



大豆离体器官饲养对点蜂缘蝽若虫生长发育的影响

田鑫月, 胡英露, 王自杰, 李文博, 孙 焱, 高 宇, 史树森

(吉林农业大学 植物保护学院, 吉林 长春 130118)

摘要:为明确大豆植株离体器官饲养对点蜂缘蝽若虫(*Riptortus pedestris*)生长发育的影响,研究点蜂缘蝽为害大豆的主要器官,采用大豆离体叶、茎、花、荚饲养点蜂缘蝽,系统观测其若虫生长发育情况,测定这些器官的脂肪、总蛋白和总糖等主要营养成分含量,并分析营养成分含量与存活率间的关系。结果表明:在 24 ± 1 °C 恒温下,以离体荚饲养的若虫可顺利完成个体发育,种群存活曲线符合 I 型曲线;以离体叶、茎、花饲养的若虫不能完成个体发育,种群存活曲线符合 III 型曲线。荚的脂肪和总蛋白含量显著高于叶、茎、花。以叶、茎、花、荚饲养的点蜂缘蝽若虫期存活率与总蛋白、脂肪含量之间存在高度正相关性,但与总糖含量之间无相关性。因此,大豆荚有利于点蜂缘蝽若虫存活,是其个体发育不可缺少的营养来源,也是其刺吸为害的主要器官;大豆荚中的脂肪和蛋白质是点蜂缘蝽若虫,特别是 2 ~ 5 龄若虫的主要营养成分。

关键词:大豆;点蜂缘蝽;离体器官;发育历期;营养成分

Effects of Soybean Organs *in Vitro* Feeding on the Growth and Development of *Riptortus Pedestris* Nymphs

TIAN Xin-yue, HU Ying-lu, WANG Zi-jie, LI Wen-bo, SUN Ye, GAO Yu, SHI Shu-sen

(College of Plant Protection, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, Jilin)

Abstract: In order to understand the effects of soybean plants organs *in vitro* feeding on the growth and development of *Riptortus pedestris* nymphs, study the main organs of soybean damaged by *R. pedestris*. The nymphs were fed with soybean leaves, stem, flowers and pods *in vitro*, respectively. The growth and development of the nymphs were systematically observed and the contents of main nutrient (fat, total protein and total sugar) were determined, and the relationship between nutrient content and survival rate was analyzed. The results showed that the nymphs completed their individual development and growth successfully when fed with pods *in vitro* and their survival curve of the population was in accordance with type I, under 24 ± 1 °C constant temperature. However, the nymphs did not completed their individual development and growth when fed with leaves, stem, and flowers *in vitro*, and their survival curve of the population was in accordance with type III. The content of fat and protein in pod was significantly higher than that in leaf, stem and flower. There was a high positive correlation between the nymphs survival rate and the contents of total protein and fat, but there was no correlation between the nymphs survival rate and total sugar content. Therefore, soybean pod was beneficial to the survival of *R. pedestris* nymphs, which was an indispensable nutrition source for their individual development and growth and was also the main organ for their piercing and sucking. The fat and protein in soybean pod were the main nutrition composition for nymphs, especially for the 2nd to 5th instar nymphs.

Keywords: Soybean; *Riptortus pedestris*; Nymphs organ *in vitro*; Developmental period; Nutritional composition

点蜂缘蝽(*Riptortus pedestris* Fabricius)隶属半翅目(Hemiptera)蛛缘蝽科(Alydidae),在国内分布广泛,国外主要分布于朝鲜半岛和日本等地区^[1-2]。近年来,点蜂缘蝽在黄淮海地区持续发生为害夏大豆,造成大豆植株荚而不实,田间呈“症青”现象,严重时颗粒无收;在西北和东北局部地区春大豆和鲜食大豆田也有不同程度发生,在今后一段时间内有

