



稻纵卷叶螟的人工饲养技术*

徐红星^{1**} 钱佳宁¹ 王国荣² 吕仲贤^{1***} 杨亚军^{1***}

(1. 农产品质量安全危害因子与风险防控国家重点实验室, 浙江省农业科学院植物保护与微生物研究所, 杭州 310021;

2. 杭州市萧山区农业技术推广中心, 杭州 311202)

摘要 稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* 的人工饲养技术是科研人员顺利开展相关研究工作的前题。稻纵卷叶螟人工饲养所要解决和重视的关键问题是食料和饲养条件。目前主要以天然食料、人工饲料以及2种食料相结合的方法饲养稻纵卷叶螟。而饲养条件, 如温湿度、饲养密度、化蛹介质、产卵介质等会对稻纵卷叶螟的生长发育产生影响。本文对目前我国稻纵卷叶螟人工饲料及人工饲养技术进行综述, 有助于厘清该虫人工饲养技术的发展脉络, 促进人工饲养技术的改善和提高, 推动我国稻纵卷叶螟的研究。

关键词 稻纵卷叶螟; 人工饲养; 饲养方法

Progress in the artificial rearing of the leaf-folder, *Cnaphalocrocis medinalis*

XU Hong-Xing^{1**} QIAN Jia-Ning¹ WANG Guo-Rong² LÜ Zhong-Xian^{1***} YANG Ya-Jun^{1***}

(1. State Key Laboratory for Managing Biotic and Chemical Threats to the Quality and Safety of Agro-products,

Institute of Plant Protection and Microbiology, Zhejiang Academy of Agriculture Sciences, Hangzhou 310021, China;

2. Xiaoshan Agricultural Technology Extension Center, Hangzhou 311202, China)

Abstract The rice leaf folder (RLF), *Cnaphalocrocis medinalis*, is an important insect pest in paddy fields that caused serious damage to rice crops in China in 2007. The ability to rear RLF in captivity facilitates research on this species. A variety of foods have been used to rear RLF, including natural food, artificial diets and natural food + an artificial diet. In addition, temperature, humidity, density and the medium provided for pupation and oviposition, can affect the development of RLF. This paper reviews different RLF rearing methods to identify the optimal conditions for rearing this species in China.

Key words *Cnaphalocrocis medinalis*; artificial rearing; rearing method

稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) 属鳞翅目草螟科, 是我国水稻上重要的农业害虫, 除我国外该虫在日本、韩国、东南亚等稻区广泛分布, 该虫取食水稻叶片并造成卷叶, 大发生时对水稻生产造成巨大损失(杨亚军等, 2015; 吕仲贤, 2017)。2003 年在我国特大暴发, 2004-2008 年也在局部地区大发生(翟保平和程

家安, 2006; 刘宇等, 2008; 唐洁渝等, 2009)。近年来, 我国针对稻纵卷叶螟的研究比较多, 大多集中于生物学特性、迁飞和发生规律以及防治技术等。由于稻纵卷叶螟是迁飞性害虫受季节限制较大, 且在室内大量繁殖困难, 难以提供大量发育一致的虫源, 不利于稻纵卷叶螟的高效药物筛选、抗药性监测以及室内的其它研究工作的开

*资助项目 Supported projects: 浙江省自然科学基金 (LY20C140004); 转基因新品种选育重大专项 (2016ZX08001001); 国家水稻产业技术体系 (CARS-01-36); 农产品质量安全危害因子与风险防控部省共建国家重点实验室自主设计项目 (2010DS700124-ZZ2007)

**第一作者 First author, E-mail: 13588332930@163.com

***共同通讯作者 Co-corresponding authors, E-mail: luzxmh@163.com; yargiuneyon@163.com

收稿日期 Received: 2019-11-13; 接受日期 Accepted: 2020-04-20

展。本文对稻纵卷叶螟人工饲养技术进行总结与比较,以期理顺该虫人工饲养技术发展脉络,促进该虫饲养技术的改善与提高。

1 人工饲养的关键技术及目标

人工饲养技术的研究有助于推动害虫生物学、生态学等研究方向的发展,稻纵卷叶螟人工饲养技术的发展也是在稻纵卷叶螟各方面基础研究之上发展而来。最初,以水稻、玉米等寄主植物为食料饲养稻纵卷叶螟,之后逐渐开始出现利用人工饲料饲养稻纵卷叶螟的报道。日本在稻纵卷叶螟人工饲养技术的研究较早,我国近年来在稻纵卷叶螟人工饲养技术的研究也逐渐增多。

