

大豆-豆丹一年三季种养模式探索

李晓峰¹, 李大维², 郭明明¹, 李俊领², 王帅¹, 陈凤^{1*}

(1. 连云港市农业科学院, 江苏连云港 222000; 2. 江苏省农垦农业发展股份有限公司云台分公司, 江苏连云港 222063)

摘要 豆丹因其优质的营养和保健功效, 深受苏北地区人们的喜爱并成为餐桌上的美味佳肴。但因目前人工养殖技术尚不完善, 市场仍供不应求, 急需对豆丹养殖模式进行改良, 以适应逐渐扩大的市场需求。介绍了一种一年三季大豆-豆丹种养模式, 该模式充分利用温光和土地资源, 不仅能显著提高单位面积的产量和效益, 而且能延长豆丹的供应时间, 是对以往一年两季种养模式的创新与突破, 为豆丹养殖技术的发展起到了一定的推动作用。

关键词 豆丹; 种养模式; 创新

中图分类号 S 899.9; S 565.1 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2022)06-0036-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.06.008



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Three-seasons Cropping and Cultivation Model with Soybean and *Clanis bilineata*

LI Xiao-feng¹, LI Da-wei², GUO Ming-ming¹ et al (1. Lianyungang Academy of Agricultural Sciences, Lianyungang, Jiangsu 222000; 2. Yuntai Branch of Jiangsu Provincial Agricultural Reclamation and Development Corporation, Lianyungang, Jiangsu 222063)

Abstract *Clanis bilineata*'s larvae are loved by people in northern Jiangsu and become a delicacy on the table for their high-quality nutrition and health care benefits. However, the current artificial cultivation technology is not perfect and the market is still in short supply. The three-seasons cropping and cultivation model with soybean and *C. bilineata* need to be improved in order to adapt to the gradually expanding market demand. The three-seasons cropping and cultivation model with soybean and *C. bilineata* was introduced. This model made full use of temperature, light and soil resources, it not only could significantly increase the yield and benefit per unit area, but it could also extend the supply time of *C. bilineata*, which was the innovation and breakthrough in the previous two-seasons cropping and cultivation model. It played a certain role in promoting the cultivation technique development of *C. bilineata*.

Key words *Clanis bilineata*; Cropping and cultivation model; Innovation

豆天蛾(*Clanis bilineata*)隶属鳞翅目天蛾科(Sphingidae)云纹天蛾亚科(Ambulicinae)豆天蛾属(*Clanis*)^[1-2], 其幼虫俗称豆丹、豆虫, 在我国分布较为广泛, 主要分布在我国黄淮流域、长江流域及华南地区^[3], 主要寄主植物有大豆、洋槐、刺槐、藤属等。豆天蛾是大豆的主要害虫之一, 1~2龄幼虫主要为害大豆植株的顶部, 并将叶片咬成孔洞或咬食叶缘成缺刻, 一般不产生迁移; 3~4龄时, 幼虫食量开始增大, 并且能够转株为害; 5龄期是幼虫的暴食期, 该时期幼虫取食量约占幼虫期总取食量的90%^[4]。豆天蛾在长势良好、茂密、地势低洼的大豆田为害较为严重, 对大豆生产造成了严重的影响^[5]。

豆丹本身也是一种具有开发潜力的昆虫源食品^[6], 具有高蛋白、低脂肪、多维生素等特点, 因其具有降血压、降血脂的功效^[7]而受到人们的喜爱, 在江苏北部部分地区豆丹已成为人们餐桌上常见的美味佳肴^[8]。尤其连云港市, 豆丹是当地饮食文化的一个特色, 已成为当地一种重要的特色美食。豆丹养殖是当地农民养殖户和企业重要的经济来源之一。全国每年对豆丹的需求量在10万t左右, 但实际上仅能提供约3万t, 年产值在50亿左右, 期望产值约200亿。同时, 豆丹消费市场目前主要在连云港市, 其消费潜力在其他省市还未充分挖掘出来, 因此豆丹产业具有十分广阔的发展前景。

