

二化螟蚁螟在不同类型水稻品种上的存活率及寄主选择性^{*}

王利华 张月亮 韩光杰 方继朝^{**}

(江苏省农业科学院植物保护研究所 南京 210014)

摘 要 二化螟 *Chilo suppressalis* Walker 是我国主要水稻害虫之一,近年来发生量呈上升趋势。本文研究表明二化螟蚁螟在不同类型水稻品种上 3 d 的存活率不同。在两优培九上,3 d 的存活率最高,为 60.8%。其次为南京 11,其存活率为 45.8%;在南粳 44、武运粳 7 号、常优 3 号、武育粳 3 号和香糯 8333 上 3 d 的存活率与南京 11 差异不显著,为 40.0%~45.0%。在 II 优 084 上蚁螟 3 d 的存活率最低,只有 25.8%。蚁螟对不同类型水稻品种的选择性也有差异。在 8 个水稻品种中,蚁螟对杂交籼稻两优培九的选择性最高,圆盘法测定其选择率为 21.0%;Y 型嗅觉仪法测定结果与圆盘法一致,在所有组合中蚁螟对两优培九的选择率均大于 50.0%,明显高于常规籼稻和粳稻。蚁螟对南粳 44 (16.5%) 和南京 11 (15.5%) 的选择性仅次于两优培九,其后为常优 3 号 (13.5%)。对香糯 8333 的选择性最低,圆盘法测定其选择率仅有 5.6%。进一步利用 SPSS 软件回归分析蚁螟在不同水稻品种上 3 d 的存活率和对该品种的选择性,发现二者间存在明显的正相关关系。

关键词 二化螟, 蚁螟, 水稻, 存活率, 选择性

The relationship between selection and survival of newly-hatched *Chilo suppressalis* larvae feeding on different varieties of rice

WANG Li-Hua ZHANG Yue-Liang HAN Guang-Jie FANG Ji-Chao^{**}

(Institute of Plant Protection, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China)

Abstract The stem borer, *Chilo suppressalis* Walker is a major rice pest in China and its numbers have been trending upward. We found that the survival rate of newly-hatched *C. suppressalis* larvae was highest on Liangyoupeijiu (60.8%), intermediate on Nanjing 11 (45.8%), and lowest on II you 084 (25.8%). There was no significant difference in the survival rate of larvae feeding on Nanjing 44, Wuyunjing 7, Changyou 3, Wuyujing3 and Xiangnuo 8333, although survival rates were all more than 40.0% on the first four varieties and only 35.8% in Xiangnuo 8333. Newly-hatched larvae displayed clear preferences for the eight varieties of rice. Liangyoupeijiu (hybrid indica rice) was the most preferred with 21.0% preference determined by the disk method and > 50.0% in Y-olfactometer experiments. The least preferred was Xiangnuo 8333 (5.6%). Preferences for Nanjing44, Nanjing11 and Changyou 3 were 16.5%, 15.5% and 13.5%, respectively. Regression analysis indicated that larval survival rates were positively correlated with the preference ranking of the rice variety they were raised on.

Key words *Chilo suppressalis*, newly-hatched larvae, rice, survival rate, selection

二化螟 *Chilo suppressalis* Walker 属于鳞翅目螟蛾科,可为害水稻、玉米、小麦、油菜等作物,是我国主要水稻害虫之一(丁锦华和苏建亚,2002),

近年来其发生为害呈上升趋势(石会田等,2005;赵法宝,2011)。二化螟与寄主植物在进化过程中相互作用和影响,对寄主植物具有明显的选择性

* 资助项目:江苏省农业科技创新资金项目(cx (10) 418)、国家水稻产业技术体系项目(Cars-001-25)。

**E-mail: wlhyang@sohu.com

***通讯作者, E-mail: fangjc@jaas.ac.cn

收稿日期:2011-09-15,接受日期:2011-10-25

(林克剑等, 2008)。其初孵和 3 龄幼虫均能识别寄主植物与非寄主植物的挥发物并显著地趋向水稻挥发物, 而回避甘蓝的挥发物(陈华才等, 2004)。二化螟对不同寄主植物的趋性也不同。杂交稻对二化螟成虫产卵具有明显的诱集作用, 杂交稻田蛾量和产卵量普遍高于常规稻, 各代成虫密度比常规稻多 20% ~ 35%, 卵块密度大 106.7% ~ 170.0% (Patanakamjorn and Pathak, 1967; 林克剑等, 2008)。

