



郭明明, 廖怀建, 邓盼, 李大维, 李俊领, 张俊勤, 樊继伟, 陈凤. 大豆品种 (系) 和种植密度对豆天蛾幼虫存活及生长发育的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2020, 42 (6): 1401–1408.

大豆品种 (系) 和种植密度对豆天蛾幼虫存活及生长发育的影响

郭明明¹, 廖怀建², 邓盼², 李大维³,
李俊领³, 张俊勤⁴, 樊继伟¹, 陈凤^{1*}

(1. 江苏徐淮地区连云港农业科学研究所/连云港市农业科学院, 江苏连云港 222000; 2. 江苏省农业科学院休闲农业研究所, 南京 210000; 3. 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; 4. 赣榆区城头镇农业技术服务中心, 江苏连云港 222131)

摘要: 豆天蛾 *Clanis bilineata tsingtauca* Mell 幼虫, 是一种食用昆虫, 富含蛋白质、维生素和矿质元素, 具有很高的营养、药用和经济价值。了解适宜豆天蛾幼虫生长发育的大豆品种 (品系) 和种植密度, 可为豆天蛾幼虫规模化饲养提供理论基础。本研究通过设置两因素裂区实验, 在 10 个品种 (品系) 大豆和 2 个种植密度水平下, 测定豆天蛾幼虫生物学参数, 明确适宜豆天蛾幼虫养殖的大豆品种 (品系) 和种植密度。结果表明, 不同大豆品种 (系) 和种植密度对豆天蛾幼虫存活及生长发育均有显著影响; 其中使用连 151、淮豆 9 号、东辛 3 号和 H0573 大豆饲养的豆天蛾幼虫产量和存活率较高, 虫体长度较长, 发育历期较短; 大青豆饲养的豆天蛾幼虫产量较低, 幼虫发育整齐度较差, 发育历期长。当种植密度为 40 cm × 30 cm 时, 豆天蛾幼虫存活和发育历期整齐度均显著高于种植密度 40 cm × 15 cm。综上所述, 较适宜豆天蛾幼虫养殖的大豆品种 (品系) 为连 151、淮豆 9 号、东辛 3 号和 H0573, 种植密度为 40 cm × 30 cm。

关键词: 豆天蛾幼虫; 大豆品种 (系); 种植密度; 存活; 生长发育

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2020) 06-1401-08

Effects of soybean varieties (lines) and planting density on survival and development of *Clanis bilineata tsingtauca* Mell larvae

GUO Ming-Ming¹, LIAO Huai-Jian², DENG Pan², LI Da-Wei³, LI Jun-Ling³, ZHANG Jun-Qin³, FAN Ji-Wei¹, CHEN Feng^{1*} (1. Institute of Lianyungang Agricultural Science of Xuhuai Area of Jiangsu/Lianyungang Academy of Agricultural Sciences, Lianyungang 222000, Jiangsu Province, China; 2. Jiangsu Academy of Agricultural Sciences Institute of Leisure Agriculture, Nanjing 210000, China; 3. Yantai Branch of Jiangsu Provincial Agricultural Reclamation and Development Corporation, Lianyungang 222063, Jiangsu Province, China; 4. Chengtou Town Agricultural Technology Service Center of Ganyu Area, Lianyungang 222131, Jiangsu Province, China)

Abstract: Larvae of *Clanis bilineata tsingtauca* Mell is rich in protein, vitamins and minerals as an edible insect. It has high nutritional, medical and economic value and could provide theoretical basis in mass rearing procedure through finding out opportune soybean varieties (lines) and planting density during growth and development of larvae of *C. bilineata tsingtauca*. To define the opportune soybean varieties (lines) and

基金项目: 江苏省农业科技自主创新资金 [CX (19) 2036]; 连云港市财政局专项资金 (QNJJ1903, QNJJ1916)

作者简介: 郭明明, 男, 1988 年生, 硕士, 助理研究员, 主要研究豆天蛾生理特性, E-mail: gmm30277@163.com

* 通讯作者 Author for correspondence, 陈凤, 女, 硕士, 研究员, 研究方向为豆天蛾生态, E-mail: tulips1973@126.com

收稿日期 Received: 2019-11-21; 接受日期 Accepted: 2020-02-14

planting density, the study was conducted by setting up a two-factor split plot experiment and measuring biological characteristics of larvae of *C. bilineata tsingtauca* under the condition of 10 soybean varieties (lines) and 2 planting densities. The main results were as follows: There were significant influences of different soybean varieties (lines) and planting density on survival and growth of larvae of *C. bilineata tsingtauca*. There was a high level of yield, survival rate and body length of larvae of *C. bilineata tsingtauca* under the raising condition of Lian 151, Huaidou 9, Dongxin 3 and H0573, which existed shorter developmental duration. While there were lower yield and larval developmental uniformity and the longest developmental duration of larvae of *C. bilineata tsingtauca* under the raising condition of Big green soybean. The survival and uniformity of developmental duration under 40 cm × 30 cm planting density were all significantly higher than under 40 cm × 15 cm planting density. Through comprehensive analysis of above, the suitable culture of larvae of *C. bilineata tsingtauca* breeding were Lian 151, Huaidou 9, Dongxin 3 and H0573 with 40 cm × 30 cm planting density.