食料和饲养条件是室内人工饲养试验昆虫的两个关键因子(戴长庚等, 2016; 曾凡荣, 2018)。食料可以为昆虫正常的生长发育繁殖提供必要的营养保障,食料的好坏对昆虫的生长发育与繁殖,甚至是存活均至关重要(戴长庚等, 2016)。饲养环境包括饲养场所的温度、湿度、光照、清洁度等多方面因素,与田间条件有所不同,室内饲养操作也会干扰昆虫的行为(魏吉利等, 2013)。因此,如何简化食料的准备和饲养操作过程以及提高存活率十分重要。

2 食料

目前,用于稻纵卷叶螟人工饲养的食料可分为天然食料和人工饲料,具体饲养过程中也可用 2 种食料分阶段饲养。表 1 为不同饲养方法饲养稻纵卷叶螟的相关指标比较。

2.1 天然食料

稻纵卷叶螟的寄主植物有水稻、玉米、小麦、稗草等(杨亚军等, 2015; 吕仲贤, 2017)。在稻纵卷叶螟的人工饲养过程中水稻苗、玉米苗和小麦苗常作为稻纵卷叶螟的天然食料(Waldbauer and Marciano, 1979; 廖怀建等, 2012; Chintalapati 等, 2015)。日本学者 Waldbauer 和 Marciano (1979)以 60 d 的水稻苗饲养稻纵卷叶螟幼虫; 藤吉临等(1980)将水稻播种盒子(20 cm×28 cm×4 cm)里,待其生长 20 d 后用于稻纵卷叶螟幼

虫的饲养,期间更换新鲜稻苗至化蛹,成虫羽化后以 5% 的蜂蜜水补充营养,以该法在 24 °C 时群体饲养雌雄蛹重分别为 15.1 mg 和 17.2 mg,单头饲养时分别为 19.2 mg 和 20.6 mg。Shono 和 Hirano (1989)以 6 日龄(约 7 cm 高)的玉米苗作为食料饲养稻纵卷叶螟,从初孵幼虫到蛹的存活率为 42%,而以稻苗饲养的稻纵卷叶螟的存活率仅为 16.1%,玉米上饲养的稻纵卷叶螟的蛹重也较水稻上的高;玉米苗饲养的稻纵卷叶螟每雌产卵量(140.8 粒)显著高于水稻苗上稻纵卷叶螟的每雌产卵量(50.5 粒)。而古田知史等(1998)分别利用水稻苗和玉米苗饲养稻纵卷叶螟,发现水稻苗上稻纵卷叶螟饲养幼虫存活率(78%)显著高于玉米苗上稻纵卷叶螟的存活率(50%)。廖怀建等(2012)在室内用玉米苗(约 7 d)饲养稻纵卷叶螟,与水稻苗饲养法相比,不仅具有食料种植简单、周期短的优点,而且稻纵卷叶螟的化蛹率、羽化率、卵孵化率和每雌产卵量均高于或相当于水稻苗法,可达到连续多次饲养稻纵卷叶螟的目的。Shankara Murthy 等(2015)发现稻纵卷叶螟在印度小麦的苗期至孕穗期均可受害,为害程度可达 30%-100%。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、卵孵化率等都与玉米苗上饲养的无显著差异(朱阿秀等, 2015)。Chintalapati 等(2015)发现取食小麦的稻纵卷叶螟从初孵幼虫至成虫存活率为 72%。

不同品种的水稻苗在不同生长发育状况会对稻纵卷叶螟的食物利用产生影响(胡国文等, 1988)。含氮量高的水稻可以影响稻纵卷叶螟消化食物转化率(ECD)、成虫及卵密度(梁广文等, 1984; 但建国和陈常铭, 1990)。稻纵卷叶螟取食还受水稻植株体内硅含量的影响(梁广文等, 1984; Han 等, 2015)。使用玉米、水稻或小麦等天然食料饲养稻纵卷叶螟需要计算好时间,提前准备植株,且饲养过程中需换苗,从卷苞内收蛹过程均较为繁琐。由于选用的天然食料为稻纵卷叶螟的寄主植物,它们可为稻纵卷叶螟提供特殊的营养物质,这是天然食料饲养稻纵卷叶螟的独特优势。目前,水稻、玉米、小麦均是

