

邢亚楠,代克涛,车喜庆. 稻田 3 种捕食性天敌对灰飞虱种群的调控作用[J]. 江苏农业科学,2018,46(20):109-111,116.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.20.028

# 稻田 3 种捕食性天敌对灰飞虱种群的调控作用

邢亚楠<sup>1</sup>, 代克涛<sup>2</sup>, 车喜庆<sup>1</sup>

(1. 辽宁省盐碱地利用研究所, 辽宁盘锦 124010; 2. 中化现代农业有限公司, 北京 10010)

**摘要:**为了明确田间多种捕食性天敌对灰飞虱的防治效果,采用田间罩笼法,通过 4 因子 2 次正交旋转组合设计,分析 3 种优势天敌与灰飞虱的相互作用关系。结果表明,田间灰飞虱的初始种群基数是决定其自身被食量的首要影响因子,3 种天敌对灰飞虱捕食量影响的顺序依次为  $x_3$  (横纹金珠)  $> x_1$  (棕管巢蛛)  $> x_2$  (草间钻头蛛);选出 3 种天敌对灰飞虱控制作用的优化组合:灰飞虱为 120 头( $x_4 = 2$ )时,棕管巢蛛为 6 头( $x_1 = 1$ )、草间钻头蛛为 6 头( $x_2 = 1$ )、横纹金珠为 8 头( $x_3 = 2$ ),此时灰飞虱被捕食量  $y$  值最大,为 108,最高防效为 90%,进一步验证 3 种天敌蜘蛛对灰飞虱均有抑制效应,不同物种存在种间和种内竞争、干扰作用。

**关键词:**水稻;捕食性天敌;二次正交旋转回归试验设计;灰飞虱;控制作用

**中图分类号:** S435.112<sup>+</sup>.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)20-0109-03

水稻作为辽宁省第二大粮食作物,年播种面积、产量分别达到 56 万  $\text{hm}^2$ 、420 万 t。盘锦市作为辽宁省水稻的主产区,其飞虱的发生已严重影响到滨海稻区水稻的生产<sup>[1]</sup>。辽宁省盐碱地利用研究所通过多年来对飞虱的预测预报发现,盘锦稻区主要以灰飞虱、白背飞虱、褐飞虱等 3 种飞虱混合发生,造成不同程度的危害。相比于白背飞虱、褐飞虱,这两者属于迁飞性,而灰飞虱以若虫状态在盘锦稻区越冬,其基数大、发生重<sup>[2-3]</sup>。一方面,灰飞虱以成虫、若虫状态群集在稻丛下部,直接刺进水稻茎秆组织内吸食汁液。另一方面,灰飞虱还能传播条纹叶枯病病毒等,给水稻造成很大的危害,产量损失一般在 5% 左右,发生严重的年份产量损失超过 10%<sup>[4-5]</sup>。

目前对灰飞虱的防治主要采用化学防治法,鉴于大量广谱性杀虫剂的使用,不仅使灰飞虱产生了抗药性,也使得田间天敌数量减少,严重破坏了生态平衡,引起一系列食品安全和环境污染等重要问题<sup>[6-8]</sup>。为顺应农业协调可持续发展的主题要求,生物防治应运而生,保护和利用自然天敌昆虫资源作为生物防治的一种重要手段有着重要作用。目前,关于天敌利用等问题的研究多局限在室内捕食功能测定,而对于在田间自然环境中,多种天敌与害虫复合系统的报道较少。

多种天敌对灰飞虱捕食关系是相当复杂的,不是单种天敌捕食量的简单叠加。二次正交旋转组合设计能较好地描述多因子共存作用时捕食性天敌的捕食作用<sup>[9]</sup>。孙文鹏等曾运用二次旋转组合设计研究了大豆田 4 种捕食性天敌与大豆蚜共存系统的捕食关系,并应用于大豆蚜的田间防控<sup>[10]</sup>。常瑾曾运用二次正交旋转组合设计研究了稻田生态系统中 3 种蜘蛛对白背飞虱的捕食效应<sup>[11]</sup>。

