

利用小麦苗饲养稻纵卷叶螟的方法^{*}

朱阿秀^{**} 钱 秋 刘向东^{***}

(南京农业大学植物保护学院, 南京 210095)

摘 要 【目的】目前, 虽然已有利用玉米苗饲养稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* 的成功方法, 但仍然存在着玉米苗冬天不易种植、饲养成本较高的问题, 因此, 本文研究了一种在室内以小麦苗替代玉米苗连续继代饲养稻纵卷叶螟的方法, 从而使室内饲养该虫变得更简便和经济。【方法】将稻纵卷叶螟初孵幼虫接至小麦苗上饲养, 采用生命表方法测定稻纵卷叶螟第 1 代及第 4~6 代的生物学特征, 同时将小麦苗和玉米苗饲养的稻纵卷叶螟分别回接至水稻苗上, 分别建立其在水稻苗上的生命表。【结果】稻纵卷叶螟可以在室内用小麦苗进行连续继代饲养。稻纵卷叶螟在小麦苗上连续饲养 6 代后, 除蛹重轻于玉米苗上饲养的外, 其它生物学特征, 如存活率、历期、性比、产卵量、卵孵化率等都无显著差异。与玉米苗上饲养的稻纵卷叶螟相同, 小麦苗上饲养了 6 代的稻纵卷叶螟仍能很好地在水稻上生长发育、存活和繁殖。【结论】利用小麦苗饲养的稻纵卷叶螟的生物学特征与玉米苗饲养的相似, 可以利用小麦苗进行稻纵卷叶螟的室内保种与大量饲养。

关键词 稻纵卷叶螟, 饲养方法, 小麦苗, 生物学特征

A method for rearing the rice leaf folder (*Cnaphalocrocis medinalis*) using wheat seedlings

ZHU A-Xiu^{**} QIAN Qiu LIU Xiang-Dong^{***}

(College of Plant Protection, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract [Objectives] To develop a relatively convenient and cheap method of culturing the rice leaf folder (RLF) *Cnaphalocrocis medinalis* using wheat seedlings. Although a successful method for rearing the RLF on maize seedlings has been established this has some obvious limitations, such as the difficulty of planting maize seedlings in winter and the high price of maize seeds. [Methods] Life tables of the RLF on wheat and maize seedlings were compiled and key parameters compared. RLF larvae reared on wheat and maize seedlings were transferred onto rice seedlings to examine their relative fitness using the life table method. [Results] The RLF can complete its life cycle on wheat seedlings, and the survival and lifespan of larvae and pupae, sex ratio, lifetime fecundity and hatching rate of insects raised on wheat seedlings and maize were similar, except that the pupal weight of insects raised on wheat seedlings was significantly lighter. RLFs that had been reared on wheat for six generations could live normally on rice seedlings. [Conclusion] The biological traits of RLFs reared on wheat or maize seedlings were similar. Wheat seedlings can be used to culture large numbers of RLFs under laboratory conditions.

Key words *Cnaphalocrocis medinalis*, rearing method, wheat seedling, biological characteristics

在玉米苗饲养法没建立之前, 稻纵卷叶螟的人工饲养一直是个难题, 并长期受到国内外学者的关注。早期国外学者曾利用水稻苗进行稻纵卷

叶螟的少量饲养来开展一些研究工作 (Waldbauer and Marciano, 1979; Fyjiyoshi *et al.*, 1980)。由于水稻苗生育期较长, 对温度、光照

^{*} 资助项目 Supported projects: 农业公益性行业科研专项“稻纵卷叶螟和白背飞虱测报与防控技术研究”(200903051)

