

四种杀虫剂对拟环纹豹蛛 (*Pardosa pseudoannulata*) 肠黏膜通透性的影响

肖永红^{1,2,*}, 贺庆梅¹, 查 乐¹, 刘小英³, 黄志军¹

(1. 井冈山大学生命科学学院, 吉安 江西 343009; 2. 井冈山大学井冈山生态环境研究中心, 吉安 江西 343009;
3. 井冈山大学医学院, 吉安 江西 343009)

摘要:采用异硫氰酸荧光素-葡聚糖(FITC-D)作为示踪物质,通过检测拟环纹豹蛛(*Pardosa pseudoannulata*)血液内的荧光素浓度,研究了两种生物源杀虫剂和两种化学源杀虫剂对拟环纹豹蛛肠黏膜通透性的影响。结果表明:4种杀虫剂处理后拟环纹豹蛛血液中的荧光素浓度远高于对照组,各个处理组拟环纹豹蛛血液样本中的荧光素浓度均与对照组存在极显著差异,可见4种杀虫剂均将对拟环纹豹蛛肠黏膜的屏障功能造成损伤,导致大分子物质易于通过;其中1.5%除虫菊素水乳剂三保奇花和Bt制剂强杀处理后拟环纹豹蛛中肠黏膜的通透性高于仿烟碱类化学杀虫剂吡虫啉处理组,差异达到显著水平,但与有机磷杀虫剂敌百虫处理组差异不显著。拟环纹豹蛛的肠黏膜组织亦具有一定的抗逆能力,接受单次杀虫剂处理后,存活的拟环纹豹蛛其肠黏膜的屏障功能约在6~10d内可以恢复。

关键词:杀虫剂;荧光素;拟环纹豹蛛;肠黏膜;通透性

文章编号:1000-0933(2009)01-0192-07 中图分类号:Q143,Q958 文献标识码:A

Effects of four insecticides on intestinal mucosa permeability of the wolf spider *Pardosa pseudoannulata*

XIAO Yong-Hong^{1,2,*}, HE Qing-Mei¹, ZHA Le¹, LIU Xiao-Ying³, HUANG Zhi-Jun¹

1 College of Life Sciences, Jinggangshan University, Ji'an Jiangxi 343009, China

2 Research Center for Jinggangshan Eco-Environment Sciences, Jinggangshan University, Ji'an Jiangxi 343009, China

3 Medical College of Jinggangshan University, Ji'an, Jiangxi 343009, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(1): 0192 ~ 0198.

Abstract: Effects of four insecticides on intestinal mucosa permeability of the wolf spider (*Pardosa pseudoannulata*) were studied by exposing spiders to insecticides and then measuring the concentration of fluorescein isothiocyanate-dextran (FITC-D) in the spiders' blood. The results showed that FITC-D concentrations of the test groups were much more than that of the control group. The difference between the test groups and the control group was statistically significant. It could be deduced that all the insecticides tested in this experiment damaged the spiders' intestinal mucosa, compromising its function as a barrier and letting large molecules such as FITC-D more easily penetrate. Among the insecticides, pyrethrin and Bt (*Bacillus thuringiensis*) preparation are bio-insecticides, and the FITC-D concentrations of the spiders exposed to these two bio-insecticides were more than those of the spiders exposed to the chemical insecticides imidacloprid and dipterex. The difference between the bio-insecticide groups and the imidacloprid group was significant, but there was no significant difference between the bio-insecticide groups and the dipterex group. Despite the damaging effects of insecticide exposure, the spider intestinal mucosa is resilient, to a certain extent. In spiders exposed to the insecticide only once, the

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30660038);江西省自然科学基金资助项目(2007GQN1690);江西省教育厅科学技术研究资助项目(GJJ08423)

收稿日期:2007-10-22; **修订日期:**2008-06-23

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yonghongxiao01@126.com

barrier function of their intestinal mucosa was shown to recover within 6—10 days at times.

