

转 *cry1C* 和 *cry2A* 不同抗虫基因水稻品种对非靶标害虫灰飞虱生物学特性的影响

张 岚^{1,2}, 林克剑^{1*} 李 飞², 侯茂林¹

(1. 植物病虫害生物学国家重点实验室, 中国农业科学院植物保护研究所, 北京 100193;

2. 南京农业大学植物保护学院, 南京 210095)

摘要 为明确转 *cry1C* 和 *cry2A* 不同抗虫基因水稻品种对非靶标害虫灰飞虱生物学特性的影响,在室内恒温 25 ℃ 条件下观察转 *cry1C* 和 *cry2A* 不同抗虫基因水稻品种对非靶标害虫灰飞虱寄主选择行为的影响,以及个体发育与种群发展情况,记录并分析各虫态的发育历期、存活率及实验种群生命表参数。结果表明,灰飞虱对转 *cry2A*、*cry1C* 基因水稻和对照亲本水稻‘明恢 63’的定向选择栖息率反正弦转换值分别为 27.5、28.5、26.5,差异不显著。灰飞虱对 3 种供试水稻品种的喜好程度基本一致,但在转 *cry1C* 基因水稻上的平均取食刺痕数 508.3 个/d 显著高于转 *cry2A* 基因水稻(288.5 个/d)和亲本水稻‘明恢 63’(297 个/d)。灰飞虱在两个转基因抗虫水稻上的若虫全历期、卵孵化率、各虫态存活率和成虫羽化率与对照亲本水稻相比均差异不显著。灰飞虱在转 *cry2A*、*cry1C* 基因水稻和对照亲本水稻‘明恢 63’上的初羽化成虫鲜重分别为 0.731、0.744 mg 和 0.821 mg,差异不显著。上述结果表明,转不同 Bt 抗虫基因水稻对非靶标害虫灰飞虱个体发育及种群生命参数影响不大,与对照亲本水稻相比较在统计学上差异不显著。

关键词 转基因水稻; 非靶标害虫; 灰飞虱; 生长发育

中图分类号: S 435.112 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.0529-1542.2011.06.023

The biological effects of transgenic rice varieties with *cry1C* or *cry2A* on the non-target insect pest *Laodelphax striatellus*

Zhang Lan^{1,2}, Lin Kejian¹, Li Fei², Hou Maolin¹

(1. State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; 2. College of Plant Protection, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract The biological effects of transgenic rice varieties with *cry1C* or *cry2A* on the non-target insect pest the small brown planthopper, *Laodelphax striatellus*, were studied. The effects of rice varieties with *cry1C* or *cry2A* on the host selection behavior of *L. striatellus* were observed at 25 ℃ under indoor conditions. The effects of rice varieties with *cry1C* or *cry2A* on individual development and population growth were also studied, by recording the developmental duration and survival rate of each stage and other parameters in the population life tables. The results showed no significant differences in the inhabiting ratios of the directional selection of *L. striatellus* on the rice varieties with *cry1C* or *cry2A* or the control variety ‘MH63’, with the inverse sine conversion values of 27.5, 28.5 and 26.5, respectively. The average number of probed wounds caused by *L. striatellus* on the transgenic *cry1C* variety (508.3/d) was significantly more than that on the transgenic *cry2A* variety (288.5/d) and the control variety ‘MH63’ (297.0/d). There were no significant differences in the nymphal duration, egg hatchability, survival rate of each stage and adult emergence rate between transgenic rice varieties and the control variety. There were also no significant differences in the fresh weights of newly emerged adults among the transgenic *cry2A* variety (0.731 mg), transgenic *cry1C* variety (0.744 mg) and the control (0.821 mg). Statistically, no significant effects of transgenic

收稿日期: 2011-09-19 修订日期: 2011-09-20

基金项目: 转基因生物新品种培育科技重大专项(2009ZX08011-009B), 国家重点基础研究发展计划(“973”)项目(2010CB126203)

* 通信作者 E-mail: kjlin@ippcaas.cn

rice varieties with *cry1C* or *cry2A* on the insect development and population growth of *L. striatellus* were observed.

