

尚禹. 寄生蜂功能反应研究进展[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(5): 130-132.

寄生蜂功能反应研究进展

尚禹^{1,2}

(1. 上海市农产品质量安全中心, 上海 200335;

2. 南京农业大学植物保护学院/农作物生物灾害综合治理教育部重点实验室, 江苏南京 210095)

摘要:功能反应是研究天敌对其猎物作用能力大小的经典方法, 是理解天敌与其寄主之间相互作用的关键。功能反应的研究被用于进化生物学和生态学, 及用来阐明协同进化及捕食者和被捕食者之间潜在行为关系的基本机制。Holling 提出功能反应的 3 种模型, 功能反应 II 是寄生蜂的主要模式。不同试验时间、试验空间的大小、斑块的设置、外界环境因素都会对寄生蜂功能反应模型的拟合产生影响。本文就近年来国内外寄生蜂功能反应试验研究进展作一概述, 并对未来的研究方向作了展望, 以期更加合理有效地发挥寄生蜂田间害虫防治作用。

关键词:寄生蜂; 功能反应; 害虫防治; 研究进展

中图分类号: S476.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)05-0130-02

功能反应, 即寄主或被捕食者和寄生蜂或捕食者之间的相互数量关系^[1-2], 是研究天敌对其猎物作用能力大小的经典方法, 能较为准确地得出天敌昆虫的搜寻能力, 从而为评价一种天敌对害虫的控制作用提供重要依据。自 Solomon 提出应用功能反应来描述天敌杀伤害虫的数量与密度的关系以来^[1], 众多学者研究了各种因素对功能反应的影响, 并提出了一系列功能反应模型。功能反应的研究被用于进化生物学和生态学, 以及用来阐明协同进化及捕食者和被捕食者潜在的行为关系的基本机制。本文就近年来国内外这方面的研究进展作一概述。

1 功能反应的概念和类型

了解捕食者和寄生者对被捕食者和寄主密度变化做出的反应, 是理解天敌与寄主之间相互作用的关键。功能反应是指资源数量与每个动物消耗资源量之间的关系^[1-2]。功能反应的研究被用于进化生物学和生态学, 以及用来阐明协同进化及捕食者和被捕食者潜在的行为关系的基本机制。

Holling 在 1959 年提出了功能反应的 3 种模型^[2]:

功能反应 I: 一种捕食频率和被捕食者密度之间的直线关系(斜率表示捕食者的搜寻效率), 当被捕食者密度达到最大时捕食频率达到稳定值。这种类型在产卵限制寄生蜂中比较常见, 其中处理时间可以忽略不计。

功能反应 II: 在自然条件下, 捕食者和寄生蜂探测、攻击寄主以及取食、消化等行为都是消耗时间的, 称为处理时间。由于捕食者搜寻和处理猎物的时间增加, 反映出来的是一条不断下降的渐进曲线, 它反映了最大攻击率, 此种类型在寄生蜂功能反应报道中较为普遍。

功能反应 III: 一条“S”形曲线。在这种情况下, 随着寄主密度的增加, 反应开始加速, 这是由于寄生蜂或捕食者在寻找

猎物的时候逐渐提高效率(攻击频率增加或处理时间下降), 处理时间饱和后到达稳定。

2 寄生蜂的功能反应

功能反应试验一般按如下步骤进行: 将单头寄生蜂置于不同寄主密度的容器中, 一定时间后移出天敌, 计算寄生的寄主数量, 寄生数量由解剖寄主或者饲养寄主直至寄生蜂羽化为止。根据寄生数量, 绘制曲线图形, 并与理论模型作比较^[2]。

很多试验已经将生物防治和功能反应联系起来。功能反应 II 是无脊椎动物捕食者(包括寄生蜂)的主要模式, 功能反应 III 是脊椎动物的主要模式。寄生蜂随寄主密度的增长而作出的反应是其能否寄生成功的关键。目前我国学者对寄生蜂的功能反应研究大多数是在实验室条件下进行, 符合 Holling 功能反应模型 II(表 1)。

但也有工作表明, 寄生蜂可能更好地拟合功能反应 III 曲线^[11], 之前研究发现很少有拟合功能反应 III, 可能由于试验控制时间的设定不够^[3]。van Lenteren 等^[11]提出, 寄生蜂的密度制约的功能反应缺乏稳定性, 可能是由于试验环境中寄主的密度远远高于田间寄主的密度。因此, 寄生蜂也许会从长时间找不到寄主的斑块迁移至另外一个, 不同的处理时间会对寄生结果产生不同影响。