稻纵卷叶螟人工饲养时可供选择的天然食料。

2.2 人工饲料

国外, 关于稻纵卷叶螟人工饲料的研究较早。Khan (1987) 利用改进的天鹅绒豆毛虫人工饲料饲养稻纵卷叶螟, 从初孵幼虫开始饲养, 存活率可达 93%, 幼虫发育历期较水稻 (IR36) 上饲养的稻纵卷叶螟历期有所缩短, 蛹重和生殖力则与水稻 (IR36) 上饲养的无显著差异。Parasuraman 和 Kareem (1988) 配制人工饲料从 2 龄幼虫开始饲养稻纵卷叶螟, 存活率达 80% 以上, 且蛹可以全部羽化, 成虫生殖力也正常。但 Shono 和 Hirano (1989) 以日本市售的人工饲料饲养稻纵卷叶螟, 存活率仅达 2%; 大村浩之等 (2000) 以 Nippon Nosan 公司生产的人工饲料 (INSECTA-F II) 从初孵幼虫饲养稻纵卷叶螟, 幼虫存活率仅达 10%。将稻叶粉、雀稗粉或玉米粉 (30%) 分别添加到 INSECTA-F II 中制备新的人工饲料, 稻纵卷叶螟在新的人工饲料上存活率 (78%-88%) 显著提高, 其中取食含玉米粉的人工饲料的稻纵卷叶螟的蛹重最高, 与天然食料饲养得到的蛹重相近, 高达 20.8 mg (大村浩之等, 2000; 津田勝男等, 2005)。

国内在稻纵卷叶螟人工饲料的研究起步较晚。雷妍圆 (2007) 含小麦粉的人工饲料饲养稻纵卷叶螟的幼虫存活率达 74.22%, 饲养效果较含大豆粉和玉米粉的饲料好, 但该配方饲养稻纵卷叶螟效果不太稳定, 后续的试验中 3 龄前稻纵卷叶螟幼虫的死亡率可达 42.15%。柯名娟等 (2011) 参考他人基本成份的人工饲料饲养稻纵卷叶螟 2 龄幼虫, 仅少数可生长至 3 龄或 3 龄以上; 以二化螟人工饲料饲养稻纵卷叶螟幼虫仅能发育至 3 龄; 二化螟人工饲料添加玉米叶或水稻叶饲养的稻纵卷叶螟 2 龄幼虫, 能发育至化蛹, 存活率分别为 26% 和 36%。李传明等 (2011) 以稻叶粉为原料配制的人工饲料饲养稻纵卷叶螟, 存活率为 22%。任秀贝 (2013) 报道了稻叶粉、麦胚粉、玉米粉、干酪素和酵母对稻纵卷叶螟幼虫发育和化蛹率影响较大, 但用其配制的人工饲料时也仅有 25.6% 的稻纵卷叶螟幼虫可完成发

育至化蛹。因此, 低龄幼虫存活率低是目前国内利用人工饲料饲养稻纵卷叶螟普遍存在的问题, 需要加强研究、改善饲养配方与饲养方法。另外, 张树坤等 (2014) 报道了 19 种防霉剂对黄曲霉和黑曲霉的抑制效果, 其中纳他霉素、脱氢乙酸、咪鲜胺、咯菌腈、戊唑醇、噻菌酯以及伏立康唑对稻纵卷叶螟人工饲料上的曲霉菌有良好的抑制效果, 对于人工饲料的防霉变具有一定的指导意义。

2.3 天然食料+人工饲料

利用天然食料和人工饲料分阶段饲养可以解决单用某一类食料饲养所带来的问题。Shono 和 Hirano (1989) 饲养稻纵卷叶螟低龄幼虫用天然食料水稻苗, 而饲养稻纵卷叶螟高龄幼虫则使用人工饲料, 此法饲养稻纵卷叶螟的存活率最高提高至 92%。

3 饲养条件

3.1 温湿度

温度和湿度是昆虫生长发育中非常重要的环境因子 (张孝羲, 2002)。稻纵卷叶螟各虫态的最适温度范围为 22-28 °C (张润杰和古德祥, 1989)。稻纵卷叶螟成虫在 28.3 °C 时平均寿命达 7 d, 30.5 °C 时缩短为 4.5 d; 室外平均温度高于 29 °C 时卵死亡率仍小于 10%, 但高温的影响还具后延效应, 高温期卵孵化后幼虫在适温下会不能结苞而死 (张孝羲等, 1980)。在 20、23、26、29 和 32 °C 5 种温度下, 温度与孵化率、世代存活率呈二次抛物线关系, 其中 26 °C 时存活率最高; 26 °C 下成虫产卵量最高, 29 °C 以上的温度对成虫产卵负面影响较大; 在温度范围为 18.7-32.2 °C 的条件下稻纵卷叶螟种群世代数量呈增加趋势, 其中 25.5 °C 条件下稻纵卷叶螟的种群增长指数最大 (吴进才和张孝羲, 1984)。秦钟等 (2011) 通过建模分析发现大于 25 °C 的高温将不利于稻纵卷叶螟实验种群的生长与发育, 25 °C 条件下稻纵卷叶螟的世代存活率、次代产卵量均为最大。