Key words transgenic rice; non-target insect pest; small brown planthopper; development

水稻为地球上近 30 亿人提供着食物,是世界上重要的粮食作物之一。水稻也是受病虫害侵袭最为严重的粮食作物,我国为害水稻的昆虫种类达 600 多种,严重影响水稻的产量和质量。通过转基因技术将抗虫、抗病等外源基因引入到水稻基因组中,培育抗虫、抗病转基因水稻新品种,已成为水稻病虫害防控的新方法与新途径,也将为提高水稻产量和品质、解决日益增长的人口和粮食紧缺之间的矛盾,突破耕地、水等资源约束,保障国家粮食安全和农产品长期有效供给,促进农业可持续发展开辟一条崭新的途径。由于我国水稻生产和消费在全球的重要地位和影响,我国政府对于转基因水稻的商业化生产持非常谨慎和认真的态度,既考虑到转基因水稻未来商业化将带来的巨大经济利益和社会影响,同时也对转基因水稻大规模环境释放和种植可能带来的潜在生物安全问题进行科学和认真的评价。目前,我国对转 *cry1Ab/cry1Ac* 基因抗虫水稻对靶标害虫抗性评价、对非靶标生物种群的影响、竞争能力、基因漂移以及对生态环境影响等方面进行了系统、全面的评价^[1]。科学研究结果表明,种植转基因抗虫水稻和种植抗虫棉花一样,对生态环境有利^[2]。本文研究了转 *cry1C* 和 *cry2A* 不同抗虫基因水稻品种对非靶标害虫灰飞虱 (*Laodelphax striatellus* Fallén) 生物学特性的影响,以期科学评价转不同抗虫基因水稻对非靶标害虫的影响和生态风险评估提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源与水稻品种

供试虫源:试验中所用灰飞虱种群采自江苏南京附近稻田,在室内光照培养箱中用‘武育梗 3 号’感虫水稻稻苗饲养 30 代以上,饲养条件为温度 (25 ± 1) °C,湿度 70%,光周期 12L//12D。

水稻品种:供试水稻品种分别为转 *cry2A* 基因水稻 (2A),转 *cry1C* 基因水稻 (1C) 和对照亲本水稻 ‘明恢 63’ (MH)。出苗后在光照培养箱中用培养液培养 20~35 d 后,挑长势一致的稻苗备用。

1.2 对灰飞虱寄主选择行为的影响

1.2.1 选择性试验

3 种供试水稻材料各选取 4 株同时播种的长势

较好、高度和生长较为一致的 25~30 d 稻苗为一组,3 组稻苗以边长为 7 cm 的等边三角形排列插入保水性能良好的花泥,置于半径为 10 cm,高度为 30 cm 的带盖玻璃罐中。每玻璃罐接入 15 头经保湿饥饿 2 h 的 4~5 龄灰飞虱若虫。设 10 次重复。试验于人工气候箱内 (温度 25 °C ± 1 °C, RH70% ± 5%, 光周期 12L//12D) 进行。接虫后 1、2、4、8、12、24、48 h,分别调查各供试材料稻株上的着虫数,落于稻株之外其余地点的灰飞虱则不计入统计数据。

接虫后 48 h 移去试虫,分别将各水稻材料置于 1% 曙红 Y 溶液中染色 50~60 min。染色后用清水漂洗,吸水纸擦干,再置于解剖镜下分别调查灰飞虱于稻株不同部位 (按比例等分成上、中、基部) 因取食而留下的洋红色口针刺痕数。调查结束后,统计每个水稻品种上灰飞虱的定向栖息率。

定向栖息率 = 每一水稻品种上灰飞虱栖息量 / 灰飞虱试虫存活量。

1.2.2 非选择性试验

3 种供试水稻材料分别选择 12 株同时播种的长势较好、高度和生长较为一致的 25~30 d 稻苗,分为 3 组以边长为 7 cm 的等边三角形插入保水性能良好的花泥,其余同方法 1.2.1。每个品种设 10 次重复,共 30 个处理。