水稻对二化螟的抗性与水稻植株的形态特征、组织学特性以及营养特性有关; 在抗性水稻品种上二化螟生长发育受阻, 体重下降, 存活率降低(束兆林等, 2003; 罗举等, 2006; 郝丽霞等, 2008)。成虫产卵行为进化理论认为雌成虫趋向于选择那些能使其后代存活率和生长发育最好的寄主植物(Thompson and Pellmyr, 1991)。幼虫取食经历影响成虫的产卵选择(Barron, 2001)。桔小实蝇 *Bactrocera dorsalis* 幼虫用香蕉分别饲养 1 代和 20 代后, 其羽化后的成虫对 6 种水果有不同的产卵选择性。饲养 20 代的成虫在罩有香蕉的产卵杯上卵粒数最多。饲养 1 代的成虫在罩有芒果的产卵杯上卵粒数最多(郑小萍等, 2007)。葡萄花翅小卷蛾 *Lobesia botrana* 幼虫取食不同品种的葡萄后, 其成虫对该品种葡萄的选择性上升(Moreau *et al.*, 2008)。本文研究二化螟对不同类型水稻品种的选择性可在一定程度上揭示成虫对该品种的偏好; 分析二化螟对不同类型水稻品种的选择性与其在该品种上的存活率的关系, 不仅可为水稻抗虫育种提供信息储备, 还可为二化螟的发生预测提供一些有用的信息。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

试验所需二化螟于 2009 年 5 月采自江西上饶, 然后在室内饲养。幼虫期用 1 周龄香糯 8333 稻苗, 成虫产卵用分蘖期(南京 11)稻苗。实验时将卵块采下, 置于培养皿中, 待卵孵化备用。

1.2 供试水稻品种

试验选用 4 种类型水稻, 分别为杂交籼稻两优培九和 II 优 084、常规籼稻南京 11、杂交粳稻常优 3 号; 常规粳稻武育粳 3 号、武运粳 7 号、南粳 44 和香糯 8333(糯稻)。其中 II 优 084 和两优培

九, 购自江苏明天种业科技有限公司; 南京 11 号和南粳 44, 江苏省农业科学院粮食作物研究所提供; 常优 3 号, 购自江苏中江种业股份有限公司; 武育粳 3 号和武运粳 7 号, 购自南京神州种业公司; 香糯 8333, 购自金坛市种子分公司。

1.3 试验方法

1.3.1 蚁螟在不同类型水稻品种上 3 d 的存活率测定 将不同品种水稻种于直径为 24 cm 的盆中, 3 穴/盆, 4 棵/穴。每个水稻品种 5 盆。待稻苗长到分蘖期备用。实验时从每穴中选出 2 棵长势较好的稻苗, 将蚁螟置于稻苗叶片中部, 5 头/棵; 3 d 后剥查稻株内存活的二化螟幼虫数。

1.3.2 圆盘法测定蚁螟对不同类型水稻品种的选择性 直径为 18 cm 的培养皿, 用无水乙醇清洗干净后晾干。将直径为 18 cm 的定性滤纸置于上述培养皿中铺平。然后将不同品种水稻的稻茎剪下(试验设 8 个和 5 个水稻品种共存 2 种情况), 长 3 cm, 置于滤纸上(稻茎的一端紧靠培养皿边缘), 每个品种间弧长相等。再将 30 头蚁螟放置在滤纸正中央。为避免光照对蚁螟选择性的影响, 培养皿置于暗室中, 60 min 后剥查稻茎中蚁螟数(前期试验证实蚁螟在 60 min 中内能全部完成选择行为, 并钻入稻茎, 而且无死亡)。每个试验重复 5 次。

1.3.3 Y 型嗅觉仪法测定蚁螟对不同类型水稻品种的选择性 参考曹凤勤等(2008)的方法, 略有改动。将 Y 型嗅觉仪(直管长 15 cm, 两臂长 10 cm, 内径 2.5 cm, 两臂夹角 70°)用丙酮洗净并风干, 风速: 5 cm/s; 15 W 白炽灯置于 Y 型端前方正中央。将不同品种水稻来源的气味源置于 Y 型端管口, 通风 10 min 后, 将单头初孵幼虫, 置于非 Y 型端管口。然后观察蚁螟对 2 个品种的选择性。观察蚁螟对水稻的选择性时, Y 型端管口一个放置不同品种水稻来源的气味源, 一个空置, 每处理 30 头蚁螟, 每试验重复 3 次。

