



# 不同蝽类为害对大豆生长发育及产量影响的差异性分析

陈菊红, 毕 锐, 黄佳敏, 崔 娟, 史树森

(吉林农业大学 农学院, 吉林 长春 130118)

**摘 要:**为明确不同类群蝽象为害对大豆生长发育及产量影响的差异性,本研究将筛豆龟蝽 *Megacopta cribraria* Fabricius(龟蝽科 Plataspidae)、苜蓿盲蝽 *Adelphocoris lineolatus* Goeze(盲蝽科 Miridae)、壁蝽 *Piezodorus rubrofasciatus* Fabricius(蝽科 Pentatomidae)、稻绿蝽 *Nezara viridula* Linnaeus(蝽科 Pentatomidae)、点蜂缘蝽 *Riptortus pedestris* Fabricius(缘蝽科 Coreidae)5种蝽象接在花荚期的健康大豆植株上,观察其刺吸为害对大豆生长发育及产量的影响。结果表明:不同类群蝽象为害对大豆植株的生长发育及产量均产生显著影响,在大豆开花结荚期短期为害即可对大豆豆荚生长产生较大影响。其中,不同蝽象种类为害大豆植株,株高、茎节数、单株荚粒数及百粒重等均表现出显著差异性。壁蝽、稻绿蝽和点蜂缘蝽的持续为害程度显著重于苜蓿盲蝽和筛豆龟蝽。这种差异与蝽象取食习性及其口器特征相关,其喙的长度及口针宽度与单株相对结荚率和产量均呈显著负相关。

**关键词:**蝽象;口器;大豆;产量性状;相关分析

## Analysis on the Different Effects of Different Stinkbugs Infestations on Growth and Yield of Soybean

CHEN Ju-hong, BI Rui, HUANG Jia-min, CUI Juan, SHI Shu-sen

(College of Agriculture, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

**Abstract:** In order to clarify the differences in the impact of different stinkbugs on the growth and yield of soybeans, *Megacopta cribraria* Fabricius(Plataspidae)、*Adelphocoris lineolatus* Goeze(Miridae)、*Piezodorus rubrofasciatus* Fabricius(Pentatomidae)、*Nezara viridula* Linnaeus(Pentatomidae) and *Riptortus pedestris* Fabricius(Coreidae) were inoculated on healthy soybean plants during the flowering period, and the effect of sucking damage on soybean growth and yield was observed. The results showed that different groups of stinkbugs damage had a significant effect on the growth and yield of soybean plants. The short-term damage at the flowering and podding stages of soybeans had a great impact on the growth of soybean pods. Among them, different kinds of stinkbugs damage on soybean had significant differences in plant height, number of stem nodes, number of grains per plant and 100-seed weight. The *P. rubrofasciatus* Fabricius, *N. viridula* Linnaeus and *R. pedestris* Fabricius persistent damage were significantly greater than *M. cribraria* Fabricius and *A. lineolatus* Goeze. This difference was related to feeding habits and mouthparts characteristics of the stinkbugs, the length and width of the stinkbugs beak had a significant negative correlation with the relative strain rate and yield per plant.

**Keywords:** Stinkbugs; Mouthpart; Soybean; Yield traits; Correlation analysis

近年来,在大豆生产过程中其植株落花落荚以及植株豆荚的荚而不实已成为黄淮夏大豆产区生产面临的主要问题之一,其原因主要包括病害、虫害、环境条件以及栽培不当等多方面<sup>[1-5]</sup>。刺吸式口器害虫可以导致大豆植株的落花落荚,造成大豆出现“症青”现象,严重时导致作物颗粒无收<sup>[6-7]</sup>。有相关报道表明大豆植株经点蜂缘蝽等害虫为害后防治不及时会导致大豆植株营养失调,对大豆产量造成显著影响<sup>[8]</sup>。蝽类害虫为害是影响作物产量的重要因素,通过口针直接吸取植株汁液使作物受害,同时也分泌有害物质导致作物内部代谢失常或者外部物理环境恶化,还可以通过传播病害导致大豆减产<sup>[9-10]</sup>,其为害严重影响大豆的质量和产量<sup>[11-15]</sup>。为明确不同蝽类害虫对大豆植株生长发育和产量的影响及其差异性,本试验选取5种不同

