



利用嫩玉米穗饲养大螟的技术*

唐 辉^{1,2} 陈法军¹ 韩兰芝^{2**} 彭于发²

(1. 南京农业大学昆虫学系, 南京 210095; 2. 中国农业科学院植物保护研究所/植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193)

摘 要 【目的】提供一种新的饲养大螟的方法, 为获得充足的、高质量虫源提供技术保障。【方法】使用籽粒未形成的嫩玉米穗、鲜茭白和市场上出售的成熟甜玉米 3 种天然饲料分别饲养大螟, 对比 3 种天然饲料饲养下大螟幼虫发育历期、存活率、化蛹率、羽化率、蛹重和单雌产卵量等适合度参数。【结果】大螟在嫩玉米穗上的平均幼虫存活率为 85.3%, 化蛹率为 77.1%, 羽化率为 66.3%, 显著优于茭白和甜玉米的饲养效果。在嫩玉米穗上, 大螟世代发育历期为 36.2 d, 幼虫发育历期为 16.6 d, 显著短于在茭白和甜玉米上的发育时间。取食嫩玉米穗的大螟单雌产卵量为 81.1 粒, 与野生型大螟的产卵量没有显著差异。

【结论】嫩玉米穗可为大螟的生长发育和繁殖提供足够的营养物质, 提高了初孵幼虫的存活率, 加快了其世代发育速率, 可做为一种适宜的饲料用于大螟的大规模饲养。

关键词 大螟, 嫩玉米穗, 饲养技术, 饲养效果

An improved food for rearing the pink stem borer, *Sesamia inferens*: unripe corn

TANG Hui^{1,2} CHEN Fa-Jun¹ HAN Lan-Zhi^{2**} PENG Yu-Fa²

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

Abstract [Objectives] To develop a new food capable of producing large numbers of high quality *S. inferens*. [Methods] *S. inferens* were reared on three kinds of foods, unripe corn, fresh water bamboo and sweet corn, and fitness parameters, survival rates, the durations of different developmental stages, pupal weight, and the number of eggs laid per adult female, of population reared on each food were measured and compared. [Results] The mean larval survival, pupation and eclosion rates of *S. inferens* raised on unripe corn were 85.3%, 77.1% and 66.3%, respectively, significantly higher than those raised on fresh water bamboo and sweet corn. The developmental duration of a complete generation, and the larval stage of populations raised on unripe corn were 36.2 d and 16.6 d, respectively, which were significantly shorter than those fed on fresh water bamboo and sweet corn. The number of eggs laid per female fed on unripe corn was 81.1, which did not differ significantly from that of females in paddy fields. [Conclusion] *S. inferens* raised on unripe corn had superior development and fecundity to those raised on bamboo and sweet corn, and individuals reared on unripe corn also had higher neonatal survival rates and faster larval developmental. Unripe corn is a suitable diet for mass rearing *S. inferens*.

Key words *Sesamia inferens*, unripe corn ear, rearing technique, rearing effect

大螟 *Sesamia inferens* (Walker) 属鳞翅目夜蛾科, 是水稻上的重要害虫之一, 也是茭白、玉米、荸荠和甘蔗等经济作物上的重要害虫。20 世纪 90 年代以来, 随杂交稻面积的推广, 以及

*资助项目 Supported projects: 转基因生物新品种培育科技重大专项 (2016ZX08011-001 和 2014ZX08011-04B) 和国家自然科学基金项目(31572336)

**通讯作者 Corresponding author, E-mail: lzhan@ippcaas.cn

收稿日期 Received: 2016-06-06, 接受日期 Accepted: 2016-10-25

大量高毒化学农药的误用和滥用,大螟在局部地区危害逐年加重,对当前的水稻生产造成严重威胁(傅强和黄世文,2005;黄诚华等,2005)。为有效控制大螟种群数量的上升,研制新型化学和生物农药势在必行。此外,为改变单一使用化学农药防治的现状,转基因抗虫水稻的应用成为防治螟虫的一种新策略。因此,新型化学和生物农药制剂的筛选及标准化测定、转基因抗虫水稻的抗虫性测定及抗性机制研究均需要大批量、发育一致的大螟幼虫供试。目前,大螟的饲养主要依靠水稻苗和茭白等天然寄主,由于水稻苗生长周期长,难于大量获得,故生产成本较高。而茭白在饲养过程中极易腐烂变质,试虫极易感染病原菌,故茭白饲养也难于扩大种群。大螟的人工饲料研究虽然取得一定进展,但仍存在卵孵化率和初孵幼虫存活率偏低、连续多代饲养成虫产卵量显著下降等问题(Chatterji *et al.*, 1969; Qureshi *et al.*, 1971; Siddiqui *et al.*, 1983; Senthilkumar and Siddiqui, 1993; 刘卓荣, 2007; 韩超等, 2012), 故仍难以实现大螟的大规模、长期、继代饲养。