Key words: Larvae of *Clanis bilineata tsingtauca* Mell; soybean varieties (lines); planting density; survival; development

豆天蛾 *Clanis bilineata tsingtauca* Mell, 属鳞翅目 Lepidoptera 天蛾科 Sphingidae 云纹天蛾亚科 Ambulicinae 豆天蛾属 *Clanis* (朱弘复等, 1997)。豆天蛾幼虫, 俗称豆丹, 具有 5 个龄期, 主要取食豆类叶片 (王贺军, 1988; 刘珍等, 1991; 冯雨艳, 2014), 富含蛋白质、维生素、亚油酸、不饱和脂肪酸等营养物质 (Cantrill *et al.*, 1993; 吴胜军等, 2000; 吴福中等, 2005; 宋开霞, 2006), 同时具有降压、降脂、抗氧化作用 (马润娣等, 1993; 杨天奎等, 1995; 田华等, 2012), 是具有高营养、药用和经济价值的食用昆虫。养殖豆丹, 已经成为江苏部分地区农民与农业经济收入的主要产业。目前, 豆丹市场已经辐射到了山东、南京、上海、广州等地。豆丹生产能力要远低于黄粉虫 (Loudon, 1988; Weaver *et al.*, 1990), 据统计, 全国每年通过人工养殖的豆丹产量为 3×10^4 t, 产值近 45 亿元, 而每年对豆丹的需求在 10×10^4 t 左右, 豆丹人工养殖产量远远无法满足人们消费需求。因此, 如何提高产量成为豆丹产业急需解决的难题。提高虫卵质量、增加接虫量和减少天敌危害, 可以提高豆天蛾幼虫存活率和产量。有研究通过分析豆天蛾幼虫食叶量和理论养虫量/ m^2 的相关关系, 认为理论养虫量为 24 头/ m^2 时豆天蛾幼虫产量和效益较好 (汪西强等, 2002)。温度和幼虫发育历期间存在一定的相关关系 (Prütz *et al.*, 2005)。还有研究指出, 通过提高豆天蛾虫卵质量、减少天敌、优化饲养环境等措施, 可降低豆天蛾幼虫损失, 提高豆天蛾幼虫存活率 (闫茂华, 2001)。然而, 对于关系豆天蛾幼虫直接

存活与产量的适宜饲养大豆品种和种植密度, 还未见相关报道。本研究在连 151、H0589、H0592、淮豆 9 号、H0586、东辛 3 号、H0573、H165、1604、大青豆 10 个大豆品种 (系) 和 40 cm × 30 cm、40 cm × 15 cm 2 个种植密度饲养下, 通过测定豆天蛾幼虫存活与生长发育情况, 明确适宜的大豆品种和种植密度, 为规模化豆天蛾幼虫人工饲养提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

初羽化豆天蛾成虫购置于江苏省农垦农业发展股份有限公司云台分公司, 将初羽化成虫按照 1:1 的性比进行配对, 置于产卵笼 (长 1.5 m × 宽 1.5 m × 高 1.5 m) 中, 每笼放置 100 头成虫。待成虫产卵后, 每天 16:00 收集虫卵。收集的虫卵, 作为本研究实验虫源。

1.2 样地

实验于 2019 年 6 月–9 月在连云港市农业科学院东辛试验基地进行, 实验田前茬作物为小麦, 土壤类型为潮盐土, 0~20 cm 土层有机质 15.0 g/kg, 全氮 1.1 g/kg, 有效磷 54.2 mg/kg, 速效钾 314 mg/kg, 土壤 pH 值为 7.54。

1.3 实验设计

实验采用两因素裂区设计, 以供试大豆品种 (系) 为主区, 种植密度 (行距 × 株距) 为裂区, 详见表 1。实验小区面积为 10 m^2 (5 m × 2 m),

大豆播种深度为 2 ~ 3 cm, 采用豆丹养殖中常规大豆种植密度, 分别设置 40 cm × 30 cm 和 40 cm × 15 cm 两个水平, 每穴留 2 棵苗, 实验地施氮肥 225 kg/ha, 其中基追比为 5 : 5。实验虫源统一于大豆花芽分化期 (播种后 28 d 左右) 接虫, 接虫方法为将实验虫源装入孵化袋中, 接虫卵量与豆丹常规养殖保持一致, 每个孵化袋接 15 粒虫卵,

将接有虫卵的孵化袋订于大豆上部叶片, 待虫卵全部孵化后将孵化袋取下, 每小区接虫量为 180 粒左右。各小区均设置防虫网笼罩, 同时小区之间用防虫网隔离, 各处理 3 次重复。实验地大豆整个生育期末喷施农药, 其余管理措施同高产大田。

表 1 大豆品种 (系) 和种植密度
Table 1 Soybean varieties (lines) and planting density

栽培 Cultivate		种植要求 Planting requirements
大豆品种 (系) Soybean varieties (lines)	早熟 Early maturity	连 151 Lian151、H0589、H0592
	中熟 Medium maturity	淮豆 9 号 Huaidou 9、H0586、东辛 3 号 Dongxin 3
	晚熟 Late maturity	H0573、H165、1604、大青豆 Big green soybean
种植密度 Planting density		40 cm × 30 cm、40 cm × 15 cm