蝽类害虫作为虫源,研究其刺吸为害与大豆的生长发育以及产量之间的关系。分析不同蝽类虫害对大豆生长发育影响的差异性及其原因,为有效防治蝽类害虫危害提供科学依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验材料

大豆品种:吉农 38,由吉林农业大学大豆育种研究室提供。

供试虫源:虫源种类包括筛豆龟蝽 *Megacopta cribraria* Fabricius(龟蝽科 Plataspidae)、苜蓿盲蝽 *Adelphocoris lineolatus* Goeze(盲蝽科 Miridae)、壁蝽 *Piezodorus rubrofasciatus* Fabricius(蝽科 Pentatomidae)、稻绿蝽 *Nezara viridula* Linnaeus(蝽科 Pentatomidae)、点蜂缘蝽 *Riptortus pedestris* Fabricius(缘蝽科

收稿日期:2018-04-02

基金项目:国家现代农业产业技术体系(CARS-04);吉林农业大学国家级大学生创新创业训练计划(201610193003)。

第一作者简介:陈菊红(1995-),女,硕士,主要从事为害虫综合治理。E-mail:15181674153@163.com。

通讯作者: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。

Coreidae)5种常见大豆蝽类害虫,通过田间采集结合室内饲养获得。

1.2 试验设计

采用盆栽播种,盆直径为28 cm,每盆播种3穴,每穴3粒种子,出苗后,每盆留3株大豆以供试验,植株进行正常管理。

采用网罩隔离接虫法。网罩直径22 cm,高120 cm,纱网孔径40目。网罩口处具有松紧带,可将网罩密封固定在塑料花盆上防止试虫逃跑。在大豆植株结荚初期开始罩网,将供试不同种类的蝽类害虫接在盆栽大豆植株上,根据不同害虫种类虫体大小按不同密度(接虫量为植株的饱和为害量)接虫。其中,苜蓿盲蝽5头·株<sup>-1</sup>,筛豆龟蝽2头·株<sup>-1</sup>,壁蝽2头·株<sup>-1</sup>。稻绿蝽2头·株<sup>-1</sup>,点蜂缘蝽2头·株<sup>-1</sup>,不接虫为空白对照,每个处理6盆,其中3盆用于观察大豆植株受害情况,另3盆用于调查害虫对豆株生长发育影响及测产。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 大豆荚受害情况调查 在大豆植株接虫后的10,20,30 d,各处理分别取大豆植株上、中、下部位豆荚,测量其长、宽、鲜重等指标,3次重复。

1.3.2 豆株主要农艺性状及产量调查 在大豆植株成熟后,测量株高、茎粗,同时调查记录植株各节

位荚数、总荚数、荚粒数、次生荚簇等农艺性状,同时以植株为单位进行测产。

1.3.3 喙长度与口针宽度测量 取不同蝽类供试害虫各30只,在显微镜下解剖供试害虫口器,利用目镜、物镜测微尺测得喙长;再解剖获得口针,利用UV-C光学共聚焦显微图像系统在显微照相后测量口针宽度。

1.4 数据分析

采用Excel 2013软件进行数据统计、计算平均值及作图,利用DPS 13.5统计软件采用Duncan新复极差法进行差异显著性分析拟合方程。

2 结果与分析

2.1 5种蝽象为害对大豆主要农艺性状及产量的影响

不同蝽类害虫对大豆结荚期植株生长发育性状的影响不同。由表1可见,空白对照植株最矮,为45.33 cm,5种蝽象为害均导致植株增高,与对照差异显著,其中苜蓿盲蝽和稻绿蝽为害后植株最高,为55.37和55.00 cm,显著高于点蜂缘蝽、壁蝽、筛豆龟蝽危害后的植株。蝽象为害可使植株节数增加,经稻绿蝽、点蜂缘蝽、苜蓿盲蝽为害后的植株节数显著多于对照。