为解决上述问题,笔者仍以大螟的天然寄主为突破口,希望能找到一种最适宜大螟饲养的天然寄主,在此基础上,发展添加该天然寄主的半合成人工饲料。为此,笔者对大螟的天然寄主进行了逐一测试,发现抽丝-籽粒形成期的嫩玉米

幼穗能成功饲养大螟,其饲养效果显著优于鲜茭白和甜玉米,现将我们的研究结果报道如下。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

供试大螟采集于安徽省农业科学院岗集农业综合实验基地的水稻田里,采集虫态为幼虫,在室内用茭白饲养至化蛹,成虫羽化后转移至移栽有分蘖期水稻苗的交配笼中,待其产卵,并饲以 10% 的蜂蜜水供其取食。产卵后,将产有卵的叶鞘剪下,浸入 10% 的甲醛溶液中消毒,然后将漂洗后的带卵叶鞘置于铺有湿滤纸的玻璃培养皿(直径 9 cm)中进行保湿并待其孵化,孵化后的幼虫进行供试。幼虫的饲养条件保持在 $(27 \pm 1) ^\circ\text{C}$, 光周期 16L:8D, RH 60%~70%, 成虫交配产卵时的相对湿度保持在 85%~90%, 温度及光照条件同上。

1.2 供试天然寄主

嫩玉米幼穗: 常规玉米品种郑单 958, 在河北廊坊试验基地种植,播种 80~90 d 后,用抽丝期-籽粒形成期的嫩玉米幼穗进行供试(图 1)。

鲜茭白: 从附近的农贸市场购买鲜茭白用于供试,为了防止鲜茭白上的保鲜剂或喷洒的杀虫剂对试虫造成影响,一般在买来后,先在清水中浸泡 2 h,然后再用清水冲洗 2~3 次,晾干后

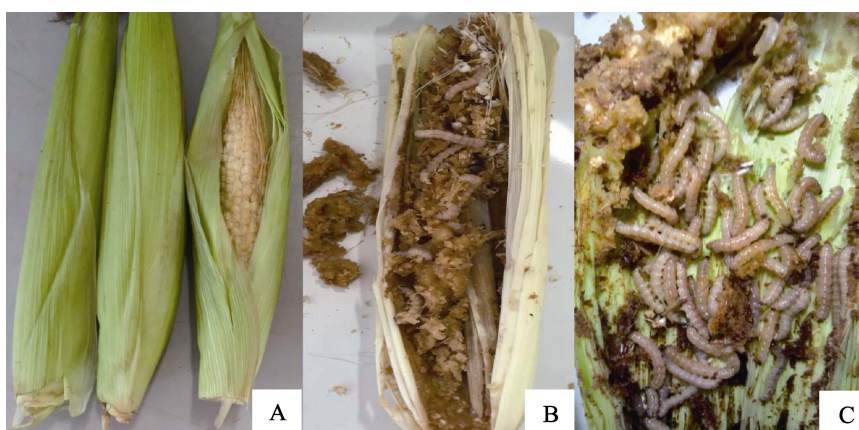


图 1 大螟幼虫在嫩玉米穗上的生长情况

Fig. 1 Survival and growth of *Sesamia inferens* larvae on the unripe corn ears

A. 供试的玉米穗; B. 大螟在嫩玉米穗上生长 8~10 d 后; C. 在嫩玉米穗上存活的大螟幼虫。

A. Unripe corn ears for test; B. After 8-10 d infestation of *S. inferens* on unripe corn ear; C. Survival of *S. inferens* larvae on corn ear.