1.4 测定项目和方法

待接虫完毕后, 于每天 9 : 00 调查虫卵孵化情况; 当初孵幼虫出现后, 记录初孵幼虫数量, 待全部孵化后于每天 10 : 00 调查豆天蛾幼虫生长情况, 按照龄期记录豆天蛾幼虫存活数量 (头)。根据记录的数据, 统计孵化率、每龄期幼虫存活率和每龄期发育历期 (d) 。

当幼虫长至 5 龄末时, 采收幼虫; 将每个小区的幼虫单独置于长方形塑料盒 (长 0. 71 m × 宽 0. 45 m × 高 0. 18 m) 中, 使用 JH-T1 电子秤对每个小区幼虫质量进行测定, 计算豆天蛾幼虫产量和单头虫质量。记录统计采收豆天蛾幼虫虫量 (头) 和不同龄期虫量 (头), 计算豆天蛾幼虫各龄期比例。同时, 每个小区选择生长发育一致的豆天蛾幼虫 50 头, 使用 SF2000 型电子卡尺对体躯长度进行测量。

1.5 数据分析

实验数据利用 Excel 2010 进行整理并计算均值和标准误差; 不同处理间采用 Duncan’s 新复极差法进行差异显著性检验; 利用 SPSS 18. 0 进行双因素方差分析 (Two-way ANOVA)

2 结果与分析

2.1 不同大豆品种 (系) 和种植密度对豆天蛾幼虫存活的影响

不同大豆品种 (系) 和种植密度对豆天蛾幼

虫存活均有显著影响 (表 2) 。东辛 3 号、淮豆 9 号和 H0573 饲养条件下, 豆天蛾幼虫虫量、产量和存活率最高, 大青豆饲养的豆天蛾幼虫虫量和存活率最低, 而豆天蛾幼虫质量在不同品种 (系) 饲养下变化不一致。两个种植密度下, 豆天蛾幼虫虫量和存活率均表现为中熟大豆品种 (系) 优于早熟和晚熟品种 (系) 。大豆不同种植密度间, 豆天蛾幼虫产量差异达到极显著。10 个大豆品种 (系) 饲养豆天蛾幼虫, 均表现为在 40 cm × 15 cm 种植密度下, 豆天蛾幼虫存活率、虫量和质量显著下降, 其中淮豆 9 号和 H0592 下降幅度最为显著。豆天蛾幼虫虫量和存活率在不同大豆品种 (系) 和种植密度处理下与豆天蛾幼虫产量变化趋势基本一致, 表明种植密度在 40 cm × 30 cm 条件下, 东辛 3 号、淮豆 9 号和 H0573 饲养的豆天蛾幼虫存活较好。

2.2 不同大豆品种 (系) 和种植密度对豆天蛾幼虫虫体长度的影响

不同种植密度下, 10 个不同大豆品种 (系) 饲养豆天蛾幼虫均表现为随着幼虫龄期的增加, 虫体长度逐渐伸长 (图 1) , 尤其在 4 龄期之后, 虫体长度伸长较为显著。连 151、淮豆 9 号、东辛 3 号和 H0573 饲养豆天蛾幼虫各龄期虫体长度较长, 其中东辛 3 号饲养豆天蛾幼虫虫体长度最长, 达到 92. 15 mm。而 1604 和大青豆饲养豆天蛾幼虫虫体长度显著低于其他品种饲养的豆天蛾幼虫。综合大豆品种 (系) 熟期特性, 本实验条件下,

表 2 大豆品种 (系) 和种植密度对豆天蛾幼虫存活的影响

Table 2 Effects of soybean varieties (lines) and planting density on survival of larvae of *Clanis bilineata tsingtauca*