1.2.3 对取食量的影响

在平底试管 (直径 2 cm, 高 16 cm) 中,内置稻苗单株长势良好的 25~30 d 稻苗,参照 Pathak^[3],陈茂等^[4]在主茎上套 1 只对接膜小袋,每袋接入 1 头短翅型灰飞虱雌虫,24 h 后取出雌虫用十万分之一电子天平称量试虫的蜜露重量。每个品种设 30 次重复,共 90 个处理。

1.2.4 对产卵选择性的影响

水稻苗的放置同 1.2.1 方法,试虫为羽化 3 d 并经过交配的处于产卵盛期的短翅型灰飞虱雌虫。每玻璃罐接入 10 头经保湿饥饿 2 h 的试虫,在接虫后 1、2、4、8、12、24、48 h 7 个时间点分别调查各处理稻株上的着虫数,落于稻株之外其余地点的灰飞虱则不计入统计数据。

调查结束后,将每组的 4 株稻苗置于平底试管中继续培养,分别于第 8 天、第 10 天、第 15 天取出已孵化的若虫并记录数目,然后在解剖镜下剖查稻

苗,记录未孵化卵的数量。调查结束后,统计每个水稻品种上的总产卵量、孵化率、定向产卵比率和定向产卵栖息率。每个品种设10次重复,共30个处理。

定向产卵比率=每一水稻品种上产卵量/总产卵量;

定向产卵栖息率=每一水稻品种上灰飞虱雌成虫栖息量/灰飞虱试虫存活量。

1.3 对种群增长的影响

1.3.1 对若虫历期、存活率及翅型分化的影响

灰飞虱各虫态(龄)发育历期及存活率的测定采用单管单虫饲养观察法。每个水稻品种设3个重复,每重复测试虫量30头左右。

将同日孵化的若虫10头饲养于平底试管(直径2 cm,高16 cm)中,内置稻苗2~3株,并加入1 mL左右的水稻培养液,以供水稻生长和保持管内一定湿度。管口用纱布扎严防止飞虱逃逸。每日定时观察每头灰飞虱的脱皮情况,记录各虫态的发育和存活情况,直到所有存活试虫都羽化为成虫。最后统计灰飞虱各发育阶段的存活虫数、各龄龄期、性比和翅型等参数。

1.3.2 对成虫产卵节律、产卵量和卵孵化率的影响

采用单管单对测定法。将当日羽化的短翅型雌、雄成虫配对后置于平底试管内进行产卵量测定,每支试管放置3株稻苗,在稻苗根部套有海绵,防止飞虱意外沾水死亡。每日定时检查管内灰飞虱的存活情况并进行记录,若雄虫早于雌虫死亡,则接入新的雄虫以保证雌虫交配。每间隔2 d把该对飞虱接入新的稻苗上继续产卵,直至雌虫死亡。每个水稻品种设3个重复,每重复不少于20对。

取出成虫5 d后,每日定时调查已产过卵的稻苗上孵化的若虫数。连续3 d无若虫孵出后,则在解剖镜下剖查稻苗,记录下未孵化卵的数量。调查结束后,统计雌、雄虫寿命、每雌产卵量,孵化若虫数、孵化率和产卵期等数据。