表 1 稻纵卷叶螟不同饲养方法相关指标比较

Table 1 Comparison of the parameters of *Cnaphalocrocis medinalis* reared by different methods

饲养方法 Rearing methods	幼虫存活 率 (%) Larval survival rate	蛹重 (mg) Pupal weight	单雌产卵量 Number of eggs laid by per female	参考文献 References
人工饲料 Artificial diet	93	21.0	182	Khan, 1987
水稻 (IR36) Rice (IR36)	—	17.8	163	Khan, 1987
人工饲料 Artificial diet	80	—	正常	Parasuraman and Kareem, 1988
稻苗 Rice seedlings	—	13.2-20.6	—	藤吉勝男等, 1980
玉米苗 Maize seedlings	38.7-42.0	17.9-22.0	140.8	Shono and Hirano, 1989
稻苗 Rice seedlings	16.1-26.7	13.9-16.8	50.5	Shono and Hirano, 1989
人工饲料 Artificial diet	2	19.7	—	古田知史等, 1998
稻苗养 3 日 + 人工饲料 Rice seedlings for 3 days' rearing + artificial diet	14	22.5	—	古田知史等, 1998
稻苗养 5 日 + 人工饲料 Rice seedlings for 5 days' rearing + artificial diet	82	22.2	—	古田知史等, 1998
稻苗养 7 日 + 人工饲料 Rice seedlings for 7 days' rearing + artificial diet	56	21.7	—	古田知史等, 1998
稻苗养 10 日 + 人工饲料 Rice seedlings for 10 days' rearing + artificial diet	94	19.8	—	古田知史等, 1998
稻苗 Rice seedlings	78	17.6	—	古田知史等, 1998
玉米苗 Maize seedlings	50	19.7	—	古田知史等, 1998
人工饲料 (INSECTA F-II) Artificial diet (INSECTA F-II)	10	—	—	大村浩之等, 2000
人工饲料 (INSECTA F-II) + 稻叶粉 Artificial diet (INSECTA F-II) with rice leaves powder	78	16	—	大村浩之等, 2000
人工饲料 (INSECTA F-II) + 雀稗粉 Artificial diet (INSECTA F-II) with paspalum powder	88	18.1	—	大村浩之等, 2000
人工饲料 (INSECTA F-II) + 玉米粉 Artificial diet (INSECTA F-II) with maize powder	80	20.8	—	大村浩之等, 2000
人工饲料 (INSECTA F-II) + 玉米粉 Artificial diet (INSECTA F-II) with maize powder	12.4-76.6	15.3-20.3	—	津田勝男等, 2005
人工饲料 Artificial diet	a	—	—	柯名娟, 2007
人工饲料 Artificial diet	a	—	—	柯名娟, 2007
人工饲料+水稻叶 ^b Artificial diet with rice leaves powder	26	—	—	柯名娟, 2007
人工饲料+玉米叶 ^b Artificial diet with maize leaves powder	36	—	—	柯名娟, 2007
人工饲料 Artificial diet	23	9	41	李传明等, 2011
离体稻叶 Rice leaves	33	11	33	李传明等, 2011
玉米苗 Maize seedlings	80.7	—	167.2	廖怀建等, 2012
人工饲料 Artificial diet	25.6	16-22	—	任秀贝, 2013
小麦苗 Wheat seedlings	54-66	17-25	214-462	朱阿秀等, 2015

a: 幼虫仅存活至 2-3 龄期; b: 从 2 龄期开始饲养。

a: Larvae only survive up to 2nd or 3rd instar larvae stage; b: Rearing from 2nd instar larvae stage.

稻纵卷叶螟成虫对湿度较为敏感,在温度为 28.53 °C 的低湿环境下稻纵卷叶螟成虫死亡率高、寿命短、产卵量少,但相对湿度若为 90% 以上时其成虫死亡率低、寿命长、产卵量多;在同一温度下,湿度越高稻纵卷叶螟幼虫死亡率越小,但在同一湿度下,幼虫死亡率则随温度升高而增大;当相对湿度低于 60% 时,稻纵卷叶螟成虫的羽化率将降低(张孝曦等, 1980)。在稻纵卷叶螟的人工饲养过程,温湿度控制对稻纵卷叶螟的正常生长发育具有重要的作用。

