利用稻谷大量饲养麦蛾的可行性研究*

太红坤[1**] 白树雄[2***] 张 峰[3] 肖 春[4] 王振营[2***]

（1. 德宏州种子管理站，芒市 678400；2. 中国农业科学院植物保护研究所，北京 100193；
3. CABI 生物安全联合实验室，北京 100193；4. 云南农业大学植物保护学院，昆明 650201）

摘 要 **【目的】**解决大麦资源匮乏而水稻资源丰富的国家或地区人工大量繁育赤眼蜂 *Trichogramma* spp. 所需中间寄主卵麦蛾 *Sitotroga cerealella* 卵的生产技术，以扩大赤眼蜂防控害虫的应用和规模。**【方法】**通过麦蛾生物学指标及赤眼蜂质量控制指标的对比，在室内开展稻谷饲养麦蛾的可行性研究。**【结果】** 稻谷饲养的麦蛾幼虫蛀食率和成虫羽化率分别为 89.6%和 88.9%，每千克稻谷能产出麦蛾成虫 1 976 头，可收集麦蛾卵 13.4 mL（约 9.0 g），雌蛾平均体长和展翅宽分别为 5.5 和 10.1 mm，雄蛾平均体长和展翅宽分别为 5.1 和 9.6 mm；麦蛾卵的平均长度和宽度分别为 0.6 和 0.2 mm；利用稻谷繁殖的麦蛾卵饲养赤眼蜂，其寄生率、羽化率、雌蜂率、蜂畸形率分别为 88.8%、96.0%、58.9% 和 7.8%；这些指标与利用大麦饲养的麦蛾均无显著性差异（F=0.089，P=0.935；F=0.885，P=0.443；F=0.224，P=0.835；F=0.141，P=0.895）。**【结论】** 利用稻谷可大量繁殖麦蛾，为当地赤眼蜂生产提供足够的中间寄主卵，是推广应用天敌赤眼蜂进行害虫生物防治的必要条件。

关键词 麦蛾；稻谷；大规模饲养；赤眼蜂

Feasibility of mass rearing *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae) on paddy rice

TAI Hong-Kun[1**] BAI Shu-Xiong[2***] ZHANG Feng[3] XIAO Chun[4] WANG Zhen-Ying[2***]

(1. Seed Management Station, Dehong Prefecture, Mangshi 678400, China; 2. Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; 3. CABI Joint Laboratory for Bio-safety, Beijing 100193, China; 4. Plant Protection College, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract **[Aim]** To assess the feasibility of rearing *Sitotroga cerealella* on paddy rice, to determine if the large-scale production of *S. cerealella* eggs for rearing *Trichogramma* spp. for biological control is possible in regions where barley resources are scare but rice is abundant. **[Methods]** A feasibility study for rearing *S. cerealella* on paddy rice was conducted under laboratory conditions by comparing various biological indicators of *S. cerealella* and a quality control index for *Trichogramma* spp.. **[Results]** The larval boring rate and adult emergence rate of *S. cerealella* reared on paddy rice were 89.6% and 88.9%, respectively. One kilogram of paddy rice could yield 1 976 *S. cerealella* moths, which produce 13.4 mL (approximately 9.0 g) of eggs. The average body length and forewing width of female moths were 5.5 and 10.1 mm, respectively, and those of male moths were 5.1 and 9.6 mm, respectively. The average length and width of *S. cerealella* eggs were 0.6 and 0.2 mm, respectively. Using *S. cerealella* eggs reared on paddy rice to rear *T. ostriniae* resulted in a parasitism rate of 88.8%, an emergence rate of 96.0%, a female ratio of 58.9% and a deformity rate of 7.8%. These parameters were not significantly different to those of barley-reared *S. cerealella* (F=0.089, P=0.935; F=0.885, P=0.443; F=0.224, P=0.835; F=0.141, P=0.895). **[Conclusion]** Rearing *S. cerealella* on paddy rice enables the mass of *Trichogramma* spp. in regions where rice is abundant and barley is not commonly grown.

*资助项目 Supported projects：云南省技术创新人才项目（202105AD160033）；国家现代农业（玉米）产业技术体系（CARS-02）；欧盟援助项目湄公河次区域玉米害虫综合治理（DCI-FOOD/2011/261-127）；云南省科技特派员项目（202204BK090074）；德宏产业拔尖人才专项（DHYC-CYJSBJRC-2023-004）

**第一作者 First author，E-mail：thk1818@163.com

***共同通信作者 Co-corresponding authors，E-mail：baishuxiong@caas.cn；zywang@ippcaas.cn

收稿日期 Received：2024-07-14；接受日期 Accepted：2025-10-13

Key words　*Sitotroga cerealella*; paddy rice; mass rearing; *Trichogramma* spp.

