动态的系统调查基础上,求出各品种单株平均蚜量与总鉴定品种的平均单株蚜量之比值作为自然感蚜量的测度。

2 指标因素模糊隶属函数的建立

模型隶属函数的建立是模型综合决策的关键。本文介绍的多相模型统计回归法,是将模糊概念近似地看作一个确切事件,运用概率统计的处理结果来获得模糊隶属函数的^[7]。

设有 m 个模糊概念 $T_1, T_2, \dots, T_m$ 在同一论域 U 上“竞选”,它们所对应的 m 个模糊子集分别为 $A_1, A_2, \dots, A_m$,记 $P_m = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$,则 P_m 中的集合为 m 相,所进行的模糊试验为 P_m 的 m 相模糊统计试验,如果任一相的补集都等于其他各相的并集,

$$\overline{A_i} = \bigcup_{j \neq i} A_j \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (6)$$

则 m 相集合 P_m 在论域 U 上的划分具有 m 相性质,

$$\overline{A_{ki}} = A_{1i}^* \cup A_{2i}^* \cup \dots \cup A_{(k-1)i}^* \cup A_{(k+1)i}^* \cup \dots \cup A_{mi}^* \quad (k = 1, 2, \dots, m) \quad (7)$$

对于每一次 P_m 的模糊试验,实际上都是对论域 U 实行了一次 m 相划分,经 N 次模糊试验,使得 N 次 m 相划分,且每次划分均具有 m 相性质。

$$P_{mi} = \{A_{1i}^*, A_{2i}^*, \dots, A_{mi}^*\} \quad (8)$$

在每次模糊试验中, A_{ij}^* 是一确定的普通集合,然后对 $A_{1i}^*, A_{2i}^*, \dots, A_{mi}^*$ 分组处理,求出组中值及相对频数,从而按确切事件的统计回归确立不同因素(指标)的模糊隶属函数 $A_i(u)$ 。

3 多相模糊综合决策模型

设决策集 $U= \{u_1,u_2,\cdots ,u_s\}$,决策对象的因素集 $X= \{x_1,x_2,\cdots ,x_m\}$,决策目标 $Y= \{y_1,y_2,\cdots ,y_n\}$,在给出 $r_{ij}= _{y_j}(x_i)$ 后,则有 $X\rightarrow Y$ 的决策关系阵 $\underline{R}$:

$$\underline{R}=\begin{bmatrix}r_{11}&r_{12}&\cdots &r_{1n}\\r_{21}&r_{22}&\cdots &r_{2n}\\\cdots &\cdots &\cdots &\cdots \\r_{m1}&r_{m2}&\cdots &r_{mn}\end{bmatrix}$$

(9)

确立各决策因素在决策中的权重,即 X 上一模糊集 $\underline{A}= (a_1,a_2,\cdots ,a_m)$,其中 $0 <a_i < 1$,且 $\sum_{i=1}^m a_i= 1$,则有关系:

$$\underline{B}= \underline{A} \circ \underline{R}$$

(10)

其中: R 是单因素对品种的抗性所作出的决策,通过模糊关系的合成运算,对决策对象 U 作出多个因子的综合决策,依合成运算知, b_j 为决策者经过 X 到 Y_j 的最强路值,若有 $b_k = \text{mak}(b_1,b_2,\cdots ,b_n)$,则 b_k 为最优决策.

多级模糊综合决策模型是一种巢式系统评判模型,首先将各决策因素依其对决策对象的影响类型分为若干组,组成高一级因素集 $X^i= \{X^{(1)},X^{(2)},\cdots ,X^{(s)}\}$,每一组 $X^{(i)}$ 内有若干因素构成次一级因素集 $X^i= \{X^{(i)},X^{(1)},\cdots ,X^{(i)}\}$,不同的 $X^{(i)},mi$ 未必相等.这样逐级分下去,便形成了多级因素集,然后逐级确立权重,由下至上逐级进行综合评判.