表1 不同蝽类害虫结荚期为害对大豆主要农艺性状及产量的影响

Table 1 Effects of different pod pests on the main agronomic traits and yield of soybean							
害虫 Pest	株高 Plant height/cm	节数 Pitch number	单株荚数 Number of pods per plant	单株粒数 Number of seeds per plant	百粒重 100-seed weight/g	相对结荚率 Relative pod setting rate/%	单株产量 Single plant yield/g
壁蝽 <i>P. rubrofasciatus</i> Fabricius	49.22 ± 1.08 c	9.67 ± 0.33 b	0.00 ± 0.00 d	0.00 ± 0.00 d	0.00 ± 0.00 d	0.00 ± 0.00 d	0.00 ± 0.00 d
稻绿蝽 <i>N. viridula</i> Linnaeus	55.00 ± 0.00 a	10.56 ± 0.19 a	0.00 ± 0.00 d	0.00 ± 0.00 d	0.00 ± 0.00 d	0.00 ± 0.00 d	0.00 ± 0.00 d
点蜂缘蝽 <i>R. pedestris</i> Fabricius	52.83 ± 0.77 b	10.78 ± 0.19 a	0.00 ± 0.00 d	0.00 ± 0.00 d	0.00 ± 0.00 d	0.00 ± 0.00 d	0.00 ± 0.00 d
苜蓿盲蝽 <i>A. lineolatus</i> Goeze	55.37 ± 0.88 a	10.44 ± 0.19 a	4.56 ± 0.19 c	4.78 ± 0.51 c	14.34 ± 0.35 c	33.27 ± 1.54 c	0.93 ± 0.07 c
筛豆龟蝽 <i>M. cribraria</i> Fabricius	47.26 ± 0.66 d	9.56 ± 0.19 b	5.78 ± 0.19 b	11.56 ± 0.51 b	15.26 ± 0.27 b	80.73 ± 4.02 b	1.76 ± 0.16 b
空白对照 CK	45.33 ± 0.67 e	9.67 ± 0.00 b	8.22 ± 0.19 a	14.33 ± 0.88 a	16.44 ± 0.84 a	100.00 ± 0.00 a	2.30 ± 0.09 a

同一列数据后小写字母表示不同处理之间差异显著(P<0.05)。下同。  
The different lowercase in the same column indicate significant difference at 0.05 level. The same as below.

5种蝽象刺吸为害对豆荚产量性状及单株产量的影响亦存在差异。有蝽象害虫为害的植株单株荚数、单株粒数、百粒重、相对结荚率、单株产量均显著低于对照;苜蓿盲蝽为害后显著低于筛豆龟蝽为害,3种体型较大的蝽象(壁蝽、稻绿蝽和点蜂缘蝽)为害直接导致大豆植株绝产。可见,这5种蝽类害虫为害对大豆植株“籽粒库”的影响较大,均能够导致大豆植株减产,严重者可至绝收。

2.2 5种蝽象持续为害对豆荚生长的影响

不同蝽象害虫为害持续不同时间对豆荚鲜重的影响结果如图1所示。5种蝽象害虫从花荚期开始为害10,20,30 d后荚鲜重变化差异显著。为害10 d后,接5种蝽象植株的豆荚鲜重均显著低于对照,其中壁蝽为害均最严重,与其它的害虫为害结果均呈显著差异,稻绿蝽与点蜂缘蝽之间无显著差异,筛豆龟蝽危害最轻;为害20 d后,筛豆龟蝽为害