3.2 饲养密度

在实验昆虫种群饲养中,饲养密度是影响种群数量的重要因素之一。津田胜男等(2005)研究发现在密度为 10 对成虫/塑料袋(45 cm×30 cm)下稻纵卷叶螟成虫平均产卵量为 140.3 粒,显著高于 3 对成虫的平均产卵量(99.4 粒);100、150 和 200 头幼虫/盒(15 cm×20 cm×5 cm)的饲养密度下稻纵卷叶螟存活率分别为 47.9%、19.4% 和 12.4%,蛹重分别为 17.6、16.6 和 15.3 mg,而单头饲养的存活率为 76.7%,蛹重为 20.3 mg。由此可见,低密度饲养对稻纵卷叶螟幼虫特别是高龄幼虫生长发育有积极作用(图 1)。

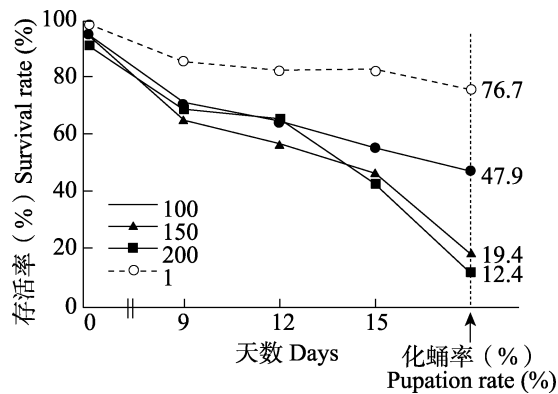


图 1 不同饲养密度下稻纵卷叶螟的存活率
(津田胜男等, 2005)

Fig. 1 Larval survival rate of *Cnaphalocrocis medinalis* under different densities mass-reared on artificial diet (Tsuda et al., 2005)

3.3 化蛹介质

在水稻、玉米、小麦等天然食料上饲养的稻

纵卷叶螟一般是卷在叶片里面化蛹,而人工饲料上则无叶可卷,这可能会对稻纵卷叶螟的化蛹行为和化蛹质量造成影响。无化蛹介质时,42%的稻纵卷叶螟不能正常化蛹,50%在人工饲料上化蛹;具褶皱的硬纸片时,10%的稻纵卷叶螟在硬纸片上化蛹,18%在饲料上化蛹,72%不能正常化蛹;具煤油纸时,66.9%-77.3%的稻纵卷叶螟在煤油纸上化蛹,18.3%-12.7%的稻纵卷叶螟在饲料上化蛹,仅 12%-10%的稻纵卷叶螟不能正常化蛹(津田胜男等, 2005)。

3.4 产卵装置

人工饲养技术中,正常产卵与否是决定种群繁衍的重要一环。在室内饲养稻纵卷叶螟时,如何控制好条件以提高稻纵卷叶螟产卵量非常重要。目前,饲养过程中可以塑料袋、塑料杯、烧杯、简易产卵箱等作为稻纵卷叶螟的产卵装置。参照中山勇等(1978)的方法,将塑料袋(45 cm×30 cm,厚 0.03 mm)作为产卵装置,袋内以含 5% 蜂蜜水的棉球用于稻纵卷叶螟成虫补充营养,成虫产卵于塑料袋上(Shono and Hirano, 1989; 大村浩之等, 2000; 津田胜男等, 2005)。此法的缺点是更换塑料袋操作较为繁琐,不易获取同日产的卵,且由于塑料带无吸水性,卵孵化时湿度控制不易保持均一性,影响稻纵卷叶螟的饲养效果。利用自制的简易产卵装置稻纵卷叶螟单雌产卵量达 45.35 粒,采卵率为 97.33%(雷妍圆等, 2008)。郑许松等(2010)发现使用烧杯+湿纱布产卵法的稻纵卷叶螟成虫均将卵产在纱布上,采卵方便,稻纵卷叶螟的单雌产卵量高、雌雄成虫寿命长。在此基础上,设计了一款专门用于收集稻纵卷叶卵的产卵笼(徐红星等, 2017)。

4 总结与展望

稻纵卷叶螟人工饲养技术关系到稻纵卷叶螟其他各方面的研究的虫源保障,稻纵卷叶螟人工饲养相关技术的提高将推动我国稻纵卷叶螟的基础研究工作,也有利稻纵卷叶螟的防控技术的开发。目前,国外虽然具有较好的人工饲料配

方,但由于知识产权等其他原因并没有在国内推广应用。国内稻纵卷叶螟人工饲养技术的研究不断增多,并且饲养技术也得到一定的发展,也推动了稻纵卷叶螟其他诸方面的研究工作,但与国外饲养技术还存在差距。稻纵卷叶螟人工饲养技术受多方面因素影响,在饲养过程中围绕食料和饲养条件两大关键因素进行探索研究,不断优化和完善稻纵卷叶螟的人工饲养技术。

