调 查 研 究
Investigations

# 柠条种子小蜂在不同柠条寄主上的种群动态

张燕如[1*]， 许 琴[1]， 金树磊[2]， 任 聪[1]，
赵婷婷[3]， 晁开瑞[1]， 包文学[1]， 丛 林[1]

（1. 内蒙古农业大学林学院，呼和浩特 010019；2. 内蒙古大兴安岭森林消防支队，呼伦贝尔 022150；
3. 东北林业大学林学院，哈尔滨 150040）

**摘要** 2017年6月—7月，系统调查了树锦鸡儿、甘蒙锦鸡儿、荒漠锦鸡儿和中间锦鸡儿4种植物上第一代柠条种子小蜂种群动态及寄主荚果发育进程。结果表明，不同寄主植物上的柠条种子小蜂幼虫、蛹、成虫数量有显著性差异，密度大小依次为：树锦鸡儿＞中间锦鸡儿＞甘蒙锦鸡儿＞荒漠锦鸡儿。在发生时间动态上，柠条种子小蜂幼虫、蛹和成虫的数量基本呈现先逐渐上升后下降的趋势，4种寄主植物上不同虫态的柠条种子小蜂高峰期出现时间各不相同。甘蒙锦鸡儿上的小蜂出现最早，6月17日幼虫达到高峰期；中间锦鸡儿上的小蜂出现最晚，7月2日幼虫高峰期，7月14日成虫高峰期；树锦鸡儿与荒漠锦鸡儿居中。柠条种子小蜂发育进程与锦鸡儿植物的荚果发育进程吻合。本文讨论了柠条种子小蜂种群动态与寄主植物的关系，明确了柠条种子小蜂发生和达到高峰的时间，为柠条种子小蜂预测预报和综合治理提供依据。

**关键词** 柠条种子小蜂； 寄主植物； 时间动态

**中图分类号：** S 763.43 **文献标识码：** A **DOI：** 10.16688/j.zwbh.2018455

# Population dynamics of *Bruchophagus neocaraganae* (Liao) (Hymenoptera: Eurytomidae) on different host plants

ZHANG Yanru[1], XU Qin[1], JIN Shulei[2], REN Cong[1], ZHAO Tingting[3],
CHAO Kairui[1], BAO Wenxue[1], CONG Lin[1]

(1. *Forestry College of Inner Mongolia Agricultural University*, *Hohhot* 010019, *China*;
2. *Inner Mongolia Daxinganling Forest Fire Detachment*, *Hulunbuir* 022150, *China*;
3. *Forestry College of Northeast Forestry University*, *Harbin* 150040, *China*)

**Abstract** From June to July 2017, the population dynamics of the first generation of *Bruchophagus neocaraganae* Liao and host plant pod development on four host plants, i.e. *Caragana arborescens* Lam., *C. opulens* Kom., *C. roborovskyi* Kom. and *C. intermedia* Kuang *et* H. C. Fu, were systematically investigated. The results showed that there were significant differences in the number of larvae, pupa and adults of *B. neocaraganae* on different host plants. The order of the pest density was *C. arborescens* ＞ *C. intermedia* ＞ *C. opulens* ＞ *C. roborovskyi*. In terms of time dynamics, the number of larvae, pupa and adults of *B. neoaraganae* showed a trend of increasing first and then decreasing. The emergence time of *B. neocaraganae* at different peaks on the four host plants were different. *B. neocaraganae* on *C. opulens* first appeared and reached larvae peak on June 17. *B. neocaraganae* on *C. intermedia* appeared the latest, with the peak of larvae on July 2 and the peak of adults on July 14. *C. arborescens* and *C. roborovskyi* are in the middle. The development process of *B. neocaraganae* is consistent with the pod development process of *Caragana* plants. In this paper, the relationship between population dynamics of *B. neocaraganae* and host plants was discussed, and the occurrence and peak time of *B. neocaraganae* was clarified, which provides an important theoretical basis for prediction and comprehensive management of *B. neocaraganae*.