的荚鲜重与对照无显著差异,其它 4 种蝽象为害的荚鲜重则与对照存在显著差异。为害 30 d 后,筛豆龟蝽和盲蝽为害植株的荚鲜重与对照差异不显著,

而与另外 3 种蝽象为害的荚鲜重存在显著差异。其中,壁蝽为害最严重,能够导致大豆植株的豆荚全部掉落,其次为稻绿蝽、点蜂缘蝽。

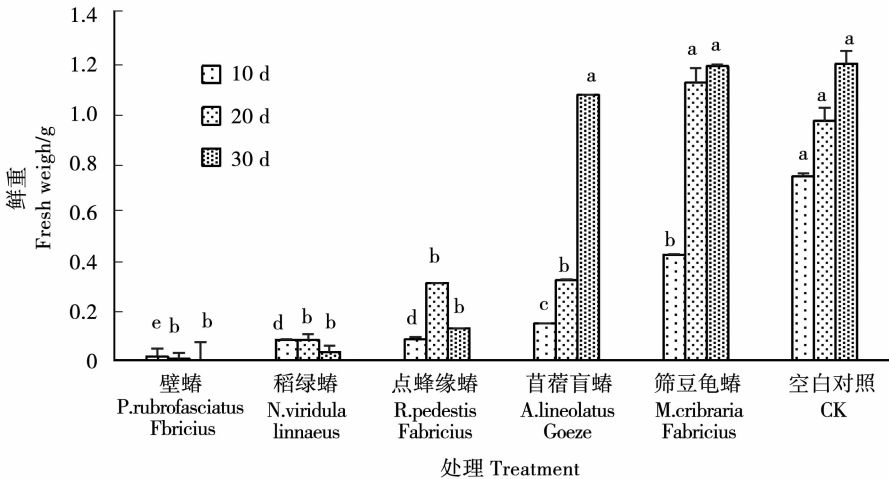


图 1 5 种蝽象刺吸为害不同持续时间对豆荚鲜重的影响

Fig. 1 Effects of different duration of stabbing on the fresh weight of soybean meal

2.3 5 种蝽象对大豆为害的差异性分析

2.3.1 5 种蝽象为害豆株部位的差异性 不同蝽类害虫的取食习性存在差异性如表 2 所示。不同蝽类害虫为害大豆植株部位存在明显差异,壁蝽主要为害豆荚,其次为害叶片,偶尔为害嫩茎与花。稻绿蝽和点蜂缘蝽均主要为害花和豆荚,偶尔为害茎叶组织。苜蓿盲蝽主要为害嫩茎和花,其次为害叶片,偶尔为害豆荚,而筛豆龟蝽则主要为害嫩茎,其次为害叶片,偶尔为害花荚部位。可见,不同蝽类对大豆植株不同组织部位为害的偏好性不同,对大豆植株不同器官组织的危害程度也不相同。

表 2 5 种蝽象为害大豆植株部位的差异性

Table 2 Differences in the parts of soybean plants affected by five species of stinkbugs

害虫 Pest	植株受害部位 Plant damage site			
	茎 Stem	叶 Leaf	花 Flower	荚 Pod
壁蝽 <i>P. rubrofasciatus</i> Fabricius	+	++	+	+++
稻绿蝽 <i>N. viridula</i> Linnaeus	+	+	+++	+++
点蜂缘蝽 <i>R. pedestris</i> Fabricius	+	+	+++	+++
苜蓿盲蝽 <i>A. lineolatus</i> Goeze	+++	++	+++	+
筛豆龟蝽 <i>M. cribraria</i> Fabricius	+++	++	+	+

+++ :主要为害; ++ :次要为害; + :可为害。  
+++ express the main damage; ++ express minor damage; + express damage.

2.3.2 5 种蝽象口器结构特征的差异性 蝽类害

虫通过口器刺吸组织器官内汁液同时造成机械损伤对寄主造成危害,但不同蝽象口器结构存在一定差异。本试验 5 种蝽象中,稻绿蝽与点蜂缘蝽喙的长度显著长于其它 3 种蝽类害虫,分别为 5.22 和 5.07 mm;壁蝽、苜蓿盲蝽、筛豆龟蝽喙长度分别为 2.84, 2.65, 2.05 mm。稻绿蝽与点蜂缘蝽的口针亦显著宽于其它 3 种蝽类害虫,壁蝽、苜蓿盲蝽的口针显著宽于筛豆龟蝽。可见,不同蝽类口器刺吸为害过程对大豆植株组织器官机械损伤程度不同,进而导致对大豆植株生长发育及产量的影响程度亦不相同。

表 3 5 种蝽象口器结构特征的差异性

Table 3 Differences in structure characteristics of five kinds of stinkbugs

害虫 Pest	观察数量 Number of observations	口器构造 Mouthpiece structure	
		喙长 Beak length/mm	口针宽 Oral needle width/nm
壁蝽 <i>P. rubrofasciatus</i> Fabricius	30	2.84 ± 0.10 b	31.87 ± 1.85 b
稻绿蝽 <i>N. viridula</i> Linnaeus	30	5.22 ± 0.19 a	43.05 ± 1.90 a
点蜂缘蝽 <i>R. pedestris</i> Fabricius	30	5.07 ± 0.03 a	41.55 ± 0.98 a
苜蓿盲蝽 <i>A. lineolatus</i> Goeze	30	2.65 ± 0.03 c	32.25 ± 1.53 b
筛豆龟蝽 <i>M. cribraria</i> Fabricius	30	2.05 ± 0.07 d	12.20 ± 0.27 c