赤眼蜂属膜翅目 Hymenoptera，细腰亚目 Apocrita，小蜂总科 Chalcidoidea，赤眼蜂科 Trichogrammatidae，赤眼蜂属 *Trichogramma*（林乃铨, 1994），是多种害虫的卵寄生蜂。分布遍及全球，种类繁多，全世界记录的赤眼蜂属 180 多种（Pinto, 1998），我国记录了 29 种（何晓芳等, 2005）。随着赤眼蜂人工大量繁殖技术的不断改进，赤眼蜂已成为现代农林害虫生物防控上研究历史最久、应用范围最广、防治面积最大、治虫效果最好的一类重要的卵寄生蜂；利用赤眼蜂成功防控的农林害虫有 28 种之多，每年放蜂治虫面积 3.0×10^7 hm^2 以上（Li, 1994），取得明显的经济、生态和社会效益。

人工大量繁育赤眼蜂中间寄主的研究对赤眼蜂的应用发展起着极大的推动作用。据报道，适用于大规模生产中间寄主卵的寄主有麦蛾 *Sitotroga cerealella*（Flanders, 1930）、地中海粉斑螟 *Ephestia kuehniella*（Bigler, 1994）、蓖麻蚕 *Samia cynthia ricini*（古德祥等, 2000）、米蛾 *Corcyra cephalonica*（张芝利等, 1979; 邱式邦等, 1980; 史光中等, 1982; 陈红印等, 2000）、柞蚕 *Antheraea pernyi*（王承伦等, 1998）和马铃薯块茎蛾 *Phthorimaea operculella*（Smith, 1996）等；另外，用人工寄主卵繁殖赤眼蜂也有相关报道（Hoffman *et al.*, 1975; Grenier *et al.*, 1998; 徐春婷等, 2001）。麦蛾卵和地中海粉斑螟卵是世界上普遍用于赤眼蜂规模化生产的中间寄主，且已机械化生产（Smith, 1996）。目前，我国已成功规模化利用柞蚕卵（大卵）作为中间寄主繁殖松毛虫赤眼蜂 *Trichogramma dendrolimi* 和螟黄赤眼蜂 *T. chilonis* 等，利用麦蛾卵或米蛾卵（小卵）繁殖玉米螟赤眼蜂 *T. ostriniae* 和稻螟赤眼蜂 *T. japonicum* 等的技术与工艺流程（张帆等, 1992; 万方浩等, 1999; 陈红印等, 2000; 郑礼等, 2004）。

麦蛾是一种重要的贮粮害虫，主要寄主为稻谷、麦类、玉米、高粱等（张祯祥和陈勇, 1957; 张素素等, 2021）。在我国，麦蛾主要以大麦、玉米、小麦等谷物进行饲养获得中间寄主麦蛾卵；其中带颖壳的大麦具有保湿性好及对环境温度变化影响小的优点，是饲养麦蛾的首选饲料（郑礼等, 2004; 王连霞, 2007）。大麦在国际上 70% 用于饲料，且由于适应性广泛，耐瘠性强，全球有 100 多个国家种植大麦，常年种植面积约 6.0×10^7 hm^2（陈明贤和张国平, 2010）。但大麦在老挝、缅甸、菲律宾等东南亚国家以及我国的南方地区却鲜有种植，难以获取或成本较高，而稻谷却是许多亚洲国家和我国南方地区的主要粮食作物，产量大、易获取、成本较低；且稻谷外有颖壳，与大麦相似；利用稻谷大量繁殖麦蛾获取麦蛾卵作为赤眼蜂中间寄主卵尚未见相关报道。为此，本文开展了利用稻谷饲养麦蛾的技术研究，开发稻谷饲养麦蛾的生产技术，为进一步扩大利用赤眼蜂进行害虫生物防治的应用和规模提供技术支撑。

1　材料与方法

1.1　材料

供试麦蛾卵为利用大麦饲养麦蛾得到的麦蛾卵。供试稻谷为云南德宏当地品种岫粳 14 号，大麦品种为保麦 13 号，均购于市场。幼虫饲养盘（长×宽×高= 0.47 m×0.32 m×0.04 m）、光照培养箱（宁波江南仪器厂 GXZ-430A）、昆虫解剖镜（上海辛卯科学仪器有限公司 SZ3100）和游标卡尺（苏制 02050123, 0.02 mm）。成虫饲养框（长×宽×高= 0.90 m×0.70 m×0.03 m）、成虫收集盒及产卵盒（长×宽×高=0.45 m×0.30 m× 0.05 m）均为自制。供试赤眼蜂为玉米螟赤眼蜂。

1.2　方法

1.2.1　饲养方法　分别将稻谷和大麦放入水中浸泡 20 min 后，除去杂质，控水后，装入消毒容器，在 0.02-0.04 MPa 压强下，利用蒸气对大麦和稻谷消毒 30 min，然后室温下冷凉后，把大麦和稻谷分别转移到幼虫饲养盘中，每盘 2 kg，