1.3.3 对成虫体重的影响

将初羽化24 h以内的成虫放入0.2 mL的离心管中,用十万分之一天平称量出成虫和离心管的质量,取出成虫后再称量离心管的质量,记录两者之差即为灰飞虱成虫体重。

1.4 数据统计方法

转不同抗虫基因水稻对灰飞虱种群生物学特性

影响的所有试验数据均采用Duncan新复极差法进行多重比较分析($p < 0.05$)。差异显著性分析采用统计软件DPS进行^[5]。

2 结果与分析

2.1 转不同抗虫基因水稻对灰飞虱寄主选择行为的影响

2.1.1 对定向选择行为的影响

灰飞虱对转 *cry2A*、*cry1C* 基因水稻和对照亲本水稻‘明恢 63’3个水稻品种在第1、2、4、8、12、24 h和48 h等不同时间段的定向选择栖息率反正弦转换值分别为24.5、26.1、27.0、27.6、27.9、30.7、28.7,差异均不显著。灰飞虱对转 *cry2A*、*cry1C* 基因水稻和对照亲本水稻‘明恢 63’的定向选择栖息率反正弦转换值分别为27.5、28.5、26.5,差异不显著。同时,将灰飞虱在3种供试水稻品种和不同时段的定向栖息比率进行双因素分析,结果表明不同选择时间和水稻品种对灰飞虱定向栖息行为无显著影响(图1)。

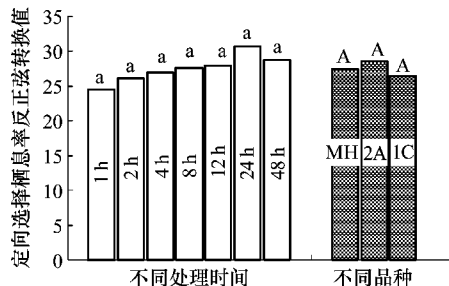


图1 转 *cry2A*、*cry1C* 基因水稻(2A、1C)和对照亲本水稻‘明恢 63’(MH)不同水稻品种和不同选择时间对灰飞虱寄主定向选择栖息率的影响

2.1.2 对取食行为的影响

2.1.2.1 选择性试验

自由选择条件下,灰飞虱在转 *cry2A* 和 *cry1C* 基因水稻及其亲本水稻‘明恢 63’上选择性取食刺痕数目有一定差异。灰飞虱在转 *cry1C* 基因水稻基部平均取食刺痕数为(159.2±26.2)个/d,显著高于转 *cry2A* 基因水稻(99.8±13.8)个/d和亲本水稻‘明恢 63’(91.9±10.1)个/d。在水稻中部,灰飞虱在转 *cry2A* 和 *cry1C* 基因水稻及其亲本水稻‘明恢 63’上取食刺痕数分别是(80.9±15.8)、(165.4±47.4)和(101.2±31.1)个/d,在水稻上部的取食刺

痕数分别为(102.8±41.2)、(178.7±42.8)、(99.1±42.3)个/d,差异均不显著。

整体上,灰飞虱对 3 种供试水稻品种不同部位的喜好程度基本一致,但在转 *cry1C* 基因水稻上的平均取食刺痕数(508.3±66.3)个/d 显著高于转 *cry2A* 基因水稻(288.5±64.4)个/d 和亲本水稻‘明恢 63’(297±72.4)个/d(图 2)。

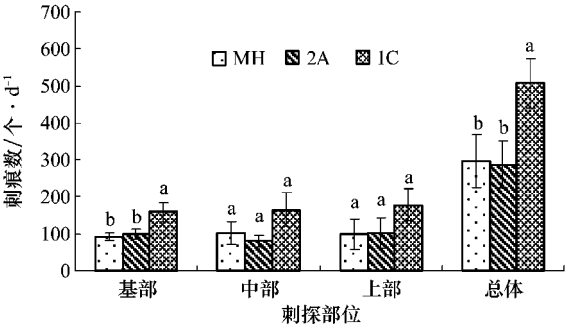


图 2 有选择条件下灰飞虱对转 *cry2A*、*cry1C* 基因水稻(2A、1C)和对照亲本水稻‘明恢 63’(MH)的取食选择性(刺痕数)比较

2.1.2.2 非选择性试验

非选择条件下,灰飞虱在转 *cry2A* 和 *cry1C* 基因水稻及其亲本水稻‘明恢 63’基部的取食刺痕数分别为(397.67±55.23)、(507.33±42.35)个/d 和(335.00±49.61)个/d,其中转 *cry1C* 基因水稻与亲本水稻相比较差异显著,转 *cry2A* 基因水稻与亲本水稻,以及两种转基因水稻之间相比较差异均不显著。在水稻中部,灰飞虱在转 *cry2A* 和 *cry1C* 基因水稻及其亲本水稻‘明恢 63’上的取食刺痕数分别为(505.83±77.05)、(413.33±44.86)、(260.17±41.67)个/d,分析表明只有转 *cry2A* 基因水稻与亲本水稻的取食刺痕数相比较差异显著。在水稻上部,取食刺痕数分别为(581.83±142.85)、(914.67±264.40)、(349.17±166.50)个/d,不同样本之间刺痕数差异极大,标准误是中部、基部的 3~4 倍。