大豆品种 (系) Soybean varieties (lines)	种植密度 Planting density	虫量 ($\times 10^4$ head/ha) Larvae number	幼虫质量 (g/head) Larvae quality	幼虫产量 (kg/ha) Larvae yield	存活率 (%) Survival rate
连 151	40 cm $\times$ 30 cm	8.07 $\pm$ 0.13 cd	10.18 $\pm$ 0.04 abc	820.88 $\pm$ 15.87 cde	33.61 $\pm$ 0.53 cd
	40 cm $\times$ 15 cm	5.91 $\pm$ 0.07 ij	9.86 $\pm$ 0.10 def	583.17 $\pm$ 12.60 jk	24.64 $\pm$ 0.27 ij
H0589	40 cm $\times$ 30 cm	8.06 $\pm$ 0.09 cd	9.98 $\pm$ 0.06 cde	804.47 $\pm$ 7.75 cde	33.59 $\pm$ 0.36 cd
	40 cm $\times$ 15 cm	6.57 $\pm$ 0.18 gh	9.42 $\pm$ 0.06 i	618.71 $\pm$ 14.14 ij	27.38 $\pm$ 0.77 gh
H0592	40 cm $\times$ 30 cm	7.82 $\pm$ 0.07 cd	10.24 $\pm$ 0.22 ab	800.55 $\pm$ 13.80 cde	32.58 $\pm$ 0.29 cd
	40 cm $\times$ 15 cm	5.36 $\pm$ 0.18 k	9.67 $\pm$ 0.07 fghi	518.34 $\pm$ 16.43 lm	22.34 $\pm$ 0.76 k
淮豆 9 号	40 cm $\times$ 30 cm	8.73 $\pm$ 0.11 b	9.96 $\pm$ 0.03 cde	869.97 $\pm$ 13.18 b	36.38 $\pm$ 0.46 b
	40 cm $\times$ 15 cm	5.54 $\pm$ 0.24 jk	9.71 $\pm$ 0.04 fgh	537.93 $\pm$ 21.20 kl	23.09 $\pm$ 1.00 jk
H0586	40 cm $\times$ 30 cm	8.23 $\pm$ 0.40 bc	9.91 $\pm$ 0.09 def	815.52 $\pm$ 33.27 bc	34.29 $\pm$ 1.66 bc
	40 cm $\times$ 15 cm	6.16 $\pm$ 0.10 hi	9.99 $\pm$ 0.08 bcde	615.92 $\pm$ 14.18 ij	25.69 $\pm$ 0.43 hi
东辛 3 号	40 cm $\times$ 30 cm	9.27 $\pm$ 0.13 a	10.03 $\pm$ 0.10 abcd	929.02 $\pm$ 15.73 a	38.61 $\pm$ 0.55 a
	40 cm $\times$ 15 cm	6.97 $\pm$ 0.26 fg	9.46 $\pm$ 0.12 hi	659.51 $\pm$ 17.55 g	29.05 $\pm$ 1.08 fg
H0573	40 cm $\times$ 30 cm	8.67 $\pm$ 0.09 b	9.91 $\pm$ 0.08 def	859.32 $\pm$ 8.28 cd	36.12 $\pm$ 0.37 b
	40 cm $\times$ 15 cm	6.46 $\pm$ 0.08 gh	9.55 $\pm$ 0.08 ghi	616.88 $\pm$ 10.77 hi	26.90 $\pm$ 0.33 gh
H165	40 cm $\times$ 30 cm	7.65 $\pm$ 0.03 de	10.08 $\pm$ 0.07 abcd	771.46 $\pm$ 2.90 e	31.89 $\pm$ 0.11 de
	40 cm $\times$ 15 cm	6.26 $\pm$ 0.17 hi	9.82 $\pm$ 0.04 ef	614.61 $\pm$ 16.15 hi	26.09 $\pm$ 0.72 hi
1604	40 cm $\times$ 30 cm	7.72 $\pm$ 0.10 cd	10.28 $\pm$ 0.04 a	793.79 $\pm$ 13.37 de	32.18 $\pm$ 0.44 cd
	40 cm $\times$ 15 cm	6.35 $\pm$ 0.13 hi	9.91 $\pm$ 0.03 def	629.03 $\pm$ 13.22 gh	26.46 $\pm$ 0.54 hi
大青豆	40 cm $\times$ 30 cm	7.12 $\pm$ 0.29 ef	9.87 $\pm$ 0.06 def	702.95 $\pm$ 26.23 f	29.68 $\pm$ 1.23 ef
	40 cm $\times$ 15 cm	5.16 $\pm$ 0.19 k	9.78 $\pm$ 0.06 efg	504.32 $\pm$ 17.02 m	21.49 $\pm$ 0.78 k

影响因子 Impact factor (F 值)

大豆品种 (系) Soybean varieties (lines)	3.65*	1.56*	4.57*	3.65*
种植密度 Planting density	137.88**	23.99**	256.46**	137.98**
品种 (系) $\times$ 种植密度 Soybean varieties (lines) $\times$ Planting density	15.65**	9.92**	22.91**	15.58**

注: 同一指标下同列数据后不同字母表示差异达显著水平, * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$, 表 3 同。Note: Different letters in the same column for the same index indicated significant difference, * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$. The same below.

中早熟大豆品种 (系) 饲养豆天蛾幼虫虫体长度要高于晚熟品种 (系)。1 龄期豆天蛾幼虫虫体长度在两个种植密度下表现无明显规律, 2~5 龄豆天蛾幼虫虫体长度均在 40 cm $\times$ 30 cm 种植密度下

显著高于 40 cm $\times$ 15 cm 种植密度, 说明大豆种植密度对 2~5 龄幼虫虫体长度影响较大, 对 1 龄幼虫虫体长度影响较小。在 40 cm $\times$ 15 cm 种植密度下, 5 龄幼虫虫体长度在连 151、H0586 和东辛