参考文献 (References)

- Chintalapati P, Gururaj K, Vallabuni S, Yenumulag P, 2015. Physiological age status of female adults and off-season survival of rice leafroller *Cnaphalocrocis medinalis* in India. *Rice Science*, 22(5): 237–244.
- Dai, CG, Ouyang F, Chen XY, Hu Y, 2016. Development of artificial rearing technology for Lepidoptera insects. *Journal of Southern Agriculture*, 47(5): 672–676. [戴长庚, 欧阳芳, 陈湘燕, 胡阳, 2016. 鳞翅目昆虫人工饲养技术研究进展. 南方农业学报, 47(5): 672–676.]
- Dan JG, Chen CM, 1990. The effects of feeding on the growth, development and reproduction of rice leaf roller. *Acta Phytophylacica Sinica*, 17(3): 1913–199. [但建国, 陈常铭, 1990. 食料条件对稻纵卷叶螟生长发育和繁殖的影响. 植物保护学报, 17(3): 1913–199.]
- Fujiyoshi N, Noda M, Sakai H, 1980. Simple mass-rearing method of the grass leaf roller, *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée, on young rice seedlings. *Japan Journal of Applied Entomology and Zoology*, 24: 194–196. [藤吉臨, 野田政春, 酒井久夫, 1980. イネ芽出し苗によるコブノメイガの簡易大量飼育法. 応動昆, 24: 194–196.]
- Furuta T, Kamiwada H, Kusigemati K, 1998. Rearing of the rice leafroller, *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée (Lepidoptera: Pyralidae). *Kyushu Plant Protection Research*, 44: 41–44. [古田知史, 上和田秀美, 櫛下町鉦敏, 1998. 人工飼料によるコブノメイガの飼育. 九病虫研会報, 44: 41–44.]
- Han YQ, Lei WB, Wen LZ, Hou ML, 2015. Silicon-mediated resistance in a susceptible rice variety to the rice leaf folder, *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée (Lepidoptera: Pyralidae). *PLoS ONE*, 10: e0120557.
- Hiroyuki O, Tsuda K, Kamiwada H, Kusigemati K, 2000. Rearing of rice leafroller, *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) (Lepidoptera: Pyralidae), on artificial diets. *Japan Journal of Applied Entomology and Zoology*, 44(2): 119–123. [大村浩之, 津田勝男, 上和田秀美, 櫛下町鉦敏, 2000. 人工飼料によるコブノメイガの飼育. 応動昆, 44(2): 119–123.]
- Hu GW, Fan LJ, Wang WX, 1988. Leaf area fed by rice leaf folder and determination of the leaf area of different rice varieties. *Entomological Knowledge*, 25(1): 5–8. [胡国文, 樊丽娟, 汪文兴, 1988. 稻纵卷叶螟的食叶面积和水稻不同品种的叶面积测定. 昆虫知识, 25(1): 5–8.]
- Ke MJ, Xu B, Li GH, Wang FH, 2011. Research on artificial diet for *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*, 50(5): 100–103. [柯名娟, 徐博, 李广宏, 王方海, 2011. 稻纵卷叶螟人工饲料的研究. 中山大学学报(自然科学版), 50(5): 100–103.]
- Khan ZR, 1987. Artificial diet for rearing rice leafroller (LF). *International Rice Research Newsletter*, 12(6): 30–31.
- Lei YY, 2007. Studies on the artificial rearing technique of rice leafroller *Cnaphalocrocis medinalis* and rice stem borer *Chilo suppressalis*. Master dissertation. Nanning: Guangxi University. [雷妍圆, 2007. 稻纵卷叶螟及二化螟的人工饲养技术的研究. 硕士学位论文. 南宁: 广西大学.]
- Lei YY, Wei BX, Li WG, Li YX, 2008. Effective comparison of for set-ups for *Cnaphalocrocis medinalis* oviposition. *Guangxi Plant Protection*, 21(1): 1–3. [雷妍圆, 韦秉兴, 李卫国, 李耀秀, 2008. 稻纵卷叶螟 4 种产卵装置的采卵效果比较. 广西植保, 21(1): 1–3.]
- Li CM, Xu J, Yang YJ, Qi JH, Zheng XS, Wang Y, Liu Q, Lu ZX, 2011. Growth and reproduction of *Cnaphalocrocis medialis* fed on improved artificial diet. *Chinese Journal of Rice Science*, 2(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, 2(3): 321–325.]
- Liang GW, Luo GH, Li CF, 1984. Effects of fertilization amount on adult and egg density of rice leaf folder. *Guangdong Agricultural Science*, 14(2): 34–35. [梁广文, 罗国辉, 李畅方, 1984. 施肥量对稻纵卷叶螟成虫和卵密度的影响. 广东农业科学, 14(2): 34–35.]
- Liao HJ, Huang JR, Liu XD, 2012. The method for mass rearing of rice leaf folder *Cnaphalocrocis medinalis* using maize seedling. *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.]
- Liu Y, Wang JQ, Feng XD, Jiang XH, 2008. Analysis of the occurrence of rice leaf roller in China in 2007 and prediction of the trend in 2008. *China Plant Protection*, 28(7): 33–35. [刘宇, 王建强, 冯晓东, 蒋学辉, 2008. 2007 年全国稻纵卷叶螟发生实况分析与 2008 年发生趋势预测. 中国植保导刊, 28(7): 33–35.]
- Lü ZX, 2017. Pictorial Handbook on Sustainable Management of Rice Leafroller. Beijing: China Agricultural Press. 11–18. [吕仲贤, 2017. 稻纵卷叶螟绿色防控彩色图谱. 北京: 中国农业出版社. 11–18.]
- Nakayama I, Kojima I, 1978. A method for obtaining eggs of some Lepidopterous insects on polyethylene bag. *Japan Journal of Applied Entomology and Zoology*, 22: 126–128. [中山勇, 小島一郎, 1978. ポリエチレン袋を利用した数種鱗翅目昆虫の採卵法. 応動昆, 22: 126–128.]
- Parasuraman S, Kareem AA, 1988. Synthetic diet for rearing rice