单位面积养殖豆丹的收益远高于大豆、玉米、小麦及水稻种植的收益。巨大的收益吸引了众多的优质企业和劳动人口投身于豆丹产业。目前, 豆丹产业已由苏北地区迅速向周边省市发展, 逐渐形成了周边省市持续向连云港供应豆丹的局面。据江苏省豆丹产业联盟统计, 连云港周边省市豆丹产量已超过全国豆丹总产量的50%, 连云港市已成为全国最大豆丹交易集散地, 带动超过5万当地人口就业。此外, 连云港市企业以技术为依托, 主要进行豆丹制种、养殖、加工、销售等工作, 各环节一应俱全, 企业分工日益明确。与此同时, 豆丹产业亟需借助科研力量, 不断降低成本, 使豆丹产业朝精细化发展, 实现绿色高效规模化养殖, 提高豆丹的产量和品质。只有不断提高养殖收益, 才能持续吸引社会上优秀人才、资金涌入豆丹产业, 加速产业转型升级, 迅速提高产业规模, 为更多的人口提供就业岗位, 从而为江苏省农村经济发展作出巨大贡献, 尤其为巩固苏北地区脱贫攻坚成果和乡村振兴战略实施提供有力的产业支撑。

目前市面上销售的豆丹大多来自野外采集或较为粗放的人工养殖, 尚未形成高效的养殖技术体系, 导致豆丹产量少、供需矛盾突出、豆丹品质参差不齐等问题。这是因为投资企业和个体养殖户缺乏专业的养殖方法, 仅通过简单的经验交流进行技术改进, 加上缺乏豆丹养殖技术提升的专项经费。具体表现如下: 在虫卵保存、消毒、挂卵等环节技术标准不一, 导致虫卵质量不能保证; 豆丹养殖模式仍为一年两季种养模式, 未对土地进行全面利用, 急需在大豆品种筛选、与其他作物配合生产、田间病虫害控制等方面进行技术升级与高效种养模式创新; 由于目前的企业和个体养殖户大多采用

基金项目 江苏省农业科技自主创新资金项目[CX(20)3117]; 苏北科技专项(SZ-LYG202139)。

作者简介 李晓峰(1994—), 男, 山西临汾人, 研究实习员, 硕士, 从事豆天蛾生理生化和人工养殖研究。*通信作者, 研究员, 硕士, 从事豆天蛾生态研究。

收稿日期 2021-07-01

一年两季的大豆-豆丹种养模式^[9-10],市场供应时间为每年5月初至9月中旬,有相当长的市场供应空窗期。为了延长豆丹的市场供应时间和提高豆丹产量,笔者开展了一年三季大豆-豆丹高效种养模式研究,以降低豆丹养殖成本,增加豆丹产量,提高单位面积豆丹养殖的净收益。

1 大豆种植技术

1.1 大豆品种的选择 一般选择植株高大、圆叶、枝藤多的大豆品种,生产上常用的品种有黄豆(东辛3号、徐豆系列、周豆系列)、青豆和黑豆。前2季这些大豆品种均可种植,第3季种植选择生育期长、耐低温的青豆较好。

1.2 产地环境 选择无农药污染、生态环境良好,土壤肥沃、疏松,排灌两便的田地。

1.3 种前处理 种子经过筛选后晾晒(非曝晒)2~3 d,药剂拌种;土壤按一定比例配制肥料后,喷洒少量清水,使土壤潮湿,再用薄膜覆盖封严,2 d后即可进行播种。

1.4 播种 播种建议采用机器条播,行距40 cm,株距20 cm。如遇到干旱,需要及时灌水造墒播种;如遇到大水,则需要及时排水排灌,提高播种质量,确保苗齐、苗全、苗壮。

1.5 苗期管理 对大豆密度过大的田块,一定要及时间苗。在2个对生单叶展开至一片复叶展开期间,进行人工间苗。间去弱苗、病苗、杂苗,留大苗、壮苗、纯苗,按预定密度一次定苗,每穴2~3苗。