备用。

甜玉米:从附近的农贸市场购买甜玉米用于供试,同茭白一样,一般在买来后,先在清水中浸泡 2 h,然后再用清水冲洗 2~3 次,晾干后备用。

1.3 试验方法

本研究共设 3 个处理:嫩玉米穗、鲜茭白和甜玉米。在不同寄主上的各虫态历期调查和各虫态存活率调查试验同时分开进行。

各虫态存活率和蛹重调查:在每个待试的嫩玉米穗、鲜茭白和甜玉米的中央位置分别用壁纸刀切一个小口,然后将 3~4 根有切口的、新鲜嫩玉米穗、茭白和甜玉米分别放置在各自的铺有干滤纸的保鲜盒内(30 cm×15 cm×10 cm)。幼虫孵化后,用小毛笔将幼虫(孵化后 6~8 h)分别接到嫩玉米穗、鲜茭白和甜玉米上的切口处(利于幼虫钻蛀),然后将有切口的一面放置在保鲜盒的下面(防止切口处变干),接虫后,盖上透气黑布,置于养虫架上。每处理接虫 100 头,3 次重复。根据幼虫的取食情况,及时更换新鲜饲料,并记录幼虫的存活及发育情况。待幼虫化蛹后,统计化蛹率。每处理随机取 3 日龄蛹 30 头(雌、雄蛹各 15 头),用于蛹重测定。成虫羽化后,统计羽化率,并将当天羽化的成虫进行配对,每处理配 15~20 对成虫,单对置于移栽有分蘖期水稻苗的产卵笼中进行产卵,并饲以 10%的蜂蜜水,每天检查成虫的产卵量并更换新鲜的水稻苗,直至成虫全部死亡,计算成虫的单雌产卵量。本研究中,为更好的明确玉米穗的饲养效果,笔者又从水稻田采集了一些野生型大螟蛹,称重,并比较其与玉米穗上饲养的大螟蛹重的差异;同时又将野生型大螟蛹羽化后的成虫进行配对产卵,统计其单雌产卵量,并将其与玉米穗上大螟的单雌产卵量进行比较,以期明确玉米穗的饲养效果。

各虫态历期调查:将直径 5 cm 的塑料培养皿底部铺上干滤纸,将待试的嫩玉米穗、鲜茭白和甜玉米切成小块,放置在各自的小培养皿中。随机取 30 头大螟初孵幼虫(孵化后 6~8 h),用

小毛笔分别将其接在相应的天然寄主上,每皿 1 头,每处理分别接 30 皿,每天记载试虫的发育龄期,并及时更换新鲜饲料,统计各虫态发育历期。

1.4 数据处理与分析

采用 Excel 对数据进行初步分析,利用 SPSS16.0 软件对所得数据进行方差分析和显著性比较。

2 结果与分析

2.1 大螟在 3 种天然饲料上的存活情况

由表 1 可知,大螟在 3 种天然饲料上的存活情况存在显著差异,初孵幼虫在嫩玉米穗上的存活率约为 89.3%,明显高于鲜茭白(79.3%),且显著高于甜玉米处理(37.3%)。进入高龄幼虫期后,大螟在嫩玉米穗上的存活率(95.5%)显著高于鲜茭白(57.3%)和甜玉米(37.3%)。在嫩玉米穗处理上,有 85.3%的幼虫进入预蛹期,化蛹率达 77.1%,羽化率达 66.3%;而鲜茭白和甜玉米处理上只有 44.4%和 14.0%的个体分别进入预蛹期,但最后均没有成功化蛹。可见,嫩玉米穗能显著提高大螟幼虫的存活率和化蛹率。

2.2 大螟在 3 种天然饲料上的发育情况

由表 2 可知,取食嫩玉米穗的大螟幼虫的发育历期为 16.6 d,而大螟在鲜茭白和甜玉米上的发育历期分别为 19.5 d 和 22.6 d。可见,大螟幼虫在嫩玉米穗上的发育速度显著高于鲜茭白和甜玉米处理。在嫩玉米穗上取食的幼虫化蛹后,其蛹的发育速率也显著高于鲜茭白处理,明显高于甜玉米处理,但鲜茭白和甜玉米之间没有显著差异。在 3 种天然饲料上取食的幼虫化蛹、羽化后,其成虫历期没有显著差异。大螟在嫩玉米穗上完成一个世代的发育需要 36.2 d,说明嫩玉米能供大螟完成世代发育。