1.3.4 数据处理 蚁螟在不同水稻品种上存活率差异以及蚁螟对不同水稻品种选择率差异分析均采用 Excel 单因素方差分析方法进行分析, 不同类型水稻品种上 3 d 的存活率和对该品种的选择性之间的曲线回归分析采用 SPSS 软件。

2 结果与分析

2.1 蚁螟在不同类型水稻品种上 3 d 的存活率

蚁螟在 8 个水稻品种上 3 d 的存活率明显不同(表 1)。在杂交籼稻两优培九上 3 d 的存活率最高,显著高于其他 7 个品种;其次为常规籼稻南京 11,然后为粳稻。蚁螟在南京 11 和 5 个粳稻品种上 3 d 的存活率没有显著差异。在 5 个粳稻品种间,糯性粳稻上 3 d 的存活率略低,但 5 个品种间差异也不著显。在Ⅱ优 084 上 3 d 的存活率最低,显著低于两优培九、南京 11、南粳 44 和武运粳 7 号 4 个品种。

表 1 蚁螟在 8 个水稻品种上 3 d 的存活率
Table 1 The survival rate of newly-hatched larvae of stem borer in eight rice varieties

水稻类型 Rice type	水稻品种 Rice varieties	存活率 (%) ± 标准误 Survival rate (%) ± SE
常规粳稻 Conventional japonica rice	武运粳 7 号 Wuyunjing 7	41.7 ± 2.9 b
	武育粳 3 号 Wuyujing 3	40.0 ± 12.3 bc
	南粳 44 Nanjing 44	45.0 ± 6.0 b
	香糯 8333 Xiangnuo 8333	35.8 ± 7.9 bc
杂交粳稻 Hybrid japonica rice	常优 3 号 Changyou 3	40.8 ± 10.6 bc
常规籼稻 Conventional indica rice	南京 11 Nanjing 11	45.8 ± 4.3 b
	两优培九 Liangyoupeijiu	60.8 ± 7.6 a
杂交籼稻 Hybrid indica rice	Ⅱ优 084 Ⅱ you 084	25.8 ± 6.4 c

注:同列不同字母表示 5% 水平上有显著差异。下表同。
Data followed by different letters in the same column indicate significantly different at 0.05 level. The same below.

表 2 圆盘法测定蚁螟对不同水稻品种的选择性
Table 2 The choice of newly-hatched larvae of stem borer to different rice varieties by disc method

水稻类型 Rice type	水稻品种 Rice varieties	选择率 (%) ± 标准误 Choice (%) ± SE	
		8 个品种 Eight rice varieties	5 个品种 Five rice varieties
常规粳稻 Conventional japonica rice	武运粳 7 号 Wuyunjing 7	9.4 ± 8.1 b	10.8 ± 0.8 c
	武育粳 3 号 Wuyujing 3	7.2 ± 3.6 b	—
	南粳 44 Nanjing 44	16.5 ± 10.0 ab	—
	香糯 8333 Xiangnuo 8333	5.6 ± 4.3 b	18.4 ± 10.9 abc
杂交粳稻 Hybrid japonica rice	常优 3 号 Changyou 3	13.5 ± 9.9 ab	13.8 ± 3.9 bc
常规籼稻 Conventional indica rice	南京 11 Nanjing 11	15.5 ± 9.7 ab	18.2 ± 2.2 b
杂交籼稻 Hybrid indica rice	两优培九 Liangyoupeijiu	21.5 ± 4.2 a	38.8 ± 12.1 a
	Ⅱ优 084 Ⅱ you 084	10.8 ± 5.8 b	—

2.2 圆盘法分析蚁螟对不同类型水稻品种的选择性
蚁螟对不同类型水稻品种存在明显的选择

性。当 8 个水稻品种共存选择时,蚁螟对两优培九的选择率最高,达到 21.5%;显著高于香糯 8333、武育粳 3 号、武运粳 7 号和Ⅱ优 084,与南京

11、常优 3 号和南粳 44 差异不显著。对南粳 44、南京 11、常优 3 号和 II 优 084 的选择率均大于 10.0%；对香糯 8333 的选择率最低，仅有 5.6%（表 2）。但除两优培九外，在其他 7 个品种间螟的选择性差异不显著。当只有 5 个水稻品种时，螟对不同品种的选择趋势与 8 个品种基本一致，对杂交籼稻两优培九的选择性明显高于除香糯 8333 外的其他品种（表 2）。