总体上,灰飞虱在转 *cry1C* 基因水稻上平均取食刺痕数为(1 839.83±301.28)个/d,与亲本水稻‘明恢 63’(947.5±190.04)个/d 的取食刺痕数相比较差异显著;转 *cry2A* 基因水稻与亲本,以及两种转基因水稻之间相比较差异均不显著(图 3)。

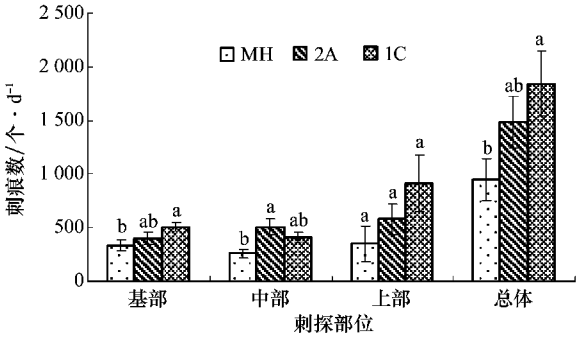


图 3 无选择条件下灰飞虱对转 *cry2A*、*cry1C* 基因水稻(2A、1C)和对照亲本水稻‘明恢 63’(MH)的取食选择性(刺痕数)比较

2.1.2.3 取食量比较

灰飞虱在转 *cry2A* 和 *cry1C* 基因水稻上取食 24 h 所排泄的蜜露量(±标准误)分别为(2.54±0.52)mg/(头·d)和(2.19±0.16)mg/(头·d),而在亲本水稻‘明恢 63’上所排泄的蜜露量为(2.27±0.23)mg/(头·d),结果表明转基因水稻对灰飞虱的取食量无显著影响。

2.1.3 对产卵选择性的影响

灰飞虱在转 *cry2A*、*cry1C* 基因水稻和对照亲本水稻‘明恢 63’上的产卵量分别为(50.71±11.98)、(60.14±11.46)、(34±4.47)粒,产卵定向选择性不明显,而且在 3 种水稻上卵的孵化率无显著差异,反正弦转换值分别为 80.25、84.68、85.07。灰飞虱对转 *cry2A*、*cry1C* 基因水稻和对照亲本水稻‘明恢 63’3 种水稻在第 1、2、4、8、12、24、48 h 7 个时段的定向产卵栖息率反正弦转换值分别为 20.2、21.4、26.6、25.1、27.2、26.3、28.7,差异均不显著。结果表明选择时间的长短未对灰飞虱产卵栖息行为造成影响。

综合考虑水稻品种和不同选择时间对灰飞虱产卵栖息率影响的双因素分析结果表明,水稻品种和不同选择时间对灰飞虱产卵栖息率均无显著影响(图 4)。

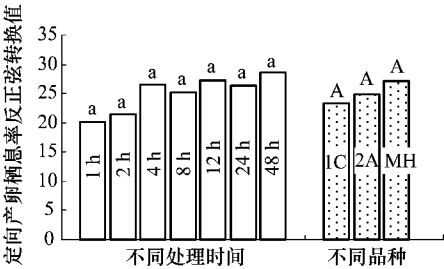


图 4 转 *cry2A*、*cry1C* 基因水稻(2A、1C)和对照亲本水稻‘明恢 63’(MH)不同水稻品种和不同处理时间对灰飞虱定向产卵栖息率的影响

2.2 转不同抗虫基因水稻对灰飞虱种群增长的影响

2.2.1 对发育历期的影响

转基因水稻对非靶标昆虫灰飞虱发育历期的影响如表 1,卵发育历期在 3 个水稻品种间差异不大。个别若虫历期随龄期升高有所延长,但转 *cry2A*、*cry1C* 基因水稻上若虫的全历期与对照品种‘明恢 63’相比较差异不显著。在所有供试水稻品种上雌虫的平均寿命要长于雄虫的平均寿命,但 3 个供试水稻品种之间雌、雄虫寿命差异不显著。