接种即将孵化的麦蛾卵 3 mL（约 2.0 g）。在温度 25-28 ℃，湿度 70%-80%的条件下饲养。以大麦为对照，试验重复 5 次。主要观察记录羽化的麦蛾成虫数量、虫体大小、寿命、产卵量、卵的大小、发育历期。从麦蛾羽化开始，每天收集一次麦蛾成虫和麦蛾卵，记录麦蛾数量和产卵量。通过除杂装置得到净卵后，用量筒测量产卵数量。

1.2.2 麦蛾卵孵化率 随机抽取 0.5 mL（约 0.3 g）麦蛾卵粘于双面胶带上，置于幼虫饲养盘中，在饲养室温度 25-28 ℃，湿度 70%-80%的条件下发育 5 d 后，将胶带置于昆虫解剖镜下，在视野（目镜×物镜=10×5）下，记录孵化卵粒数（白色卵壳）及未孵化卵（褐色及干瘪）粒数，计算其孵化率。以大麦为对照，重复 3 次。麦蛾卵孵化率=孵化卵粒数/麦蛾卵总数×100%。以大麦繁育的麦蛾卵为对照。

1.2.3 稻谷被蛀食率及蛀食后成虫羽化率 稻谷接种麦蛾卵在幼虫饲养室饲养 30 d 后，随机抽取 30 粒稻谷，观察其表面是否有蛀孔，并剖开稻谷检查，如有蛹壳或为空粒，表示麦蛾已在稻谷内发育至成虫。记录稻谷被蛀食粒数、蛀食后麦蛾在稻谷内完成羽化的粒数，计算稻谷被蛀食率及蛀食后成虫羽化率。以大麦为对照，重复 3 次。稻谷被蛀食率=稻谷被蛀食粒数/抽查总数×100%，蛀食后成虫羽化率=麦蛾在稻谷内完成羽化的粒数/抽查总数×100%。

1.2.4 麦蛾成虫及麦蛾卵粒大小 随机分别抽取 30 头麦蛾雌、雄成虫，置于昆虫解剖镜下，利用游标卡尺测量麦蛾成虫的体长及翅展。随机抽取 30 粒麦蛾卵，置于昆虫解剖镜下，利用测微尺测量卵的长度及宽度。以大麦饲养的麦蛾和麦蛾卵为对照，重复 3 次，并记录麦蛾成虫及卵的大小。

1.2.5 麦蛾发育历期和成虫寿命 发育历期为从接种同一天产下的麦蛾卵开始到第一头麦蛾羽化的时间，以大麦为对照，重复 5 次。成虫寿命则为从开始羽化到死亡的时间，具体方法为在麦蛾幼虫饲养盘上盖住纱网，将刚羽化的麦蛾雌、雄成虫单头装入试管（直径 20 mm，长度 100 mm），并用黑布封口，不提供食物。观察其寿命，若麦蛾无明显活动时，用昆虫解剖针接触虫体，若动为存活，反之为死亡。记录发育历期天数和成虫寿命天数。以大麦饲养的麦蛾为对照，重复 30 次。

1.2.6 稻谷利用率 从第一次收集卵开始计时，如果连续 5 d 收不到蛾子和卵，则停止收集。测量饲料利用率，随机抽取 500 粒稻谷，浸入水中保持 30 min，记录沉积水底的稻谷粒数，计算其利用率。以大麦为对照，重复 5 次。稻谷利用率=（抽查总粒数-沉积粒数）/抽查总粒数×100%。

1.2.7 麦蛾卵饲养赤眼蜂的发育特征 将粘有麦蛾卵的双面胶带（宽 15 mm，长 180 mm，约 15 000 粒卵）置于大试管（直径 30 mm，长 20 mm）中，按 1∶10 的蜂卵比，接入一定量的羽化不超过 24 h 且已经交配的玉米螟赤眼蜂，用黑布封住试管口，以 50%的蜂蜜水为食源。在温度为（25±1）℃，湿度为 70%-80%，光周期为 14 L∶10 D 的光照培养箱中饲养，观察记录麦蛾卵的寄生率、赤眼蜂的羽化率、雌蜂率和蜂畸形率等质量指标。

寄生率：寄主卵发育 7 d 后，取出带卵双面胶带置于解剖镜视野（目镜×物镜=10×5）下，检查记录黑色（寄生卵）、白色及皱缩（未寄生卵）卵的数量，计算其寄生率。以大麦饲养的麦蛾卵为对照，重复 3 次。寄生率=寄生卵粒数/总卵粒数×100%。