2.3 Y 型嗅觉仪分析螟对不同水稻品种的选择性

Y 型嗅觉仪测定螟对 8 个水稻品种的选择性结果见图 1 和图 2。从图 1 可以看出，在水稻和空白对照间，螟显著趋于选择水稻。而图 2 则表明不同水稻品种两两组合时，螟对杂交稻的选择性大于常规稻，对籼稻的选择性大于粳稻，对非糯性水稻的选择率略高于糯稻。其中对两优培九的选择率显著高于常优 3 号、武运粳 7 号和香糯 8333；对南京 11 的选择率显著高于武运粳 7 号。

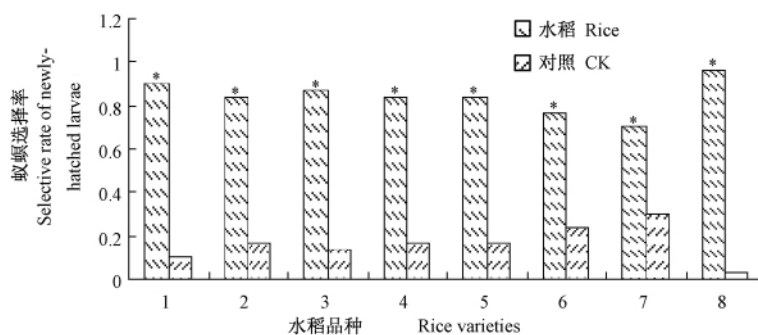


图 1 Y 型嗅觉仪测定螟对水稻的趋性

Fig. 1 Response of newly-hatched larvae of stem borer to rice varieties odor by Y-olfactometer

1~8 分别代表两优培九、II 优 084、南京 11、常优 3 号、武运粳 7 号、武育粳 3 号、南粳 44 和香糯 8333 分别与空白对照组合，* 表示在 0.05 水平上差异显著（卡方检验）。下同。

Line 1-8 represent the group of water and Liangyoupei jiu, II you 084, Nanjing 11, Changyou 3, Wuyunjing 7, Wuyujing 3, Nanjing 44 and Xiangnuo 8333, respectively. * indicates significant difference at 0.05 level by Chi-square test.

The same below.

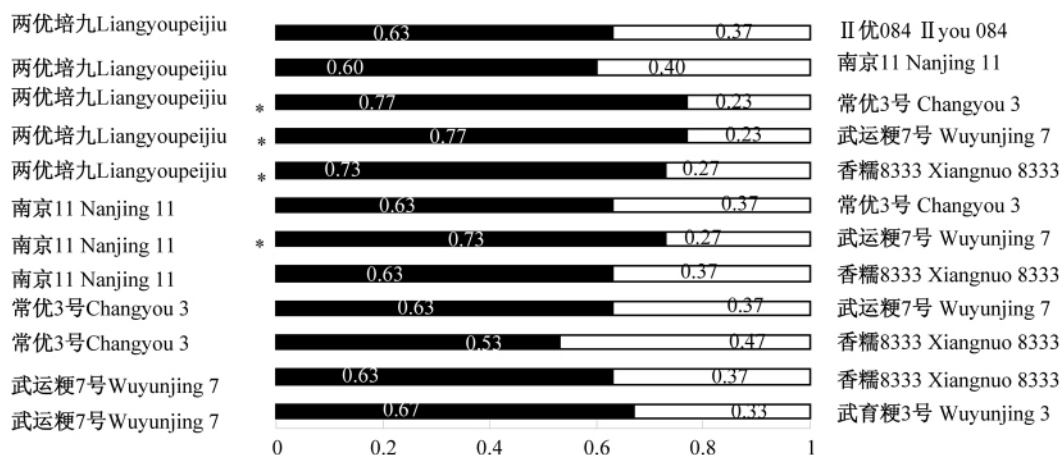


图 2 Y 型嗅觉仪测定两两组合时螟对不同水稻品种的趋性

Fig. 2 Response of newly-hatched larvae of stem borer to different rice varieties odor sources by Y-olfactometer