1.6 温度管理 设施内直播的大豆从播种到第1片真叶显露,白天温度宜控制在15~25℃,夜间温度不低于10℃,点播5 d内要密闭大棚,当大豆第1片真叶显露后夜间温度可不低于8℃。晴好天气,当棚内气温过高时要适当通风换气。

1.7 光照管理 幼苗出土后,应尽可能增加光照强度和时长,大棚用膜以及覆盖的地膜需采用新的塑料膜,保持膜面清洁。

1.8 肥水管理 出苗后浇1次水(浇足),此后如土壤墒情良好,开花结实前尽量少浇水,保持60%~65%的土壤含水量,初花期后可适当增加灌水量。

2 豆丹养殖技术

2.1 豆丹选种 每年11月份,将入土滞育的第3季大豆培养的豆天蛾5龄老熟幼虫挖出,选择无伤、无黑斑、虫体打圈、有活力的豆丹作为养殖用种虫。

2.2 越冬保种 将优选的豆丹种虫保存在产房内配制好基质(本地土与木屑按2:1比例配制)的木盒中,基质厚度为15 cm左右,保持基质潮湿、松软。木盒长、宽、高分别为100、200、25 cm,四角各插入长度50 cm的木棍在木盒上支起防虫网,保证出土的豆天蛾成虫不会逃逸并顺利展翅。放入5龄幼虫约5 kg,越冬过程中保持基质湿度在20%左右,及时挑出因脱水或感染而死亡的豆丹。

2.3 加温暖种 次年2月底暖种温度为25~28℃,温度可根据大豆生长状况相应调整。如果种虫加温设施功率不足,则需要适当提前加温。暖种期间,保持产房湿度,每天下午开窗通风30 min(阴雨天除外)。

2.4 交配产卵 种虫达到有效积温后,豆丹种虫开始化蛹并羽化成蛾,将豆天蛾成虫放入交配室中,进行雌雄交配。每天06:00收集交配中成对的蛾子,送入晾对室。晾对室一般要求温度20~25℃、宁静、通风。16:00拆对,将公蛾送回交配室,母蛾集中放入产卵笼产卵,产卵1夜后次日上午收集产卵笼内虫卵,虫卵收集后统一保存。

2.5 虫卵消毒 一般收集虫卵4 d后消毒,采用36%的福尔马林溶液消毒,福尔马林和清水按1:11的比例进行配制,制成消毒液。将豆天蛾卵放入长15 cm、宽10 cm、孔径0.01 mm的塑料袋内,然后浸入消毒液中。消毒温度20~22℃,消毒时间30 min,消毒完成后立即用清水冲洗,直至无福尔马林气味。取出虫卵用吸水纸吸去卵表面水分,然后平铺在实验台上阴干。

2.6 挂卵 首先将卵均匀放在木浆牛皮纸上,然后将卵纸用少量水浸湿,剪成宽2~3 cm、长4~5 cm的卵卡,控制每张卵卡上的卵粒数量为30~40粒。用订书机将卵卡卵面朝上钉到豆叶背面,平均密度约30粒/m²。小豆丹孵化后自行取食,记录挂卵日期。

2.7 田间管理 挂卵后2 d,注意观察虫卵孵化率,确保孵化幼虫基数。养殖期间防止鸟类进入大棚危害豆丹,同时根据土壤墒情及时灌溉补水。豆丹脱皮2次,即长到3龄后即会自行转移到其他叶片,5龄后即能转移至邻近植株。如发现豆叶不够吃的,可人工将豆丹转移至虫口稀疏处,发现豆叶吃光后及时采收。