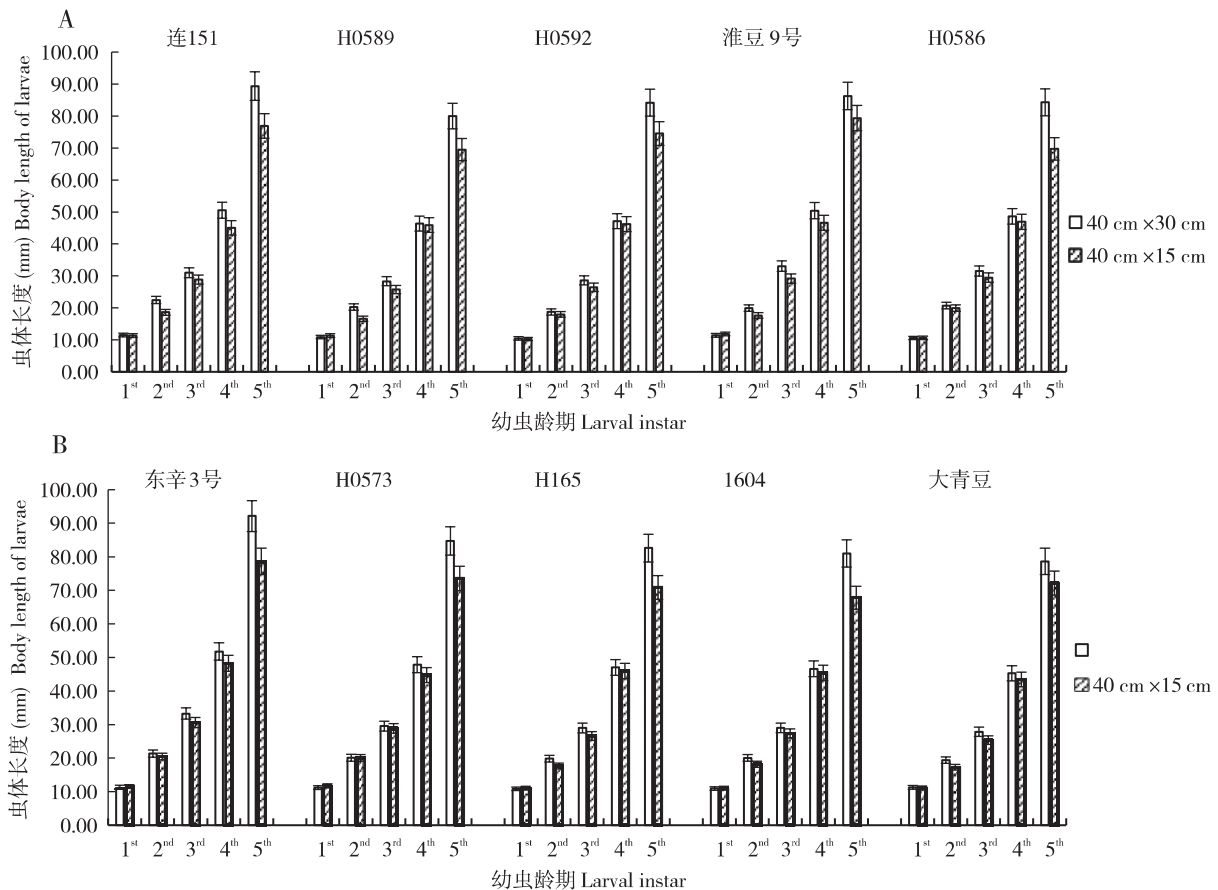


图1 大豆品种 (系) 和种植密度对豆天蛾幼虫虫体长度的影响

Fig. 1 Effects of soybean varieties (lines) and planting density on body length of larvae of *Clanis bilineata tsingtaica*

注: A, 连 151、H0589、H0592、淮豆 9 号 and H0586 等 5 个大豆品种 (系) 饲养豆天蛾幼虫不同龄期虫体长度; B, 东辛 3 号、H0573、H165、1604 和大青豆等 5 个大豆品种 (系) 饲养豆天蛾幼虫不同龄期虫体长度。Note: A, Body length of larvae at different instar under the raising condition of Lian 151, H0589, H0592, Huaidou 9 and H0586; B, Body length of larvae at different instar under the raising condition of Dongxin 3, H0573, H165, 1604 and Big green soybean.

3 号大豆品种 (系) 饲养中下降较为明显, 说明在 $40\text{ cm} \times 15\text{ cm}$ 种植密度下饲养对豆天蛾幼虫虫体长度有负效应。

2.3 不同大豆品种 (系) 和种植密度对豆天蛾幼虫发育历期的影响

不同大豆品种 (系) 和种植密度对豆天蛾幼虫发育历期有显著影响 (表 3), 晚熟大豆品种 (系) 饲养豆天蛾幼虫发育历期显著高于中早熟品种 (系), 以大青豆条件下发育历期最长, 达到 30 d 以上; 连 151 条件下豆天蛾幼虫发育历期最短, 仅为 24.9 d, 淮豆 9 号和东辛 3 号次之。大豆种植密度对豆天蛾幼虫发育历期的影响达到极显著差异, 除 H0573 外, 在 $40\text{ cm} \times 15\text{ cm}$ 种植密度下饲养豆天蛾幼虫的发育历期均显著高于 $40\text{ cm} \times 30\text{ cm}$ 种植密度条件, 豆天蛾幼虫发育历期最长可延长至 33.3 d。