较高的成灾风险^[3-5]。现有研究主要集中在点蜂缘蝽生物生态学特性^[6-7]和防治技术等方面^[8-10]。在与大豆“症青”发生的相关研究方面,田间网笼试验及室内接虫试验初步明确了点蜂缘蝽取食为害对大豆植株“症青”发生及产量损失的影响^[11-12]。

食物是影响昆虫种群数量动态变化的主要因素之一。点蜂缘蝽是一种多食性害虫,其种群发生

收稿日期:2020-12-14

基金项目:国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-04);2019年吉林农业大学省级大学生创新创业训练计划(2019044)。

第一作者:田鑫月(1997—),女,在读硕士,主要从事害虫综合治理研究。E-mail:1486833137@qq.com。

通讯作者:高宇(1983—),男,博士,副教授,主要从事昆虫生态及害虫综合治理研究。E-mail:gaoyu1101@163.com;

史树森(1963—),男,教授,博导,主要从事农业害虫综合治理与昆虫资源利用研究。E-mail:sss-63@263.net。

发展必然与农田植物多样性有密不可分的关系。研究发现,点蜂缘蝽在豇豆(*Vigna unguiculata*)、白芸豆(*Phaseolus vulgaris*)、绿豆(*Vigna radiata*)、赤小豆(*Vigna angularis*)等植物上可完成个体发育^[13-14];以苹果和柿饲喂的1龄若虫无法正常发育到3龄若虫^[15]。但尚不明确寄主植物某些器官或其营养成分对点蜂缘蝽生长发育的影响。本研究在室内恒温条件下,以大豆植株离体器官(叶、茎、花及荚)分别饲养点蜂缘蝽,观察比较不同器官对点蜂缘蝽若虫生长发育的影响,测定这些器官主要营养成分并分析其与主要生物学指标的相关性,以期明确点蜂缘蝽在大豆植株上为害取食的主要器官,为进一步揭示点蜂缘蝽潜在的寄主植物及其为害规律,以期为田间大豆“症青”科学防控提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试虫源和植物 点蜂缘蝽成虫采自于2018年9月云南省嵩明县(24°56'2.54"N, 102°49'20.81"E, 海拔2 676 m),带回实验室放入养虫笼内饲养扩繁,饲养条件为温度 24 ± 1 °C,光周期L:D = 16 h:8 h,相对湿度为 $80\% \pm 5\%$,建立试验种群,继代繁殖5代后作为供试虫源。收集点蜂缘蝽雌虫初产的400粒卵,置于铺有湿润滤纸培养皿中,放入人工气候箱内(温度 24 ± 1 °C、光周期L:D = 16 h:8 h,相对湿度 $80\% \pm 5\%$),直至若虫孵出。

供试大豆品种为吉农38,该品种是吉林省主导品种,适合中早熟生态区种植,具有高产、高油、适应性广等特点^[16]。播种于直径为28 cm的盆钵中,每盆播种3穴,每穴播种3粒种子,定期除草浇水,选取长势良好、无其他病虫害的植株备用。

1.1.2 仪器与试剂 主要仪器设备为智能人工气候箱RXZ430E型(宁波江南仪器厂)、分光光度计SP-756P型(上海光谱仪器有限公司)、电子天平PTX-FA300型(福州华志科学仪器有限公司)、恒温水浴锅W20M-2型(美国SHELLAB公司)、恒温烘箱ZXFD-A5250型(郑州南北仪器设备有限公司)以及自制养虫装置(用昆虫针在50 mL塑料离心管管壁上扎60个通气孔),玻璃培养皿($\Phi = 10$ cm)、滤纸、回形针、昆虫针、脱脂棉等。