^{**} 第一作者 First author, E-mail: 2013102110@njau.edu.cn

^{***} 通讯作者 Corresponding author, E-mail: liuxd@njau.edu.cn

收稿日期 Received: 2015-06-23, 接受日期 Accepted: 2015-06-30

条件要求较高,难以满足室内长期、大量饲养稻纵卷叶螟的需要,玉米苗大量饲养稻纵卷叶螟的方法在国内外相继建立和运用(Yoshinori and Masachika, 1989; Park *et al.*, 2006; 廖怀建等, 2012)。玉米苗饲养稻纵卷叶螟时,具有化蛹率高、蛹体较重、成虫繁殖力强等明显的优点(廖怀建等, 2012),并且与水稻苗相比,玉米苗种植简单、光照条件要求低,因此完全可替代水稻苗来饲养该虫。但是,玉米苗法还存在冬季种植时需在较高温度的温室中进行,并且玉米种子颗粒大、花费种子量多等不足之处。因此,继续创建一些简便、经济的稻纵卷叶螟室内大量饲养的方法显得较为重要。利用人工饲料饲养稻纵卷叶螟的方法已有一些研究。Ohmura 等(2000)以昆虫 F-II 饲料(日本农产工业生产)为基础,加入稻叶粉或者玉米叶粉配制的人工饲料,可以被稻纵卷叶螟幼虫取食利用,并完成其生活史。Katsuo 等(2005)利用上述人工饲料饲养稻纵卷叶螟并在幼虫密度、蛹的收集等方面进行了优化。雷妍园(2007)在螟蛾科人工饲料的基础之上,进行了稻纵卷叶螟人工饲料的研究,结果表明利用人工饲料饲养的稻纵卷叶螟虽然可以完成其生活史,但是存在低龄幼虫死亡率高的问题。李传明等(2011)利用稻叶粉为诱食剂配置稻纵卷叶螟的人工饲料,取食该人工饲料的幼虫和蛹的历期均有所延长,且蛹重和存活率均有所下降。Xu 等(2012)利用人工饲料饲养稻纵卷叶螟时也出现了幼虫和蛹的历期延长的问题。王业成等(2013)对稻纵卷叶螟的人工饲料配方进行了优化,但是仍然存在化蛹率较低的问题。目前,我国还没有研发出一种有效的稻纵卷叶螟人工饲料,对该虫的饲养还只能依靠利用活体苗的方法。本文以小麦苗为食料,进行了室内连续继代饲养稻纵卷叶螟方法的探讨,同时对比了稻纵卷叶螟在小麦苗和玉米苗上饲养的生物学特征,并比较了小麦苗和玉米苗饲养出的稻纵卷叶螟在水稻上的生长发育、存活与繁殖能力,以期建立一种更方便和经济有效的稻纵卷叶螟饲养方法,以解决稻纵卷叶螟各项研究所需大量虫源的

难题。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

稻纵卷叶螟幼虫于 2010 年 9 月采自南京农业大学江浦农场和江苏省农业科学院稻田,并根据廖怀建等(2012)提出的方法在室内用玉米苗连续饲养了 3 年。这些在玉米苗上饲养的稻纵卷叶螟卵或初孵幼虫用于本研究。

1.2 小麦苗和玉米苗的种植

小麦品种为镇麦 168(江苏省大华种业集团有限公司),玉米品种为苏玉 24(南京农业大学南京神州种业有限公司)。两作物均用营养土(镇江兴农有机肥公司)进行种植。玉米苗的种植参照廖怀建等(2012)的方法。小麦苗种植于底部打孔的一次性塑料杯中(下底直径 5.8 cm,顶部直径 8.4 cm,高 10 cm)。杯中装入营养土,用喷壶浇湿土表后,按每杯约 45 粒种子进行撒种,并盖上营养土,用手指轻轻按压至平整后,喷洒清水至表土湿润。播种后的苗杯置于保持有 1 cm 左右水深的塑料托盘中(长 44 cm,宽 30 cm,高 8 cm),然后置于 25℃ 温室中。待 7 d 左右麦苗长至 10 cm,即可用于稻纵卷叶螟幼虫的饲养。

