

明亮熊蜂繁育室内印度谷斑螟的 形态特征与生物学特性^{*}

安建东^{**} 国占宝 李继莲 罗其花 吴杰^{***}

(中国农业科学院蜜蜂研究所 北京 100093)

Morphological characters and bionomics of *Plodia interpunctella*, a pest in *Bombus lucorum* colonies breeding in captivity. AN Jian-Dong^{**}, GUO Zhan-Bao, LI Ji-Lian, LUO Qi-Hua, WU Jie^{***} (*Institute of Apiculture, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100093, China*)

Abstract The bumblebee *Bombus lucorum* L. is a popular insect pollinator for crops cultivated in greenhouse in China, and the Indian meal moth, *Plodia interpunctella* (Hübner) is one of the main pests in *B. lucorum* colonies breeding in captivity. The study showed that the morphology of *P. interpunctella* was significantly different with that of the greater wax moth (*Gallerie mellonella* L.) and the lesser wax moth (*Achroia grisella* Fabricius), which harmed the combs in honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies. *P. interpunctella* spread into the bumblebee breeding room through the pollen which was the main food of *B. lucorum*, and they could reproduce 6~8 generations a year in the bumblebee breeding room. *P. interpunctella* larvae preferred to eat pollen as their food in bumblebee colonies but they started to eat bumblebee cocoons and pupae when the pollen in colonies was not enough, it often resulted in severe damage in mass-rearing of bumblebees colonies under controlled conditions, especially in the time from May to August, and the time from November to next February every year. The development of *P. interpunctella* were affected mainly by environment condition and food. At the condition (28°C, RH 60%) in bumblebee breeding room, the developmental periods of egg, larvae, pupae, and moths of *P. interpunctella* were 4 days, 19~23 days, 11 days and 4~20 days respectively. The adults began to mate after their emerging 3~4 hours, and the female started laying eggs in one day after mating. The egg-laying time of the female often lasted for 4~20 days, the mean amount of eggs was 107.8 per female. *P. interpunctella* larvae often got into dormancy when bumblebee breeding room was in disinfection, for there were no foods for them. *P. interpunctella* did not damage to honeybees and they could not survive in honeybee hive.

Key words *Bombus lucorum*, *Plodia interpunctella*, morphological character, bionomics

摘要 明亮熊蜂 *Bombus lucorum* L. 是一种重要的温室果菜传粉昆虫, 印度谷斑螟 *Plodia interpunctella* (Hübner) 是危害明亮熊蜂繁育的主要害虫之一。2 年的研究表明, 印度谷斑螟的形态特征与危害蜜蜂巢房的大蜡螟 *Gallerie mellonella* L. 和小蜡螟 *Achroia grisella* Fabricius 明显不同。印度谷斑螟以饲喂熊蜂的花粉为载体传播进熊蜂繁育室, 在熊蜂繁育室内可以连续繁殖, 1 年发生 6~8 代, 且世代重叠。印度谷斑螟幼虫主要以蜂群内的剩花粉为食, 当花粉不足时, 就开始取食巢房和蜂蛹, 对熊蜂的规模化繁育危害较大, 每年的 5~8 月、11~2 月为危害高峰期。印度谷斑螟的发育受环境和食物的影响很大, 在温度为 28°C、相对湿度为 60% 熊蜂繁育室内, 印度谷斑螟的卵期为 4 d, 幼虫期为 19~23 d, 蛹期为 11 d, 成虫期为 4~20 d。成虫羽化后 3~4 h 即可进行交配, 雌蛾交配后当天就开始产卵, 产卵期 4~10 d 不等, 平均产卵量 107.8 粒。在熊蜂繁育室消毒期间, 食物短缺, 印度谷斑螟幼虫进入休眠状态, 各龄幼虫均可发生休眠现象。印度谷斑螟不危害蜜蜂, 在蜜蜂巢房中不能存活。