主要试剂为分析纯石油醚(天津市北方化玻购销中心)、98%浓硫酸(沈阳化学试剂厂)、分析纯萘酚(上海源叶生物科技有限公司)等。

1.2 方法

1.2.1 室内饲养及生物学指标观察 选取上述大

豆植株的嫩茎、嫩叶(V_3)、花(R_2)、荚(R_6)4种器官,用湿润脱脂棉包裹离体器官一端进行保湿,再用回形针夹紧吊悬于自制养虫装置。每个养虫装置接入1头点蜂缘蝽初孵若虫,分别以大豆植株4种离体器官单独饲喂直至成虫。每种离体器官处理3次重复,每个重复处理30头。每日上午10:00更换寄主饲料,及时清理养虫装置内虫体排泄物及蜕皮等杂物,保持养虫装置内清洁。待成虫羽化后,各处理组将新羽化的雌雄成虫配对,并转入新的自制养虫装置中成对饲养至雌雄成虫死亡。每日上午9:00观察记录各龄若虫蜕皮、变态及死亡情况,统计各发育阶段的发育历期和存活率,成虫产卵日期、产卵量以及雌雄成虫死亡时间等。若虫(各龄)发育历期及存活率计算公式为:发育历期(d) = (N + 1龄期起始时间 - N龄期起始时间) / N + 1龄起始虫数, (N = 1, 2, ..., 5); 存活率(%) = 完成N龄期生长发育个体数 / N龄起始虫数 × 100。

1.2.2 种群存活曲线分析 根据各处理点蜂缘蝽生长发育到各虫态(各龄若虫)的存活率绘制种群存活曲线。根据种群存活曲线模式^[17]判断各处理的种群存活曲线类型。

1.2.3 大豆植株离体器官营养成分测定 将大豆叶、茎、花及荚置于电子天平上称得鲜重,然后在55 °C的恒温烘箱中脱水48 h至恒重,分别研磨大豆叶、茎、花及荚至粉末状备用。脂肪测定采用索氏提取方法,总糖测定采用蒽酮比色法,总蛋白测定采用BCA方法,具体参考程媛等^[18]测定方法。根据大豆植株离体器官营养成分与饲养的点蜂缘蝽各龄若虫相应存活率进行相关性分析。

1.3 数据分析

采用IBM SPSS Statistics V25.0分析数据,差异性分析采用最小显著性差异法,相关分析采用Person相关系数。

2 结果与分析

2.1 大豆离体器官饲养对点蜂缘蝽生长发育的影响

2.1.1 发育历期 以离体荚饲养的点蜂缘蝽1龄若虫能正常发育到成虫,以离体叶、茎及花饲养的点蜂缘蝽若虫在2龄时全部死亡,不能正常生长发育到成虫(表1)。以离体荚饲养的点蜂缘蝽1龄若虫历期最短,为 2.43 ± 0.50 d;5龄若虫历期最长,为 6.28 ± 0.76 d。以大豆茎、花和荚饲养的点蜂缘蝽1龄若虫发育历期无显著差异($F = 0.741, P = 0.175$)。

表1 大豆离体器官饲养的点蜂缘蝽各虫态的发育历期

Table 1 The developmental duration of various stages of the *Riptortus pedestris* fed with soybean plant organs *in vitro* (d)

离体器官 Organ <i>in vitro</i>	1 龄 1 st instar	2 龄 2 nd instar	3 龄 3 rd instar	4 龄 4 th instar	5 龄 5 th instar	若虫期 Nymph stage	成虫期 Adult stage
茎 Stem	2.44 ± 0.57 a	—	—	—	—	—	—
叶 Leaf	2.51 ± 0.50 a	—	—	—	—	—	—
花 Flower	2.38 ± 0.64 a	—	—	—	—	—	—
荚 Pod	2.43 ± 0.50 a	3.63 ± 0.67	3.40 ± 0.49	3.50 ± 0.73	6.28 ± 0.76	19.83 ± 0.60	49.68 ± 3.46

表中数据为平均值 ± 标准差。“—”表示发育未完成。同列数据后不同字母表示在 0.05 水平差异显著。下同。

Data in the table are mean ± SE. ‘—’ indicates incomplete development. Different letters in the same column indicate the significant difference at 0.05% level. The same below.