Walde 等进行的试验表明, 限定时间和非限定时间的功能反应结果是有差异的^[12]。限定时间试验基本拟合功能反应 II 模型, 非限定时间功能反应寄生率相对较低, 非限定时间的试验试图拟合出功能反应 III 或功能反应 I 的曲线。当植物上的寄主平均数量低的时候, 可能从功能反应 II 转换为功能反应 I。寄生蜂如果不间断地在一个斑块上停留, 遇见寄主的时间和机会也就越多, 处理时间也就越多。所以总的处理时间也会呈线性关系增加。斑块空间的复杂性是寄生蜂拟合出功能反应 III 的一个原因, 但是在试验中很难明确地反映出来^[12]。寄生蜂在寄主密度低时, 对寄主的定位能力是影响拟合寄生蜂功能反应模型的重要因子。拟合功能反应 III 的寄生蜂可能对寄主有更好的控制能力。

收稿日期: 2013-09-02

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 30871670)。

作者简介: 尚禹(1985—), 女, 河北唐山人, 硕士, 主要研究方向为有害生物防治。E-mail: shangyu0804@163.com。

表 1 国内功能反应研究的寄生蜂及其对应模型

寄生蜂	寄主	功能反应模型	参考文献
松毛虫赤眼蜂 <i>Trichogramma dendrolimi</i>	灰白蚕蛾 <i>Ocinara varians</i>	Holling II 型	[4]
短管赤眼蜂 <i>Trichogramma pretiosum</i>	灰白蚕蛾 <i>Ocinara varians</i>	Holling II 型	[4]
暗黑赤眼蜂 <i>Trichogramma pintoi</i>	灰白蚕蛾 <i>Ocinara varians</i>	Holling II 型	[4]
玉米螟赤眼蜂 <i>Trichogramma ostrinae</i>	灰白蚕蛾 <i>Ocinara varians</i>	Holling II 型	[4]
拟澳洲赤眼蜂 <i>Trichogramma confusum</i>	灰白蚕蛾 <i>Ocinara varians</i>	Holling II 型	[4]
舟蛾赤眼蜂 <i>Trichogramma closterae</i>	灰白蚕蛾 <i>Ocinara varians</i>	Holling II 型	[4]
广赤眼蜂 <i>Trichogramma evanescens</i>	灰白蚕蛾 <i>Ocinara varians</i>	Holling II 型	[4]
切割潜蝇茧蜂 <i>Psytalia incisi</i>	橘小实蝇 <i>Bactrocera dorsalis</i>	Holling II 型	[5]
麦蛾茧蜂 <i>Bracon hebetor</i>	米蛾 <i>Corcyra cephalonica</i>	Holling II 型	[6]
黄色潜蝇茧蜂 <i>Opius flavus</i>	南美斑潜蝇 <i>Liriomyza huidobrensis</i>	Holling II 型	[7]
长柄蛹小蜂 <i>Spalangia longepetiolata</i>	橘小实蝇 <i>Bactrocera dorsalis</i>	Holling II 型	[8]
茶足柄瘤蚜茧蜂 <i>Lysiphlebus testaceipes</i>	苜蓿蚜 <i>Aphis craccivora</i>	Holling II 型	[9]
海氏桨角蚜小蜂 <i>Eretmocerus hayati</i>	烟粉虱 <i>Bemisia tabaci</i>	Holling II 型	[10]

3 寄生蜂功能反应研究中存在的主要问题及研究方向

3.1 存在的问题

功能反应表现出的类型与试验设计密切相关,研究人员在设计功能反应试验时首先必须明确想要解决的问题。一般情况下,生物防治学家用功能反应试验来验证寄生蜂作为生物防治害虫稳定性的指标,而问题是如何利用功能反应的试验数据来预测寄生蜂在田间的表现。可利用的数据包括害虫种群动态以及不同寄主密度对寄生蜂种群的影响。试验结果只是针对单独的寄生蜂在单一斑块上的功能反应,而自然条件下寄主种群和寄生蜂种群间的相互关系十分复杂,这就使功能反应的试验数据很难应用在现实的种群水平上。

在实验室中,一个相对小且简单的体积里进行试验会对结果造成影响,室内试验结果对寄生蜂的田间表现有很大的局限性。在斑块间随着植物结构的变化,寄生蜂的搜寻效率也会发生变化。同时,寄主龄期也会对寄生蜂的搜寻效率产生一定的影响,例如蚜茧蜂在斑块内搜寻时倾向于攻击二龄和三龄豌豆蚜虫^[13]。

环境条件如温度、湿度、光照等也会对寄生蜂的寄生行为产生影响,其中温度因素影响最明显。例如斜纹夜蛾侧沟茧蜂寄生斜纹夜蛾的功能反应在 32℃ 以上的高温下为 I 型,28℃ 以下属 II 型功能反应^[14];松毛虫赤眼蜂雌产雌品系和两性生殖品系对米蛾卵寄生功能反应均随温度升高由 III 型转变为 II 型,30℃ 以下孤雌产雌品系为 II 型功能反应而两性生殖品系为 III 型^[15]。