不同大豆品种 (系) 和种植密度饲养条件下, 采收期豆天蛾幼虫生长发育情况不尽一致 (图 2)。H0592、淮豆 9 号、H0586 和东辛 3 号饲养下 5 龄幼虫比例较高, 所占比例高达 90.42% ~ 94.83%, 其发育整齐度较好。在 H0589、H165、1604 和大青豆饲养下, 采收期 5 龄幼虫所占比例要低于其他大豆品种 (系), 发育整齐度较差, 以大青豆饲养的豆天蛾幼虫整齐度最低。 $40\text{ cm} \times 30\text{ cm}$ 种植密度饲养条件下, 豆天蛾幼虫整齐度较好; $40\text{ cm} \times 15\text{ cm}$ 种植密度饲养下, 除 H0592 和 H0586 外, 在其他大豆品种 (系) 条件下, 5 龄豆天蛾幼虫比例均出现不同程度下降, 下降幅度最高的大豆品种为大青豆, 降幅达到 12.82%。综合以上结果, 在 $40\text{ cm} \times 30\text{ cm}$ 种植密度下, H0592、淮豆 9 号、H0586 和东辛 3 号 4 个大豆品种 (系) 饲养豆天蛾幼虫, 其发育整齐度较好。

表 3 大豆品种 (系) 和种植密度对豆天蛾幼虫发育历期的影响

Table 3 Effects of soybean varieties (lines) and planting density on developmental duration of larvae of *Clanis bilineata tsingtaica*

大豆品种 (系) Soybean varieties (lines)	种植密度 Planting density	幼虫发育历期 (d) Developmental duration of larvae	大豆品种 (系) Soybean varieties (lines)	种植密度 Planting density	幼虫发育历期 (d) Developmental duration of larvae
连 151	40 cm × 30 cm	24.9 ± 0.40	H165	40 cm × 30 cm	28.2 ± 0.30
Lian 151	40 cm × 15 cm	26.3 ± 0.46		40 cm × 15 cm	29.2 ± 0.56
H0589	40 cm × 30 cm	25.4 ± 0.25	1604	40 cm × 30 cm	27.8 ± 0.35
	40 cm × 15 cm	27.0 ± 0.66		40 cm × 15 cm	30.2 ± 0.40
H0592	40 cm × 30 cm	25.2 ± 0.32	大青豆	40 cm × 30 cm	30.9 ± 0.32
	40 cm × 15 cm	28.0 ± 0.36	Big green soybean	40 cm × 15 cm	33.3 ± 0.42
淮豆 9 号	40 cm × 30 cm	25.3 ± 0.17	影响因子 Impact factor (F 值)		
Huaidou 9	40 cm × 15 cm	27.8 ± 0.31	大豆品种 (系) Soybean varieties (lines)		28.33 **
H0586	40 cm × 30 cm	26.5 ± 0.26	种植密度 Planting density		74.29 **
	40 cm × 15 cm	28.4 ± 0.26	品种(系) × 种植密度 Soybean varieties (lines) × Planting density		5.18 **
东辛 3 号	40 cm × 30 cm	25.2 ± 0.31			
Dongxin 3	40 cm × 15 cm	27.9 ± 0.36			
H0573	40 cm × 30 cm	27.2 ± 0.45			
	40 cm × 15 cm	28.0 ± 0.47			

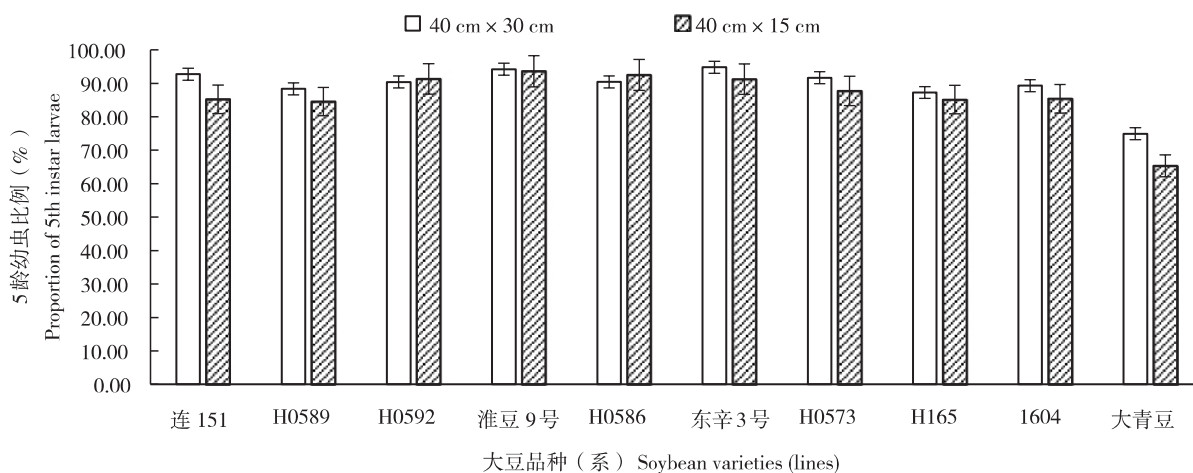


图 2 不同大豆品种 (系) 在不同种植密度下的豆天蛾采收期 5 龄幼虫比例

Fig. 2 Rate of 5th instar larvae of *Clanis bilineata tsingtaica* raised by different soybean varieties (lines) respectively under different planting density during harvesting time