1.3 饲养方法

将小麦苗杯置于长 33 cm、宽 22 cm、高 8 cm 的白色塑料盒中,并用顶部蒙有纱网的塑料罩(直径 27 cm,高 40 cm)围住。在塑料罩距底部 15 cm 处,用小刀开一个 14 cm × 14 cm 左右的小孔并用胶布封住,以便成虫阶段在笼罩内收集雌、雄蛾配对。一个塑料盒可以放入 9~10 杯苗。塑料盒内长期保持有 1 cm 左右的水,以便为麦苗提供水分和为试虫提供适宜的湿度环境。稻纵卷叶螟的卵对湿度要求较高(方源松等, 2013),因此将收集的产有卵的塑料薄膜片放置于小麦苗上后,再喷少量水至薄膜表面有少许水珠。卵孵化后幼虫会自动爬到小麦苗上取食。当小麦苗被幼虫取食至几片叶缀合于一起,且叶片

只剩薄薄一层表皮而枯黄时,取出笼罩内一半苗杯并用新鲜的小麦苗补齐。取出的一半受害苗放入带有新苗的笼罩中,并使新鲜苗杯与枯萎苗杯交错放置,以利于幼虫自动从枯萎苗上转移到新鲜苗上取食。每杯小麦苗可饲养 12 头左右 1~3 龄幼虫,一般在放置卵片 10 d 后进行第一次换苗。幼虫直接在麦苗上化蛹和羽化,可以不从麦苗上收集蛹。待成虫羽化后用指形管经笼罩上所开小孔收集成虫进行配对。饲养在 27 ℃、L:D=14:10 的温室内进行。

1.4 小麦苗和玉米苗饲养的稻纵卷叶螟的生物学特性比较

小麦苗长至 10 cm 左右时,将稻纵卷叶螟的初孵幼虫按每苗杯 10 头的数量接到麦苗上,共设 15 个重复,即共 150 头幼虫。当小麦苗叶片被取食完后进行换苗工作,一般在接虫后 10~12 d 后进行,并且一般换一次苗即可完成整个幼虫期。换苗时将缀叶中的幼虫剥出放入新鲜苗上,以便记录每重复苗杯中的幼虫数和虫龄,从而获得 3~4 龄幼虫的存活率。

玉米苗种在塑料盆中(上底直径 12 cm,下底直径 8 cm,高 10 cm),每盆大约 40 株苗。当苗长至 8~10 cm 高时接入初孵幼虫,每盆苗接 20 头,重复 7 次,共 140 头幼虫。接虫后 8 d 左右进行第一次换苗,第一次换苗后 6 d 左右进行第二次换苗。每次换苗时均记录每重复中存活的幼虫数及其虫龄,并用第一次换苗时幼虫的存活数来估计低龄幼虫的存活率。

当幼虫化蛹后,将蛹从叶片中剥出,以便计数蛹量,并放入底部铺有湿润脱脂棉的塑料盒中,从而可计算到化蛹时试虫的存活率。待成虫羽化,记录各个重复中羽化的成虫数及性别,以计算到羽化时试虫的存活率、蛹的羽化率和成虫性比,并将雌、雄成虫进行配对,单对放入用褶皱的塑料薄膜封口的塑料杯中(下底直径 5.8 cm,顶部直径 8.4 cm,高 10 cm)进行交配和产卵,塑料薄膜表面用细针扎小孔以供成虫呼吸。成虫每天饲以 10% 的蜂蜜水,并查其产卵量,获得单雌产卵量和产卵期,同时记录各成虫羽化和

死亡的日期,从而计算雌、雄虫的寿命。由此,可比较用小麦苗和玉米苗饲养的稻纵卷叶螟低龄幼虫存活率、化蛹时的存活率、羽化时的存活率、羽化率、产卵量、产卵期、性比、雌雄虫寿命等生物学特征的差异。

每杯配对的雌、雄成虫交配后卵产于封口的薄膜之上,数完每对成虫产卵数之后,取下当带有卵薄膜,并将之放于底部铺有湿润脱脂棉的塑料杯中(下底直径 5.8 cm,顶部直径 8.4 cm,高 10 cm),杯口用塑料薄膜封严。记录完各杯中的卵数与产卵日期后,将塑料杯置于 27 ℃ 的培养箱中。放入卵片之后 4 d 左右卵孵化,此时用毛笔挑出幼虫并计数孵化的幼虫数,从而计算卵孵化率。