功能反应试验没有考虑在资源匮乏和资源充足的寄主栖息地中,寄生蜂对于不同寄主密度的反应的差异。在资源匮乏的寄主栖息地中,当斑块间的距离很远时,寄生蜂在探测低密度斑块时会在斑块上滞留更长的时间,并且寄生更多的寄主。

3.2 研究方向

为了解决寄生蜂功能反应研究中遇到的问题,使试验结果对寄生蜂害虫防治方面具有更多的应用指导意义,功能反应试验应该在接近于自然条件的环境中进行。同时,功能反应试验的时候,观察记录寄生蜂行为也是十分必要的。

模拟自然环境下的试验,如果要进行单一斑块试验,试验

设计中最低要求如下:连续观察供试昆虫的搜寻行为(大部分功能反应试验忽略了对供试昆虫和供试寄主行为的观察),记录寄生蜂如何分配斑块滞留时间,试验应设计为可变时间试验,允许寄生蜂自主选择飞离斑块的时间。对于观察者来说,决定何时终止试验是很困难的,寄生蜂可能离开寄主斑块很短的时间,继而又飞回斑块继续搜寻寄主。当寄生蜂飞离斑块一段时间后,试验终止,但是这段时间的设定是为主观的。但如果试验环境中包含 2 个斑块,当寄生蜂飞离首次选择的斑块,到达另一斑块时,终止试验,这样就解决了何时终止试验的问题。如果进行多斑块试验,寄生蜂会更易发现高密度斑块,因为与低密度斑块相比,高密度斑块释放出更多的挥发性引诱剂。

衡量功能反应的结果,需要整合分析影响寄生蜂斑块搜寻时间分配的所有因素。决定功能反应的类型是很关键的一步,研究者需要对功能反应参数作准确的估计(错误的估计会导致模型与实际情况不符),这样才能较为准确地得出天敌昆虫的搜寻能力,为评价一种天敌对害虫的控制作用提供重要依据。

参考文献:

[1] Solomon M E. The natural control of animal populations[J]. Journal of Animal Ecology, 1949, 18(1): 1-35.

[2] Holling C S. Some characteristics of simple types of predation and parasitism[J]. Canadian Entomologist, 1959, 91(7): 385-398.

[3] Fernández - Arhex V, Corley J C. The functional response of parasitoids and its implications for biological control[J]. Biocontrol Science and Technology, 2003, 13(4): 403-413.

[4] 欧海英, 阮琳, 罗梅, 等. 几种赤眼蜂对灰白蚕蛾寄生能力的影响[J]. 昆虫知识, 2006, 43(5): 669-672.

[5] 梁光红, 陈家骅, 黄居昌. 切割潜蝇茧蜂对橘小实蝇幼虫功能反应研究[J]. 江西农业大学学报, 2006, 28(2): 200-203.

[6] 邵岩岩, 李晶津, 钱海涛, 等. 麦蛾茧蜂对米蛾功能反应的研究[J]. 中国植保导刊, 2008, 28(2): 9-12.

[7] 高连喜, 李清娥, 黄居昌, 等. 黄色潜蝇茧蜂寄生功能反应的研究[J]. 华东昆虫学报, 2004, 13(2): 31-35.

[8] 郑敏琳, 黄居昌, 李清娥, 等. 长柄蛹小蜂寄生橘小实蝇蛹的功能反应[J]. 华东昆虫学报, 2006, 15(2): 155-157.

武旭霞,张东彦,宋健,等. 杂草识别专家及信息系统研究进展[J]. 江苏农业科学,2014,42(5):132-134.

杂草识别专家及信息系统研究进展

武旭霞^{1,2,3}, 张东彦^{1,2,3}, 宋健³, 王秀³, 马雯获³

(1. 呼和浩特职业学院生物化学工程学院, 内蒙古呼和浩特 010051;

2. 安徽大学计算机智能与信号处理教育部重点实验室, 安徽合肥 230039; 3. 北京农业信息技术研究中心, 北京 100097)

摘要:系统回顾了我国杂草鉴别专家系统、杂草网络识别与管理系统及基于 GIS 技术的杂草信息系统的发展, 结合国内外发展趋势, 提出集终端信息采集、杂草专题图制作、防治措施发布等功能于一身的杂草信息管理系统是该领域的发展方向。

关键词:杂草; 入侵植物; 专家系统; 信息系统; 数据库; 发展方向

中图分类号: S126 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)05-0132-03

农田杂草是影响农作物产量和品质、制约农业生产发展的重要生物灾害。目前, 我国面临杂草(恶性杂草和外来入侵杂草)危害严重, 损失巨大; 抗药性杂草普遍发生; 除草剂药害频繁发生且危害面积逐年增大; 受害作物种类增多; 杂草群落演替加速, 防治难度加大等问题。这些问题影响到农民增收、社会安定及国家粮食安全, 制约了我国农业经济又快又好发展^[1]。