Key Words: Insecticides; fluoresceinisothiocyanate-dextran; *Pardosa pseudoannulata*; intestinal mucosa; permeability

蜘蛛是稻田生态系统中多种害虫主要的捕食性天敌之一,在我国稻田已发现和定名的蜘蛛种类多达 373 种,占我国稻田已发现的捕食性天敌总数的 51.2% ~ 89.5%^[1]。蜘蛛具有许多优良的控虫特性:猎物广谱,捕食量大,捕食作用时间长;耐饥饿能力强;田间蜘蛛与目标害虫的生态分布与季节消长相互性强^[2~5]。大量的研究结果证实蜘蛛对水稻害虫的控制作用显著,是自然调控稻虫发生发展的主要制约因素^[6~9]。农田生态系统中所施用的农药可以通过多条途径进入蜘蛛体内^[10,11],对蜘蛛的生存和生活造成影响。有关农药对蜘蛛影响的研究目前国内外已积累了大量的数据,但这些研究主要集中在杀虫剂对蜘蛛的剂量效应关系和田间施药后蜘蛛的群落动态^[12~14]。有关杀虫剂对蜘蛛生理机能的影响研究较少,且主要见于国外的文献,如有报道溴氰菊酯能引起蜘蛛额外的水排泄,同时带来行为上的不利,使得蜘蛛无法及时补水而导致死亡^[15,16];一些杀虫剂也引起蜘蛛体内酶活性的变化,狼蛛 *Lycosa hiliaris* 的胆碱酯酶活性在实验室试验中分别被二嗪农和毒死蜱抑制了 14% 和 61%^[17]。

动物的胃肠道不仅具有消化吸收功能,还具有重要的屏障功能。肠黏膜的通透性是指肠黏膜上皮容易被某些分子物质以简单扩散的方式通过的特性,主要指相对分子质量大于 150 的大分子物质渗透肠黏膜的能力,是反映肠黏膜屏障功能损害的重要指标^[18,19]。正常情况下肠壁可以阻断大分子物质和细菌等微生物通过,但当肠受到损伤时,肠黏膜的屏障功能会降低,肠的通透性会改变,大分子物质就会透过肠黏膜而进入血液循环系统。农用杀虫剂对靶标害虫普遍具有胃毒作用,然而一直以来杀虫剂对天敌动物的胃毒作用缺乏研究,本文以异硫氰酸荧光素-葡聚糖(Fluorescein isothiocyanate-dextran, FITC-D)为示踪物质,探讨杀虫剂对蜘蛛肠黏膜屏障功能的影响。

1 材料与方法

1.1 蜘蛛种类

拟环纹豹蛛(*Pardosa pseudoannulata*),狼蛛科,狼蛛属,采自井冈山大学校内一闲置 3a 的荒草地,选用体重 70 ~ 90mg 的个体用于试验。

1.2 农药品种

三保奇花 有效成分为天然除虫菊素,1.5% 水乳剂,云南玉溪亚临界植物化工有限公司出品,推荐浓度为 1:1500 ~ 2000,试验浓度为 1:1500。

强杀 苏云金芽孢杆菌制剂,8000iu/mg 粉剂,湖北康欣农药业有限公司出品,推荐浓度为 1:500 ~ 1500,试验浓度为 1:10000。

吡虫啉 1-(6-氯-3-吡啶基甲基)-N-硝基亚咪唑烷-2-基胺,杂环类硝基亚甲基化合物,5% 水剂,仿烟碱类化学杀虫剂,山西临猗中晋化工有限公司出品,推荐浓度为 1:1500 ~ 2000,试验浓度为 1:2000。

敌百虫 O,O-二甲基-(2,2,2-三氯-1-羟基乙基)膦酸酯,有机磷农药,90% 可湿性粉剂,山东大成农药股份有限公司出品,推荐浓度为 1:2000 ~ 3000,试验浓度为 1:3000。

1.3 主要仪器试剂

荧光分光光度计(960CRT 型、上海精密科学仪器有限公司),电子分析天平(BS124S 型、北京赛多利斯仪器系统有限公司),pH 计,无菌蜘蛛饲料^[20],抗凝剂^[21],异硫氰酸荧光素-葡聚糖(fluorescein isothiocyanate-dextran, FITC-D,分子量 4.0×10^3)