2.3 大螟在 3 种天然饲料上的蛹重和产卵量

在嫩玉米穗上存活的幼虫化蛹后,其平均蛹重和雌蛹蛹重与鲜茭白处理没有显著差异,但

表 1 大螟在 3 种天然饲料上的存活情况
Table 1 Survival of *Sesamia inferens* on three kinds of natural hosts

适合度参数 Fitness parameters	嫩玉米穗 Unripe corn ear	鲜茭白 Fresh water bamboo	甜玉米 Sweet corn
初孵幼虫 Newly hatched larvae	100.0	100.0	100.0
1~2 龄幼虫死亡数 Number of 1 st -2 nd instar larvae died	10.7±1.4b	20.7±6.3b	62.7±4.7a
1~2 龄幼虫存活率(%) Survival rate of 1 st -2 nd instar larvae (%)	89.3±1.4a	79.3±6.3a	37.3±4.7b
进入 3 龄幼虫数 Number of 3 rd instar larvae	89.3±1.4a	79.3±6.3a	37.3±4.7b
3~5 龄幼虫死亡数 Number of 3 rd -5 th larvae died	4.0±1.0b	34.9±10.1a	23.3±2.8ab
3~5 龄幼虫存活率(%) Survival rate of 3 rd -5 th larvae (%)	95.5±1.2a	57.3±10.9b	37.3±3.2b
进入预蛹数 Number of prepupa	85.3±1.8a	44.4±6.0b	14.0±2.3c
化蛹数 Number of pupate	65.8±8.8	—	—
化蛹率(%) Rate of pupation (%)	77.1±6.5	—	—
蛹期死亡数 Number of pupae died	22.2±3.9	—	—
羽化率(%) Eclosion rate (%)	66.3±1.4	—	—

同一行数据后标有相同字母,表示经 Duncan's 检验后,二者差异不显著(Duncan's 多重检验法, $P=0.05$),“-”表示该项未获得数据,表 2 和表 3 同。

Data followed by the same letters in the same row indicate no significant difference by Duncan's multiple range test ($P=0.05$). “-” shows no datum obtained, the same as the following Table 2 and Table 3.

表 2 大螟在 3 种天然饲料上的发育历期
Table 2 Developmental durations of *Sesamia inferens* on three kinds of natural hosts

发育阶段 Developmental stages	嫩玉米穗 Unripe corn ear	鲜茭白 Fresh water bamboo	甜玉米 Sweet corn
卵 Egg (d)	6.5±0.2	—	—
幼虫 Larva (d)	16.6±0.2c	19.5±0.5b	22.6±0.5a
蛹 Pupa (d)	8.1±0.1b	9.3±0.7a	8.5±0.2ab
成虫 Adult (d)	5.0±0.3a	4.7±0.3a	4.6±0.2a
世代历期 Generation stage (d)	36.2±0.8	—	—

却显著低于野生型大螟蛹。就雄蛹来说,野生型和嫩玉米穗处理没有显著差异,但均显著高于鲜茭白处理。野生型大螟的单雌产卵量虽然高于嫩玉米穗处理,但二者差异不显著,说明嫩玉米穗基本能满足大螟生长发育和繁殖所需的营养物质。

3 讨 论

虽然大螟的人工饲养已有诸多报道,但目前研制的人工饲料仍存在卵孵化率降低、初孵幼虫

存活率偏低、成虫繁殖力降低等许多问题(Qureshi *et al.*, 1971; Senthilkumar and Siddiqui, 1993; 刘卓荣, 2007)。目前大螟饲养最常用的天然饲料是水稻和茭白,但水稻生长周期长,难于大量获得,故生产成本较高。鲜茭白被大螟取食后容易腐烂发臭,滋生各种病原菌,大螟一旦被感染,极易导致整个种群灭绝,所以目前大螟人工饲养的问题仍未得到妥善解决。基于此,笔者仍拟以大螟的天然寄主为突破口,希望能找到一种最适宜大螟饲养的天然寄主,在此基础上,研制添加该天然寄主的半合成人工饲料。为此,本实验室尝试了各种天然寄主的饲养,并比较了其饲养效果,最后发现籽粒刚刚形成的玉米幼穗能成功饲养大螟,且其饲养效果显著优于鲜茭白和成熟的甜玉米。大螟在未成熟玉米穗上的世代发育历期为 36.2 d,幼虫发育历期为 16.6 d,幼虫存活率为 85.3%,化蛹率为 77.1%,羽化率为 66.3%,显著优于天然寄主茭白和甜玉米的饲养效果。取食嫩玉米穗的大螟单雌产卵量为 81.1 粒,与野生型大螟的产卵量没有显著差异。说明嫩玉米穗可为大螟的生长发育和繁殖提供足够