2.4 5 种蝽象口器结构与结荚率和产量的相关性分析

蝽象类害虫的口器结构特征与其对寄主危害

程度密切相关。5种蜡象口器喙的长度、口针整体宽度与被害大豆相对结荚率、产量的相关性分析结果如表4所示。喙长与产量、相对结荚率,口针宽与产量、相对结荚率均呈显著负相关。其中喙长与产量、相对结荚率的拟合模型均为逻辑斯蒂模型,可

以看出,当蜡象类害虫喙的长度达到一定长度后,其危害性随喙长度增加而减弱;口针宽与产量、相对结荚率的拟合模型均为指数函数模型,表明其危害性随口针宽度增加而显著加重。

表4 不同蜡类口器喙长及口针宽度与结荚率和产量的相关性分析

Table 4 Analysis of the correlation between the length of mouthparts, the width of the needle, the rate of scarring and the yield of different mouthparts

相关对象 Related objects	回归方程 Regression equation	显著性检验 Significant test		
		<i>R</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
喙长与产量 Long length and yield	$y = 2.0300/[1 + \exp(-168.1446 + 63.3194x)]$	0.9859	52.1003	0.0047
喙长与结荚率 Length and scarring rate	$y = 96.8183/[1 + \exp(-8.2975 + 3.3635x)]$	0.9467	12.9661	0.0334
口针宽与产量 Needle width and yield	$y = 2.4602\exp(-0.048080x)$	0.8865	14.6797	0.0186
口针宽与结荚率 Needle width and scarring rate	$y = 105.1464\exp(-0.048180x)$	0.8794	13.6547	0.0209

3 讨论

本研究表明,不同蜡类害虫为害对大豆植株株高、结荚、荚粒数和荚粒重均产生显著影响,且不同种类间存在显著差异。不同蜡类害虫为害对大豆植株生长发育性状影响的差异主要体现在株高与植株节数方面。一般认为,植株越高则说明更多的营养物质用于营养生长,越矮则更多的营养用于生殖生长<sup>[16]</sup>。该结论与本研究结果基本一致,即蜡象刺吸为害导致大豆植株的生殖器官脱落,则营养物质更多用于植株的营养生长。

不同蜡类害虫在大豆开花结荚期短期为害即能显著影响豆荚生长(荚鲜重的积累)。其中,壁蜡、稻绿蜡和点蜂缘蜡持续为害程度显著重于苜蓿盲蜡和筛豆龟蜡。这与不同蜡类取食偏好及其口器刺吸过程对寄主组织的机械伤害程度有关。筛豆龟蜡为害对植株豆荚鲜重的影响最小,可能是与筛豆龟蜡主要集中在植株的茎上为害,对豆荚直接危害较少有关。苜蓿盲蜡亦主要为害大豆的茎叶部位,其危害对豆荚生长发育更多为间接影响,这可能也是导致苜蓿盲蜡为害30 d后的豆荚鲜重与对照差异不显著的原因,而壁蜡、稻绿蜡和点蜂缘蜡则更多直接刺吸为害豆荚,且口器口针较粗壮,因此,持续为害程度显著重于苜蓿盲蜡和筛豆龟蜡;筛豆龟蜡和苜蓿盲蜡为害后植株豆荚重量与对照无显著差异,除上述为害部位间接及刺吸损伤较小外,也可能与寄主对虫害具有一定的补偿能力有关。补偿是作物受到环境胁迫压力后在生理水平上产生的一种对作物的生长发育和产量形成有利的能力<sup>[17-18]</sup>,作物在受到不利环境胁迫,比如干旱、

淹水、弱光、虫害时均具有补偿效应<sup>[19-20]</sup>。

不同蜡类害虫为害对大豆植株的产量均有较大影响,其中壁蜡、稻绿蜡和点蜂缘蜡对大豆单株产量的影响尤为显著,点蜂缘蜡是黄淮夏大豆田间蜡类害虫的优势种群<sup>[21]</sup>,这可能也是近年来黄淮地区出现大豆荚而不实以及落花落荚现象导致夏大豆出现严重减产,甚至颗粒无收<sup>[22]</sup>的原因。蜡象口器喙的长度及口针宽与单株相对结荚率和产量均呈显著负相关,即刺吸式口器的喙越长、口针越宽则对大豆花荚及籽粒伤害越大,落花落荚越严重。刺吸式口器害虫严重影响大豆植株的“籽粒库”,“籽粒库”是光合产物积累、需求和消耗的器官,是作物高产、中高产的主要影响因子<sup>[23]</sup>。刺吸式口器害虫对大豆植株库的为害直接导致作物的产量降低。