表 1 灰飞虱不同龄期在转 *cry2A*、*cry1C* 基因水稻(2A、1C)和对照亲本水稻‘明恢 63’(MH)上的发育历期¹⁾

虫 期	发育历期/d		
	MH	2A	1C
卵期	7.23	7.61	7.08
1 龄若虫	2.39±0.11	2.40±0.16	2.54±0.13
2 龄若虫	3.04±0.09	2.92±0.14	2.91±0.13
3 龄若虫	2.96±0.21	3.11±0.11	3.19±0.10
4 龄若虫	4.27±0.13	3.73±0.16	3.80±0.34
5 龄若虫	6.39±0.75	7.15±0.17	5.83±0.83
若虫全历期(♀)	(20.58±1.32)a	(20.00±1.34)a	(18.03±0.41)a
若虫全历期(♂)	(17.75±0.46)a	(18.75±0.56)a	(18.40±0.60)a
平均值	19.02	19.14	18.24
成虫寿命(♀)	(5.50±0.51)a	(5.62±0.55)a	(5.00±0.44)a
成虫寿命(♂)	(4.28±0.39)a	(4.67±0.64)a	(5.76±0.63)a
平均值	4.89	5.14	5.38

1) 表中数据为平均值±标准差,同一行数据后有相同字母表示经 Duncan 多重比较后差异不显著($p\geq0.05$)。

2.2.2 对体重增长的影响

灰飞虱在转 *cry2A*、*cry1C* 基因水稻和对照亲本水稻‘明恢 63’上的初羽化雌虫鲜重分别为(0.731±0.026)、(0.744±0.087)、(0.821±0.041)mg,差异不显著。灰飞虱初羽化雄虫鲜重分别为(0.657±0.057)、(0.674±0.029)、(0.625±0.050)mg,差异也不显著。整体上灰飞虱初羽化时雌虫鲜重均大于雄虫鲜重,但在不同品种上差异不显著。结果表明转基因水稻对灰飞虱初羽化成虫的体重未造成显著影响。

2.2.3 对存活率的影响

灰飞虱在转 *cry2A*、*cry1C* 基因水稻和亲本水稻上的各龄期存活率走势一致(图 5),结果表明转基因水稻未对灰飞虱若虫发育造成影响。灰飞虱在‘明恢 63’、转 *cry2A*、*cry1C* 基因水稻上的卵孵化率分别为 95%、100%、96%(表 2),表明转基因水稻对灰飞虱的卵无致死作用。灰飞虱在‘明恢 63’、转

cry2A、*cry1C* 水稻上的成虫羽化率分别为 31.86%、35.91%和 27.4%,转 *cry2A*、*cry1C* 基因水稻分别与亲本水稻比较差异不显著,但两个转基因水稻之间相比较差异显著(图 6)。