为了比较用小麦苗和玉米苗饲养的稻纵卷叶螟幼虫的历期,分别取 30 头稻纵卷叶螟初孵幼虫,单头饲养于盛有小麦和玉米苗叶片的培养皿中(直径 9 cm)。每皿 3~4 片小麦苗或 2~3 片玉米苗叶片,苗端部用湿润的脱脂棉包裹保湿,当叶片被取食至薄薄一层时更换新鲜的小麦苗和玉米苗。每天上午 10:00 观察记录幼虫的龄期及存活情况,直至化蛹。

1.5 小麦和玉米苗上饲养的稻纵卷叶螟在水稻苗上的生物学特征

取分蘖期水稻苗(武运粳 7 号),将长期在玉米苗上饲养和已连续在小麦苗上饲养 6 代的稻纵卷叶螟初孵幼虫,按每杯苗 20 头的数量分别接到稻苗上,每种虫源均设 7 个重复,共 140 头幼虫。一般接虫后 8 d 左右水稻叶片严重受害后换苗,共换 2 次。按 1.4 中的方法分别调查得到试虫到 3~4 龄和化蛹时的存活率、羽化时的存活率、蛹羽化率、成虫寿命、产卵量、产卵期和卵孵化率等生物学参数。

1.6 数据分析方法

各平均数间的差异采用单因素方差分析后再用 Tukey 法进行多重比较。两种寄主上饲养的稻纵卷叶螟的生物学特征差异采用 *t*-test 方法进行。对幼虫存活率、羽化率、孵化率数据进

行方差分析前均采用反正弦平方根转换后进行。

2 结果与分析

2.1 小麦苗和玉米苗上饲养稻纵卷叶螟的生物学特征比较

2.1.1 幼虫和蛹历期 实验结果表明, 稻纵卷叶螟幼虫能在小麦苗上完成其生长发育, 且各龄幼虫和蛹的历期在小麦上和玉米苗上饲养时均无显著差异 (表 1)。

2.1.2 存活率、蛹重和性比 稻纵卷叶螟幼虫转移到小麦苗上饲养后, 其在小麦上的第 1 到 5 代的低龄若虫存活率降低, 且显著低于在玉米苗上

的存活率 ($F=3.90$, $df=4, 62$, $P=0.01$), 但在小麦上饲养 6 代时, 幼虫存活率与玉米苗上的无显著差异 (表 2)。幼虫发育到化蛹时的存活率虽然在小麦上的第一代要显著低于玉米苗上的 ($F=2.68$, $df=4, 62$, $P=0.04$), 但第 4~6 代中均与玉米上的无显著差异。幼虫发育到成虫羽化时的存活率在小麦上饲养的 1~6 代中均与玉米苗上饲养的无显著差异 ($F=1.78$, $df=4, 62$, $P=0.14$), 并且蛹的羽化率 ($F=0.36$, $df=4, 62$, $P=0.84$) 和性比 ($F=2.33$, $df=4, 59$, $P=0.07$) 在各世代间也均无显著差异。不过, 利用小麦苗饲养的稻纵卷叶螟的蛹重量显著低于玉米苗饲养的 ($F=27.39$, $df=4, 62$, $P=0.0001$) (表 2)。

表 1 小麦苗和玉米苗饲养稻纵卷叶螟幼虫和蛹的历期 (d)

Table 1 Development duration of rice leaf folder larvae and pupae reared on wheat and maize seedlings (d)

寄主 Host plant	1 龄 First instar	2 龄 Second instar	3 龄 Third instar	4 龄 Fourth instar	5 龄 Fifth instar	6 龄 Sixth larva	预蛹 Pre-pupa	蛹 Pupa
小麦苗 Wheat seedlings	3.2 ± 0.07	3.6 ± 0.10	2.6 ± 0.10	1.9 ± 0.05	1.5 ± 0.24	1.0 ± 0.0	1.1 ± 0.08	6.4 ± 0.22
玉米苗 Maize seedlings	3.5 ± 0.09	3.2 ± 0.08	2.3 ± 0.09	2.1 ± 0.09	2.1 ± 0.02	1.1 ± 0.05	1.2 ± 0.10	6.7 ± 0.23
<i>t</i> 值 <i>t</i> -test	2.53 ns	2.89 ns	2.28 ns	1.37 ns	1.56 ns	1.00 ns	0.14 ns	1.00 ns

表中数据为平均数 ± 标准误, ns 表示经 *t* 测验, 在小麦苗和玉米苗食料间不存在显著差异。

Data are mean ± SE. ns indicates no significant difference between wheat and maize seedlings at 0.05 level by student *t*-test.