羽化率：赤眼蜂羽化后，取出双面胶带置于解剖镜视野（目镜×物镜=10×5）下，记录黑色卵粒数，并检查其上是否有羽化孔，如果没有明显羽化孔的卵，则用大头针将其挑开，查看其中是否有寄生蜂的残留物或不存在羽化的成蜂，若有羽化孔则示为羽化，如果有液体从卵中涌出，则示为未羽化，计算其羽化率。以大麦饲养的麦蛾卵为对照，重复 3 次。羽化率=羽化卵粒数/寄生卵总粒数×100%。

雌蜂率：每处理随机抽取 30 头成蜂，置于解剖镜视野（目镜×物镜=10×5）下，分别检查并记录雌蜂和雄蜂的数量，计算雌蜂率。以大麦饲养的麦蛾卵为对照，重复 3 次。雌蜂率=雌蜂头数/总蜂数×100%。

蜂畸形率：每处理随机抽 30 头初羽化的赤眼蜂成蜂，置于解剖镜视野（目镜×物镜= 10×5）

下，检查其翅膀是否完整，记录残翅蜂的数量，计算蜂畸形率。以大麦饲养的麦蛾卵为对照，重复 3 次。蜂畸形率=畸形蜂头数/总蜂数×100%。

1.3　数据分析

采用 SPSS 16.0 软件进行独立性 *t* 检验分析处理与对照的差异性。

2　结果与分析

2.1　发育历期和成虫寿命

结果表明，以稻谷和大麦饲养麦蛾的平均发育历期分别为 42.4 和 39.8 d，二者无显著差异（*F*=2.373, *P*=0.052）。以稻谷和大麦饲养的麦蛾，其成虫雌蛾平均寿命分别为 5.5 和 6.0 d（*F*=1.443, *P*=0.154），雄蛾平均寿命分别为 5.2 和 5.6 d（*F*=1.076, *P*=0.287），均无显著差异（表 1）。

表 1　麦蛾在稻谷和大麦上的发育历期及成虫寿命比较

Table 1　Comparision of developmental duration and adult longevity of *Sitotroga cerealella* on paddy rice and barley

饲料 Feed	发育历期（d） Developmental duration (d)	麦蛾成虫寿命（d） Longevity of adult (d)	
		雌蛾 Female	雄蛾 Male
稻谷 Paddy rice	42.4±0.9 ns	5.5±0.3 ns	5.2±0.3 ns
大麦 Barley	39.8±0.6 ns	6.0±0.2 ns	5.6±0.2 ns

表中数据为平均值±标准误，同列 ns 表示在 0.05 水平不存在显著性差异（独立性 *t* 检验）。下表同。

Data in the table are mean±SE, and ns in the same column indicate no significant difference at the 0.05 level (independent samples *t*-test). The same below.

2.2　卵孵化率和成虫羽化率

结果表明，麦蛾卵在稻谷和大麦上平均孵化率分别为 97.3%和 96.4%；麦蛾幼虫对稻谷和大麦的平均蛀食率分别为 89.6%和 91.1%；麦蛾成虫平均羽化率分别为 88.9%和 91.9%。麦蛾卵孵化率（*F*=0.763, *P*=0.631）、蛀食率（*F*=0.563, *P*=0.581）、成虫羽化率（*F*=1.253, *P*=0.228）均无显著差异（图 1）。

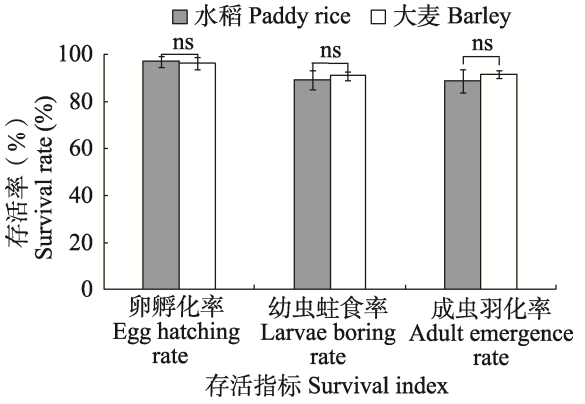

图 1　在稻谷和大麦上饲养的麦蛾卵的孵化率、幼虫蛀食率和成虫羽化率

Fig. 1　Egg hatching rate, larvae boring rate and adult emergence rate of *Sitotroga cerealell* rearing on paddy rice and barley

图中数据为平均值±标准误，柱上 ns 表示处理间在 0.05 水平不存在显著性差异（独立性 *t* 检验）。下图同。

Data in the figure are mean ±SE, and ns above bars indicate no significant difference at the 0.05 level between treatments (independent samples *t*-test). The same below.