3 结论与讨论

豆天蛾幼虫生长主要集中于每年的 5~9 月, 持续时间较短。近年来随着需求量的明显升高, 豆天蛾幼虫产量和需求量的矛盾日渐突出 (许云

华等, 2008)。要想获得豆天蛾幼虫高产和较高的经济效益, 解决优质种源, 完善室内人工饲养技术是关键, 筛选口感好、营养价值高、抗病能力强的种源, 结合提高化蛹率、卵孵化率等技术, 最终实现豆天蛾幼虫高产优质 (闫茂华等, 2008)。还有研究认为, 通过豆天蛾工厂化生产繁

育技术可满足较高的市场需求 (吕飞等, 2006)。选择植株高大、叶片大而嫩绿的无限结荚习性的大豆品种, 能够保证豆天蛾的幼虫有足够的食料, 以增加养虫量, 从而不断提高单位面积的豆天蛾幼虫产量 (林华峰等, 2005)。以上前人研究多为描述性结果, 并未有实验数据进行有力支撑, 也未对适宜豆天蛾幼虫饲养的大豆品种进行筛选。本实验中, 10 个大豆品种 (系) 中, 以淮豆 9 号、H0586 和东辛 3 号 3 个中熟大豆品种 (系) 条件下豆天蛾幼虫产量较高, 大青豆条件下豆天蛾幼虫产量最低。其中淮豆 9 号、H0586 和东辛 3 号均为中熟大豆品种 (系), 大青豆为极晚熟大豆品种, 说明在本实验条件下, 中熟大豆品种 (系) 对提高豆天蛾幼虫产量的作用较大, 晚熟品种不利于豆天蛾幼虫产量增加。同时, 增加大豆种植密度会降低豆天蛾幼虫产量。大豆种植密度过大, 对幼虫体长增加有负效应。东辛 3 号、淮豆 9 号和 H0573 条件下豆天蛾幼虫存活率最高; 发育历期以连 151、淮豆 9 号和东辛 3 号最短, 大青豆最长, 说明连 151、淮豆 9 号和东辛 3 号饲养条件下, 更加有利于提高豆天蛾幼虫存活率, 缩短豆天蛾幼虫发育历期。H0592、淮豆 9 号、H0586 和东辛 3 号在两种种植密度下豆天蛾幼虫发育整齐度均较高, 大青豆条件下整齐度最低。中熟大豆品种饲养条件下, 增加大豆种植密度, 有利于豆天蛾幼虫发育整齐度, 而大青豆不利于豆天蛾幼虫生长发育及整齐度的提高。本实验中的豆天蛾幼虫接卵量相对单一, 未能准确分析接卵量对豆天蛾幼虫产量的调控效应, 下一步拟增加更多的接卵量和种植密度处理, 以准确分析二者间的相关性及其对豆天蛾幼虫生长发育及产量的影响。另外, 本实验不同处理下豆天蛾幼虫生长发育和产量均存在一定差异, 而差异是否与大豆叶片营养成分及豆天蛾幼虫取食喜好有一定关系, 未进行深入分析, 下一步将对不同大豆品种 (系) 间叶片的营养成分及在各品种 (系) 养殖条件下所取食的豆天蛾幼虫体内营养物质是否存在差异进行研究; 同时, 该实验结果是在单一环境下得出的结论, 可能存在小气候影响因素, 下一步将设置多种环境条件进行处理, 以准确分析环境对豆天蛾幼虫取食的影响。本实验初步研究了大豆品种 (系) 和种植密度对豆天蛾幼虫生长发育和产量的影响, 对不同大豆品种 (系) 间和不同种植密度间豆天蛾幼虫生长发育和产量差异产生的生

理生化机制及豆天蛾幼虫与大豆叶片营养成分间的关系还有待于进一步研究。

本研究初步探讨了不同大豆品种 (系) 和种植密度对豆天蛾幼虫产量及生长发育的影响。综合分析各处理下豆天蛾幼虫存活和发育状况, 10 个大豆品种 (系) 均表现为在 40 cm × 30 cm 种植密度下豆天蛾幼虫生长发育和产量最优。10 个品种 (系) 中以连 151、淮豆 9 号、东辛 3 号和 H0573 饲养条件下豆天蛾幼虫产量较高, 适宜豆天蛾幼虫饲养, 有利于提高豆丹产量和经济效益。

参考文献 (References)