通过笔者所在研究室多年来对滨海稻区节肢类捕食性天

敌进行的普查发现,横纹金珠、草间钻头蛛、棕管巢蛛在田间所占比例分别为 37.5%、11.6%、22.9%,为稻田优秀的捕食者<sup>[12-13]</sup>。因此,本研究以 3 种优势蜘蛛为天敌,以灰飞虱为靶标害虫,明确其相互作用关系,以期对灰飞虱的田间生态调控提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料与调查方法

采集田间灰飞虱,在水稻(盐丰 47,由辽宁省盐碱地利用研究所提供)植株上饲养,连续转移 3~5 次,确保灰飞虱不带病毒后再大量繁殖(室外笼罩饲养),挑选健康灰飞虱作为试虫<sup>[14]</sup>。

横纹金珠、草间钻头蛛、棕管巢蛛均采集于水稻田,室内配对产卵,先产的卵于冰箱 4℃ 条件下保存,卵量备足后一起孵化,保持发育一致,取健康蜘蛛用于试验。

于 2014 年 7 月 20 日和 2015 年 7 月 20 日连续 2 年在大连新建农场试验田进行试验,每隔 2 m 罩网,网罩规格为 1 m×1 m×2 m,网孔为 100 目,保证每网内 2 穴水稻。试验设 2 次重复,共 144 网。人工清除网内天敌昆虫及灰飞虱后,按设计要求(表 1)接入定量的天敌和灰飞虱。接入灰飞虱时,先惊扰灰飞虱种群,待灰飞虱活动后用毛笔轻挑至目标水稻植株上,类似自然分布状态,确定成活 7 d 后调查网内水稻植株上灰飞虱的数量。

表 1 天敌组合编码值与其密度的关系

编码值	数量(头)			
	棕管巢蛛 ( $x_1$ )	草间钻头蛛 ( $x_2$ )	横纹金珠 ( $x_3$ )	灰飞虱 ( $x_4$ )
-2	0	0	0	40
-1	2	2	2	60
0	4	4	4	80
1	6	6	6	100
2	8	8	8	120

### 1.2 试验设计与统计分析

采用 4 因子 2 次正交旋转组合设计法,得到回归方程:

收稿日期:2017-05-24

基金项目:辽宁省科学事业公益研究基金(编号:2014002021);辽宁省科学技术计划(编号:2013215003)。

作者简介:邢亚楠(1988—),女,辽宁盘锦人,硕士,研究实习员,主要从事水稻植物保护研究。E-mail:1352262046@qq.com。

$y = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ij} x_i x_j + \sum b_{ii} x_i^2$ ; 其中,  $b_i$ 、 $b_{ij}$ 、 $b_{ii}$  分别为一次项、交互项、二次项系数;  $x_i$  为参试物种;  $y$  为共存系统害虫被捕食量的估计值。对方程进行方差分析, 分析捕食性天敌棕管巢蛛( $x_1$ )、草间钻头蛛( $x_2$ )、横纹金珠( $x_3$ )与灰飞虱( $x_4$ )之间的相互关系以及与捕食性天敌之间的相互关系。应用 DPS 7.05 统计分析软件进行数据分析。因子水平和编码值见表 1、表 2, 每个试验中心点重复 2 次。

表 2 4 因子 2 次正交旋转组合设计试验方案及结果

处理	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$y$ (头)
1	1	1	1	1	87
2	1	1	1	-1	55
3	1	1	-1	1	79
4	1	1	-1	-1	56
5	1	-1	1	1	84
6	1	-1	1	-1	54
7	1	-1	-1	1	73
8	1	-1	-1	-1	52
9	-1	1	1	1	80
10	-1	1	1	-1	53
11	-1	1	-1	1	65
12	-1	1	-1	-1	46
13	-1	-1	1	1	80
14	-1	-1	1	-1	54
15	-1	-1	-1	1	62
16	-1	-1	-1	-1	45
17	2	0	0	0	54
18	-2	0	0	0	69
19	0	2	0	0	60
20	0	-2	0	0	66
21	0	0	2	0	51
22	0	0	-2	0	71
23	0	0	0	2	35
24	0	0	0	-2	99
25	0	0	0	0	69
26	0	0	0	0	69
27	0	0	0	0	66
28	0	0	0	0	65
29	0	0	0	0	66
30	0	0	0	0	66
31	0	0	0	0	69
32	0	0	0	0	69
33	0	0	0	0	68
34	0	0	0	0	65
35	0	0	0	0	65
36	0	0	0	0	66