关键词 明亮熊蜂, 印度谷斑螟, 形态特征, 生物学特性

^{*} 国家自然科学基金项目(30471316)和中国农业科学院蜜蜂研究所所长基金项目(2004-04)。

^{**} E-mail: anjiandong@yahoo.com.cn

^{***} 通讯作者, E-mail: apis@vip.sina.com

收稿日期: 2006-10-06, 修回日期: 2006-12-04, 接受日期: 2006-12-21

印度谷斑螟 *Plodia interpunctella* (Hübner) 属于鳞翅目 Lepidoptera 螟蛾科 Pyralidae 斑螟亚科 Phycitinae, 又名印度谷螟、印度谷蛾、封顶虫, 全球性分布, 食性很广, 是一种主要的仓储害虫之一^[1,2]。印度谷斑螟对多种粮食与油料^[3,4]、干果^[5,6]、干菜^[7,8]、中药材^[9,10]、花粉^[11]、皮毛及其制品^[12]等储藏物品的危害较大。最近几年, 国外报道印度谷斑螟对熊蜂繁育也有一定的危害^[13-15], 但在国内还属于首次发现。

熊蜂传粉技术是实施农业实现安全、优质、高效生产的重要配套技术之一, 自从20世纪80年代荷兰等一些农业发达国家实现熊蜂的工厂化繁育技术以来, 近20年来, 在全球范围内掀起了设施农业应用熊蜂传粉的热潮。我国于1998年突破了野生熊蜂的人工繁育技术, 并逐步实现了熊蜂传粉技术产业化。明亮熊蜂 *Bombus lucorum* L. 在我国分布广泛, 易于人工饲养, 适应温室环境的能力强, 传粉性能稳定, 是我国设施农业传粉的优良蜂种之一^[16,17]。但在明亮熊蜂的工厂化繁育过程中, 受到多种病虫害的影响^[18]。印度谷斑螟是熊蜂的主要害虫之一, 对蜂群繁殖后期的危害较大, 严重影响熊蜂的工厂化繁育效率。

在此基础上, 我们连续2年研究明亮熊蜂群内印度谷斑螟的形态特征、生活史及繁殖行为生态特性, 旨在为熊蜂的工厂化繁育过程中印度谷斑螟的防治提供一定的科学依据。

1 材料和方法

本研究在中国农业科学院蜜蜂研究所昆虫授粉中心综合实验室进行, 明亮熊蜂饲养在温度为28℃、相对湿度60%的熊蜂繁育室, 以油菜花粉和蜜糖水为饲料进行饲喂。从明亮熊蜂群内直接取印度谷斑螟, 在显微镜下观察和记录其各虫态的形态特征; 并与危害家养意大利蜜蜂 *Apis mellifera* L. 的大蜡螟 *Gallerie mellonella* L. 和小蜡螟 *Adroia grisella* Fabricius 进行形态特征比较^[19]。同时, 在熊蜂繁育室内观察印度谷斑螟的年生活史和繁殖行为生态特性。

另外, 在温度为28℃、相对湿度为60%的

培养箱(SANYO, MIR-253)内, 以油菜干花粉(干花粉)、高温灭菌花粉(灭菌花粉)、熊蜂群内取出的废旧花粉(废旧花粉)、熊蜂蛹及其巢房(熊蜂蛹及巢房)、意大利蜜蜂的巢房(蜜蜂巢房)为不同的食物, 研究印度谷斑螟的取食习性。具体方法如下: (1)取熊蜂群内的印度谷斑螟成虫, 放入装有湿花粉的大培养杯内, 在花粉上放置一张滤纸, 让其在滤纸上产卵, 再用透气棉布封住培养杯口。(2)6h后, 将滤纸取出, 数取一定数量的卵, 用剪刀连同滤纸一起剪下, 放入装有不同食物的小烧杯中, 用大头针将滤纸固定, 再用透气棉布和细绳封口, 防止孵化后的幼虫爬出烧杯。(3)观察在不同的食物下, 印度谷斑螟各虫态的发育历期及幼虫死亡情况。

2 结果与分析

2.1 形态特征

2.1.1 成虫: 雌蛾稍大于雄蛾, 雌蛾平均体长7.4mm, 翅展15.4mm; 雄蛾平均体长6.7mm, 翅展13.3mm。体色基本一致, 双翅密布灰白色和赤褐色鳞片。前翅狭长形, 近基部2/5处为灰白色, 其余部分为赤褐色, 并散生不规则的黑色斑纹; 后翅三角形, 灰白色, 缘毛灰色。头部赤褐色, 呈三角形。下唇须发达并伸向前方。两复眼间有一向前突出的鳞片锥体, 触角丝状(图1, 见封底彩版I, 下同)。