2.3　成虫和卵的产量及大小

结果表明，以稻谷和大麦作为寄主饲养麦蛾时，每千克寄主的平均产蛾量分别为 1 976.0 和 2 005.5 头（*F*=0.360, *P*=0.729）、麦蛾平均卵量分别为 13.4（约 9.0 g）和 14.0 mL（约 9.3 g）（*F*=0.907, *P*=0.404），二者在产蛾量和产卵量上均无显著性差异。以稻谷和大麦分别作为寄主饲养麦蛾，所得麦蛾成虫大小雌蛾平均体长分别为 5.5 和 5.8 mm（*F*=0.893, *P*=0.338），平均展翅宽分别为 10.1 和 10.2 mm（*F*=0.158, *P*=0.876）；雄蛾平均体长分别为 5.1 和 5.2 mm（*F*=0.052, *P*=0.959），平均展翅宽分别为 9.6 和 9.8 mm（*F*=0.463, *P*=0.649）。两种寄主繁育所得麦蛾卵平均卵长均为 0.6 mm（*F*=1.176, *P*=0.259）；平均卵宽均为 0.2 mm（*F*=0.488, *P*=0.632）。以稻谷和大麦饲养麦蛾时，麦蛾成虫虫体和卵大小均无显著差异（表 2）。

2.4　稻谷利用率

结果表明，以稻谷和大麦饲养麦蛾时，谷物

表 2 利用稻谷和大麦饲养麦蛾的产蛾量、产卵量及卵大小的比较

Table 2 Comparison of number of emerged adults, egg production and size of egg of *Sitotroga cerealella* rearing on paddy rice and barley

寄主 Host	产蛾量（ind./kg） Number of emerged adults (ind./kg)	产卵量（mL/kg） Egg production (mL/kg)	麦蛾大小（mm） Size of moth (mm)				麦蛾卵大小（mm） Size of egg (mm)	
			体长 Body length		翅展 Wing length		长 Length	宽 Width
			雌蛾 Female	雄蛾 Male	雌蛾 Female	雄蛾 Male		
稻谷 Paddy rice	1 976.0±44.5 ns	13.4±0.2 ns	5.5±0.3 ns	5.1±0.2 ns	10.1±0.5 ns	9.6±0.4 ns	0.6±0.0 ns	0.2±0.0 ns
大麦 Barley	2 005.5±68.5 ns	14.0±0.6 ns	5.8±0.2 ns	5.2±0.2 ns	10.2±0.4 ns	9.8±0.4 ns	0.6±0.0 ns	0.2±0.0 ns

平均利用率分别为 79.5%和 82.0%，二者无显著差异（F=1.634, P=0.158）（图 2）。从谷物利用率的大小直接反映出麦蛾幼虫蛀食的情况及饲养质量。

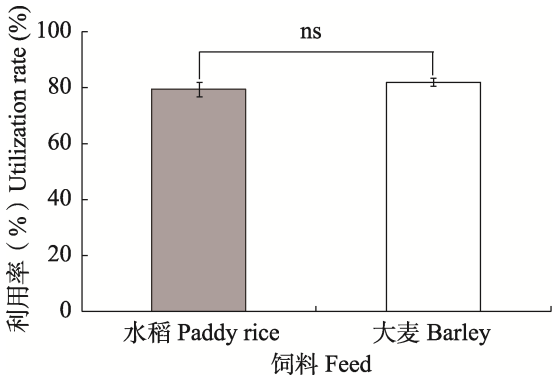

图 2 利用稻谷和大麦饲养麦蛾的籽粒利用率

Fig. 2 Utilization rate of paddy rice and barley kernals by *Sitotroga cerealella* larvae

2.5 赤眼蜂生长发育关键指标

图 3 结果表明，利用稻谷和大麦饲养的麦蛾卵繁殖玉米螟赤眼蜂，赤眼蜂平均寄生率分别为 88.8%和 89.1%；平均羽化率分别为 96.0%和 95.0%；平均雌蜂率分别为 57.8%和 58.9%；平均蜂畸形率分别为 7.8%和 8.4%。利用稻谷和大麦饲养的麦蛾卵繁殖玉米螟赤眼蜂，二者在赤眼蜂寄生率（F=0.089, P=0.935）、羽化率（F=0.885, P=0.443）、雌蜂率（F=0.224, P=0.835;）和蜂畸形率（F=0.141, P=0.895）上均无显著差异。

2.6 经济效益分析

在云南德宏州利用麦蛾卵繁殖的玉米螟赤眼蜂防治亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis*，每公顷每次释放赤眼蜂约 150 000 头，约 15 mL（约 10.0 g）麦蛾卵，需 1.2 kg 稻谷或 1.1 kg 大麦饲养麦蛾所产的卵量，以此，按当地稻谷和大麦的市场价 2.2 和 3.2 元/kg 计算，所需饲料成本分别为 2.6 和 3.5 元；每释放一次赤眼蜂，如果利用稻谷繁殖麦蛾，每公顷可节约饲料成本 0.9 元。亚洲玉米螟世代重叠严重地区，需要释放赤眼蜂 3-4 次才能达到防控效果，利用稻谷繁殖麦蛾每公顷可节约饲料成本 2.7-3.6 元。