表 3 大螟在 3 种天然饲料上的蛹重和产卵量

Table 3 Pupal weight and number of oviposition of *Sesamia inferens* on three kinds of natural hosts

		野生个体 Individuals in field	嫩玉米 Unripe corn ear	鲜茭白 Fresh water bamboo	甜玉米 Sweet corn
蛹重 Pupal weight (mg)	Mean	219.1±7.9a	165.9±4.6b	158.9±9.5b	—
	♀	242.2±6.7a	198.3±6.9b	172.4±11.2b	—
	♂	162.1±3.4a	159.6±4.1a	141.0±10.2b	—
					—
单雌产卵量 Eggs laid per female (number/♀)		95.3±10.5a	81.1±12.1a	—	—

的营养物质,提高了初孵幼虫的存活率,加快了其世代发育速率,可做为一种适宜的饲料用于大螟的大规模饲养。

用嫩玉米穗饲养大螟的过程中,需要注意一些细节方面的问题,才能达到好的饲养效果。如在选择玉米穗时,一定要选择抽丝-籽粒形成期的还未硬化的玉米穗(图 1:A),此时的玉米穗水分含量适中,不易腐烂变质,幼嫩的玉米穗轴、花丝特别适宜大螟取食。如果选择籽粒已硬化的玉米穗,大螟幼虫取食量下降,幼虫存活率显著降低,会严重影响其饲养效果。另外,在接种时最好接即将孵化的卵块(卵块颜色变黑表明即将孵化),而不是初孵幼虫。因为接卵块,省时、省力,对虫子没有伤害。接种方法为:用壁纸刀在带有苞叶的嫩玉米穗上切一条 2~3 cm 深的切口,将发黑的卵块塞入玉米穗的切口中,然后将嫩玉米置于垫有干滤纸的保鲜盒内(30 cm×15 cm×10 cm),注意有切口的一面朝下放置。接种数量的多少也决定着饲养的成败,一般每个玉米穗大约接卵 50 粒,每盒接 4~5 个玉米穗,接种完成后,盖上透气黑布,置于养虫架上。8~10 d 后,待苞叶内的玉米完全被取食成碎渣时(图 1:B),需要给大螟换新鲜的嫩玉米穗,由于这时的大螟已经长到 3~4 龄,取食量加大,所以每根玉米棒只能接 15~20 头幼虫,在转移幼虫时,也需要在玉米穗上切一个切口,将待转移的幼虫放置在切口处,以便幼虫迅速转移并取食。每个保鲜盒内仍放 4~5 个玉米穗,每穗接虫 15~20 头。过 6~7 d 后,部分老熟幼虫已开始化蛹,这时在保鲜盒内放一些卷纸,以便给老熟幼虫营造

化蛹的场所,大约 4~5 d 后,在玉米穗的苞叶内和卷纸里,均能看到已化成的蛹,将蛹转移到放置分蘖期水稻苗的产卵笼中备用。注意:用于产卵的水稻苗一定是茎秆粗壮的分蘖期以上的水稻苗才可以,否则成虫很难产卵。成虫羽化后,为提高成虫的产卵量,最好饲以 10% 的蜂蜜水。

用嫩玉米穗饲养大螟,如果控制好接卵和幼虫的数量,从初孵幼虫至化蛹,只需换一次饲料即可;但用茭白饲养,至少要换 3~4 次饲料,这是因为鲜茭白含水量较大,被幼虫取食后极易腐烂、变臭,并导致病原菌滋生,进而容易感染大螟幼虫,所以茭白一旦腐烂,必须及时更换,否则将导致整个幼虫种群死亡。与茭白相比,嫩玉米穗水分含量偏低,不易腐烂、变质,且幼虫均在玉米穗里面取食,有玉米苞叶的保护,减少了外来病原菌对玉米穗和幼虫的侵染,减少幼虫发病。可见,用嫩玉米穗饲养,可提高成活率,减少工作量,降低生产成本。饲养过程中还发现,幼虫不太喜欢取食成熟的甜玉米,主要表现为幼虫发育迟缓,初孵幼虫死亡率偏高,故推测甜玉米从营养需求上难以满足幼虫的生长、发育和繁殖。相比较而言,大螟在鲜茭白和嫩玉米穗上均发育较快、初孵幼虫存活率也较高,且蛹个体也显著大于甜玉米处理,推测鲜茭白和嫩玉米穗均能给大螟提供充足的用于世代发育的营养物质。此外,嫩玉米穗生长周期短,从播种到使用,只需 2 个月。另外,玉米生长需要的光照少,冬季在温室种植,在一定程度上可缓解冬季的急需。嫩玉米穗耐储藏,在 4℃ 环境下保存一个月,仍可使用。因此,可在生长季节大量储存嫩玉米穗,