2.1.2 卵: 卵乳白色, 短椭圆形, 平均长度为0.3mm, 宽0.2mm, 一端带一小尖, 表面密布微细粒状突起(图2)。

2.1.3 幼虫: 初孵幼虫半透明乳白色, 头部淡褐色, 孵化数小时后腹部开始膨大。随着日龄的增大, 幼虫体色逐渐变深, 老熟幼虫体长平均为14.3mm, 头部赤褐色, 其余各节淡黄色至黄色, 有单眼5个, 腹足趾钩为双序环状。雄性幼虫进入4日龄后, 其第7腹节背中有一棕色或紫色斑块(睾丸), 极易辨认(图3)。

2.1.4 蛹: 蛹两头尖, 呈纺锤形, 淡黄色至深褐色, 平均体长为6.6mm, 宽1.8mm。腹部略向背面弯曲, 末端具有8~12个较大的角质化突起, 眼黑色(图4)。

2.1.5 印度谷斑螟和大蜡螟、小蜡螟的形态特征比较: 大蜡螟和小蜡螟是危害蜜蜂巢房的2种主要害虫, 印度谷斑螟是危害熊蜂巢房的害

虫之一。危害蜜蜂和熊蜂的这3种螟蛾科昆虫, 在形态特征方面有较大的差异(表1)。

表1 大蜡螟、小蜡螟和印度谷斑螟的形态特征比较

	成虫(♀)		体色	卵		老熟幼虫		蛹	
	体长(mm)	翅展(mm)		形、色	体长(mm)	体长(mm)	形	体长(mm)	
大蜡螟	13.9±0.4	28.5±0.4	灰白色黑色斑点	粉红, 短椭圆	0.4	23.5	锥形	13.0	
小蜡螟	8.4±0.6	21.6±0.8	深灰色黑色斑点	乳白, 椭圆	0.3	14.3	锥形	9.1	
印度谷斑螟	7.4±0.6	15.4±0.8	灰白+赤褐色黑色斑纹	乳白, 短椭圆	0.3	11.3	纺锤形	6.6	

2.2 生物学特性

2.2.1 年生活史: 在自然界, 印度谷斑螟是主要的仓储害虫之一。印度谷斑螟在我国北方粮仓内1年发生3~4代, 4月中旬越冬幼虫开始活动并取食, 10月下旬幼虫进入越冬休眠, 越冬期长达200d左右; 在南方粮仓内1年发生4~6代, 3月下旬开始活动, 在11月份, 随着气温的降低, 幼虫进入越冬状态^[12, 20]。

在熊蜂繁育室内, 印度谷斑螟是以饲喂熊蜂的花粉为载体传播进来的, 主要危害熊蜂的巢房和蛹。因为熊蜂繁育室的环境温度(28℃左右)和相对湿度(60%左右)正好与印度谷斑螟发育的最适温、湿度相吻合, 所以在熊蜂繁育室内, 印度谷斑螟可以连续繁殖, 1年发生6~8代, 且世代重叠, 每年的5~8月、11~2月为危害高峰期。每年3月和9月都要进行熊蜂繁育室的常规消毒, 此时, 食物短缺, 印度谷斑螟幼虫则以幼虫的方式躲过这段时间, 休眠场所一般选择在墙壁缝隙、天花板、蜂箱底部、蜂箱支架的缝隙或阴暗角落。开始饲养熊蜂后, 印度谷斑螟幼虫又开始发育, 进入熊蜂蜂箱, 在蜂箱内产卵繁殖。印度谷斑螟以饲喂熊蜂的花粉为食, 在花粉短缺时, 就开始取食蜂蛹及其巢房, 对熊蜂的正常发育危害较大。

2.2.2 繁殖与行为生态特性: (1)成虫交配与产卵。成虫羽化后, 不再取食, 一般在蜂箱顶部或蜂箱外活动。成虫具有明显的避光性, 一般情况下, 白天静伏不动, 傍晚17:00~21:00活动能力最强。

成虫羽化后3~4h即可进行交配, 交配可

全天发生, 以傍晚和黑暗条件较多。飞翔是雄蛾交配活动的前奏, 雄蛾在雌蛾周围不停地来回飞行和爬动, 并快速靠近雌蛾, 同时翅膀不停的高频率摆动, 直到交配的发生。雌蛾发情后静伏不动, 翅下伏, 腹上翘。观察发现, 雌蛾和雄蛾都有多次交配的现象。已进入交配状态的成虫, 呈“一”字型, 静伏不动(图5), 交配一般历时3~5h, 个别长达10h之久。