2 结果与分析

2.1 天敌与灰飞虱共存数学关系模型的建立

根据表 2 的结果, 采用 DPS 系统建立以为棕管巢蛛( $x_1$ )、草间钻头蛛( $x_2$ )、横纹金珠( $x_3$ )、灰飞虱( $x_4$ )为决策变量, 7 d 后以灰飞虱的捕食量为目标函数( $y$ )的四元二次回归方程:  $y = 66.916\ 67 + 3.541\ 67x_1 + 1.208\ 33x_2 + 4.541\ 67x_3 + 13.458\ 33x_4 - 1.197\ 92x_1^2 - 0.822\ 92x_2^2 - 1.322\ 92x_3^2 + 0.177\ 08x_4^2 + 0.687\ 50x_1x_2 - 1.812\ 50x_1x_3 + 1.062\ 50x_1x_4 - 0.687\ 50x_2x_3 + 0.437\ 50x_2x_4 + 2.187\ 50x_3x_4$ 。

在  $\alpha = 0.1$  水平上剔除不显著项, 重做统计得新回归方程:  $y = 66.916\ 67 + 3.541\ 67x_1 + 1.208\ 33x_2 + 4.541\ 67x_3 +$

$13.458\ 33x_4 - 1.197\ 92x_1^2 - 0.822\ 92x_2^2 - 1.322\ 92x_3^2 - 1.812\ 50x_1x_3 + 1.062\ 50x_1x_4 + 2.187\ 50x_3x_4$ 。

对各回归方程中的系数进行显著性检验, 由表 3 可知, 一次项棕管巢蛛( $x_1$ )、草间钻头蛛( $x_2$ )、横纹金珠( $x_3$ )与灰飞虱( $x_4$ )对 7 d 后灰飞虱的捕食量有显著的影响。方程整体回归达到显著水平 [ $F_2 = 68.637\ 73 > F_{0.01}(df = 14, 21)$ ,  $P = 0.001 < 0.01$ ], 说明本试验设计与结果良好, 回归方程能反映棕管巢蛛、草间钻头蛛、横纹金珠之间的相互关系, 具有一定的参考价值。

二次项  $x_1x_4$ 、 $x_3x_4$ 、 $x_1x_3$  在 0.01 水平下显著, 其他项则可以忽略。在回归方程中二次项与交互项系数为正, 表明天敌自身或者相互间对灰飞虱捕食量增加有促进作用; 系数为负, 表明天敌自身或者相互间对其捕食灰飞虱有负影响。

2.2 各因子对捕食效应的影响

当固定其他因子为 0 水平时, 棕管巢蛛、草间钻头蛛、横纹金珠、灰飞虱捕食量的单因子分析效应如图 1 所示。

由图 1 斜率可以看出,  $x_4$ (灰飞虱)  $> x_3$ (横纹金珠)  $> x_1$ (棕管巢蛛)  $> x_2$ (草间钻头蛛), 说明灰背飞虱自身密度  $x_4$  与其被捕食量  $y$  的关系, 呈一条逐渐上升的曲线, 且其上升幅度较稳定, 对其自身的捕食量  $y$  值影响最大。捕食性天敌中以横纹金珠的影响最大, 其次为棕管巢蛛, 草间钻头蛛的影响最小。