以缓解冬季的需求。由此可见,利用嫩玉米穗饲养大螟不仅突破了盆栽水稻难于常年继代饲养的窘境,而且弥补了人工饲料带来的幼虫存活率和成虫繁殖力降低的问题,可以实现大螟标准试虫的长期、大量供应。

虽然嫩玉米穗饲养大螟是一种行之有效的办法,但是也面临一些问题,首先是受生长季节的限制,冬季很难获得大量发育一致的玉米穗,另外田间或温室种植玉米穗仍需大量人力、物力,成本也较高。因此发展添加嫩玉米穗为主的半合成人工饲料则是一条比较理想的途径,先前人工饲料的主要缺点是:初孵幼虫存活率偏低、成虫繁殖力偏低。因此,在人工饲料的研制中,应着重突破上述两个瓶颈。基于此,本实验室也进行了大量玉米穗添加实验,并取得一定进展,我们将在后续的研究中进行报道。

参考文献 (References)

- Chatterji SM, Sharma GC, Siddiqui KH, Panwar VPS, Young WR, 1969. Laboratory rearing of the pink stem borer, *Sesamia inferens* Walker, on artificial diets. *Indian J. Ent.*, 31(1): 75–77.
- Fu Q, Huang SW, 2005. Primitive Color Atlas of Diagnose and Prevention of Rice Disease and Pests. Beijing: Jindun Press. 80. [傅强, 黄世文, 2005. 水稻病虫害诊断与防治原色图谱. 北京: 金盾出版社. 80.]
- Han C, Peng YF, Hou ML, Chen FJ, Zhai BP, Han LZ, 2012. A preliminary study on artificial rearing of the pink stem borer, *Sesamia inferens*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 49(1): 281–285. [韩超, 彭于发, 侯茂林, 陈法军, 翟保平, 韩兰芝, 2012. 大螟人工饲养技术的初步研究. 应用昆虫学报, 49(1): 281–285.]
- Huang CH, Yao HW, Ye GY, Cheng JA, 2006. Effects of sublethal dose of fipronil on detoxifying enzymes in the larvae of *Chilo suppressalis* and *Sesamia inferens*. *Chinese Journal of Rice Science*, 20 (4): 447–450. [黄诚华, 姚洪渭, 叶恭银, 蒋学辉, 胡萃, 程家安, 2006. 浙江省二化螟不同种群和大螟对三唑磷的敏感性研究. 农药学报, 7(4): 323–328.]
- Liu ZR, 2007. Studies on natural refuge of *Sesamia inferens* and its artificial diet. Master thesis. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Science. [刘卓荣, 2007. 大螟天然庇护所及人工饲料的研究. 硕士学位论文. 北京: 中国农业科学院.]
- Qureshi ZA, Anwar M, Ashraf M, Chatha NU, Arif MD, 1971. Rearing, biology and sterilization of the pink rice borer, *Sesamia inferens* Walker// Fuyaka M (ed.). Symposium on Rice Insects. Japan: Ministry of Agriculture and Forestry. Tropical Agriculture Research Center. 75–79.
- Senthilkumar P, Siddiqui KH, 1993. Compounding artificial diets for rearing of the pink stem borer, *Sesamia inferens* (Walker). *J. Ent. Res.*, 17(2): 81–90.
- Siddiqui KH, Sarup P, Matwaha KK, 1983. Formulation of artificial diets for mass rearing of the pink borer, *Sesamia inferens* (Walker), in the laboratory. *J. Ent. Res.*, 7(2): 154–160.