2.4 蚁螟对不同类型水稻品种的选择性与 3 d 存活率的关系

蚁螟对不同类型水稻品种的选择性与 3 d 存活率间存在明显的正相关关系(图 3, 图 4)。经曲线回归分析发现在所有的回归模型中, 直线回归显著, 当 8 个和 5 个品种共存选择时, 蚁螟对不同品种的选择率与 3 d 存活率直线回归 F 值分别为 6.836 ($P = 0.040$) 和 10.675 ($P = 0.047$), 在 0.05 水平上差异显著。

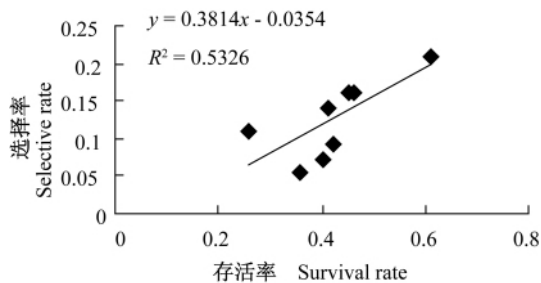


图 3 8 个品种共存时蚁螟对不同品种的选择率与 3 d 存活率的散点图

Fig. 3 The scatterplot of selection and survival rate of newly-hatched larvae to eight rice varieties

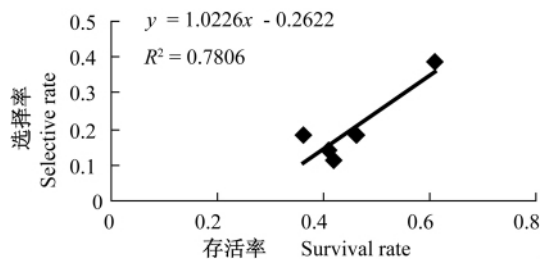


图 4 5 个品种共存时蚁螟对不同品种的选择率与 3 d 存活率的散点图

Fig. 4 The scatterplot of selection and survival rate of newly-hatched larvae to five rice varieties

3 讨论

二化螟对水稻的危害程度与品种有关, 在不同水稻品种上的存活率不同(王世贵, 2001), 蚁螟在杂交稻上的侵入率和存活率高于常规稻(黄绍华和刘琴乐, 1997)。本文发现蚁螟在杂交籼稻两优培九上 3 d 的存活率最高, 这与徐红星等(2006)的研究结果一致。说明两优培九对二化螟

的抗性较差, 这可能与该品种的形态学、解剖学特征以及营养状况有关。但是杂交籼稻 II 优 084 可能对二化螟的抗性较好, 因为蚁螟在 II 优 084 上的存活率分别比两优培九、南京 11、常优 3 号和南粳 44 4 个品种低 2.35、1.77、1.58 和 1.73 倍。对 II 优 084 的选择率也明显低于这 4 个品种。

二化螟对不同水稻品种常表现出明显的选择性(Khan *et al.*, 2000)。一般情况下, 二化螟对籼稻的选择性大于粳稻, 对杂交稻的选择性大于常规稻(丁锦华和苏建亚, 2002)。本文研究结果与此类似, 但圆盘法测定结果显示 8 个品种时南粳 44 和 II 优 084 不符合该规律, 5 个品种时香糯 8333 不符合该规律。推测出现这种情况可能有 2 个方面的原因。一是圆盘法测定时多个水稻品种放置在同一培养皿中, 品种间可能互相干扰, 误导蚁螟选择。Y 型嗅觉仪法可以避免这个问题, 采用该方法证实蚁螟对杂交稻的选择性大于常规稻, 对籼稻的选择性大于粳稻, 对非糯性水稻的选择率略高于糯稻。二是可能与稻株营养有关。不同类型水稻品种水、可溶性糖、植株蛋白质含量等均可能存在显著差异(郑文静等, 2009)。而植物糖、氮、钾营养等均能影响昆虫的生长发育和对寄主的选择性(吕仲贤, 2006; 卢伟等, 2007)。刘光杰等(1998)发现二化螟在不同品种上的种群消长与糖含量具有一定相关性, 糖含量高的品种二化螟发生程度重。

二化螟对不同水稻品种的选择性是否与其在该品种上的存活率有关呢? 为此我们进一步采用曲线回归分析法研究了蚁螟对水稻品种的选择率与 3 d 存活率的关系, 发现二者间存在明显的正相关关系。该结果说明蚁螟对不同类型水稻品种的选择性与其在该品种上的存活率有关。但是蚁螟对不同水稻品种的选择率与 3 d 存活率之间拟合曲线的相关系数平方值不太高, 说明除影响二化螟存活率的因素外, 可能还有其它的因素如稻株的挥发物、颜色等影响蚁螟的选择性。