4 结论

本试验研究明确了5种蜡类害虫对大豆生长发育及产量影响的差异性,初步解释了不同蜡类害虫为害导致大豆减产差异性的主要原因。由于不同蜡类害虫其体型大小及对寄主组织器官取食的偏好性不同,所导致其对寄主危害程度存在明显差异,蜡科和缘蜡科害虫一般个体较大,口器口针较粗壮,且主要直接为害花荚组织器官部位,对大豆花荚期的危害显著重于龟蜡科和盲蜡科害虫。该研究结果为大豆栽培过程中明确靶标蜡类害虫并有效控制其危害提供了科学依据。

参考文献

[1] 常丽丹,马雯,郭建秋,等. 农药喷施次数对大豆症青的防治

效果[J]. 黑龙江农业科学,2015(2):53-55. (Chang L D, Ma W, Guo J Q, et al. Control efficiency of spraying frequency on ‘Zhengqing’ phenomenon of soybean[J]. Heilongjiang Agricultural Sciences,2015(2):53-55. )

[2] 段长征. 大豆症青的原因及防治[N]. 河南科技报,2008-08-12(8). (Duan C Z. Causes and prevention of soybean Zhengqing [N]. Henan Science and Technology News,2008-08-12(8). )

[3] 李香芝. 大豆症青发生原因及对策[J]. 河北农业科学,2007, 11(3):64-65. (Li X Z. Causes and countermeasures of soybean Zhengqing[J]. Journal of Hebei Agricultural Sciences,2007,11 (3):64-65. )

[4] 王永锋,黄华,裴桂英,等. 大豆症青发生的原因及防止策略 [J]. 中国种业,2005(9):46-47. (Wang Y F, Huang H, Pei G Y, et al. Causes of soybean Zhengqing and preventive strategies [J]. China Seed Industry,2005(9):46-47. )

[5] 张仙美,马孝仁. 防治大豆症青的对策[J]. 河南农业科学, 2002,29(8):21. (Zhang X M, Ma X R. Countermeasures against soybean Zhengqing[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2002,29(8):21. )

[6] 齐永悦,赵春霞,邵维仙,等. 廊坊地区大豆点蜂缘蝽的发生 与防治技术[J]. 现代农村科技,2017(9):34. (Qi Y Y, Zhao C X, Shao W X, et al. Occurrence and control techniques of *Rip- tortus pedestris* Fabricius in soybean spot in Langfang area [J]. Modern Rural Science and Technology,2017(9):34. )

[7] 谢皓,陈立军,韩俊,等. 大豆害虫点蜂缘蝽的危害特点与防 治方法[J]. 大豆科技,2016(6):11-13. (Xie H, Chen L J, Han J, et al. Damage characteristics and control methods of *Rip- tortus Pedestris* in soybean[J]. Soybean Science & Technology, 2016(6):11-13. )

[8] 郭奎英,杨彩云. 大豆症青综合防治与高产栽培技术[J]. 大 豆科技,2017(3):39-42. (Guo K Y, Yang C Y. Integrated control and high yield cultivation practices for soybean ‘stay-green’ phenomenon[J]. Soybean Science & Technology, 2017(3):39- 42. )

[9] 侯明苓,张微凤. 微山湖区小麦蚜虫为害特点及防治措施 [J]. 山东农业科学, 2010,42(2):87-88. (Hou M H, Zhang W F. Damage characteristics and control ceasures of cheat cphids in Weishan Lake area[J]. Shandong Agricultural Sciences,2010, 42(2):87-88. )

[10] 冯相可. 汝州市小麦蚜虫的为害特点与防治措施[J]. 农业技 术与装备,2009(8):54-55. (Feng X K. Damage characteristics and control measures of wheat aphids in Ruzhou city[J]. Agricul- tural Technology & Equipment,2009(8):54-55. )

[11] 韩岚岚,王坤,李东坡,等. 马铃薯-大豆、玉米-大豆邻作对大 豆田主要刺吸式害虫以及其他害虫的种群动态影响[J]. 应 用昆虫学报,2016,53(4):723-730. (Han W W, Wang K, Li D P, et al. Effects of the potato-soybean, and maize-soybean, inter- cropping modes on the population dynamics of the main piercing- sucking pests, and other pests, in soybean fields [J]. Chinese Journal of Applied Entomology,2016,53(4):723-730. )