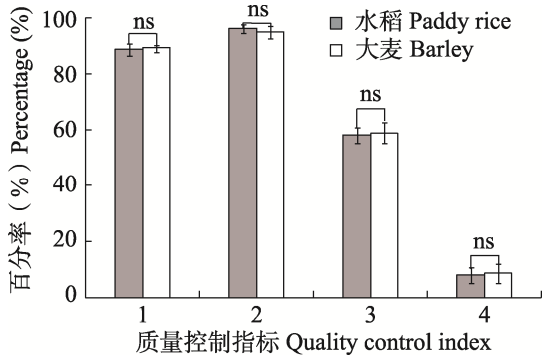

图 3 玉米螟赤眼蜂质量控制指标比较

Fig. 3 Comparison of quality control index of *Trichogramma ostriniae*

1：寄生率；2：羽化率；3：雌蜂率；4：畸形率。

1: Parasitism rate; 2: Emergence rate; 3: Ratio of female to total (female and male); 4: Deformity rate.

3 讨论

随着人们对食品安全和环境安全关注度的增加，生物防治的应用规模逐年扩大，赤眼蜂的需求量越来越多。麦蛾卵是繁殖赤眼蜂的优质小粒卵，目前饲养麦蛾的主要寄主是大麦，但近年来由于世界范围内大麦种植面积减少，市场价格

上升（徐明和李先德, 2012; 张琳等, 2014），增加了麦蛾的饲养成本，研究替代大麦饲养麦蛾的意义重大。本文开展了利用稻谷饲养麦蛾的可行性研究分析，取得了良好的饲养效果，麦蛾发育历期为 42.4 d，每千克稻谷产出麦蛾成虫 1 976 头，卵 13.4 mL（约 9.0 g），与对照大麦饲养的 14.0 mL（约 9.3 g）无差异，与郑礼等（2004）利用大麦饲养获得的麦蛾卵 12.65 g 相接近，产量的差距可能是饲养设备和饲养技术不同而造成，如 12.65 g 麦蛾卵是 3 代成虫的产卵量。利用稻谷繁育的麦蛾卵繁殖玉米螟赤眼蜂，每公顷的作物上每释放一次赤眼蜂可节约饲料成本 0.9 元，在玉米螟世代重叠严重地区，赤眼蜂释放次数增多，则节约成本更为显著。上述表明，稻谷替代大麦饲养麦蛾是可行的。

目前生产上大量用于生物防治的赤眼蜂种类中，除了松毛虫赤眼蜂 *T. dendrolimi* 和部分螟黄赤眼蜂 *T. chilonis* 可以利用柞蚕卵作为中间寄主进行大量生产外，其他广泛应用的优良赤眼蜂种类，如玉米螟赤眼蜂 *T. ostriniae*、甘蓝夜蛾赤眼蜂 *T. brassicae*、广赤眼蜂 *T. evanescens*、短管赤眼蜂 *T. pretiosum* 等，只能靠麦蛾卵等小粒卵作为中间寄主繁殖。近年来，随着草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 入侵非洲、亚洲和大洋洲，给玉米等粮食作物的安全生产构成了严重威胁，而短管赤眼蜂作为草地贪夜蛾的优良寄生性天敌，可用于草地贪夜蛾的防治。稻谷大量饲养麦蛾技术为繁育赤眼蜂的中间寄主卵的大量生产提供了技术支撑。

稻谷是亚洲主要的粮食作物，分布较广，产量大及市场价格便宜（程勇翔等, 2012; 刘珍环等, 2013），获取方便。在亚洲，稻谷资源比大麦资源更加丰富，特别是在东南亚国家和我国南方地区。为此，利用稻谷饲养麦蛾为赤眼蜂繁殖提供大量中间寄主，尤其为缺乏大麦生产的国家和地区用赤眼蜂进行害虫生物防治提供了途径；同时也充分发挥生物防治的优势，减少或避免使用农药，增加田间物种的生物多样性（刘燕群等, 2008; 郑永权, 2013），以最小的生态代价，保护作物健康生长（Batra, 1982; Clemens, 1984），保障国家粮食安全和食品安全性，促进环境的可持续性，以达到较好的生态效益、社会效益及经济效益（Hochberg, 1989; Wang *et al.*, 2014）。

参考文献 (References)

Batra SW, 1982. Biological control in agroecosystems. *Science*, 215(4529): 134–139.

Bigler F, 1994. Quality control in Trichogramma production// Wajnberg E, Hassan SA (eds.). Biological Control with Egg Parasitoids. England: CAB International. 93–111.

Chen HY, Wang SY, Chen CF, 2000. Quality control of *Trichogramma ostriniae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) mass reared with rice moth, *Corcyra cephalonica* eggs. *Natural Enemies of Insects*, 22(4): 145–150. [陈红印, 王树英, 陈长风, 2000. 以米蛾卵为寄主繁殖玉米螟赤眼蜂的质量控制技术. 昆虫天敌, 22(4): 145–150.]