- Cantrill RC, Huang YS, Ells GW, *et al.* Comparison of the metabolism of alpha - linolenic acid and its delta 6 desaturation product, stearidonic acid, in cultured NIH - 3T3 cells [J]. *Lipids*, 1993, 28 (3): 163 - 166.
- Feng YY. Biological Research of *Clanis bilineata tsingtauca* Mell [D]. Haikou: Hainan University Master Thesis, 2014. [冯雨艳. 豆天蛾生物学研究 [D]. 海口: 海南大学硕士论文, 2014]
- Lin HF, Wu FZ, Li SG, *et al.* Advances on rearing method and comprehensive utilization of *Clanis bilineata* [J]. *Journal of Economic Animal*, 2005, 9 (3): 177 - 180. [林华峰, 吴福中, 李世广, 等. 豆天蛾的人工饲养和综合利用研究进展 [J]. 经济动物学报, 2005, 9 (3): 177 - 180]
- Liu Z, Zhang SJ. *Clanis bilineata tsingtauca* Mell outbreak in Xinxiang city at 1990 [J]. *Plant Protection*, 1991, 17 (4): 53. [刘珍, 张世举. 豆天蛾 1990 年在新乡市暴发 [J]. 植物保护, 1991, 17 (4): 53]
- Loudon C. Development of *Tenebrio molitor* in low oxygen levels [J]. *Journal of Insect Physiology*, 1988, 34 (2): 97 - 103.
- Lü F, Liu YS, Wang ZP, *et al.* Advances in production and comprehensive utilization of *Clanis bilineata tsingtauca* [J]. *Entomological Journal of East China*, 2006, 15 (3): 192 - 195. [吕飞, 刘玉升, 王振鹏, 等. 豆天蛾生产与综合利用的研究进展 [J]. 华东昆虫学报, 2006, 15 (3): 192 - 195]
- Ma RD, Yu LJ, Minoru Nishimura, *et al.* Antitumor activities of γ -linolenic acid [J]. *Acta Nutrimenta Sinica*, 1993, 5 (4): 390. [马润娣, 于立坚, 西村实, 等. α -亚麻酸的抗癌活性 [J]. 营养学报, 1993, 5 (4): 390]
- Prütz G, Dettner K. Effects of various concentrations of *Bacillus thuringiensis*-corn leaf material on food utilization by *Chilo partellus* larvae of different ages [J]. *Entomol.*, 2005, 33 (5): 467 - 479.
- Song KX. Edible insect—*Clanis bilineata tsingtauca* Mell [J]. *Middle School Biology*, 2006, 22 (12): 11 - 12. [宋开霞. 食用昆虫—豆天蛾 [J]. 中学生物学, 2006, 22 (12): 11 - 12]
- Tian H, Zhang YM. The anti-oxidant activity of polysaccharide CBP3 in *Clanis bilineata tsingtauca* Mell [J]. *Food Science and Technology*, 2012, 37 (6): 228. [田华, 张义明. 豆天蛾多糖 CBP3 抗氧化活性研究 [J]. 食品科技, 2012, 37 (6): 228]
- Wang HJ. *Clanis bilineata tsingtauca* Mell occurs seriously in Hebei

- province [J]. *Plant Protection*, 1988, 14 (1): 55. [王贺军. 豆天蛾在河北省发生严重 [J]. 植物保护, 1988, 14 (1): 55]
- Wang XQ, Chen CQ, Zhao H, *et al.* Rearing *Clanis bilineata* in soybean field and its profit [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2002, 39 (1): 30–33. [汪西强, 陈春秋, 赵虎, 等. 豆天蛾的田间饲养量及效益研究 [J]. 昆虫知识, 2002, 39 (1): 30–33]
- Weaver DK, McFarlane JE. The effect of larval density on growth and development of *Tenebrio molitor* [J]. *Journal of Insect Physiology*, 1990, 36 (7): 531–536.
- Wu FZ, Lin HF, Liu ZH, *et al.* The situation and tactics of the utilization of *Tenebrio molitor*'s production in China [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2005, 21 (8): 1–4. [吴福中, 林华峰, 刘志红, 等. 中国黄粉虫产品开发利用的现状及其对策 [J]. 中国农学通报, 2005, 21 (8): 1–4]
- Wu SJ, Meng X, Chen SJ. The analysis and evaluation of main nutrient components for *Herse bilineata tsingtauca* [J]. *Journal of Huaihai Institute of Technology*, 2000, 9 (1): 58–61. [吴胜军, 孟旭, 陈绍军. 豆天蛾主要营养成分的分析与评价 [J]. 淮海工学院学报, 2000, 9 (1): 58–61]
- Xu YH, Shen J, Li TY. Present situation and prospect of comprehensive utilization of *Clanis bilineata tsingtauca* in Lianyungang area [J]. *Science & Technology Information*, 2008, 20: 30. [许云华, 沈洁, 李廷友. 连云港地区豆天蛾综合利用的现状与展望 [J]. 科技信息, 2008, 20: 30]
- Yan MH. *Clanis bilineata tsingtauca*—feed [J]. *Journal of Biology*, 2001, 18 (2): 33, 25. [闫茂华. 豆天蛾的人工饲养 [J]. 生物学杂志, 2001, 18 (2): 33, 25]
- Yan MH, Lu CM, Zhang GJ, *et al.* Research advance in the exploitation and utilization of *Clanis bilineata tsingtauca* Mell [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2008, 36 (3): 874–876. [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]
- Yang TK, Gao CX, Zhang CM, *et al.* Effects of dietary α -linolenic acid on blood lipids in humans [J]. *China Oils and Fats*, 1995, 20 (3): 46–49. [杨天奎, 高春香, 张超明, 等. α -亚麻酸降血脂作用的研究 [J]. 中国油脂, 1995, 20 (3): 46–49]
- Zhu HF, Wang LY. *Fauna Sinica: Insecta Vol. 11, Lepidoptera: Sphingidae* [M]. Beijing: Science Press, 1997: 234. [朱弘复, 王林瑶. 中国动物志: 昆虫纲第十一卷: 鳞翅目天蛾科 [M]. 北京: 科学出版社, 1997: 234]