表 2 小麦苗饲养不同代次稻纵卷叶螟的存活率、蛹重和性比

Table 2 Survival rates, body weight of pupae and sex ratio of rice leaf folder feeding on wheat seedlings for different generations

代次 Generation	重复数 <i>n</i>	3~4 龄幼虫存活率 Survival rate at 3rd-4th instar larvae	化蛹时的存活率 Survival rate at pupa	羽化时的存活率 Survival rate at adult	蛹的羽化率 Eclosion rate	蛹重 (g) Weight of pupa	性比(♀ : ♂) Sex ratio
0	7	0.85±0.027 a	0.66±0.043 a	0.58±0.039 a	0.91±0.025a	0.025±0.0008a	1.10±0.27 a
1	15	0.73±0.012 b	0.54±0.025 b	0.47±0.032 a	0.86±0.042 a	0.022±0.0007 b	1.59±0.39 a
4	15	0.72±0.060 b	0.59±0.019 ab	0.54±0.029 a	0.91±0.038 a	0.019±0.0003 c	0.58±0.14 a
5	15	0.75±0.025 b	0.57±0.019 ab	0.51±0.023 a	0.92±0.033 a	0.017±0.0008c	1.34±0.33 a
6	15	0.76±0.022 ab	0.55±0.016 ab	0.49±0.028 a	0.89±0.040 a	0.020±0.0003 c	1.53±0.37 a

表中数据为平均数 ± 标准误, 数据后标有不同字母表示经 Tukey's 检验后不同代次间差异显著。表 3 同。

Data are mean ± SE and followed by the different letters mean significant difference among different generations at 0.05 level by Tukey's method. The same with Table 3.

2.1.3 成虫寿命、产卵量和卵孵化率 小麦苗上饲养出的稻纵卷叶螟雌成虫寿命与玉米苗上饲养的没有显著差异,但小麦上饲养第 1 代时的寿命显著长于第 4~6 代次的 ($F=5.77$, $df=4, 180$, $P=0.0002$)。雄虫寿命在小麦上饲养 6 代时显著低于玉米苗上的 ($F=5.86$, $df=4, 175$, $P=0.0002$)。小麦苗上饲养 1 代的成虫的产卵期显著长于第 4~6 代及玉米苗上饲养的稻纵卷叶螟 ($F=16.81$, $df=4, 146$, $P=0.0001$)。产卵量除第 5 代的显著低于玉米苗上饲养的外 ($F=5.05$, $df=4, 157$, $P=0.0007$), 其它代次与玉米苗上饲养的无显著差异。卵孵化率仅在小麦苗上饲养 1 代的显著低于玉米苗上饲养的 ($F=6.24$, $df=4, 196$, $P=0.0001$), 其它代次均与玉米苗上的无显著差异 (表 3)。

2.2 小麦苗和玉米苗上饲养的稻纵卷叶螟在水稻上的生物学特性

2.2.1 存活率、蛹重和性比 由表 4 可知, 小麦苗上饲养的稻纵卷叶螟初孵幼虫回接至水稻苗上饲养后, 其 3~4 龄幼虫的存活率和到化蛹时的存活率均显著下降 (3~4 龄幼虫: $t=2.78$, $df=20$, $P=0.01$; 化蛹时的存活率: $t=2.64$, $df=20$, $P=0.02$), 但到羽化时的存活率则在小麦和水稻苗上饲养的无显著差异 ($t=1.95$, $df=20$, $P=0.06$)。蛹重和性比在小麦苗和水稻苗上饲养的均无显著差异 (蛹重: $t=1.41$, $df=20$, $P=0.17$; 性比: $t=0.43$, $df=19$, $P=0.67$)。玉米苗上饲养的幼虫转接到水