**Key words** *Bruchophagus neocaraganae*; host plant; time dynamic

**收稿日期：** 2018－10－25 **修订日期：** 2018－11－06
**基金项目：** 内蒙古农业大学高层次人才科研启动计划(203206038)；内蒙古自治区高等学校科学研究项目(NJZZ18047)；内蒙古自治区林学“双一流”建设项目(170001)
* 通信作者 E-mail:zhangyanru4479@126.com

柠条种子小蜂 *Bruchophagus neocaraganae*（Liao）又名锦鸡儿广肩小蜂和柠条广肩小蜂，属膜翅目 Hymenoptera 广肩小蜂科 Eurytomidae，是我国林业危险性有害生物[1]。据文献记载，柠条种子小蜂的寄主植物有树锦鸡儿 *Caragana arborescens* Lam.、中间锦鸡儿 *C. intermedia* Kuang *et* H. C. Fu、柠条锦鸡儿 *C. korshinskii* Kom. 和小叶锦鸡儿 *C. microphylla* Lam.[2-4]。锦鸡儿属栽培种通常被称为柠条[5]。柠条是我国干旱、半干旱地区重要的生态建设树种，同时也是最优良的饲用灌木树种，具有显著的生态效益和经济效益[4]。

柠条种子小蜂取食柠条种仁，严重时柠条种仁被吃光，仅剩种皮，导致被害种子发芽率为 0 或极低。随着柠条在“三北”地区大面积种植，柠条种子小蜂的为害逐年加剧，严重影响柠条种子的产量和质量[4,6]。宋素杰和鄂晓勤首次对柠条种子小蜂的形态、发生规律和为害特点进行了初步研究[6]；杨美良对柠条种子小蜂的生活习性做了详细的观察研究，并提出了最佳的防治时期及药剂[7]；苏日娜等研究了柠条种子主要害虫的化学防治及生物防治技术[8]；罗于洋等对柠条锦鸡儿、中间锦鸡儿、小叶锦鸡儿种子害虫的田间种群消长规律进行了研究[9]。目前，关于树锦鸡儿、荒漠锦鸡儿、甘蒙锦鸡儿和中间锦鸡儿 4 种植物上的柠条种子小蜂种群动态研究鲜见报道。

柠条种子小蜂一年发生 2 代，以幼虫在种子内越冬[6]。本研究通过解剖荚果系统调查了内蒙古林科院树木园锦鸡儿混交林内树锦鸡儿、甘蒙锦鸡儿、荒漠锦鸡儿和中间锦鸡儿 4 种植物上第一代柠条种子小蜂种群数量及种群动态，旨在为探讨柠条种子小蜂预测预报和实现害虫综合防治提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验设在内蒙古林科院树木园的锦鸡儿属植物混交林内，选择树锦鸡儿、甘蒙锦鸡儿、荒漠锦鸡儿、中间锦鸡儿调查柠条种子小蜂的种群动态（表 1）。

**表 1 柠条种子小蜂 4 种寄主植物信息表1)**

**Table 1 Information of four host plants of *Bruchophagus neocaraganae***

| 植物 Plant | 平均树高/m Tree height | 平均冠幅/m Crown | 平均地径/cm Ground diameter | 总分布面积/m² Total distribution area |
|---|---|---|---|---|
| 树锦鸡儿 *Caragana arborescens* | 2.35±0.11 | 1.31±0.25 | 3.09±0.17 | 58.62 |
| 甘蒙锦鸡儿 *Caragana opulens* | 1.36±0.31 | 0.70±0.13 | 1.08±0.23 | 69.42 |
| 荒漠锦鸡儿 *Caragana roborovskyi* | 1.23±0.23 | 0.97±0.24 | 1.46±0.22 | 36.54 |
| 中间锦鸡儿 *Caragana intermedia* | 1.72±0.15 | 1.21±0.42 | 1.77±0.14 | 47.79 |

1) 冠幅为树冠垂直投影面积，采用东、西、南、北 4 个方向计算冠幅，公式 $W=(W_{东}+W_{西}+W_{南}+W_{北})/4$，式中 $W_{东}$、$W_{西}$、$W_{南}$、$W_{北}$ 分别代表树木东、西、南、北四个方向的冠幅长度[10]。
The crown width is the vertical projection area of the canopy. It is calculated from the crown directions of the east, west, south and north. The formula $W=(W_{east}+W_{west}+W_{south}+W_{north})/4$, where $W_{east}$, $W_{west}$, $W_{south}$ and $W_{north}$ represent the length of the crown in four directions of east, west, south and north[10].