为了解决上述问题, 迫切需要国家相关管理部门对我国杂草(恶性、抗药性、入侵性)出现的区域、真实性状以及其生长期进行了解, 便于杂草信息采集装置及在线快速发布、查询系统的研发与使用; 形成县、地、省、国家等不同级别的智能防控专家系统, 在保证及时、全面、准确地获取信息的基础上, 增强防控决策的科学性和时效性。

笔者通过系统回顾我国杂草鉴别专家系统、杂草网络识别与管理系统及基于 GIS 技术的杂草信息系统的发展, 结合国内外发展趋势, 提出集终端信息采集、杂草专题图制作、防治措施发布等功能于一身的杂草信息管理系统是该领域的发展方向。并指出上述系统的研发与使用, 可为降低我国除草

剂的使用量, 节约农民成本投入, 提高农产品的产量和质量, 为保护生态环境服务。

1 杂草专家系统

依赖计算机构建的专家系统具有快速判断、查询和推理的优势, 因此被广泛用于农业的各行各业。农业专家系统, 是农业信息化发展中的一项重要技术, 是结合农业特点发展起来的一门高新技术。它是以知识库、数据库以及推理判断程序等为核心, 由知识库、数据库、推理机、解释、知识获取等 5 部分组成^[2]。该系统的特点是汇集农业专家的经验, 通过计算机平台进行知识化、可视化显示, 用于指导农民科学种田, 培训农业技术人员, 把先进适用的农业技术服务于广大农民群体和农业生产。

目前, 比较成熟的农业专家系统有作物专家系统、蔬菜专家系统、植物病虫害专家诊断系统等上百种^[3]。针对杂草的专家管理系统, 我国相关单位先后开发了数 10 种。由振国等 1993 年研制的 WCES 化学除草计算机专家系统, 集数据库管理、查询、杂草识别、除草决策、试验设计与分析、统计建模等功能于一身^[4]; 唐乐尘等 1999 和 2001 年分别采用 Visual Foxpro 5.0 和 6.0 编程开发杂草鉴别(与对策计算机)专家系统, 功能包括杂草鉴定、信息查询、除草处方、农药性能、系统维护等模块^[5-6]; 郭书普等 2005 年采用 Visual Foxpro 6.0 编程开发的杂草计算机识别系统, 包含杂草鉴定、杂草信息、系统维护等模块^[7]; 中国农业科学院植物保护研究所开发的杂草信息管理系统, 有杂草信息库、杂草鉴定、预测系统、除草剂信息、系统介绍等模块, 服务于全国植物保护领域的教学与科研^[1]; 张谷丰等 2009 年利用 Visual Basic 6.0 开发农田杂草

收稿日期: 2014-02-16

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(编号: 20130331); 教育部博士点基金(编号: 20133401120003); 安徽省高等学校省级自然科学基金(编号: KJ2013A026); 安徽省自然科学基金(编号: 1308085QC58); 国家自然科学基金(编号: 41301471)。

作者简介: 武旭霞(1979—), 女, 硕士, 讲师, 主要从事植物保护教学与研究。E-mail: wuxuxia20021@163.com。

通信作者: 张东彦, 博士, 助理研究员, 主要从事农业信息技术研究。

Email: zhangdy@nercita.org.cn。

[9] 刘爱萍, 黄海广, 徐林波, 等. 茶足柄瘤蚜茧蜂对苜蓿蚜的寄生功能反应[J]. 环境昆虫学报, 2012, 34(1): 69-74.

[10] 邵家斌, 刘树生, 余元钊, 等. 海氏紫角蚜小蜂对两种生物型烟粉虱的功能反应研究[J]. 环境昆虫学报, 2010, 32(1): 73-77.

[11] van Lenteren J, Bakker K. Functional responses in invertebrates[J]. Netherlands Journal of Zoology, 1975, 26(4): 567-572.

[12] Walde S J, Murdoch W W. Spatial density dependence in parasitoids[J]. Annual Review of Entomology, 1988, 33(1): 441-466.

[13] Ives A R, Schooler S S, Jagar V J, et al. Variability and parasitoid foraging efficiency: a case study of pea aphids and aphidius ervi[J]. The American Naturalist, 1999, 154(6): 652-673.

[14] 蒋杰贤, 唐昌林, 王奎武, 等. 温度对斜纹夜蛾侧沟茧蜂功能反应的影响[J]. 上海交通大学学报: 农业科学版, 2002, 20(1): 69-72.

[15] 谢丽娜, 董辉, 钱海涛, 等. 不同温度下松毛虫赤眼蜂孤雌产雌品系和两性生殖品系对米蛾卵的寄生功能反应[J]. 昆虫学报, 2013, 56(3): 263-269.