稻苗上饲养后, 除 3~4 龄若虫存活率 ($t=3.16$, $df=12$, $P=0.008$) 和蛹重 ($t=7.98$, $df=12$, $P=0.0001$) 要低于玉米苗上饲养的外, 化蛹时和羽化时的存活率及性比两寄主上饲养的均无显著差异 (化蛹时存活率: $t=1.35$, $df=12$, $P=0.20$; 羽化时存活率: $t=2.07$, $df=12$, $P=0.06$; 性比: $t=0.98$, $df=12$, $P=0.35$) (表 4)。

2.2.2 成虫寿命、产卵量和卵孵化率 小麦上饲养的稻纵卷叶螟转移到水稻上饲养后, 其雌成虫寿命、产卵期和产卵量均显著降低 (雌虫寿命: $t=2.86$, $df=72$, $P=0.006$; 产卵期: $t=2.85$, $df=51$, $P=0.006$; 产卵量: $t=2.13$, $df=51$, $P=0.04$), 而雄虫寿命和卵孵化率无明显变化 (雄虫寿命: $t=1.43$, $df=53$, $P=0.16$; 卵孵化率: $t=0.77$, $df=67$, $P=0.44$)。玉米苗上饲养的稻纵卷叶螟转移到水稻上后, 其产卵量显著下降, 但雌、雄成虫寿命、产卵期和卵孵化率均无明显变化 (雌虫寿命: $t=0.68$, $df=65$, $P=0.50$; 雄虫寿命: $t=0.35$, $df=33$, $P=0.73$; 产卵期: $t=0.84$, $df=51$, $P=0.32$; 产卵量: $t=2.23$, $df=55$, $P=0.03$; 卵孵化率: $t=1.41$, $df=58$, $P=0.16$) (表 5)。

3 讨论

本研究表明, 室内用玉米苗饲养稻纵卷叶螟时, 玉米苗生长迅速, 其叶片会增厚变黄而不适宜稻纵卷叶螟幼虫取食, 因此用玉米苗饲养时一般 7 d 左右就需换苗, 稻纵卷叶螟完成整个幼虫

表 3 小麦苗饲养稻纵卷叶螟的成虫寿命、产卵期、产卵量和孵化率
Table 3 Longevity, oviposition period, lifetime fecundity and egg hatching rate of rice leaf folder reared on wheat seedlings for different generations

代次 Generation	配对数 Number of pairs	产卵期 (d) Oviposition period	成虫寿命 (d) Adult longevity		每雌产卵量 Eggs per female	孵化率 Egg hatching rate
			♀	♂		
0	37	6.25 ± 0.31b	11.95 ± 0.42 ab	12.77 ± 0.47 ab	461.57 ± 30.96 a	0.83 ± 0.020 a
1	26	10.41 ± 0.70a	13.32 ± 0.66 a	15.20 ± 0.83 a	472.86 ± 25.87 a	0.73 ± 0.016 b
4	29	6.78 ± 0.34b	10.76 ± 0.51 b	10.88 ± 0.57 bc	386.00 ± 20.99 a	0.83 ± 0.015 a
5	38	5.34 ± 0.48b	10.21 ± 0.56 b	10.88 ± 0.60 bc	214.45 ± 24.28 b	0.82 ± 0.020 a
6	32	6.16 ± 0.29b	10.81 ± 0.39 b	9.67 ± 0.59 c	316.38 ± 25.95 ab	0.80 ± 0.021 a

表 4 小麦苗和玉米苗上饲养的稻纵卷叶螟在水稻苗上的存活率、蛹重和性比
Table 4 Survival rate, body weight of pupa and sex ratio of rice leaf folder on rice seedlings after transferred from wheat or maize seedlings