3 种养流程

3.1 第1季大豆种植 每年2月中旬开始在温室大棚内种第1季大豆,播种完后需铺地膜保温。同时,育种室开始加温暖种。3月中下旬即可得到少量虫卵。待大豆长至4~5片复叶时,将快要孵化的消毒虫卵挂于大豆植株上部豆叶背面;5月上旬收获5龄幼虫,进行销售。第1季期间,所用的第一代虫卵均为育种室人工加温后提前化蛹羽化成蛾的豆天蛾所产,多出来的虫卵可进行销售。第1季养殖时间偏早,自然界温度不稳定,挂虫卵要把握好时间。等虫卵完全发育成熟将要孵化时挂虫卵效果最好,挂虫卵后要提前做好大棚放风和保暖工作。此季虫子长势较慢,成活率偏低,豆丹售价最高、收益好,要做到精细化管理。

3.2 第2季大豆种植 5月上旬采收豆丹结束后,及时清理温室大棚内大豆植株,种大豆。春季育种室加温时间不一,虫卵一般可从3月提供到6月底,此季仍采用春季虫卵。6月中旬,大豆长到4~5片复叶时,将快要孵化的消毒虫卵挂于大豆植株上部豆叶背面,6~7月温度较高,虫子生长较快,25 d左右即可采收,此时青虫可以预留一部分就地入土化蛹羽化,其余及时采收出售。30 d左右开始出蛾,便可收集夏季虫卵。第2季,大概7月中旬豆丹上市,此时仍以养殖豆丹为主,价格较好。

3.3 第3季大豆种植 7月下旬,采收豆丹结束后,及时清理温室大棚内大豆植株,种植第3季大豆;8月底至9月初,挂最后一批虫卵于豆叶背面,9月底至10月中旬收获最后一

批5龄幼虫用于出售或留种,第3季大豆可以采收。由于种植时间偏迟和豆丹食叶的危害,豆粒偏小,产量会受到一定的影响。大豆采收后,可将入土老熟幼虫挖出,选择健康个体放入育种室,按上述操作,进入下一年的豆丹养殖。第3季期间所用的虫卵为夏季末期虫卵,此季豆丹销售期间全国大部分豆丹均已下市,货源紧缺,豆丹和虫卵售价均较高。

4 结论与讨论

4.1 豆丹养殖亟待突破的关键性问题 尽管在此模式下豆丹养殖各环节均更趋于标准化、规模化,但仍有很多关键技术亟待解决和提升,从而进一步减少豆丹养殖损失,降低豆丹养殖成本。

4.1.1 老熟幼虫滞育解除技术。滞育是指昆虫不良环境到来之前,已经进入停育状态,即使不良环境条件消除后昆虫也不能马上恢复生长发育的生命活动停滞现象,即昆虫为渡过不良环境条件而形成的生理和行为机制^[11]。滞育对于维持昆虫种群和个体生存、保持群体发育统一、保证种群繁衍^[12]具有重要意义。昆虫的滞育现象主要受光周期、温湿度、食物等生态因素的影响^[13]。在每季豆丹养殖过程中,豆丹老熟幼虫要进入滞育状态,达到有效积温后才能进入下一虫态,这是阻碍豆丹每年实现周年循环养殖的关键因素之一。笔者研究发现,豆天蛾滞育解除的有效积温为 $1\ 111.1\ ^\circ\text{C}\cdot\text{d}$ 。温度对豆天蛾滞育解除有一定的影响。随着温度的升高,豆天蛾滞育持续时间和蛹期逐渐缩短。在豆天蛾人工养殖过程中,可通过适当调节豆天蛾老熟幼虫培养的环境条件,达到豆丹一年多世代养殖的目的。

4.1.2 豆天蛾无土化蛹技术。在豆丹制种过程中,常用的方法是将老熟幼虫放入土壤与木屑的混合基质中进行培养。一方面,这种方法占用了大量空间,搬运基质消耗了大量的劳动力,增加了养殖成本;另一方面,由于虫体与潮湿的基质长期接触,特别是含有木屑的基质,使老熟幼虫虫体易感染真菌而死亡,最终导致老熟幼虫化蛹率降低。若将老熟幼虫在九宫格塑料小盒中培养,6小格放置老熟幼虫,3小格放入清水保湿。在加温室大量保存既可以节省空间,又能降低老熟幼虫的患病率。因此,下一步工作重点可放在突破无土化蛹技术方面,比较基质化蛹和无土化蛹2种方法在老熟幼虫存活率、化蛹率、羽化率等方面的差异,对无土化蛹技术不断提高与改进,将有助于提高豆丹制种环节的效率。