据观察, 雌蛾交配后当天即可产卵, 在没有熊蜂驱赶的情况下, 雌蛾喜好在熊蜂巢内的花粉沟、蜂蛹茧房内以及巢箱的缝隙处产卵, 在光线较好的地方产卵较少。在蜂群群势较大时, 成虫也会飞出蜂箱在外面产卵, 此时, 在熊蜂繁育室的墙壁缝隙、天花板缝隙以及蜂箱支架的折叠处常常可以看见类似蜘蛛网的东西, 上面有很多的白色絮状物, 就是印度谷斑螟产的卵。成虫产卵期4~10d不等, 平均产卵量107.8粒, 最高达300多粒。成虫寿命为4~20d不等。

(2)幼虫取食与休眠。幼虫孵化时, 将卵壳咬开1个小孔, 从里面爬出来。初孵幼虫喜欢在蜂巢内的花粉表面上爬动, 并大量取食花粉, 随后在花粉团上咬开1个小窟窿, 钻入花粉团内部继续危害。幼虫以上颚咀嚼食物, 钻蛀能力很强, 能够咬破包装花粉的塑料袋, 也能咬开熊蜂背板的几丁质。幼虫在花粉团里面, 边取食边吐丝, 同时排出大量的粪便, 使花粉变质, 最后花粉团慢慢地变成了絮状物(图6)。

当蜂巢内花粉不足时, 印度谷斑螟幼虫便开始取食熊蜂巢房和蜂蛹。印度谷斑螟幼虫通

常先在蜂蛹茧房底部咬开 1 个孔, 钻入茧房内, 然后在蜂蛹腹部再咬开 1 个孔, 藏匿其间取食。在显微镜下观察, 在蜂蛹腹部、头部、复眼内很容易找到害虫的幼虫和蛹。印度谷斑螟幼虫还能以蜂尸为食, 被危害的蜂蛹或蜂尸在后期往往只剩下几丁质外壳。危害严重时, 熊蜂巢房变黑, 幼虫死亡, 蜂蛹被毁(图 7)。在一些蜂群内, 印度谷斑螟幼虫还会吐丝结网将蜂巢内的被害物覆盖。在熊蜂群内, 印度谷斑螟的幼虫期为 18~23 d。

在极端环境条件下或食物缺乏时, 印度谷斑螟幼虫进入休眠状态^[21]。在熊蜂繁育室清洗消毒期间, 印度谷斑螟幼虫没有食物可吃, 此时, 很容易观察到幼虫休眠的现象(图 8)。在培养箱内, 当温度降低或食物缺乏时, 幼虫也能进入休眠状态。各日龄幼虫均可发生休眠现象, 但大多数发生在 4~6 日龄, 休眠幼虫呈黄褐色, 身体肥胖, 脂肪增多, 抵抗力较强。

(3) 幼虫的假死性。在印度谷斑螟危害初期, 熊蜂对害虫也有一定的驱杀能力。观察发现, 工蜂喜欢追逐撕咬蜂群内的印度谷斑螟幼虫。幼虫的警惕性较高, 一般躲在蜂箱角落的废旧花粉下面或熊蜂的粪便里面, 通常不会在蜂巢表面活动。但在食物短缺的情况下, 幼虫也会爬出阴暗角落在一定的范围内觅食, 一旦被工蜂发现, 则快速爬进蜂巢的缝隙处, 如果来不及逃脱时, 便迅速装死, 躺在地上, 一动不动, 这样, 工蜂就不会对其撕咬, 而将其拖出巢外了事。

(4) 化蛹。幼虫化蛹前, 大部分会爬出取食

环境, 在蜂箱缝隙内或其它阴暗环境先吐丝结茧, 然后在其中结茧化蛹。化蛹历时 2~3 d, 体色逐渐变深, 由浅黄色、黄色、浅褐色变至黑褐色; 眼睛由褐色变至黑色。初期, 蛹在茧壳内有前后摆动的现象, 因为茧壳很薄, 有时蛹会掉出茧壳, 裸露在外。蛹期 7~11 d。羽化时, 成虫把茧壳咬开一个大洞, 身体前后伸缩, 最后爬出茧房。