### 1.2 试验方法

试验于 2017 年 6 月 2 日—7 月 20 日进行，每 3 d 在内蒙古林科院树木园锦鸡儿混交林内进行 1 次调查。6 月上旬为锦鸡儿结荚盛期，种子尚未发育，此时第一代柠条种子小蜂幼虫刚孵化。7 月中旬绝大多数锦鸡儿种子处于成熟阶段，种子开始变硬，柠条种子小蜂越冬代幼虫开始出现，为避免世代重叠导致数据不准确，本研究设置调查截止时间为 7 月 20 日。

分别对上述 4 种锦鸡儿植物上的柠条种子小蜂进行系统调查。每种植物从东、南、西、北 4 个方向随机取样，共采集 10 个荚果，每种植物调查 5 株。重复 3 次。将采集的荚果带回实验室，首先用游标卡尺测量荚果长度和宽度，然后在体视显微镜下解剖，测量种子长度和宽度，每个荚果随机测量 1 个健康种子，测量后，仔细解剖并记录荚果内处于幼虫期及蛹期的柠条种子小蜂的数量。成虫羽化期间，同样方法采集荚果，将荚果保存于通风保湿的饲养盒内，记录成虫羽化的时间与数量。

### 1.3 统计分析

采用 SPSS 21.0 软件对数据进行单因素方差分析（One-way ANOVA）和多重比较（LSD）。

## 2 结果与分析

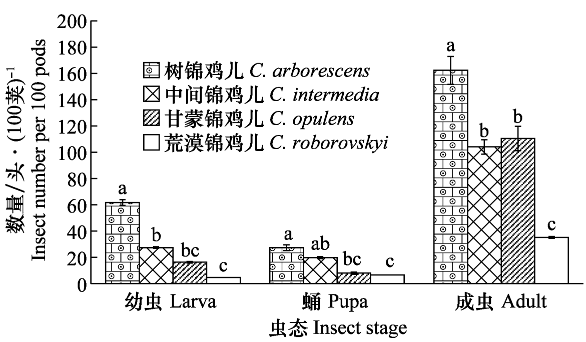
### 2.1 不同寄主植物上柠条种子小蜂的数量分布

调查结果（图 1）表明，在树锦鸡儿、中间锦鸡儿、甘蒙锦鸡儿、荒漠锦鸡儿上每 100 个荚果中柠条种子

小蜂幼虫的数量分别为(61.62±2.16)头、(27.45±0.73)头、(16.25±0.52)头、(4.67±0.04)头。其中,树锦鸡儿上的幼虫最多,其次是中间锦鸡儿和甘蒙锦鸡儿,荒漠锦鸡儿上幼虫数量最少。树锦鸡儿上幼虫数量与其他 3 种寄主植物均存在显著差异($P<0.05$);荒漠锦鸡儿与中间锦鸡儿存在显著差异;中间锦鸡儿与甘蒙锦鸡儿差异不显著($P>0.05$)。

树锦鸡儿、中间锦鸡儿、甘蒙锦鸡儿、荒漠锦鸡儿上每 100 个荚果柠条种子小蜂蛹的数量分别为(27.36±2.15)头、(19.70±0.72)头、(3.73±0.88)头、(2.33±0.02)头(图 1)。其中树锦鸡儿上的蛹最多,其次为中间锦鸡儿,甘蒙锦鸡儿和荒漠锦鸡儿上蛹数量最少。树锦鸡儿和荒漠锦鸡儿、甘蒙锦鸡儿有显著差异,中间锦鸡儿和荒漠锦鸡儿存在显著差异,其他的寄主间没有显著差异(图 1)。