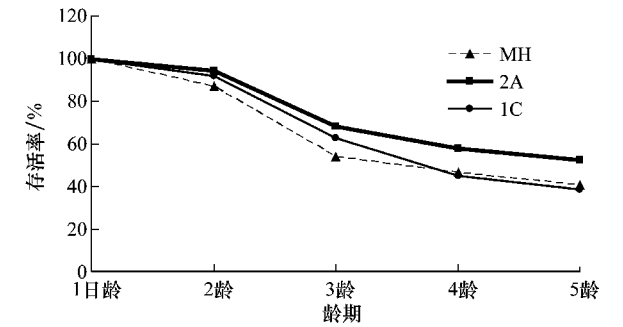


图 5 灰飞虱不同龄期在转 *cry2A*、*cry1C* 基因水稻(2A、1C)和对照亲本水稻‘明恢 63’(MH)上的存活率比较

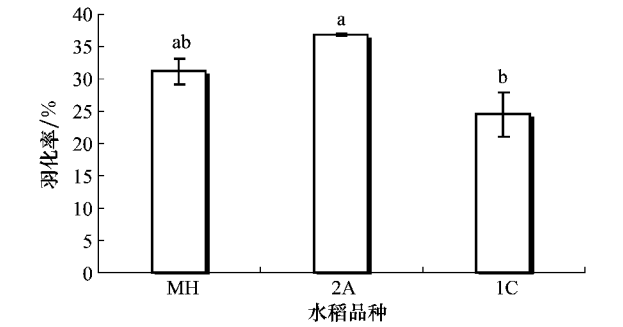


图 6 灰飞虱在转 *cry2A*、*cry1C* 基因水稻(2A、1C)和对照亲本水稻‘明恢 63’(MH)上的成虫羽化率比较

表 2 灰飞虱在转 *cry2A*、*cry1C* 基因水稻(2A、1C)和对照亲本水稻‘明恢 63’(MH)上的实验种群生命表

生命表参数	MH	2A	1C
起始 1 日龄若虫数/头	100.00	100.00	100.00
1 龄存活率/%	86.74	94.45	92.32
进入 2 龄若虫数/头	86.74	94.45	92.32
2 龄存活率/%	60.72	72.36	67.31
进入 3 龄若虫数/头	53.84	68.18	62.77
3 龄存活率/%	85.17	84.81	71.34
进入 4 龄若虫数/头	46.20	57.67	45.05
4 龄存活率/%	86.94	91.73	84.95
进入 5 龄若虫数/头	40.72	52.19	38.45
5 龄存活率/%	77.48	70.18	69.70
羽化虫数/头	31.86	35.91	27.40
羽化雌成虫数/头	15.81	14.91	9.28
雌虫比例	0.50	0.42	0.34
平均每雌产卵量/粒	3.61	5.29	1.36
卵孵化率/%	0.95	1.00	0.96
种群趋势指数 (<i>I</i>)	0.54	0.79	0.12
种群适合度	1.00	1.45	0.22

2.2.4 对适合度的影响

灰飞虱在转 *cry2A*、*cry1C* 基因水稻和对照亲本水稻‘明恢 63’上种群趋势指数分别为 0.54、0.79、0.12,均小于 1,表明在实验室单一条件下,供试品种均不利于灰飞虱生长繁殖。将亲本水稻的种群适合度设为 1 作为衡量单位,则在转 *cry2A*、*cry1C* 基因水稻上种群适合度分别为 1.45 和 0.22 (表 2)。转 *cry2A* 基因水稻上灰飞虱的种群适合度显著高于亲本水稻,而转 *cry1C* 基因水稻上的灰飞虱种群适合度显著低于亲本水稻‘明恢 63’。

3 讨论

在评价转 Bt 抗虫基因水稻对非靶标害虫稻飞虱种群安全性的过程中,最直接的办法就是评价其对稻飞虱种群生物学特性以及生长发育和繁殖有无影响。稻飞虱取食后排泄的蜜露量和取食痕(刺探痕)一直被认为是水稻品种或材料抗虱性评价的两个重要指标^[6-7]。本文研究结果表明,灰飞虱在转 *cry2A*、*cry1C* 基因水稻和对照亲本水稻‘明恢 63’上取食 24 h 所排泄的蜜露量差异不显著。取食刺痕试验数据分析表明,非选择性条件下和选择性条件下灰飞虱在转 *cry1C* 基因水稻上的取食刺探痕数量均显著多于转 *cry2A* 基因水稻和亲本水稻,主要原因是由于灰飞虱在转 *cry1C* 基因水稻上过多的取食前刺探行为造成的。灰飞虱在 3 种供试水稻品种上的取食选择栖息率和产卵选择栖息率均无显著差异。