4.1.3 豆天蛾成虫交配技术。豆天蛾人工养殖过程中的成虫交配阶段也面临诸多问题。首先,通过不断实践发现,经加温得到的成虫在同样条件下相对于自然状态下羽化的成虫交配率更低,单雌产卵量更少。初步判断,可能是因为加温过程使豆天蛾老熟幼虫在化蛹、羽化阶段时间减少,雌虫性腺未发育完全,导致未能释放足够多的性信息素吸引雄虫。故下一步研究应首先分离出雌虫性腺,然后通过气相色谱-质谱联用技术鉴定豆天蛾性信息素成分。在此基础上,通过雄虫对性信息素的触角电位反应和行为反应来判断对雄虫的引诱作用,最终通过将性信息素涂抹在雌虫体表来提高雌雄成虫的交配率。

4.1.4 豆天蛾卵的保存技术。目前生产上常用的技术主要是将豆天蛾卵放在 $25\ ^\circ\text{C}$ 恒温培养箱中保存,卵一般7d左右便可孵化。但是,若遇到暴风、暴雨等不利于挂卵的极端天气,将会极大地增加豆天蛾卵和初孵幼虫的死亡率,这通常会给生产造成极大的经济损失。目前,关于如何调节豆天蛾卵的保存条件,缩短或延长豆天蛾卵期,从而规避不良天气对豆天蛾卵的影响报道较少。因此,今后需加强这方面的研究,探究不同温度、湿度下豆天蛾卵的卵期变化、卵孵化率以及初孵幼虫各日龄的存活率。此外,还应比较不同产卵月份下豆天蛾卵的生理活性。总结出不同条件下豆天蛾卵发育的差异,形成可供参考的操作规程。养殖户可根据天气变化及时调整豆天蛾卵的孵化期,减少不良天气对豆天蛾养殖的影响。

4.1.5 豆天蛾卵的消毒技术。目前生产上常用的消毒剂为福尔马林溶液。实践表明,将4日龄的豆天蛾卵用消毒液消毒,可以增加豆天蛾卵的孵化率。目前,尚未对不同种类的消毒液进行比较,消毒时间也仅凭经验来确定,故在此方面需做的工作还很多。消毒剂可以有效去除卵表面所携带的有害微生物,常用的消毒剂种类主要有盐酸溶液、双氧水溶液、福尔马林溶液和84消毒液等。首先,对这几种消毒剂的消毒效果进行比较,对比豆天蛾卵经几种消毒剂处理后豆天蛾卵孵化率、幼虫各日龄的死亡率以及25日龄幼虫的体重和体长等,对几种消毒剂进行筛选。然后,可将消毒剂混合制成二元或多元消毒剂,比较不同消毒剂配方的消毒效果,从而对目前的豆天蛾卵消毒技术进行改良。

4.1.6 豆天蛾致病微生物的研究。在豆天蛾人工养殖过程中,由于养殖棚内高温高湿,约10%的豆天蛾幼虫在1~5虫龄期间由于肠道微生物感染而死亡,在豆叶上出现豆丹倒挂现象,这给人工养殖豆天蛾带来了很大的经济损失。研究发现,鳞翅目昆虫在受杆状病毒感染后,往往会爬到植物顶部出现尸体倒挂现象^[14-15]。杆状病毒包括核型多角体病毒(nucleopolyhedrovirus, NPV)和颗粒体病毒(granulovirus, GV)^[16]。核型多角体病毒是豆天蛾的自然控制因子。这些微生物究竟是来自卵表面还是豆丹的取食过程或者其他来源目前尚不清楚。因此,下一步研究应以此为出发点,寻找致病微生物来源,控制源头有害微生物的发生,切断其传播途径,进而有效避免豆丹因病原微生物感染而导致的损失。