随着天敌数量由 -2 增加到 1 水平时, 灰飞虱被捕食的数量  $y$  值逐渐增加, 增幅较大。当天敌数量由 1 水平增加到 2 水平时, 灰飞虱被捕食的数量  $y$  值基本不再增加, 说明随着天敌密度的增加, 个体间的干扰、竞争作用也逐渐增强, 使得捕食能力不断降低。

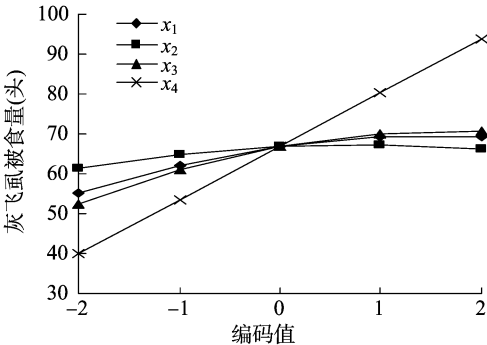


图 1 7 d 后灰飞虱被食量与各因素的关系

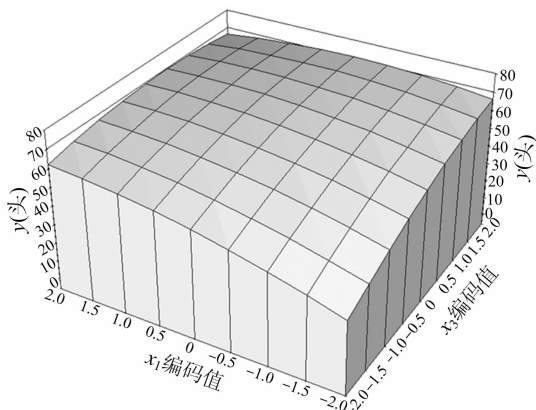
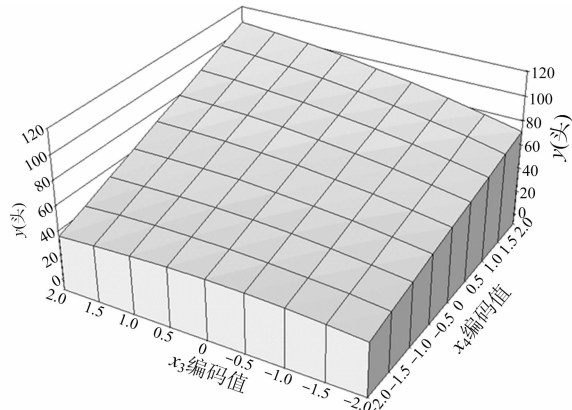
2.3 天敌的交互作用

对回归方程中二次相关系数进行显著性检验,  $x_1x_3$ 、 $x_1x_4$ 、 $x_3x_4$  在 0.01 水平下显著, 其他项可以忽略, 其中  $x_1x_4$ 、 $x_3x_4$  的二次项系数为正值, 即存在显著正交互作用,  $x_1x_3$  的二次项系数为负值, 表明二者之间存在显著的种间制约作用。

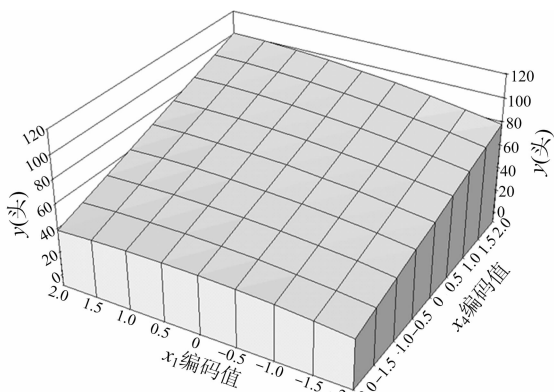
由图 2 可知, 当  $x_1$ (棕管巢蛛)的编码值由 -2 水平到 1 水平时, 随着  $x_3$ (横纹金珠)种群密度逐渐增加, 灰飞虱被捕食量( $y$ )也逐步增长; 当  $x_1$ (棕管巢蛛)的编码值由 1 水平增至 2 水平,  $x_3$ (横纹金珠)的编码值由 -2 水平到 0 水平时, 灰飞虱被捕食量增幅逐渐减小。当  $x_3$ (横纹金珠)的编码值由 1 水平到 2 水平时, 灰飞虱被捕食量却逐渐降低。这说明横纹金珠的种群密度增加到一定数量时, 其种内干扰作用较强, 与  $x_1$  棕管巢蛛的种间竞争也较强, 具有一定的负调控作用。