2.1.2 若虫存活率 以大豆离体的叶、茎、花及荚饲养的点蜂缘蝽 1 龄若虫存活率均在 80% 以上,以离体荚饲养的存活率最高,为 96.67% ± 0.00%,显著高于以离体叶饲养的存活率 ($F = 386.632, P = 0.041$);以离体茎饲养的存活率为 90.00% ± 3.33%;以离体叶饲养的存活率最低,为 84.44% ±

2.94%;以离体花饲养的存活率为 88.89% ± 5.56% (表 2)。以离体荚饲养点蜂缘蝽 1~5 龄若虫的存活率均在 90% 以上,1 龄若虫存活率最高,3 龄若虫存活率最低,为 92.85% ± 0.15%,但各龄若虫存活率无显著性差异 ($F = 1.095, P = 0.410$)。

表2 大豆离体器官饲养的点蜂缘蝽若虫的存活率

Table 2 The survival rate of *Riptortus pedestris* nymphs fed on soybean organs *in vitro*

(%)

离体器官 Organ <i>in vitro</i>	1 龄 1 st instar	2 龄 2 nd instar	3 龄 3 rd instar	4 龄 4 th instar	5 龄 5 th instar	若虫期 Nymph stage
茎 Stem	90.00 ± 3.33 ab	—	—	—	—	0
叶 Leaf	84.44 ± 2.94 b	—	—	—	—	0
花 Flower	88.89 ± 5.56 ab	—	—	—	—	0
荚 Pod	96.67 ± 0.00 a	96.55 ± 1.99	92.85 ± 0.15	94.87 ± 1.28	95.94 ± 2.41	78.89 ± 2.94

2.2 大豆离体器官饲养点蜂缘蝽若虫的种群存活曲线

在室内条件下,以离体叶、茎、花饲养的点蜂缘蝽若虫种群存活曲线符合 Pearl 提出的 III 型存活曲线,若虫在生长发育前期(1~2 龄)种群数量急剧下降,2 龄若虫存活率为 0。离体荚饲养的点蜂缘蝽若虫种群存活曲线符合 I 型存活曲线,若虫在生长发育过程中保持较低且相近的死亡率,且绝大多数个体能完成生长发育到成虫期,个体死亡主要集中在成虫期(图 1)。这表明取食大豆植株不同器官对点蜂缘蝽若虫生长发育影响存在显著差异,荚的营养可以满足若虫的生长发育,而叶、茎、花器官的营养不能满足若虫正常生长发育。可见,在大豆田间点

蜂缘蝽只有取食荚才能完成个体发育,大豆荚器官是其主要的食物营养来源。

2.3 大豆植株离体器官主要营养成分及其与若虫生长发育的相关性

大豆叶、茎、花、荚均含有脂肪、蛋白质和糖,且不同器官的主要营养成分含量存在显著差异。荚的脂肪、总蛋白和总糖含量均显著高于叶、茎、花(表 3)。以叶、茎、花、荚饲养的点蜂缘蝽若虫期存活率与总蛋白、脂肪含量之间均存在高度正相关性 ($r_{\text{总蛋白}} = 0.999, P < 0.001; r_{\text{脂肪}} = 0.999, P < 0.001$),而与总糖之间无显著相关性 ($r = 0.144, P = 0.856$),这表明大豆荚中的脂肪和蛋白质是点蜂缘蝽若虫,特别是 2~5 龄若虫的主要营养来源。