4.1.7 豆天蛾人工养殖田间虫害防治。近年来,一年三季和一年两季模式下8月后大棚内会出现大量的鳞翅目害虫,主要有斜纹夜蛾、甜菜夜蛾、尺蠖等,其幼虫与豆丹幼虫具有较强的竞争关系,特别是斜纹夜蛾幼虫大量发生时,豆丹幼虫一般不再取食,停止生长直至死去。目前,使用黑光灯诱杀鳞翅目成虫,在大豆植株偏小时诱杀效果较好,在大豆植株偏大时诱杀效果一般,造成8月份以后的豆丹养殖效果差,产量偏低。因此,在一年三季种养模式下,挂卵前采用“预防为主,综合防治”的植保方针,综合运用物理防治、化学防治、生物防治等手段控制害虫的发生,从而减少豆天蛾幼虫的损失量。

4.1.8 豆天蛾人工饲料的研发。目前已有多家科研机构尝试开展豆天蛾幼虫人工饲料的研发,用人工饲料养殖豆天蛾幼虫,摆脱对大豆植株的依赖,从而解决因大豆只能季节性生产而导致豆丹不能周年饲养的问题。目前常用的方法是以豆天蛾同目同科昆虫的人工饲料配方为参考,改进各配方的比例,再将大豆叶磨成的粉掺入其中,制成固态、形状规则的人工饲料,但成功案例极少。笔者认为豆天蛾人工饲料的研发应关注以下方面:首先,人工饲料对豆丹要有嗅觉上的引诱性。可对豆丹喜食的几种大豆进行初筛,利用气相色谱-质谱联用(GC-MS)技术探究这几种大豆叶片挥发物独有或共有的成分,用筛选出来的单一成分对豆丹进行趋性行为反应试验,确定目标化合物及其最适浓度,并在人工饲料中添加。其次,人工饲料的物理性状应尽可能模仿大豆叶片。在生产中发现,离体的大豆叶片 1 h 后就会脱水,豆丹就会停止取食,因此人工饲料的湿度应与新鲜大豆叶片相当。在形状上也应尽量与大豆叶片相似,保证豆丹能正常爬行、取食。

4.1.9 豆丹潜在价值的挖掘。豆丹目前的食用方法主要是将豆丹进行擀制,将表皮去除后食用剩余部分,而表皮一般会被丢弃,这就造成了一定的浪费。豆丹表皮含有大量的几丁质,此成分对人体有很大的益处。研究表明,昆虫几丁质可作为优秀的营养来源,可将其制成口服液。此外,几丁质可作为人体免拆手术缝合线,在医学上也具有很大的应用价值,故将豆丹皮的有益成分向生产上进行快速转化,可使豆丹的经济效益得到很大提升,还能避免因豆丹皮大量丢弃而造成的环境污染问题。

4.2 大豆-豆丹一年三季种养模式的优势分析 采用一年三季大豆+豆丹的高效种养模式,充分利用温光资源优势,能显著提高单位面积产量。第 1 季养殖期间,自然温差较大,虫卵成活率偏低,平均产量可达 750 kg/hm²,一般市场价格在 200 元/kg 以上,平均产值 150 000 元/hm²,纯收益 75 000 元/hm²;第 2 季养殖期间,自然温湿度适宜豆丹的生长,虫卵成活率较高,平均产量可达 1 350 kg/hm² 左右,市场价格在 70 元/kg 左右,平均产值 94 500 元/hm²,纯收益 64 500 元/hm²;第 3 季养殖期间自然温差大,且存在与大量其他鳞翅目害虫的食物竞争,平均产量较低,一般在 375 kg/hm² 左右,市场价格在 100 元/kg 左右,平均产值 37 500 元/hm²,纯收益 15 000 元/hm²,大豆产值 4 500 元/hm²。一年三季种养模式下,全年可产出豆丹 2 475 kg/hm² 左右,纯收益 159 000 元/hm²。