1.4 肠黏膜通透性检测

1.4.1 试验分组

将供试拟环纹豹蛛分为 5 组,其中 4 个处理组,1 个对照组,每组 60 头,均单头分装于试管中(直径 2cm、

高 20cm), 管口用脱脂棉塞住以防逃逸, 置于人工气候室静养(温度 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$), 不投食, 不供水, 24h 后用于试验。

1.4.2 杀虫剂处理

拟环纹豹蛛的杀虫剂处理方法采用饵料带毒法^[22]。将各种杀虫剂按 1.2 中的试验浓度配制, 每种杀虫剂对应 1 个处理组, 用移液枪取 5 μl 配好的药液轻轻靠近处理蜘蛛口部喷出, 饥渴的蜘蛛一般会不停的吮吸直至吮干药液, 若蜘蛛拒食则弃去, 换同组其它个体用同法喂食药液, 对照组则喂清水代替。

1.4.3 荧光素处理

将荧光素 FITC-D 与无菌蜘蛛饲料按 1:6 的比例配成液状混合物, 分别于药液或清水喂饲后的第 1、2、3、4、5 天, 从每组取出 10 头拟环纹豹蛛作为一批, 每头用 5 μl 含荧光素的饲料按喂杀虫剂药液的方法对蜘蛛进行喂饲。

1.4.4 蜘蛛取血

拟环纹豹蛛用含荧光素的饲料喂饲 24h 后, 即杀虫剂处理后的第 2、3、4、5、6 天, 分别对每批蜘蛛取血样, 作为当天蜘蛛血液荧光素浓度检测的样本。剪断蜘蛛步足基部以毛细吸管取血, 每 2~3 头蜘蛛取血 5 μl , 每 5 μl 血液作为 1 个重复, 每批蜘蛛血液共 3~4 个重复, 将取出的蜘蛛血液放入, 充分摇匀制成血液样品待测。

1.4.5 血液荧光素浓度检测

首先在荧光分光光度计上建立荧光素浓度的标准曲线。取未经任何处理的拟环纹豹蛛血液 5 μl 放入内有 4 ml 抗凝剂的小试管内, 置于荧光分光光度计下测试, 激发波长 (EX) 480nm, 发射波长 (EM) 520nm, 此血样荧光值为本底值。用双蒸水配制 9 个 FITC-D 样品, 浓度分别为 0、0.094、0.188、0.250、0.375、0.500、0.600、0.652、0.667 mg/kg, 置于荧光分光光度计下测试, 得 FITC-D 样品的荧光值, 以荧光素 FITC-D 样品的浓度为 X 轴, 所测得相应的荧光值为 Y 轴, 这样即可建立荧光素浓度的标准曲线。将各组拟环纹豹蛛的血液样品同样置于荧光分光光度计下测试, 可得到蜘蛛血样的荧光值, 根据标准曲线即可计算出血样的荧光素浓度。

1.5 数据统计

校正死亡率 = (处理组死亡率 - 对照组死亡率) / (1 - 对照组死亡率)

荧光素浓度标准曲线 $y = 126.46x + 1.235$ (式中 y 为荧光值, x 为荧光素浓度, $r = 0.995^{**}$)

平均数用平均值 $\pm$ 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 方差分析采用单因变量两因素方差分析, 多重比较采用最小差数法 (LSD)^[23]。所得数据均由软件 SPSS13.0 进行统计和分析。

2 结果与分析

2.1 不同杀虫剂处理拟环纹豹蛛的药后反应

饲喂杀虫剂药液后, 处理组的拟环纹豹蛛与对照组相比, 行动较为缓慢。其中, 强杀处理的拟环纹豹蛛表现严重的中毒症状, 摄食药液后约 5~6h 内一直处于蜷缩状态, 之后逐渐恢复原状; 敌百虫处理后有挣扎现象; 三保奇花处理后的拟环纹豹蛛也会蜷缩起来, 少有颤抖现象; 吡虫啉处理后情况相对较好, 蜘蛛活动仍然较多。此外, 处理组拟环纹豹蛛比对照组的排泄物有所增加, 三保奇花处理组后蜘蛛排泄量增加最明显, 强杀处理组的排泄量增加且排泄物质地更稀。各组的校正死亡率分别为 (观察天数均为 7d, 观察数均为 50 头): 三保奇花 29.5%, 敌百虫 22.7%, 强杀 18.2%, 吡虫啉 11.4%。