成虫在树锦鸡儿、中间锦鸡儿、甘蒙锦鸡儿、荒漠锦鸡儿上每 100 个荚果发生的数量分别为(162.32±10.64)头、(104.10±5.46)头、(110.37±9.21)头、(35.13±0.81)头。树锦鸡儿上的成虫最多,其次为甘蒙锦鸡儿和中间锦鸡儿,荒漠锦鸡儿上数量最少。树锦鸡儿与其他 3 种寄主植物均有显著差异;中间锦鸡儿和甘蒙锦鸡儿差异不显著;荒漠锦鸡儿与其他 3 种寄主植物差异显著(图 1)。




不同小写字母表示同一虫态不同寄主间差异显著($P<0.05$)
Different lowercase letters indicate significant differences between different hosts at the same stage ($P<0.05$)

**图 1　柠条种子小蜂不同虫态在不同寄主植物上的数量分布**

**Fig. 1　Distribution *Bruchophagus neocaraganae* at different developmental stages on different host plants**

## 2.2　不同寄主植物上柠条种子小蜂种群动态变化

2017 年 6 月—7 月,柠条种子小蜂幼虫、蛹和成虫在树锦鸡儿、甘蒙锦鸡儿、荒漠锦鸡儿、中间锦鸡儿上的种群动态变化基本为先逐渐上升后下降的趋势。在甘蒙锦鸡儿上柠条种子小蜂幼虫发生的高峰期较早,大约在 6 月 17 日。在树锦鸡儿和荒漠锦鸡儿上,幼虫的高峰期集中在 6 月 30 日左右,之后幼虫逐渐化蛹,数量逐渐减少。中间锦鸡儿上柠条种子小蜂幼虫的高峰期比以上 3 种寄主植物晚一些,出现两次高峰期,分别在 7 月 2 日和 7 月 14 日(图 2)。

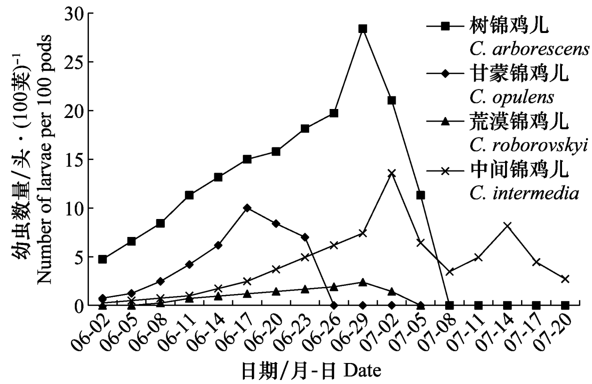



**图 2　柠条种子小蜂幼虫在不同寄主上的种群动态**

**Fig. 2　Population dynamics of *Bruchophagus neocaraganae* larvae on different hosts**

6 月 11 日 4 种寄主植物上开始出现柠条种子小蜂蛹。6 月 23 日,甘蒙锦鸡儿上的柠条种子小蜂幼虫大量化蛹,处于化蛹高峰期。7 月 2 日左右,树锦鸡儿和荒漠锦鸡儿上柠条种子小蜂处于化蛹高峰期。中间锦鸡儿上柠条种子小蜂的化蛹高峰集中在 7 月 8 日左右,比其他 3 种植物稍晚(图 3)。

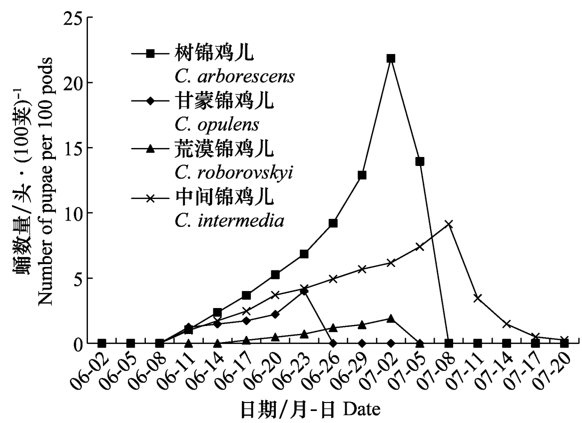



**图 3　柠条种子小蜂蛹在不同寄主上的种群动态**

**Fig. 3　Population dynamics of *Bruchophagus neocaraganae* pupae on different hosts**

6 月上旬柠条种子小蜂第一代成虫开始羽化,7 月中旬进入羽化盛期。7 月 5 日,甘蒙锦鸡儿上的蛹大量羽化,进入成虫高峰期。树锦鸡儿和荒漠锦鸡儿上成虫的高峰期稍晚,集中在 7 月 8 日左右。中间锦鸡儿上柠条种子小蜂成虫高峰期最晚,集中在 7 月 14 日左右(图 4)。