从不同模式下豆丹上市时间(表 1)可以看出,一年三季种养模式第 1 季 4 月底至 5 月中旬是全年第一批青豆丹上市时间;第 2 季上市时间为 7 月初至 7 月底,市场上春季豆

丹收尾,野生豆丹刚刚上市;第 3 季上市时间为 9 月中旬至 10 月中旬,此时夏季豆丹和野生豆丹也已经下市。一年三季种养模式下豆丹上市时间段处于市场上豆丹量偏少的时间段,错开了豆丹大量上市的时间,市场价格较好,具有较好的经济效益。

表 1 不同养殖模式下豆丹上市主要时间段

Table 1 Main market time periods of *C. bilineata* under different cultivation modes

序号 No.	模式 Model	上市时间 Market time periods
1	一年三季	4 月底—5 月中旬,7 月初—7 月底,9 月中旬—10 月中旬
2	一年两季	5 月底—7 月上旬,8 月初—9 月中旬
3	夏季豆丹	8 月中旬—9 月上旬
4	野生豆丹	7 月底—9 月中旬

4.3 结语 笔者提出的大豆-豆丹一年三季种养模式对豆丹绿色高效规模化养殖具有重要意义。通过运用该模式,可以减小豆丹养殖成本,增加豆丹的产量,提高养殖户的收益,从而将豆丹产业引导为健康发展的新态势。该模式对于促进豆丹产业的高质量健康发展具有重要意义,能够为实施乡村振兴战略、保障特色农产品的有效供给提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 朱弘复,王林瑶.中国动物志:昆虫纲 第 11 卷:鳞翅目 天蛾科[M].北京:科学出版社,1997.
- [2] 席景会,陈玉江,张秀荣.吉林省天蛾科昆虫名录[J].吉林农业大学学报,2000,22(2):38-40.
- [3] 田华,张义明.资源昆虫豆天蛾综合利用研究进展[J].贵州农业科学,2009 37(6):111-113.
- [4] 闫茂华,陆长梅,张广杰,等.资源昆虫——豆天蛾开发利用的研究进展[J].安徽农业科学,2008,36(3):874-876.
- [5] 姜永涛.豆天蛾的发生与防治[J].河南农业,2010(17):64.
- [6] 冯雨艳,马光昌,金启安,等.温度对豆天蛾发育历期及取食量的影响[J].热带作物学报,2014,35(12):2442-2444.
- [7] 闫茂华.豆天蛾的人工饲养[J].生物学杂志,2001,18(2):33,25.
- [8] 汪西强,陈春秋,赵虎,等.豆天蛾田间饲养量及效益研究[J].昆虫知识,2002,39(1):30-33.
- [9] 孙中伟,樊继伟,王康君,等.豆天蛾幼虫养殖现状与展望[J].农业开发与装备,2019(5):64,67.
- [10] 冯素飞,伏广成,孙婷.灌云大豆-豆丹高效综合种养技术模式的实践与思考[J].农业科技通讯,2020(1):197-199.
- [11] DANKS H V. Insect dormancy: An ecological perspective[M]. Ottawa: Biological Survey of Canada, 1987.
- [12] 徐卫华.昆虫滞育研究进展[J].昆虫知识,2008,45(4):512-517.
- [13] 陈元生,段德康,陈超,等.光周期和温度对棉铃虫发育历期及蛹重的影响[J].环境昆虫学报,2012,34(4):407-414.
- [14] CORY J S, MYERS J H. The ecology and evolution of insect baculoviruses[J]. Annual review of ecology evolution & systematics, 2003, 34: 239-272.
- [15] FUXA J R. Ecology of insect nuclear polyhedrosis viruses[J]. Agriculture, ecosystems and environment, 2004, 103(1): 27-43.
- [16] 吕鸿声.昆虫病毒分子生物学[M].北京:中国农业科技出版社,1998: 149-150.