2.2 杀虫剂处理后拟环纹豹蛛血液中的荧光素浓度变化

在荧光分光光度计上对各组拟环纹豹蛛血液样品进行检测, 根据标准曲线方程, 可以得到血液样品中的荧光素浓度值, 以药后时间为横坐标, 血液中荧光素浓度值为纵坐标作图, 得图 1。

由图 1 可以看出, 处理组拟环纹豹蛛血液中的荧光素浓度远高于对照组, 可见 4 种杀虫剂处理后拟环纹豹蛛肠黏膜对荧光素的通透性均有所增大。用 SPSS 统计软件对杀虫剂品种和药后时间对拟环纹豹蛛血液中荧光素浓度的影响作两个因素的方差分析, 结果显示杀虫剂品种 ($F = 19.874^{**}$) 和药后时间 ($F = 6.149^{**}$)

两个因素对拟纹豹蛛血液中的荧光素浓度均有极显著的影响 ($P < 0.01$), 因此分别对不同杀虫剂处理组和药后不同时间作多重比较, 结果见表 1。

由多重比较的结果可知, 在杀虫剂处理后 6d 内, 各个处理组拟环纹豹蛛血液样本中的荧光素浓度均与对照组存在极显著差异; 生物源杀虫剂三保奇花和强杀处理后拟环纹豹蛛血液样本中的荧光素浓度高于化学源杀虫剂吡虫啉处理后拟环纹豹蛛的荧光素浓度, 差异达到显著水平 ($P < 0.05$), 但与化学源杀虫剂敌百虫处理组差异不显著 ($P > 0.05$)。而从不同时间血液中荧光素浓度来考虑, 血液样本中的荧光素浓度随药后时间的延长而降低, 药后 4、5、6d 的荧光素浓度与施药后第 2 天的荧光素浓度差异显著。

2.3 杀虫剂处理后拟环纹豹蛛肠通透性恢复所需时间

根据对照组和处理给拟环纹豹蛛血液中的荧光素浓度(图 1), 对药后一段时间内荧光素浓度的变化趋势预测, 可得各组的直线拟合方程, 其中 y 为荧光素浓度, x 为药后天数。当各处理组的 y 值即血液中的荧光素浓度与对照组的 y 值相等时, 可以认为处理组拟环纹豹蛛的肠通透性值已恢复到正常水平, 因此利用各组的拟合方程可预测各种杀虫剂处理后拟环纹豹蛛肠黏膜通透性恢复到正常水平所需要的时间。结果见表 2。

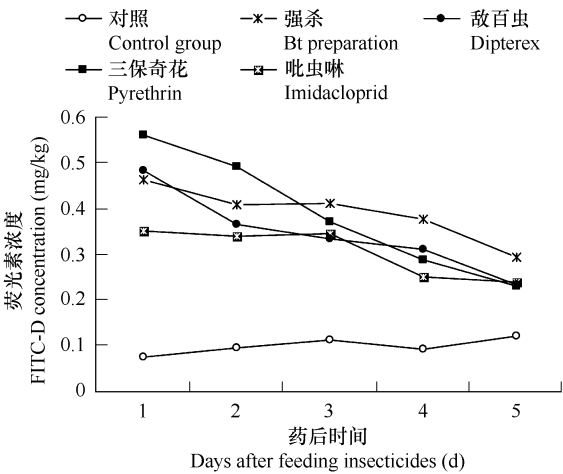


图 1 杀虫剂处理后拟环纹豹蛛血液中荧光素浓度变化
Fig. 1 The FITC-D concentration in the spider blood after being fed the insecticide solutions