表 3 天敌组合结果方差分析

变异来源	平方和	自由度	均方	偏相关	F 值	P 值
$x_1$	301.041 7	1	301.041 7	0.846 1	52.902 7	0.000 1
$x_2$	35.041 7	1	35.041 7	0.476 2	6.157 9	0.021 6
$x_3$	495.041 7	1	495.041 7	0.897 5	86.994 8	0.000 1
$x_4$	4 347.041 8	1	4 347.041 8	0.986 5	763.915 3	0.000 1
$x_1^2$	45.920 1	1	45.920 1	-0.526 9	8.069 6	0.009 8
$x_2^2$	21.670 1	1	21.670 1	-0.391 8	3.808 1	0.064 5
$x_3^2$	56.003 5	1	56.003 5	-0.564 9	9.841 6	0.005 0
$x_4^2$	1.003 5	1	1.003 5	0.091 3	0.176 3	0.678 8
$x_1x_2$	7.562 5	1	7.562 5	0.244 0	1.329 0	0.261 9
$x_1x_3$	52.562 5	1	52.562 5	-0.552 7	9.236 9	0.006 2
$x_1x_4$	18.062 5	1	18.062 5	0.362 4	3.174 2	0.089 3
$x_2x_3$	7.562 5	1	7.562 5	-0.244 0	1.329 0	0.261 9
$x_2x_4$	3.062 5	1	3.062 5	0.158 1	0.538 2	0.471 3
$x_3x_4$	76.562 5	1	76.562 5	0.624 9	13.454 5	0.001 4
回归	5 468.138 9	14	390.581 3	$F_2 = 68.637 73$		0.000 1
剩余	119.500 0	21	5.690 5			
失拟	86.583 3	10	8.658 3	$F_1 = 2.893 42$		0.019 3
误差	32.916 7	11	2.992 4			
总和	5 587.638 9	35				

图2 棕管巢蛛( $x_1$ )与横纹金珠( $x_3$ )交互作用图4 横纹金蛛( $x_3$ )与灰飞虱( $x_4$ )交互作用

由图 3 可知,随着棕管巢蛛( $x_1$ )和灰飞虱( $x_4$ )种群数量的不断增加,灰飞虱被捕食量也逐步增加,可见棕管巢蛛对灰飞虱种群数量有重要的正调控作用。当  $x_1 = 2$ 、 $x_4 = 2$  时,  $y$  值最大,为 100。

图3 棕管巢蛛( $x_1$ )与灰飞虱( $x_4$ )交互作用

由图 4 可知,随着横纹金珠( $x_3$ )和灰飞虱( $x_4$ )种群数量的不断增加,灰飞虱被捕食量也逐步增加,可见  $x_3$  (横纹金珠)对灰飞虱种群数量也有显著的正调控作用。当  $x_3 = 2$ 、 $x_4 = 2$  时,  $y$  最大,为 106。

## 2.4 不同天敌对灰飞虱控制作用的优化

根据 DPS 软件中的数据进行优化分析,得到不同天敌对蚜虫控制作用的优化组合,灰飞虱数量为 120 头( $x_4 = 2$ )时,棕管巢蛛为 6 头( $x_1 = 1$ ),草间钻头蛛为 6 头( $x_2 = 1$ ),横纹金珠为 8 头( $x_3 = 2$ ),此时飞虱被捕食量  $y_{\max}$  为 108,最高防效为 90%。