2.2.3 食物对印度谷斑螟生长发育的影响: 我们根据熊蜂繁育的环境条件, 设计了温度为 28℃、相对湿度为 60% 的实验条件, 以干花粉、灭菌花粉、废旧花粉、熊蜂蛹及巢房、蜜蜂巢房为取食对象, 研究不同食物对印度谷斑螟生长发育的影响。结果表明, 印度谷斑螟的发育(尤其是幼虫和蛹的发育)受食物的影响较大。卵期一致, 均为 4 d。幼虫期差异较大, 取食干花粉和灭菌花粉的幼虫期最短, 分别为 18.05 d 和 17.70 d, 二者之间差异不显著; 取食废旧花粉的次之, 为 19.27 d; 取食蜂蛹及巢房的最长, 为 22.66 d, 与其它组别差异极显著。取食干花粉的蛹期最短, 为 7.35 d, 与其它组别差异极显著; 而取食灭菌花粉、废旧花粉、熊蜂蛹及巢房之间的蛹期差异不大, 分别为 11.28 d, 11.12 d 和 11.25 d。在不同的食物下, 印度谷斑螟卵、虫、蛹的总发育历期也存在较大的差异, 取食干花粉的最短, 为 29.40 d, 显著低于其它组别, 取食灭菌花粉和废旧花粉次之, 分别为 32.98 d 和 33.34 d, 取食熊蜂蛹及巢房的最长, 为 36.24 d, 与其它组别差异极显著。

表 2 不同食物对印度谷斑螟发育的影响(T=28℃, RH=60%)

食物	卵(d)	幼虫(d)	蛹(d)	总发育历期(d)	幼虫死亡率(%)
熊蜂蛹及巢房	4 a	22.66±4.77 Aa	11.25±1.67 Aa	37.92±5.43 Aa	21.34
废旧花粉	4 a	19.27±5.82 Bb	11.12±3.09 Aa	34.40±7.81 Bb	8.24
灭菌花粉	4 a	17.51±6.74 Bc	11.28±3.65 Aa	32.80±9.57 Bb	0
干花粉	4 a	18.05±4.88 Bc	7.35±1.29 Bb	29.40±5.18 Cc	0
蜜蜂巢房	4 a	—	—	—	100.00

注: 同列之间不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$), 不同大写字母之间表示差异极显著($P < 0.01$)。

印度谷斑螟幼虫在蜜蜂巢房里不能存活, 全部死亡; 而取食新鲜花粉和灭菌花粉的幼虫全部存活; 取食废旧花粉、熊蜂蛹及巢房的幼虫

死亡率分别为 8.24% 和 21.34%(表 2)。

由此表明, 在熊蜂巢内, 印度谷斑螟偏好于取食花粉, 其次才是蜂蛹及巢房, 不危害无花粉

的蜜蜂巢房。

3 小结与讨论

2 年的研究结果表明, 印度谷斑螟是危害明亮熊蜂繁育的主要害虫之一, 其形态特征与危害意大利蜜蜂的大蜡螟和小蜡螟明显不同。印度谷斑螟以饲喂熊蜂的花粉为载体传播进熊蜂繁育室, 主要危害熊蜂的巢房和蛹, 在熊蜂繁育室内可以连续繁殖, 1 年发生 6~8 代, 且世代重叠, 每年的 5—8 月, 11~2 月为危害高峰期。成虫羽化后 3~4 h 即可进行交配, 雌蛾交配后当天就开始产卵, 产卵期 4~10 d 不等, 平均产卵量 107.8 粒, 最高达 300 多粒。幼虫主要以蜂群内的剩花粉为食, 在花粉不足时, 就开始取食巢房和蜂蛹, 对蜂群繁殖后期的危害较大, 在食物缺乏时, 幼虫进入休眠状态, 各龄幼虫均可发生休眠现象。印度谷斑螟幼虫在蜜蜂巢房内不能存活, 不危害蜜蜂蜂群。

在我国一般的仓储物品中, 印度谷斑螟 1 年一般发生 3~5 代^[12, 20]; 而在熊蜂繁育室, 除去 2 个消毒期, 1 年还可以发生 6~8 代, 这主要是因为印度谷斑螟的发育受环境温度的影响较大, 在自然条件下, 环境温度不均衡, 印度谷斑螟的发育不稳定, 而在熊蜂繁育室, 温湿度正好与印度谷斑螟的最适温湿度相吻合, 发育历期短, 发生代数多。