表 1 拟环纹豹蛛血液中的荧光素浓度的多重比较

Table 1 Multiple comparison on FITC-D concentration in the spider blood

杀虫剂组别 Groups with different insecticides	FITC-D 平均浓度 Average concentration of FITC-D	药后时间 Days after feeding insecticides	FITC-D 平均浓度 Average concentration of FITC-D
对照组 Control group	0.100 ± 0.019	第 2 天 The 2 nd day	0.385 ± 0.189
三保奇花 Pyrethrin	0.388 ± 0.122 **	第 3 天 The 3 rd day	0.340 ± 0.149
强杀 Bt preparation	0.390 ± 0.055 **	第 4 天 The 4 th day	0.314 ± 0.117 *
吡虫啉 Imidacloprid	0.304 ± 0.050 **	第 5 天 The 5 th day	0.263 ± 0.105 **
敌百虫 Dipterex	0.344 ± 0.082 **	第 6 天 The 6 th day	0.225 ± 0.059 **

表中数据均为平均值 ± 标准差, * 表示对照组与处理组或药后第 2 天与其它几天相比较荧光素浓度差异显著, * * 表示对照组与处理组或药后第 1 天与其它几天相比较荧光素浓度差异极显著 Data are $\bar{x} \pm SD$; * means statistical difference between the control group and the tested groups or between the second day and the other days; * * means remarkable difference

表 2 杀虫剂处理后拟环纹豹蛛肠黏膜恢复所需时间

Table 2 Estimated time required by spiders to recover the barrier function of their intestinal mucosa from insecticide damage

杀虫剂 Insecticides	拟合方程 Fitted equations	相关系数 Correlations	恢复时间(d) Required time for renew
对照组 Control group	$y = 0.009x + 0.071$	$r = 0.812 **$	
三保奇花 Pyrethrin	$y = -0.086x + 0.645$	$r = 0.993 **$	6.04
强杀 Bt preparation	$y = -0.037x + 0.500$	$r = 0.941 **$	9.31
吡虫啉 Imidacloprid	$y = -0.032x + 0.399$	$r = 0.893 **$	7.98
敌百虫 Dipterex	$y = -0.056x + 0.512$	$r = 0.963 **$	6.77

4 种杀虫剂处理都将增加大分子物质透过拟环纹豹蛛的肠黏膜机率, 但药后存活的拟环纹豹蛛其肠黏膜的屏障功能约在 6 ~ 10d 内可以恢复到正常水平。

3 讨论

蜘蛛中绝大多数种类都以织网坐或游猎等方式不定期地获得食物,在长期的进化过程中,蜘蛛发展了强大的消化系统以适应这种捕食策略,消化道的主要部分——中肠在头胸部和腹部均分出多条盲管,扩大了消化道的容量,可容纳储存较多的食物,这种结构特点使得蜘蛛既可以“暴饮暴食”,又能长时间耐受饥饿。肠道内黏膜层对机体起着屏障作用,能防止肠腔内有害物质如毒素或细菌穿过肠黏膜进入体内其他组织器官和血液循环系统。肠黏膜在内外不良条件胁迫等应激状态下通透性增加,大量内毒进入体内循环引发机体感染或其它不适症状。肠黏膜通透性增高往往发生在肠黏膜形态学出现明显变化之前,故肠黏膜通透性可反映早期肠黏膜的损伤。

本文就杀虫剂处理在短期内对拟环纹豹蛛肠黏膜通透性的影响作了测试,结果证实所使用的四种杀虫剂均将对拟环纹豹蛛肠黏膜的屏障功能造成损伤,导致大分子物质易于通过。尽管拟环纹豹蛛的肠黏膜组织亦具有一定的抗逆能力,接受单次杀虫剂处理一段时间后肠黏膜的屏障功能可以恢复到正常水平,但农林生态系统中蜘蛛所承受的农药胁迫往往是持续而高强度的,颜亨梅等对长期生活在农药污染区的星豹蛛(*Pardosa astrigera*)中肠黏膜进行了扫描电镜观察,发现农药重污染区的星豹蛛中肠黏膜发生弥漫性溃疡,且有凝固性坏死和穿孔等严重病灶;轻污染区的则有大量细胞水肿、萎缩、纤维素样变性等组织细胞损伤现象^[24]。可见在长期农药胁迫下,蜘蛛肠黏膜屏障功能的损伤将是不可逆转的。蜘蛛肠功能损伤将直接减少蜘蛛个体的摄食量,同时肠黏膜损伤引发蜘蛛个体其它机能损害也将降低蜘蛛本身的适合度以及对猎物的捕食力,这些都将降低蜘蛛对目标害虫的控制能力。