## 3 讨论

罩笼试验是通过控制网孔大小,有效屏蔽不同大小的昆虫天敌,进而获得这些天敌对害虫的捕食作用,是害虫生物防治研究和实践的重要一环<sup>[15-17]</sup>。常瑾研究发现,稻田生态系统中 3 种蜘蛛对白背飞虱均具有较强的控制作用,但随着蜘蛛密度不断增加,其种内及种间的竞争越来越激烈,因此飞虱被食量呈下降趋势<sup>[11]</sup>。这与本研究得到的结果相似,符合天敌与害虫共存的田间实际情况。但室内人工模拟环境,生境过于简单,环境因子过于稳定,与稻田间自然生态环境差别较大,往往不能对天敌控害作用提供最有说服力的证据<sup>[16]</sup>。而本试验是在田间进行的,为了解自然界的捕食作用提供了参考。

本研究在田间利用罩笼试验法,采用 4 因子 2 次正交旋转组合设计,进行害虫与多种天敌共存试验,得到了 4 因子对

(下转第 116 页)

- [2]李明桃. 桃蚜的生物学特性与防治措施[J]. 农业灾害研究, 2013,3(2):1-4.
- [3]张平艳,周小毛. 华南地区桃蚜对 7 种杀虫剂的抗药性研究[J]. 广东农业科学,2014,41(10):81-84.
- [4]宫亚军,王泽华,石宝才,等. 北京地区不同桃蚜种群的抗药性研究[J]. 中国农业科学,2011,44(21):30-35.
- [5]韦兴启,李先文,王 召,等. 贵州长顺烟区烟蚜的抗药性监测[J]. 贵州农业科学,2013(2):81-85.
- [6]朱志明,梅留淇. 专业性杀蚜剂抗蚜威性能及其应用[J]. 中国烟草科学,1992,4:11.
- [7]Cravedi P,Mazzoni E,Serra R. Bioassays of some insecticides on the green peach aphid (*Myzus persicae* Sulzer) in Northern Italy: a preliminary survey [J]. Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura Serie II, 1991,23:113-121.
- [8]Fournier D, Mutero A. Modification of acetylcholinesterase as a mechanism of resistance to insecticides [J]. Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Pharmacology, Toxicology and Endocrinology, 1994,108(1):19-31.
- [9]Chen Z, Newcomb R, Forbes E, et al. The acetylcholinesterase gene and organophosphorus resistance in the Australian sheep blowfly, *Lucilia cuprina* [J]. Insect Biochemistry and Molecular Biology, 2001,31(8):805-816.
- [10]Furk C, Powell D F, Heyd S. Pirimicarb resistance in the melon and cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover [J]. Plant Pathology, 1980,29(4):191-196.
- [11]郑炳宗,高希武,王政国,等. 瓜-棉蚜对有机磷及氨基甲酸酯杀虫剂抗性机制研究[J]. 植物保护学报,1989,16(2):131-138.
- [12]李显春,王荫长. 昆虫抗药性靶标不敏感机制的研究进展[J]. 昆虫学报,1998,41(4):417-423,244-425.
- [13]杨效文,张孝羲. 烟蚜抗药性的生化及分子生物学机制[J]. 世界农业,1998,11(235):37-38.
- [14]林建国,张传溪,唐振华. 与昆虫抗药性相关的乙酰胆碱酯酶基因突变研究进展[J]. 农药学报,2005,7(1):1-6.
- [15]Moores G D, Devine G J, Devonshire A L. Insecticide resistance due to insensitive acetylcholinesterase in *Myzus persicae* and *Myzus nicotianae* [J]. Brighton Crop Protection Conference: Pests and Diseases, 1994,3(3):413-418.
- [16]Moores G D, Gao X W, Denholm I, et al. Characterisation of insensitive acetylcholinesterase in insecticide - resistant cotton aphids, *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) [J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 1996,56(2):102-110.
- [17]Fournier D. Mutations of acetylcholinesterase which confer insecticide resistance in insect populations [J]. Chemico - Biological Interactions, 2005,157(S I):257-261.
- [18]Nabeshima T, Kozaki T, Tomita T, et al. An amino acid substitution on the second acetylcholinesterase in the pirimicarb - resistant strains of the peach potato aphid, *Myzus persicae* [J]. Biochemical and Biophysical Research Communications, 2003,307(1):15-22.
- [19]Chen M H, Han Z J, Qiao X F, et al. Resistance mechanisms and associated mutations in acetylcholinesterase genes in *Sitobion avenae* (Fabricius) [J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2007,87(3):189-195.
- [20]Devonshire A L, Moores G D. Different forms of insensitive acetylcholinesterase in insecticide - resistant house flies (*Musca domestica*) [J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 1984,21(3):336-340.
- [21]沈晋良,吴益东. 棉铃虫抗药性及其治理[M]. 北京:中国农业出版社,1995:87-95.