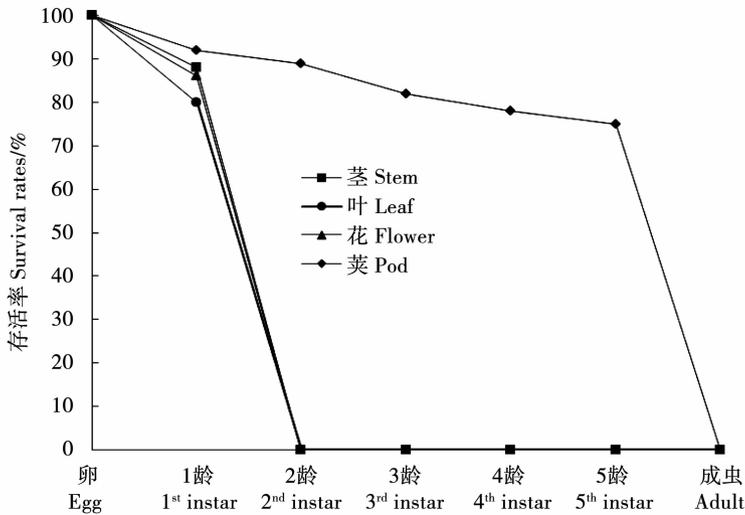


图1 点蜂缘蝽在大豆离体器官饲养条件下的存活曲线

Fig. 1 The survival curves of *Riptortus pedestris* fed on soybean organs *in vitro*

表3 大豆离体器官主要营养成分

Table 3 The main nutrients of soybean organs *in vitro*

(%)

营养成分 Nutrient content	叶 Leaf	茎 Stem	花 Flower	荚 Pod
脂肪 Fat	1.22 ± 0.32 c	2.11 ± 0.19 b	1.30 ± 0.25 bc	18.44 ± 0.81 a
总蛋白 Total protein	1.48 ± 0.32 b	1.35 ± 0.39 b	2.65 ± 1.33 b	30.87 ± 1.37 a
总糖 Total sugar	2.10 ± 0.29 b	1.30 ± 0.08 b	4.63 ± 0.61 b	3.09 ± 0.08 a

表中数据为平均值 ± 标准差。同行数据后不同字母表示在 0.05 水平差异显著。

Data in the table are mean ± SE. Different letters in the same row indicate the significant difference at 0.05% level.

3 讨论

大豆植株不同离体器官对点蜂缘蝽若虫的生长发育存在显著影响,单独以大豆叶、茎、花饲养的若虫均不能发育至成虫,而取食荚则可以正常发育至成虫。以大豆不同部位饲养对于点蜂缘蝽若虫生长发育的影响有所差异。在 24 °C 条件下,以大豆离体荚饲养各龄若虫的存活率均为 90% 以上,种群存活曲线属于 Pearl 提出的 I 型存活曲线,而以大豆叶、茎、花饲养的若虫种群存活曲线符合 Pearl 提出的 III 型曲线。1 龄若虫对寄主营养成分的需求较少,可能与胚胎发育时期的营养基础有关,补充水份即可存活发育至 2 龄。2 龄若虫仅取食叶、茎、花则不能满足其正常生长发育的需要。由此可见,点蜂缘蝽在大豆植株上取食活动时,必须取食豆荚才能完成个体生长发育,该结果与 Kim 等^[15] 观察苹果和柿饲养点蜂缘蝽的结果相似。

寄主植物的营养状况直接影响害虫的生长发育。通过分析大豆植株 4 种器官主要营养成分发现,大豆荚的脂肪、总蛋白和总糖含量均显著高于

叶、茎、花。进一步分析点蜂缘蝽若虫生长发育与主要营养成分之间的相关性结果显示,以叶、茎、花、荚饲养的若虫存活率与脂肪、总蛋白含量之间存在高度正相关性,而与总糖之间无显著相关性。结果表明大豆荚的脂肪和蛋白质可为点蜂缘蝽若虫完成个体发育提供不可缺少且充分的营养源。脂肪和蛋白质是大豆籽粒中的主要化学成分^[19]。进一步验证了点蜂缘蝽取食危害与大豆荚而不实型“症青”现象之间具有一定相关性^[4,12] 的判断。在自然界,能满足点蜂缘蝽生长发育的植物种类很多,除了豆类是主要寄主植物,农田中主要的作物种类(如玉米、小麦等)也可能为点蜂缘蝽提供部分营养来源。另外,以大豆荚为主要食物来源的害虫还有大豆食心虫 (*Leguminivora glycinivorella*)、豆荚螟 (*Etiella zinckenella*) 等^[1],这些害虫生长发育所需的营养成分可能与点蜂缘蝽存在相似之处。