母代寄主 Host plant of parents	测试寄主 Testing host plant	3~4 龄幼虫存 活率 Survival rate of 3rd-4th instar larvae	化蛹时的存活 率 Survival rate at pupae	羽化时的存活率 Survival rate at adult	蛹重 (g) Weight of pupa	性比(♀ : ♂) Sex ratio
小麦苗 Wheat	小麦苗 Wheat	0.76 ± 0.022 *	0.55 ± 0.016 *	0.49 ± 0.028 ns	0.020 ± 0.00027 ns	1.53 ± 0.37 ns
	水稻苗 Rice	0.63 ± 0.049	0.48 ± 0.021	0.38 ± 0.0036	0.019 ± 0.00033	1.78 ± 0.39
玉米苗 Maize	玉米苗 Maize	0.85 ± 0.027 **	0.66 ± 0.043 ns	0.58 ± 0.039 ns	0.025 ± 0.00076 *	1.10 ± 0.27 ns
	水稻苗 Rice	0.72 ± 0.030	0.55 ± 0.034	0.48 ± 0.034	0.015 ± 0.0024	1.48 ± 0.32

表中数据为平均数 ± 标准误, *和**表示经 *t* 测验在两寄主间存在显著 ($P < 0.05$) 和极显著 ($P < 0.01$) 差异。ns 表示经 *t* 测验不存在显著差异。表 5 同。

Data are mean ± SE, * and ** indicate significant difference between rice and maize or wheat at 0.05 and 0.01 level, respectively. ns indicates no significant difference. The same with Table 5.

表 5 小麦苗和玉米苗上饲养的稻纵卷叶螟在水稻苗上的成虫寿命、产卵期、产卵量和孵化率
Table 5 Longevity, oviposition period, fecundity of adults and eggs hatching rate of rice leaf folder on rice seedlings after transferred from wheat and maize seedlings

母代寄主 Host plant of parents	测试植物 Testing host plant	配对数 Number of pairs	产卵期 (d) Oviposition period (d)	成虫寿命 (d) Adult longevity (d)		每雌产卵量 Eggs per female	孵化率 Eggs hatching rate
				♀	♂		
小麦苗 Wheat	小麦苗 Wheat	32	6.16 ± 0.29 **	10.81 ± 0.39 **	9.67 ± 0.59 ns	316.38 ± 25.95 *	0.80 ± 0.021 ns
	水稻苗 Rice	21	4.67 ± 0.46	9.0 ± 0.52	8.18 ± 0.91	233.52 ± 27.20	0.78 ± 0.028
玉米苗 Maize	玉米苗 Maize	37	6.25 ± 0.31 ns	11.95 ± 0.42 ns	12.77 ± 0.47 ns	461.57 ± 30.96 *	0.83 ± 0.020 ns
	水稻苗 Rice	25	6.61 ± 0.47	11.34 ± 0.81	12.36 ± 1.06	269.22 ± 27.35	0.80 ± 0.015

期至少需要换苗 2 次;另外,换苗时还需将幼虫从残苗中剥出后放入新鲜苗上,这一过程较为耗费劳力和时间,并且换苗过程中易造成幼虫的人为机械损伤。而小麦苗长至 12 cm 之后,其生长速度较慢,幼苗最长可供幼虫取食 20 d,虫口密度适宜时基本可不用更换新苗就能完成整个幼虫期。如果虫口密度大而需要换苗时,也只需要将新苗和取食至枯萎的苗交错放置,幼虫就会主动爬到新苗上。因此,小麦苗饲养方法不仅可以减少人工耗时,同时可降低人为因素对幼虫的损

伤。利用小麦苗饲养稻纵卷叶螟比玉米苗方法更为省时和方便。

本文创建的利用小麦苗饲养稻纵卷叶螟的方法,其幼虫直接在麦苗上化蛹和羽化,这比廖怀建等(2012)利用玉米苗饲养时将蛹从玉米苗上剥下并置于湿润的脱脂棉上羽化,更为节约时间和简便。另外,利用小麦苗饲养过程中不会出现玉米苗饲养过程中的因湿度过高而出现叶片腐烂发霉的现象。

本实验建立的利用小麦苗饲养稻纵卷叶螟

的方法, 其幼虫历期与玉米苗饲养的无显著差异, 并且连续饲养 6 代后, 其在水稻上的生长发育与繁殖均较为正常。不过, 在小麦苗上的第一代幼虫的存活率相对要低于玉米苗上的, 但经 3 代后存活率与玉米苗上的相当。因此完全可以利用小麦苗替代玉米苗进行稻纵卷叶螟的饲养。另外, 小麦苗种植较为方便, 并且可在冬季低温下生长, 因此这为冬季饲养节约了成本。在人工饲料尚未成功之前, 目前小麦苗是饲养稻纵卷叶螟的一种较优方法, 值得推广使用。