- leaffolder (LF). *International Rice Research Newsletter*, 13(4): 42.
- Qin Z, Zhang JE, Luo SM, Zhang J, 2011. System dynamics modeling for experimental population of rice leaf roller under temperature influence. *Chinese Journal of Agrometeorology*, 32(2): 303–110. [秦钟, 章家恩, 骆世明, 张锦, 2011. 温度影响下的稻纵卷叶螟实验种群动态的系统动力学模拟. 中国农业气象, 32(2): 303–110.]
- Ren XB, 2013. Monitoring of insecticide resistance and the research on artificial diets for rice leaffolder, *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) (Lepidoptera: Pyralidae). Master dissertation. Nanjing: Nanjing Agricultural University. [任秀贝, 2013. 稻纵卷叶螟对杀虫剂抗性的监测与室内饲养技术研究. 硕士学位论文. 南京: 南京农业大学.]
- Shankara Murthy M, Nagaraj SK, Prabhuraj A, Kalleswaraswamy CM, 2015. Rice leaf folder *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Crambidae) on wheat (*Triticum aestivum*; Poales: Poaceae) in India. *Florida Entomologist*, 98(4): 1269–1270.
- Shono Y, Hirano M, 1989. Improved mass-rearing of the rice leaffolder *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) (Lepidoptera: Pyralidae) using corn seedlings. *Applied Entomology and Zoology*, 24(3): 258–263.
- Tang JY, Wang HS, Liu JW, 2009. Serious occurrence characteristics of rice leafroller (third generation) in Guangxi and its reason analysis. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 25(2): 192–195. [唐洁渝, 王华生, 刘建文, 2009. 2008 年广西第三代稻纵卷叶螟大发生特点及原因简析. 中国农学通报, 25(2): 192–195.]
- Tsuda K, Ohmura H, Sakamaki Y, Kamiwada H, Kusigemati K, 2005. Mass rearing of the rice leaffolder, *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) (Lepidoptera: Pyralidae) on an artificial diet. *Japan Journal of Applied Entomology and Zoology*, 49(4): 215–222. [津田勝男, 大村浩之, 坂巻祥孝, 上和田秀美, 櫛下町鉦敏, 2005. 人工飼料を用いたコブノメイガの大量飼育体系の開発. 応動昆, 49(4): 215–222.]
- Waldbauer GP, Marciano AP, 1979. Mass rearing of the rice leaf folder, *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée (Lepidoptera: Pyralidae) under green-house conditions. *Journal of Entomological Research*, 3(1): 1–8.
- Wei JL, Huang CH, Wang BH, 2013. Research progress of artificial rearing technology for Lepidoptera insects. *Sugarcane and Canesugar*, (5): 44–47. [魏吉利, 黄诚华, 王伯辉, 2013. 鳞翅目昆虫人工饲养技术研究进展. 甘蔗糖业, (5): 44–47.]
- Wu JC, Zhang XX, 1984. Effects of temperature on the growth and the development of experimental populations of the rice leaf roller, *Cnaphalocrocis medinalis*. *Journal of Nanjing Agricultural College*, 12(4): 19–27. [吴进才, 张孝羲, 1984. 温度对稻纵卷叶螟实验种群生长、发育的影响. 南京农学院学报, 12(4): 19–27.]