4 结论

本研究通过对以大豆叶、茎、花、荚离体器官饲养的点蜂缘蝽生长发育情况及不同器官主要营养

成分测定发现,大豆荚有利于点蜂缘蝽若虫存活,是其完成个体发育不可缺少的营养来源,也是其刺吸为害的主要器官;大豆荚中的脂肪和蛋白质是点蜂缘蝽若虫,特别是2~5龄若虫的主要营养成分。该结果明确了点蜂缘蝽在大豆植株上取食为害的主要器官是荚,主要营养成分是脂肪和蛋白质,为进一步揭示点蜂缘蝽潜在的寄主植物以及在不同寄主植物之间辗转迁移为害规律提供了重要依据。

参考文献

- [1] 史树森.大豆害虫综合防控理论与技术[M].长春:吉林出版集团有限责任公司,2013.(Shi S S. Theory and technology of comprehensive prevention and control of soybean pests [M]. Changchun: Jilin Publishing Group Limited Liability Company, 2013.)
- [2] 高宇,陈菊红,史树森.大豆害虫点蜂缘蝽研究进展[J].中国油料作物学报,2019,41(5):804-815.(Gao Y, Chen J H, Shi S S. Research progress on soybean stink bug (*Riptortus pedestris*) [J]. Chinese Journal of Oil Crops, 2019, 41(5): 804-815.)
- [3] 徐彩龙,韩天富,吴存祥.黄淮海夏大豆症青发生原因探讨与防治技术[J].大豆科技,2019(3):22-28.(Xu C L, Han T F, Wu C X. Discussion on the occurrence cause and control techniques of soybean stay-green in Huang-Huai-Hai area [J]. Soybean Science & Technology, 2019(3):22-28.)
- [4] 高宇,史树森.大豆“荚而不实”型“症青”与蝽类害虫为害的相关性及防控策略[J].大豆科学,2019,38(4):650-655.(Gao Y, Shi S S. The relationship between staygreen syndrome in soybean and stink bugs and preventive strategy [J]. Soybean Science, 2019, 38(4): 650-655.)
- [5] Zhang X X, Wang M, Wu C X, et al. Physiological and molecular studies of stay green caused by pod removal and seed injury in soybean[J]. Crop Journal, 2016, 4(6): 435-443.
- [6] 陈菊红,崔娟,张金平,等.温度胁迫对点蜂缘蝽成虫呼吸代谢关键酶活性的影响[J].昆虫学报,2018,61(9):1003-1009.(Chen J H, Cui J, Zhang J P, et al. Effects of temperature on the activities of key enzymes related to respiratory metabolism in *Riptortus pedestris* (Hemiptera: Coreidae) adults [J]. Acta Entomologica Sinica, 2018, 61(9): 1003-1009.)
- [7] 陈菊红,崔娟,唐佳威,等.温度对点蜂缘蝽生长发育和繁殖的影响[J].中国油料作物学报,2018,40(4):579-584.(Chen J H, Cui J, Tang J W, et al. Effects of temperature on the growth and development of *Riptortus pedestris* Fabricius [J]. Chinese Journal of Oil Crops, 2018, 40(4): 579-584.)
- [8] 胡壮壮,师毅,李拥虎,等.不同聚集信息素诱芯及诱捕器对大豆田间点蜂缘蝽诱捕效果研究[J].大豆科学,2020,39(2):288-296.(Hu Z Z, Shi Y, Li Y H, et al. Study on the trapping effect of different aggregation pheromone lure cores and trap devices against *Riptortus pedestris* in soybean field [J]. Soybean Science, 2020, 39(2):288-296.)
- [9] 王自杰,田鑫月,李文博,等.5种药剂对点蜂缘蝽室内生物活性及田间防效[J].农药,2020,59(7):537-540.(Wang Z J, Tian X Y, Li W B, et al. Indoor biological activity and field effect of 5 kinds of insecticides to *Riptortus pedestris* [J]. Pesticide, 2020, 59(7): 537-540.)