[12] 崔旭红,谢明,万方浩. 短时高温暴露对 B 型烟粉虱和温室白 粉虱存活以及生殖适应性的影响[J]. 中国农业科学,2008,41 (2):424-430. (Cui X H, Xie M, Wan F H. Effects of brief expo- sure to high temperature on survival and fecundity of two whitefly species;*Bemisia tabaci* B-biotype and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2008,41(2):424-430. )

[13] 练启仙,刘健锋,杨茂发,等. 大青叶蝉内共生菌的检测及其 16S rRNA 基因序列分析[J]. 环境昆虫学报,2017,39(2): 342-350. (Lian Q X, Liu J F, Yang M F, et al. Detection of en- dosymbionts and the sequences analysis of 16S rRNA gene in the green leafhopper (*Cicadella viridis*) [J]. Journal of Environmental Entomology,2017,39(2):342-350. )

[14] 陈琦,王俊岭,郭松景,等. 筛豆龟蝽的生物学特性研究[J]. 河南农业科学,2009,36(4):88-90. (Chen Q, Wang J L, Guo S J, et al. Study on the biological characteristics of *Megacopta cri- braria*[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences,2009,36(4): 88-90. )

[15] 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,2013:129. (Shi S S. Soybean pest manage- ment and technology [M]. Changchun: Jilin Publishing Group Limited Liability Company, 2013:129. )

[16] 李彦连,张爱民. 植物营养生长与生殖生长辩证关系解析 [J]. 中国园艺文摘,2012,28(2):36-37. (Li Y L, Zhang A M. Analysis of the relationship between plant nutrient growth and reproductive growth syndrome differentiation [J]. Chinese Horti- culture Abstracts,2012,28(2):36-37. )

[17] 秦厚国,谢有福. 水稻分蘖期二化螟为害补偿能力的研究 [J]. 植物保护,1992,18(5):2-4. (Qin H G, Xie Y F. Study on compensatory ability of *Chilo suppressalis* during tillering stage [J]. Plant Protection,1992,18(5):2-4. )

[18] 赵明,李建国,张宾,等. 论作物高产挖潜的补偿机制[J]. 作 物学报,2006,32(10):1566-1573. (Zhao M, Li J G, Zhang B, et al. The compensatory mechanism in exploring crop production potential [J]. Acta Agronomica Sinica, 2006, 32 (10):1566- 1573. )

[19] Luo F L, Nagel K A, Scharr H, et al. Recovery dynamics of growth,photosynthesis and carbohydrate accumulation after desub- mergence:A comparison between two wetland plants showing es- cape and quiescence strategies[J]. Annals of Botany,2011,107 (1):49-63.

[20] 吴雨珊,龚万灼,刘鑫,等. 套作大豆补偿生长能力综合分析 及其鉴定指标的筛选[J]. 中国油料作物学报,2016,38(4): 443-451. (Wu Y S, Gong W Z, Liu X, et al. Comprehensive a- nalysis and screening of compensation ability evaluation indicators for soybeans in relay strip intercropping system[J]. Chinese Jour- nal of Oil Crop Sciences,2016,38(4):443-451. )

[21] 谢皓,陈立军,韩俊,等. 大豆害虫点蜂缘蝽的危害特点与防 治方法[J]. 大豆科技,2016(6):11-13. (Xie H, Chen L J, Han J, et al. Damage characteristics and control methods of *Riptortus Pedestris* in soybean [J]. Soybean Science & Technology, 2016 (6):11-13. )

[22] 李艳琴,王艳晓. 2010 年舞阳县大豆症青荚少的原因及对策 [J]. 现代农业科技,2012(1):117-118. (Li Y Q, Wang Y X. Causes and countermeasures for reluctant ripen and few pods of soybean in Wuyang county in 2010 [J]. Modern Agricultural Sci- ence and Technology,2012(1):117-118. )

[23] 王灿. 作物产量与源流库学说[J]. 现代农村科技,2010(15):79. (Wang C. Theory of crop yield and source stream database[J]. Mod- ern Rural Science and Technology, 2010(15):79. )