转基因水稻对灰飞虱个体生长发育与种群增长参数影响的试验结果分析表明,灰飞虱在转 *cry2A*、*cry1C* 基因水稻及其亲本水稻‘明恢 63’上,各龄期存活率曲线走向基本一致,差异较小,发育历期、成虫寿命等参数差异均不显著;灰飞虱在转 *cry2A*、*cry1C* 基因水稻上的成虫羽化率分别与亲本水稻无显著差异,但两个转基因水稻之间差异达显著水平,结合灰飞虱在转 *cry1C* 基因水稻上较低的种群趋势指数,说明转 *cry1C* 基因水稻对于灰飞虱种群增长有一定影响,主要原因是水稻品种之间的农艺性状差异导致了羽化雌虫比例和平均每雌产卵量两个参数的显著差异。谭红等^[8]研究表明,白背飞虱以转 *cry1Ab* 基因抗虫水稻品系‘B’和‘B6’为食时,其雌、

雄若虫发育总历期均显著长于对照,说明其不利于该种飞虱的发育。而傅强等^[9]的研究结果显示转 *SCK + cry1Ac* 双基因抗虫水稻品系‘MSA’和‘MSB’对非靶标害虫褐飞虱和白背飞虱若虫发育总历期均无显著影响。Bernal 等^[10]报道 5 种含不同 Bt 基因或启动子的转基因抗虫水稻品系对褐飞虱若虫发育无显著影响。周霞等^[11]的研究数据显示与‘秀水 11’、‘克螟稻 1’相比,在‘克螟稻 2’上白背飞虱的雌成虫产卵量少,净生殖率和周限增长率低,种群加倍时间长,导致其种群内禀增长力变小。具体是否由于基因插入导致水稻生理特性和营养成分的差异,从而影响到以这些品种为食的非靶标昆虫稻飞虱的生长和发育的差异,有待于进一步研究证实。

参考文献

- [1] 韩兰芝,吴孔明,彭于发,等. 转基因抗虫水稻生态安全性研究进展[J]. 应用与环境生物学报, 2006, 12 (3):431 - 436.
- [2] <http://www.moa.gov.cn/ztzl/zjyqwgz/>.
- [3] Pathak P K, Saxena R C, Heinrichs E A. Parafilm sachet for measuring feeding activity of *Nilaparvata lugens* on rice varieties[J]. Philippine Entomology, 1982, 11:85 - 90.
- [4] 陈茂,叶恭银,姚洪渭,等. 抗虫转基因水稻对非靶标害虫褐飞虱取食与产卵行为影响的评价[J]. 中国农业科学, 2004, 37(2):222 - 226.
- [5] 唐启义,冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M]. 北京: 科学出版社, 2002:37 - 46.
- [6] 朱麟,古德祥,张古忍,等. 褐飞虱和白背飞虱在抗褐飞虱水稻品种上的行为反应[J]. 植物保护学报, 2002, 29(2):145 - 152.
- [7] 刘光杰,付志红,沈君辉,等. 水稻品种对稻飞虱抗性鉴定方法的比较研究[J]. 中国水稻科学, 2002, 16(1):52 - 56.
- [8] 谭红,叶恭银,沈君辉,等. 转 *cry1Ab* 基因抗虫水稻对非靶标害虫白背飞虱发育与繁殖的影响[J]. 植物保护学报, 2006, 33(3):251 - 256.
- [9] 傅强,王锋,李冬虎,等. 转基因抗虫水稻 MSA 和 MSB 对非靶标害虫褐飞虱和白背飞虱的影响[J]. 昆虫学报, 2003, 46 (6):697 - 704.
- [10] Bernal C C, Aguda R M, Cohen M B. Effect of rice lines transformed with *Bacillus thuringiensis* toxin genes on the brown planthopper and its predator *Cyrtorhonus lividipennis* [J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 2002, 102(1): 21 - 28.
- [11] 周霞,程家安,娄永根. 转 *cry1Ab* 基因水稻对非靶标昆虫白背飞虱种群增长的影响[J]. 昆虫学报, 2006, 49(5):786 - 791.