- [10] 董双林,闫祺,高宇,等.点蜂缘蝽聚集信息素及其应用研究进展[J].南京农业大学学报,2020,43(4):583-588.(Dong S L, Yan Q, Gao Y, et al. Research progress of identification and application of *Riptortus pedestris* aggregation pheromone [J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2020, 43(4): 583-588.)
- [11] Li K, Zhang X X, Guo J Q, et al. Feeding of *Riptortus pedestris* on soybean plants, the primary cause of soybean staygreen syndrome in the Huang-Huai-Hai river basin [J]. Crop Journal, 2019, 7(3): 360-367.
- [12] 李文敬,高宇,胡英露,等.点蜂缘蝽(*Riptortus pedestris*)为害对大豆植株“症青”发生及产量损失的影响[J].大豆科学,2020,39(1):116-122.(Li W J, Gao Y, Hu Y L, et al. Effects of the *Riptortus pedestris* on staygreen syndrome and yield of soybean [J]. Soybean Science, 2020, 39(1): 116-122.)
- [13] Kim E, Park C G, Lim U T. Evaluation of three plant seeds as potential pre-season diets for *Riptortus pedestris* [J]. Journal of Asia-Pacific Entomology, 2014, 17(3): 521-524.
- [14] Mainali B P, Kim H J, Yoon Y N, et al. Evaluation of different leguminous seeds as food sources for the bean bug *Riptortus pedestris* [J]. Journal of Asia-Pacific Entomology, 2014, 17(2): 115-117.
- [15] Kim E, Lim U T. Fruits of apple and sweet persimmon are not essential food sources for *Riptortus pedestris* (Hemiptera: Alydidae) which causes fruit-spotting [J]. Journal of Asia-Pacific Entomology, 2012, 15(2): 203-206.
- [16] 马童,吴楠,薄晓雪,等.大豆新品种“吉农38号”选育报告[J].吉林农业大学学报,2018,40(6):771-774.(Ma T, Wu N, Bo X X, et al. Breeding report of a new soybean cultivar “Jinong 38” [J]. Journal of Jilin Agricultural University, 2018, 40(6): 771-774.)
- [17] 徐汝梅.昆虫种群生态学[M].北京:北京师范大学出版社,1987.(Xu R M. Insect population ecology [M]. Beijing: Beijing Normal University Press, 1987.)
- [18] 程媛,韩岚岚,赵奎军,等.寄主植物与温度对大豆食心虫滞育期间糖类和脂质含量的影响[J].应用昆虫学报,2016,53(4):716-722.(Cheng Y, Han L L, Zhao K J, et al. Effect of host plants and temperature on the accumulation of carbohydrates and lipid in the soybean pod borer, *Leguminivora glycinivorella* (Mats.) Obraztsov [J]. Chinese Bulletin of Entomology, 2016, 53(4): 716-722.)
- [19] 邱丽娟,王金陵,孟庆喜.大豆种子发育过程中蛋白质和脂肪积累特点的初步研究[J].中国农业科学,1990,23(5):28-32.(Qiu L J, Wang J L, Meng Q X. A preliminary study on accumulation characteristics of protein and fat in developing soybean seeds [J]. Scientia Agricultura Sinica, 1990, 23(5): 28-32.)