Chen MX, Zhang GP, 2010. The status of global barley development and analysis of barley industrialization in China. *Barley and Cereal Sciences*, 27(4): 1–4. [陈明贤, 张国平, 2010. 全球大麦发展现状及中国大麦产业发展分析. 大麦与谷类科学, 27(4): 1–4.]

Cheng YX, Wang XZ, Guo JP, Zhao YX, Huang JF, 2012. The temporal-spatial dynamic analysis of China rice production. *Scientia Agricultura Sinica*, 45(17): 3473–3485. [程勇翔, 王秀珍, 郭建平, 赵艳霞, 黄敬峰, 2012. 中国水稻生产的时空动态分析. 中国农业科学, 45(17): 3473–3485.]

Clemens MJ, 1984. Biological control. *Nature*, 309(5967): 394.

Flanders SE, 1930. Mass production of egg parasites of the genus *Trichogramma*. *Hilgardia*, 4(16): 465–501.

Grenier S, Han SC, Chapelle L, Liu WH, Guillaud J, 1998. In vitro development of *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in long-term stored, freeze-dried artificial media. *Biocontrol Science and Technology*, 8(4): 589–596.

Gu DX, Zhang GR, Zhang RJ, Pang Y, 2000. Review on fifty-years biological control of insect pests in southern China. *Acta Entomologica Sinica*, 43(3): 327–335. [古德祥, 张古忍, 张润杰, 庞义, 2000. 中国南方害虫生物防治 50 周年回顾. 昆虫学报, 43(3): 327–335.]

He XF, Wen SY, Pang XF, 2005. Advances in phylogenetic studies of *Trichogramma*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 42(1): 22–27. [何晓芳, 温硕洋, 庞雄飞, 2005. 赤眼蜂属系统进化研究进展. 昆虫知识, 42(1): 22–27.]

Hochberg ME, 1989. The potential role of pathogens in biological control. *Nature*, 337(6204): 262–265.

Hoffman JD, Ignoffo CM, Dickerson WA, 1975. In vitro rearing of the endoparasitic wasp *Trichogramma pretiosum*. *Annals of the Entomological Society of America*, 68(2): 335–336.

Li LY, 1994. Worldwide use of *Trichogramma* for biological control

on different crops: A survey// Wajnberg E, Hassan SA (eds.). Biological Control with Egg Parasitoids. England: CAB International. 37–53.

Lin NQ, 1994. Taxonomy of *Trichogramma* in China (Hymenoptera: Chalcidoidea). Fuzhou: Fujian Science and Technology Publishing House. 1–32. [林乃铨, 1994. 中国赤眼蜂分类(膜翅目: 小蜂总科). 福州: 福建科学技术出版社. 1–32.]

Liu YQ, Li YP, Liang WH, Dong DC, Gu XL, 2008. Current status and enlightenment of pesticide residues in agricultural products in developed countries. *Agricultural Economic Issues*, 29(4): 104–107. [刘燕群, 李玉萍, 梁伟红, 董定超, 古小玲, 2008. 发达国家农产品农药残留现状及启示. 农业经济问题, 29(4): 104–107.]

Liu ZH, Li ZG, Tang PQ, Li ZP, Wu WB, Yang P, You LZ, Tang HJ, 2013. Spatial-temporal changes of rice area and production in China during 1980-2010. *Acta Geographica Sinica*, 68(5): 680–693. [刘珍环, 李正国, 唐鹏钦, 李志鹏, 吴文斌, 杨鹏, 游良志, 唐华俊, 2013. 近 30 年中国水稻种植区域与产量时空变化分析. 地理学报, 68(5): 680–693.]

Pinto JD, 1998. Systematics of the North American species of *Trichogramma* westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Entomological Society of Washington*, 22: 1–287.

Qiu SB, Tian YQ, Zhou WR, Yu JJ, Wang CX, Wang ZG, 1980. Improved technique for mass rearing rice moth. *Acta Phytophylacica Sinica*, 7(3): 153–158. [邱式邦, 田毓起, 周伟儒, 于久钧, 王春夏, 王志光, 1980. 改进米蛾饲养技术的研究. 植物保护学报, 7(3): 153–158.]

Shi GZ, Zhou YN, Zhao JS, 1982. Studies of rice moth (*Corcyra cephalonica*) rearing and its utilization technology. *Natural Enemies of Insects*, 4(4): 1–8. [史光中, 周运宁, 赵俊生, 1982. 米蛾饲养及利用技术的研究. 昆虫天敌, 4(4): 1–8.]

Smith SM, 1996. Biological control with *Trichogramma*: Advances, successes and potential of their use. *Annual Review of Entomology*, 41: 375–406.