4 应用结果

在对 12个油菜品种和 10个小麦品种抗蚜性综合分析的基础上,应用本文提出的综合决策体系求得的油菜和小麦品种抗蚜性的三级决策结果见表 1, 2

表 1 油菜品种抗蚜性三级决策结果 (归一化)

品 种	7211	红叶芥	德国 15选株	波力木耳	75-1	秦油 2号
决策结果	0. 0765	0. 1807	0. 0679	0. 0702	0. 0737	0. 0457
品 种	88631	秦油 3号	甘油 5号	咸阳 74-1	华油 9号	88638
决策结果	0. 0828	0. 0562	0. 0921	0. 1218	0. 0607	0. 0697

表 2 小麦品种抗蚜性三级决策结果 (归一化)

品 种	84G6	小偃 6号	853124	冀麦 26	8121
决策结果	0. 0779	0. 0442	0. 0574	0. 0849	0. 0971
品 种	81168	82246	87(113)	83(37) 65	陕 167
决策结果	0. 0742	0. 1138	0. 1403	0. 1513	0. 1589

由表 1知, 12个油菜品种的抗蚜性强弱顺序为: 红叶芥> 咸阳 74-1> 甘油 5号> 88631 > 7211> 75-1> 波力木耳> 88638> 德国 15选株> 华油 9号> 秦油 3号> 秦油 2号;由表 2 知, 10个小麦品种的抗蚜性强弱顺序为: 陕 167> 83(37) 65> 87(113)> 82246> 8121> 冀麦 26> 84G6> 81168> 853124> 小偃 6号(表 2).

5 讨 论

本文提出的品种抗蚜性综合决策指标体系,较为客观、全面地反映出作物品种的综合抗蚜特性,尤其是作者提出的累积存活率指标和种群干扰效应模型,不仅反映了蚜虫种群存活率特性和在品种上的适宜特征,亦将蚜虫的持续危害特征纳入其中,具有动态特性。该综合决策指标体系不但在品种抗蚜性研究中有很好的应用效果,而且在作物品种对其他害虫的抗性研究中亦有着广阔的应用前景。

衡量品种抗蚜性程度的因素指标间并没有明显的差异,且具有一定的不公度性和连续性,有些指标间还有相互矛盾的现象,因而本文提出了模糊综合决策体系。该模糊综合决策的关键在于建立模糊隶属函数,而模糊隶属函数的建立需要进行大量的相关试验,如在研究小麦品种对麦蚜综合抗性中,其模糊隶属函数的建立是在对 50 个小麦品种抗蚜性测定的基础上进行的,这样所得出的结果才具有代表性和准确性。同时,在综合决策中选择不同的算子,其侧重点各有所不同,综合型保留了较多的信息,提高了决策精度,因而在具体应用中要根据不同的要求选择使用。

参 考 文 献

- 1 刘绍友,侯有明,李定旭.小麦品种对麦长管蚜抗性机制的研究.西北农业学报,1993,2(3): 76~ 80
- 2 侯有明,刘绍友,赵清华.油菜品种抗蚜性的系统分析.植物保护学报,1995,22(2): 159~ 164
- 3 侯有明,刘绍友,赵清华.油茶品种抗蚜性多目标模糊综合决策.植物保护学报,1995,22(4): 337~ 342
- 4 Dewar A M. Assessment of method for testing varietal resistance to cereal aphids in cereal. Ann Appl Bio., 1977 (87): 183~ 190
- 5 Lower H J B. Detection of resistance to aphids in cereal. Ann Appl Bio., 1978(88): 401~ 406
- 6 Ruppel Robert F. Cumulative insect-days as an index of crop protection. J Econ Entomol, 1983, 76(2): 375~ 377
- 7 袁志发,孟德顺,周静芋.模糊数学在农林科学上的应用.陕西杨陵:天则出版社,1989

Study on the Synthetic Decision System for the Resistance of Crop Varieties to Aphid

Hou Youming¹ Shen Baochang²

(1 College of Resource and Environment Sciences, South China Agricultural University, Guangzhou, 510642)

(2 General Station of Plant Protection of Shaanxi Province, Xi'an, 710003)

Abstract The synthetic decision system designed for the resistance of crop varieties to aphid is established in this paper. The index system of the synthetic decision consists of accumulated survivals, mean development duration, mean reproductive rate, the innate capacity rate of increase (r_m), the disturbance effect of crop varieties to aphid population, the compensatory and tolerant functions of different varieties, as well as the establishment ways of fuzzy subordinative function and the fuzzy synthetic decision models. Therefore, the result of the synthetic decision is capable of objectively and comprehensively reflecting the characteristics of the resistance of varieties to aphid. This system is more practicable not only to the integrated management of aphid, but also to the determination of the resistance of crop varieties to other pests.

Key words crop varieties, resistance of varieties to aphid, synthetic decision, index system