参考文献 (References)

- Fang YS, Liao HJ, Qian Q, Liu XD, 2013. Combined effects of temperature and relative humidity on eggs of the rice leaf folder, *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Pyralidae). *Acta Entomologica Sinica*, 56(7): 786–791. [方源松, 廖怀建, 钱秋, 刘向东, 2013. 温湿度对稻纵卷叶螟卵联合作用. 昆虫学报, 56(7): 786–791.]
- Fyjiyoshi N, Noda M, Sakai H, 1980. Simple mass-rearing method of the grass leaf roller *Cnaphalocrocis medinalis* on young rice seedlings. *Jpn. J. Appl. Ent. Zool.*, 24 (3): 194–196.
- Katsuo T, Ohmura H, Sakamak Y, Kamiwada H, Kusigemati K, 2005. Mass rearing of the rice leaf folder *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera:Crambidae) on an artificial diet. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.*, 49 (4): 215–221.
- Li CM, Xu J, Yang YJ, Qi JH, Zheng XS, Wang Y, Liu Q, Lv ZX, 2011. Growth and reproduction of *Cnaphalocrocis medinalis* fed on improved artificial diet. *Chin. Rice Sci.*, 25(3): 321–325.[李传明, 徐健, 杨亚军, 祁建杭, 郑许松, 王艳, 刘琴, 吕仲贤, 2011. 人工饲料饲养稻纵卷叶螟的生长发育与繁殖. 中国水稻科学, 25(3): 321–325.]
- Liao HJ, Huang JR, Liu XD, 2012. The method for mass rearing of rice leaf folder *Cnaphalocrocis medinalis* using maize seedlings. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 49(4): 1078–1082. [廖怀建, 黄建荣, 刘向东, 2012. 利用玉米苗饲养稻纵卷叶螟的方法. 应用昆虫学报, 49(4): 1078–1082.]
- Lei YY, 2007. Studies on the artificial rearing technique of rice leaffolder *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée and rice stem borer *Chilo suppressalis* (Walker) (Lepidoptera: Phralidea). Master dissertation. Nanning: Guangxi University. [雷妍圆, 2007. 稻纵卷叶螟及二化螟人工饲养技术的研究. 硕士学位论文. 南宁: 广西大学.]
- Ohmura H, Tsuda K, Kamiwada H, Kusigemati K, 2000. Rearing rice leaffolder *Cnaphalocrocis medinalis* on artificial diets. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.*, 44 (2): 119–123.
- Park HH, Park CG, Park HM, Uhm KB, 2006. Rearing system for rice leaffolder *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Crambidae) using corn seedlings. *Korean J. Appl. Entomol.*, 45(1): 91–95.
- Waldbauer GP, Marciano AP, 1979. Mass rearing of the rice leaffolder *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée (Lepidoptera: Pyralidae) under green-house conditions. *J. Ent. Res.*, 3 (1): 1–8.
- Wang YC, Zhang SK, Ren XB, Su JY, 2013. Optimization an artificial diet for the rice leaffolder, *Cnaphalocrocis medinalis*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(3): 635–640.[王业成, 张树坤, 任秀贝, 苏建亚, 2013. 稻纵卷叶螟人工饲料配方的优化研究. 应用昆虫学报, 50(3): 635–640.]
- Xu J, Li CM, Yang YJ, Qi JH, Zheng XS, Hu RL, Lu ZX, Liu Q, 2012. Growth and reproduction of artificially fed *Cnaphalocrocis medinalis*. *Rice Science*, 19(3): 247–251.
- Yoshinori S, Masachika H, 1989. Improved mass-rearing of the rice leaffolder *Cnaphalocrocis medinalis*, using corn seedlings. *Appl. Ent. Zool.*, 24(3): 258–263.