Wan FH, Wang R, Ye ZC, 1999. Prospects of commercial products of insect natural enemies in China. *Chinese Journal of Biological Control*, 15(3): 135–138. [万方浩, 王韧, 叶正楚, 1999. 我国天敌昆虫产品产业化的前景分析. 中国生物防治学报, 15(3): 135–138.]

Wang CL, Zhang J, Huo SR, Zhou YN, Feng JG, Liu ZC, Yang WH, Shen XC, Song MQ, Chen HY, Dai KJ, Bao JZ, 1998. Study, reproduction and utilization of *Trichogramma*// Bao JZ, Gu DX (eds.). Biological Control in China. Taiyuan: Shanxi Science and Technology Publishing House. 67–123. [王承伦, 张荆, 霍绍荣, 周运宁, 冯建国, 刘志诚, 杨五烘, 申效诚, 宋木权, 陈红印, 戴开甲, 包建中, 1998. 赤眼蜂的研究、繁殖与应用// 包建中, 古德祥(主编). 中国生物防治. 太原: 山西科学技术出版社. 67–123.]

Wang LX, 2007. The biological characteristics and technique of artificial feeding on *Sitotroga cerealella*. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, 4: 53–55. [王连霞, 2007. 麦蛾生物学特性及人工饲养技术. 黑龙江农业科学, 4: 53–55.]

Wang ZY, He KL, Zhang F, Lu X, Babendreier D, 2014. Mass rearing and release of *Trichogramma* for biological control of insect pests of corn in China. *Biological Control*, 68: 136–144.

Xu CT, Liu WH, Huang SS, Han SC, Li LY, 2001. Advances of in vitro rearing of *Trichogramma*. *Natural Enemies of Insects*, 23(3): 132–144. [徐春婷, 刘文惠, 黄寿山, 韩诗畴, 李丽英, 2001. 体外培育赤眼蜂研究进展. 昆虫天敌, 23(3): 132–144.]

Xu M, Li XD, 2012. Analysis of world barley import and export market. *World Agriculture*, 2012(10): 82–88. [徐明, 李先德, 2012. 世界大麦进出口市场分析. 世界农业, 2012(10): 82–88.]

Zhang F, Li C, Sun T, Li YH, Sun GZ, Cui JA, 1992. Preliminary report on storage of *Trichogramma dendrolimi* and its host *Antheraea pernyi* eggs. *Journal of Jilin Agricultural University*, 14(S1): 46–49. [张帆, 李赤, 孙彤, 李跃华, 孙光芝, 崔敬爱, 1992. 松毛虫赤眼蜂及其寄主-柞蚕卵贮藏试验初报. 吉林农业大学学报, 14(S1): 46–49.]

Zhang L, Li XD, Sun DS, 2014. Balance and trend analysis between supply and demand of barley in China. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 16(4): 16–22. [张琳, 李先德, 孙东升, 2014. 中国大麦供需平衡及趋势分析. 中国农业科技导报, 16(4): 16–22.]

Zhang SS, Ye ZY, Yang FL, 2021. Research progress on prevention and control of stored grain pest *Sitotroga cerealella*. *Grain Storage*, 50(6): 31–34. [张素素, 叶遵义, 杨凤连, 2021. 储粮害虫麦蛾防治的研究进展. 粮食储藏, 50(6): 31–34.]

Zhang ZL, Huang RS, Zhu Y, Wang SQ, Kang ZJ, Pan YC, Yin YH, Zhang WS, Yun XQ, Sun AH, 1979. Preliminary report on utilizing *Trichogramma ostriniae* for control of Asian corn borer (*Ostrinia furnacalis*). *Entomological Knowledge*, 16(5): 207–210. [张芝利, 黄融生, 朱墉, 王素琴, 康总江, 潘永成, 尹英华, 张文山, 恽秀芹, 孙爱华, 1979. 利用玉米螟赤眼蜂防治玉米螟的研究初报. 昆虫知识, 16(5): 207–210.]

Zhang ZX, Chen Y, 1957. Preliminary observation on life habits of *Sitotroga cerealella*. *Entomological Knowledge*, 3(6): 256–262. [张祯祥, 陈勇, 1957. 麦蛾生活习性的初步观察. 昆虫知识, 3(6): 256–262.]

Zheng L, Song K, Liu LC, 2004. Industrial production of *Trichogramma* using *Sitotroga cerealella* eggs. China: Invention Patent, CN02129344.9. 2004–12–15. [郑礼, 宋凯, 刘乱臣, 2004. 用麦蛾卵工厂化生产赤眼蜂工艺. 中国: 发明授权, CN02129344.9. 2004–12–15.]

Zheng YQ, 2013. Development and prospects of the research on pesticide residues. *Plant Protection*, 39(5): 90–98. [郑永权, 2013. 农药残留研究进展与展望. 植物保护, 39(5): 90–98.]