参考文献 (References)

- Barron AB, 2001. The life and death of hopkins' host-selection principle. *J. Insect Behav.*, 14(6): 725—737.
- Khan ZR, Pickett JA, Van den Berg J, Wadhams LJ, Woodcock CM, 2000. Exploiting chemical ecology and species diversity: stem borer and striga control for maize and

- sorghum in Africa. *Pest Manag. Sci.*, 56(11):957—962.
- Moreau J, Rahme J, Benrey B, Thiery D, 2008. Larval host plant origin modifies the adult oviposition preference of the female European grapevine moth *Lobesia botrana*. *Naturwissen Schäften*, 95(4):317—324.
- Patanakamjorn S, Pathak MD, 1967. Varietal resistance of rice to Asiatic rice borer, *Chilo suppressalis* (Walker) (Lepidoptera:Crambidae), and its association with various plant characters. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 60(2):287—292.
- Thompson JN, Pellmyr O, 1991. Evolution of oviposition behavior and host preferences in Lepidoptera. *Annu. Rev. Entomol.*, 36(1):65—89.
- 曹凤勤, 刘万学, 范中南, 万方浩, 程立生, 2008. B 型烟粉虱对三种寄主植物及其挥发物的行为反应. *昆虫学报*, 51(8):830—838.
- 陈华才, 沈群超, 姜永根, 程家安, 2004. 水稻挥发物对二化螟幼虫趋性行为的影响. *中国水稻科学*, 18(5):473—475.
- 丁锦华, 苏建亚, 2002. 农业昆虫学(南方本). 北京:中国农业出版社出版. 150—154.
- 郝丽霞, 韩永强, 侯茂林, 廖晓兰, 2008. 辽河流域栽培稻对二化螟 (*Chilo suppressalis*) 的抗性. *生态学报*, 28(12):5987—5993.
- 黄绍华, 刘琴乐, 1997. 湘北第三代二化螟对杂交晚稻危害特点的研究. *昆虫知识*, 34(6):321—323.
- 林克剑, 侯茂林, 韩兰芝, 刘玉娣, 2008. 二化螟寄主选择行为与种群消长机制的研究进展. *植物保护*, 34(1):22—28.
- 刘光杰, 黄和平, 谢秀芳, 桂丽琴, 方蔚然, 1998. 早稻品种对二化螟的抗性及其生化基础研究. *西南农业大学学报*, 20(5):512—515.
- 卢伟, 侯茂林, 文吉辉, 黎家文, 2007. 寄主钾营养对烟粉虱发育、存活和寄主选择的影响. *昆虫学报*, 50(3):253—258.
- 罗举, 张孝羲, 翟保平, 郭玉人, 2006. 上海地区四个水稻品种抗虫特性与虫害的关系. *中国水稻科学*, 20(1):97—101.
- 吕仲贤, 俞晓平, Heong KL, 胡萃, 2006. 氮肥对植食性昆虫的影响及其对水稻主要害虫种群的诱导. *中国水稻科学*, 20(6):649—656.
- 石会田, 张胜来, 黄孟龙, 2005. 二化螟危害上升原因与防治策略. *作物研究*, 19(2):115—116.
- 束兆林, 方继朝, 盛生兰, 郭慧芳, 赵来成, 霍恒志, 2003. 水稻品种(系)对二化螟抗性的初步研究. *华东昆虫学报*, 12(1):14—18.
- 王世贵, 2001. 不同食料对人工饲养的二化螟生长发育和产卵量的影响. *植物保护*, 27(3):1—4.
- 徐红星, 吕仲贤, 陈建明, 郑许松, 俞晓平, 2006. 不同水稻品种对二化螟的抗性及其与形态学和解剖学特征的关系. *植物保护学报*, 33(3):241—245.
- 赵法宝, 2011. 2009 年水稻二化螟重发特点及其原因分析. *安徽农学通报*, 17(05):116.
- 郑文静, 刘志恒, 张燕之, 刘欣, 王昌华, 赵家铭, 2009. 水稻的主要养分组成和显微结构对灰飞虱取食选择性的影响. *植物保护学报*, 36(3):200—206.
- 郑小萍, 刘群山, 谢琦, 张润杰, 2007. 桔小实蝇幼虫取食经历对成虫产卵选择性的影响. *中山大学学报(自然科学版)*, 46(6):84—87.