本试验所选用的4种杀虫剂中,三保奇花和强杀为生物源杀虫剂,试验结果显示两种生物源杀虫剂处理后拟环纹豹蛛血液样本中的荧光素浓度高于两种化学源杀虫剂处理后拟环纹豹蛛的荧光素浓度,说明供试的两种生物农药对拟环纹豹蛛肠黏膜功能的损害程度不亚于甚至是高于供试的化学农药。目前有关生物源农药对天敌的影响褒贬不一,如董辉等的研究认为绿僵菌对步甲、芫菁、虎甲等天敌个体并没有出现致病作用,一定程度上说明绿僵菌与天敌对害虫的控制作用是累积的^[25];耿博闻等在室内研究了喷施黄绿绿僵菌孢子悬液对稻田蜘蛛捕杀褐飞虱作用的影响,结果表明黄绿绿僵菌不感染拟水狼蛛和食虫沟瘤蛛,亦不影响它们捕杀褐飞虱的能力^[26];但有关生物农药对有益生物毒副影响的报道也不断增加,如鱼藤酮对二种鱼的 LC_{50} (96h)分别为 $1.9\mu\text{g/L}$ 和 $4.9\mu\text{g/L}$,还可引起大鼠的帕金森氏病。白僵菌和绿僵菌都可引起家蚕和蜜蜂发病,绿僵菌素对草虾和蛙也是有毒的^[27];另有一些报告指出印楝素对赤眼蜂、通草蛉斑腹刺益蝽等有一定影响^[28];Ponzo等的实验证实狼蛛 *Schizocosa episinga* 进食含有印楝素的猎物后,不仅死亡率显著升高,各种生长参数包括幼蛛重量和头胸部宽度都有不同程度的减少,而且引起雌蛛血细胞总数减少,这意味着蜘蛛的适合度降低,且免疫能力将受到损伤^[29]。从本试验的结果来看,生物源农药对拟环纹豹蛛中肠黏膜的损伤高于化学源杀虫剂处理组,尤其是以Bt为有效成份的强杀,其对拟环纹豹蛛的致死率很高,本试验强杀药液的配制浓度约为推荐使用浓度的1/10,但拟环纹豹蛛摄食后仍出现严重的中毒症状,肠黏膜的屏障功能亦需要更长的时间恢复,说明Bt制剂对拟环纹豹蛛的生理功能将造成不利影响。但Pekár在测定蜘蛛对多种杀虫剂的敏感性时发现Bt制剂对印痕球蛛没有明显的致死力^[13],这与本试验的结果有所不同,其原因除了试验所用的蜘蛛种类不同以外,还可能与施药方式有关。Bt的杀虫作用以胃毒为主,Bt芽孢在寄主肠道中萌发,并大量增殖,最后穿透肠壁进入血液,引起昆虫败血症。同时其晶体蛋白(前毒素)在昆虫碱性肠道内溶解,降解为活性蛋白与中肠膜受体结合,毒蛋白插入昆虫中肠细胞膜,形成跨膜离子通道或孔,导致细胞溶解,最终寄主死亡^[30]。因此Pekár用点滴法使Bt与蜘蛛体表面接触可能不利于Bt杀虫活性的释放,而本试验以带毒饵料喂饲蜘蛛,Bt直接与蜘蛛中肠黏膜接触,利于Bt胃毒作用的形成发挥。目前,生物农药全球市场销量比例已达农药总量的20%,并保持着良好的发展势头。有关生物农药对蜘蛛等天敌生理功能的影响及其机理、化学源与生物源农药对蜘蛛生理生化指标影响的差异等相关问题值得深入研究和探讨。

References:

- [1] Wang H Q, Yan H M, Yang H M. Preliminary studies on the community structure of paddy field spiders in China. *Acta Arachnologica Sinica*, 1999, 8 (2): 95—105.
- [2] Reichert S E, Lockley T. Spiders as biological control agents. *Ann Rev Entomol*, 1984, 29: 299—320.
- [3] Xiao Y H, He Y Y, Yang H M, *et al.* The study on the starvation endurance of Larva *Pirata subpiraticus*. *Jour Nat Scie Hunan Norm Univ.* 2004, 27 (1): 75—78.
- [4] Liu F X, Xiao Q Z, Chang J, *et al.* Study on the adversity tolerance of spiders (Araneae). *Acta Arachnologica Sinica*, 2005, 14 (1): 42—46.
- [5] Xiao Y H, He Y Y, Yang H M. The starvation endurance of *Ummeliata insecticeps*. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 6 (6): 1725—1731.
- [6] Song D X. *Paddy Field Spiders in China*. Beijing: Agricultural Press, 1987.
- [7] Nyffeler M, Benz G. Spiders in natural pest control: a review. *J Appl Ecol*, 1987, 104: 190—197.
- [8] Bogya S, Mols P J M. The role of spiders as predators of insect pests with particular reference to orchads: a review. *Acta Phytopath Entomil Hung*, 1996, 31: 83—159.
- [9] Marc P, Canard A. Maintaining spider biodiversity in agroecosystems as a tool in pest control. *Agri Ecosyst Environ*, 1997, 62: 229—235.
- [10] Everts J W, Aukema B, Mullie W C, *et al.* Exposure of the ground dwelling spider *Odothorax apicatus* (Blankwall) (Erigonidae) to spray and residues of deltamethrin. *Arch Environ Contam*, 1991, 20: 13—19.
- [11] Everts J W. The toxic effects of deltamethrin on linyphiid and erigonid spiders in connection with ambient temperature, humidity and predation. *Arch Environ Contam Toxicol*, 1991, 20: 20—24.
- [12] Fabellar L T, Heinrichs E A. Relative toxicity of insecticides to rice plant hoppers and leafhoppers and their predators. *Crop Prot*, 1986, 5: 254—258.
- [13] Pekár S. Susceptibility of the spider *Theridion impressum* to 17 pesticides. *Journal of Pest Science*, 2002, 75 (2): 51—55.
- [14] Wang Z, Yuan Z M, Song D X, *et al.* On the species component in spider community of paddy field and the dynamics of the dominant species in different fields. *Chinese Journal of Biological Control*, 2005, 21 (1): 10—13.
- [15] Jagers op Akkerhuis G A J M, Westerhof R, Van Straalen N M, *et al.* Water balance, respiration and immobilization in relation to deltamethrin poisoning and physical conditions in the epigeal spider. *Pestic Sci*, 1995, 44: 123—130.
- [16] Jagers op Akkerhuis G A J M, Rossing W A H, Piet G J, *et al.* Water depletion, an important cause of mortality in females of the spider *Oedothorax apicatus* after treatment with deltamethrin: a simulation study. *Pesticide Biochem & Physiol*, 1997, 58(1): 63—76.
- [17] Van Erp S, Booth L, Gooneratne R, *et al.* Sublethal responses of wolf spiders (Lycosidae) to organo-phosphorous insecticides. *Environ Toxicol*, 2002, 17 (5): 449—456.
- [18] Pape H C, Dwenger A, Regel G, *et al.* Increased gut permeability after multiple trauma. *Br J Surg*, 1994, 81: 850—852.
- [19] Doig C J, Sutherland L R, Sandham J D, *et al.* Increased intestinal permeability is associated with the development of multiple organ dysfunction syndrome in critically ill ICU patients. *Am J Respir Crit Care Med.*, 1998, 158 (2): 444—451.
- [20] Liu F X, Zhao J Z, Peng Y. Food resource and its solving way for spiders (Araneae). *Acta Arachnologica Sinica*, 2002, 11 (1): 40—42.
- [21] Zhang F, Liu H W, Song Z D, *et al.* Selection of anticoagulants and short-term culture condition in vitro of sallop *Patinopecten yessoensis* hemocytes. *Fisheries Science*, 2005, 24 (12): 25—28.
- [22] Jiangsu Agriculture Scientific Research Institute. Toxicity of 20 pesticides on 4 species of natural enemies. *Acta Entomologica Sinica*, 1976, 19 (31): 363—366.
- [23] Li C X, Wang Z H, Wang W L. *Biological Statistics (The second edition)*. Beijing: Scientific Press, 2000. 187—189.
- [24] Yan H M, Guo Y C, Peng T X, *et al.* A scanning electron microscopic study on the effect of insecticides pollution on spider's midgut mucosa injuring. *Laser Biology*, 1995, 4 (2): 654—657.
- [25] Dong H, Su H T, Gao S, *et al.* Effect of *Metarhizium anisopliae* on grasshopper and its predaceous natural enemies. *Chinese Journal of Biological Control*, 2005, 21 (1): 60—62.
- [26] Geng B W, Zhang R J. Effects of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* var. *Acridum* on the predation of two paddyfield spiders on the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål (Homoptera: Delphacidae). *Acta Entomologica Sinica*, 2004, 47 (3): 349—353.
- [27] Genthner F J, Chancy C A, Couch J A, *et al.* Toxicity and pathogenicity testing of the insect pest control fungus *Metarhizium anisopliae*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 1998, 35(2): 317—324.
- [28] Wu J W, Chen J F. Pesticides originated from plants and their safety. *Plant Protection*, 2002, 28 (4): 39—41.
- [29] Ponzo F. Effects of Azadirachtin on mortality, growth, and immunological function in the wolf spider, *Schizocosa episin* (Araneae: Lycosidae).