印度谷斑螟的发育受食物的影响也非常大。轩静渊等的研究结果表明, 在相同的环境下, 取食小麦、葡萄干、干辣椒、核桃仁的印度谷斑螟幼虫的发育历期分别为 24.18, 30.53, 34.64 和 26.60 d^[5]。本研究也表明, 取食干花粉、灭菌花粉、废旧花粉、熊蜂蛹及巢房的印度谷斑螟幼虫的发育历期分别为 18.05, 17.51, 19.27 和 22.66 d, 其发育状况随食物的不同而存在较大的差异。在熊蜂群内, 印度谷斑螟主要以废旧花粉为食, 幼虫发育期为 19.27 d; 说明花粉的营养丰富, 故其在熊蜂群内的发育周期较短, 这也是印度谷斑螟在熊蜂繁育室内发生代数多、危害严重的原因之一。而且, 印度谷斑螟幼虫的体色也随食物的不同而不同, 取食

辣椒和枸杞的幼虫为淡红色, 取食葡萄干的为淡绿色、取食小麦、核桃仁和油菜花粉的为淡黄色^[5, 8, 11]。

本研究仅从明亮熊蜂群内印度谷斑螟的形态特征、生活史和繁殖行为生态特性等方面进行探讨, 对印度谷斑螟在熊蜂群内的防治方法还有待进一步的研究。

致谢: 承蒙中国科学院动物研究所宋士美先生鉴定印度谷斑螟名称, 中国农业大学彩万志教授和中国科学院动物研究所姚建先生对本研究给予热情帮助, 福建农林大学的刘敏同学参加了部分实验工作, 在此一并致谢。

参 考 文 献

- 1 简富明. 西南农业学报, 1993 6(3): 80~84.
- 2 Huang F., Subramanyam B. *Entomol. Exp. Appl.*, 2004, 113: 157~164.
- 3 孟永青. 西部粮油科技, 2002 27(1): 49~50.
- 4 吴永刚, 苑凤瑞, 袁纯刚, 陈建英, 谷敬全. 中国农技推广, 2005, (8): 46.
- 5 轩静渊, 李隆术. 西南农业大学学报, 1992, 14(2): 129~132.
- 6 崔萍. 硕士学位论文. 北京: 中国农业大学农业与生物技术学院, 2004.
- 7 龚国祥, 邱国强, 朱子平, 杨长举. 湖北农业科学, 2003, (3): 63~65.
- 8 韩学俭. 当代蔬菜, 2005 (1): 36~37.
- 9 杜普梁, 张俊林. 甘肃科技, 1996 12(6): 74.
- 10 刘桂林, 邓望喜. 华东昆虫学报, 1995 4(1): 47~50.
- 11 徐国钧, 陈崇崇. 蜜蜂杂志, 1996, (12): 16~17.
- 12 贾胜利, 刘树伦, 张金伟, 刘毅, 蒙志胜等. 粮油仓储科技通讯, 2005, (1): 24~25.
- 13 Yong J. K., Saeed S., Duchateau M. J. *Can. Entomol.*, 2003 135 (6): 893~902.
- 14 Stanghellini M. S., Ambrose J. T., Hopkins D. I. *Am. Bee J.*, 2000 140(1): 71~75.
- 15 Ambrose J. T., Stanghellini M. S., Hopkins D. I. *Apidologie*, 2000 31(3): 455~456.
- 16 吴杰, 彭文君, 安建东, 国占宝, 童越敏, 等. 昆虫知识, 2005 42(6): 717~720.
- 17 安建东, 彭文君, 吴杰, 国占宝, 童越敏, 等. 昆虫知识, 2006 43(1): 94~97.
- 18 李继莲, 吴杰, 彭文君, 安建东, 国占宝, 等. 蜜蜂杂志, 2004 (12): 12~13.
- 19 游兰韶, 陈绍鹤, 周至宏. 湖南农业大学学报, 1996, 22 (2): 164~169.
- 20 张清纯, 侯兴伟, 李光灿, 秦宗林, 范京安. 粮食储藏, 1989 18(4): 33~39.
- 21 王满园, 李周直. 南京林业大学学报, 2004, 28(1): 71~76.