- Xu HX, Lu ZX, Yang YJ, Wang GR, Wang GD, Zhong LQ, Zheng XS, 2017. A device for collecting eggs of rice leaffolder: 201620687529.X, 2017-01-18. [徐红星, 吕仲贤, 杨亚军, 王国荣, 王国迪, 钟列权, 郑许松, 2017. 一种收集稻纵卷叶螟卵的装置: 201620687529.X, 2017-01-18.]
- Yang YJ, Xu HX, Zheng XS, Tian JC, Lu YH, Lü ZX, 2015. Progresses in management technology of rice leaffolders in China. *Journal of Plant Protection*, 42(5): 691–701. [杨亚军, 徐红星, 郑许松, 田俊策, 鲁艳辉, 吕仲贤, 2015. 中国水稻纵卷叶螟防控技术进展. 植物保护学报, 42(5): 691–701.]
- Zeng FR, 2018. Research of insect artificial diet. *Chinese Journal of Biological Control*, 34(2): 184–197. [曾凡荣, 2018. 昆虫人工饲料的研究. 中国生物防治学报, 34(2): 184–197.]
- Zhai BP, Cheng JA, 2006. Symposium summary of the two migratory insect pests on rice in 2006. *Chinese Bulletin of Entomology*, 43(4): 585–588. [翟保平, 程家安, 2006. 2006 年水稻两迁害虫研讨会纪要. 昆虫知识, 43(4): 585–588.]
- Zhang RJ, Gu DX, 1989. Simulation models of experimental population dynamics of rice leaf roller *Cnaphalocrocis medinalis*. *Supplement to the Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*, 8(1): 29–36. [张润杰, 古德祥, 1989. 稻纵卷叶螟实验种群模拟模型. 中山大学学报(自然科学), 8(1): 29–36.]
- Zhang SK, Wang YC, Su JY, Ren BX, 2014. Inhibitor effects of antifungal agent against *Aspergillus* on the artificial diets of rice leaffolder, *Cnaphalocrocis medinalis*. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 37(2): 59–66. [张树坤, 王业成, 苏建亚, 任秀贝, 2014. 稻纵卷叶螟人工饲料中防霉剂对曲霉的抑制效果. 南京农业大学学报, 37(2): 59–66.]
- Zhang XX, 2002. Insect Ecology and Forecast. Beijing: China Agricultural Press. 16–24. [张孝羲, 2002. 昆虫生态及预测预报. 北京: 中国农业出版社. 16–24.]
- Zhang XX, Geng JG, Gu HN, Wang X, 1988. Model for the population life system of rice leaf folder, *Cnaphalocrocis medinalis*. *Acta Ecological Sinica*, 8(1): 18–26. [张孝羲, 耿济国, 顾海南, 王迅, 1988. 稻纵卷叶螟(*Cnaphalocrocis medinalis* Guenée)种群生命系统模型研究. 生态学报, 8(1): 18–26.]
- Zhang XX, Geng JG, Lu ZQ, Liu WJ, 1980. Research on the biological and ecological characteristics of *Cnaphalocrocis medinalis*. *Entomological Knowledge*, 16(6): 241–245. [张孝羲, 耿济国, 陆自强, 刘文娟, 1980. 稻纵卷叶螟生物学生态学特性研究初报. 昆虫知识, 16(6): 241–245.]
- Zheng XS, Lu T, Xu HX, Guo WQ, Gao GC, Lu ZX, 2010. A new simple and efficient methods of collecting the eggs of rice leaffolder, *Cnaphalocrocis medinalis*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 47(6): 1253–1256. [郑许松, 陆婷, 徐红星, 郭文卿, 高广春, 吕仲贤, 2010. 一种采集稻纵卷叶螟卵的高效简便新方法. 昆虫知识, 47(6): 1253–1256.]
- Zhu AX, Qian Q, Liu XD, 2015. A method for rearing the rice leaf folder (*Cnaphalocrocis medinalis*) using wheat seedlings. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 52(4): 883–889. [朱阿秀, 钱秋, 刘向东, 2015. 利用小麦苗饲养稻纵卷叶螟的方法. 应用昆虫学报, 52(4): 883–889.]