Bull Environ Contam Toxicol, 1997, 58: 415—421.

- [30] Gill S S, Cowles E A, Pietrantonio P V. The mode of action of *Bacillus thuringiensis* endotoxins. Annual Review of Entomology, 1992, 37: 615—636.

参考文献:

- [1] 王洪全, 颜亨梅, 杨海明. 中国稻田蜘蛛群落结构研究初报. 蛛形学报, 1999, 8 (2): 95~105.
- [3] 肖永红, 贺一原, 杨海明, 等. 拟水狼蛛幼蛛饥饿耐受性研究. 湖南师范大学自然科学学报, 2004, 27 (1): 75~78.
- [4] 刘凤想, 肖群支, 常瑾, 等. 蜘蛛抗逆能力的研究. 蛛形学报, 2005, 14 (1): 42~46.
- [6] 宋大祥. 中国农田蜘蛛. 北京: 农业出版社, 1987.
- [14] 王智, 袁哲明, 宋大祥, 等. 化防田与综防田蜘蛛群落物种组成及优势类群动态分析. 中国生物防治, 2005, 21 (1): 10~13.
- [20] 刘凤想, 赵敬钊, 彭宇. 蜘蛛人工饲养中食物来源和解决途径. 蛛形学报, 2002, 11 (1): 40~42.
- [21] 张峰, 刘洪伟, 宋志东, 等. 虾夷扇贝血细胞抗凝剂的筛选及体外短时培养条件的研究. 水产科学, 2005, 24 (12): 25~28.
- [22] 江苏农业科学研究所. 二十种农药对四种主要天敌的毒性测定. 昆虫学报, 1976, 19 (31): 363~366.
- [23] 李春喜, 王志和, 王文林. 生物统计学 (第二版). 北京: 科学出版社, 2000. 187~189.
- [24] 颜亨梅, 郭永灿, 彭图曦, 等. 农药污染对蜘蛛中肠粘膜损伤的扫描电镜观察. 激光生物学, 1995, 4 (2): 654~657.
- [25] 董辉, 苏红田, 高松, 等. 绿僵菌对蝗虫及其捕食性天敌的影响. 中国生物防治, 2005, 21 (1): 60~62.
- [26] 耿博闻, 张润杰. 黄绿绿僵菌对两种稻田蜘蛛捕杀褐飞虱作用的影响. 昆虫学报, 2004, 47 (3): 349~353.
- [28] 吴钺文, 陈建峰. 植物源农药及其安全性. 植物保护, 2002, 28 (4): 39~41.