(上接第 111 页)

灰飞虱捕食作用的调控顺序依次为  $x_4$  (灰飞虱)  $> x_3$  (横纹金珠)  $> x_1$  (棕管巢蛛)  $> x_2$  (草间钻头蛛), 均为正效应, 最佳防效可高达 90%。7 月中下旬开始, 气温适度的环境均有利于灰飞虱的繁殖, 为防治的最佳时期, 本试验结果可为灰飞虱生防实践提供依据。

#### 参考文献:

- [1]赵先丽,刘志恒,纪瑞鹏,等. 辽宁水稻主产区稻瘟病发生特征分析[J]. 气象与环境学报,2014,30(2):88-92.
- [2]张兴国. 辽宁省水稻灰飞虱的发生以及化学防治技术研究[D]. 北京:中国农业科学院,2011.
- [3]江宏伟,马晓慧. 盘锦稻区稻飞虱预测预报与综合防治技术研究[J]. 北方水稻,2016,46(1):48-50.
- [4]Thresh J M. Rice viruses and the green revolution[J]. Aspects of Applied Biology, 1988,17:187-194.
- [5]孙广仲,陈志清,郁祖良,等. 灰飞虱传播的病毒病发生流行特点及耕作与栽培措施调整对策[J]. 上海农业科技,2006(2):108-109.
- [6]中国农业科学院植物保护研究所,中国植物保护学会. 中国农作物病虫害[M]. 北京:中国农业出版社,2015:132.
- [7]任自忠. 植物保护实用手册[M]. 北京:中国农业出版社,2003.
- [8]孙 莲. 水稻穗期稻曲病和灰飞虱的综合防治技术研究[D]. 杭州:浙江大学,2015.
- [9]吴进才,沈斌斌,庞雄飞. 二次回归旋转组合设计在害虫天敌捕食效应研究中的应用[J]. 华南农业大学学报,1990,11(2):16-24.
- [10]孙文鹏,韩岚岚,戴长春,等. 大豆田三种捕食性天敌对大豆蚜种群的控制作用[J]. 中国生物防治学报,2015,4(2):193-201.
- [11]常 瑾. 稻田生态系统中 3 种蜘蛛对白背飞虱的捕食效应[J]. 蛛形学报,2000,9(2):116-121.
- [12]王井士,马晓慧,桑海旭. 辽河三角洲稻区优势天敌种类调查分析[J]. 植物保护,2015,41(1):163-165,184.
- [13]马晓慧,桑海旭,刘 郁. 辽宁盘锦稻区杂草与稻田中蜘蛛动态[J]. 植物保护,2015,41(3):163-168.
- [14]马崇勇,高聪芬,彭永强,等. 灰飞虱室内大量繁殖及越冬饲养方法[J]. 昆虫知识,2008,45(5):823-825.
- [15]戴长春. 大豆蚜 (*Aphis glycines* Matsumura) 种群动态及天敌控制作用研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2005.
- [16]刘树生. 天敌动物对害虫控制作用的评估方法及其应用策略[J]. 中国生物防治,2004,20(1):1-7.
- [17]Meihls L N, Clark T L, Bailey W C. Population growth of soybean aphid, *Aphis glycines*, under varying levels of predator exclusion[J]. Journal of Insect Science, 2010,10(1):142-144.