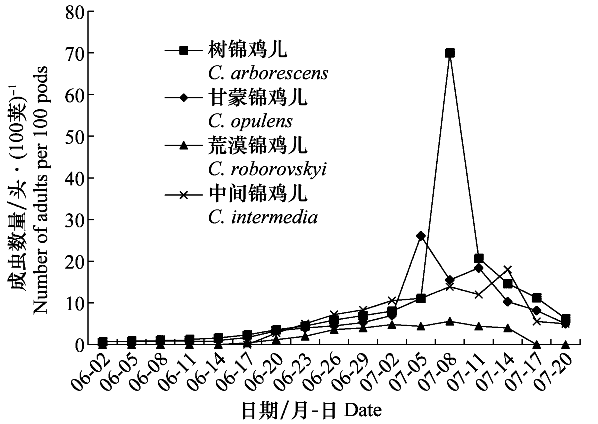



图 4　柠条种子小蜂成虫在不同寄主上的种群动态

Fig. 4　Populations dynamics of *Bruchophagus neocaraganae* adults on different hosts

## 3　结论与讨论

据报道,柠条种子小蜂的寄主植物有树锦鸡儿、中间锦鸡儿、柠条锦鸡儿和小叶锦鸡儿[2-4, 11-16]。本研究发现,在内蒙古自治区柠条种子小蜂还为害甘蒙锦鸡儿和荒漠锦鸡儿,这两种植物为柠条种子小蜂新寄主。甘蒙锦鸡儿属于特强耐旱树种,其耐旱性比以强抗旱性而著称的柠条锦鸡儿还强[17-18],并且分布广泛,主要分布于内蒙古高原东起大青山、二连浩特,西至阿拉善左旗、贺兰山的广大区域[19]。目前关于柠条种子小蜂为害甘蒙锦鸡儿的研究还未见报道。本研究表明,柠条种子小蜂在甘蒙锦鸡儿上的数量分布与中间锦鸡儿差异不显著,而中间锦鸡儿被柠条种子小蜂为害早有报道,1980 年仅在内蒙古伊克昭盟林科所柠条试验林内种子被害率达 50%以上,并且全盟有柠条的地区均有发生[6]。

荒漠锦鸡儿是锦鸡儿属重要物种,分布于内蒙古、陕西、宁夏、甘肃、青海和新疆,主要分布于荒漠区,是适合荒漠气候的优势种,并且荒漠锦鸡儿既可以进行无性繁殖,又可以进行有性繁殖,且无性繁殖所占比例(95.8%)明显高于有性繁殖(4.2%)[20]。本研究发现几种锦鸡儿混交林内荒漠锦鸡儿受柠条种子小蜂为害程度最轻,每 100 个荚果的种子小蜂幼虫发生数量仅为(4.67±0.04)头,因此可判断荒漠锦鸡儿对柠条种子小蜂抗性最强,初步观察发现荒漠锦鸡儿豆荚表面布满长绒毛,不利于柠条种子小蜂着落产卵,可能是其抗虫性强的主要原因。

4 种锦鸡儿植物中树锦鸡儿受害程度最重。树锦鸡儿是锦鸡儿属模式种,也是该属植物的原始种,主要分布于西西伯利亚东南部和东亚北部(华北-东北-远东)两块间断分布区[21]。1996 年姚国君等曾报道内蒙古扎兰屯地区牧草园中树锦鸡儿种仁内柠条种子小蜂大发生,果荚受害率达 40.0%～68.2%[3]。树锦鸡儿作为良好的园林绿化树种,具有树姿优美,花色迷人等特点,秋实累累,令人赏心悦目[22],柠条种子小蜂的为害一定程度上影响了荚果的观赏性。树锦鸡儿荚果表面相对光滑,绒毛相对其他 3 种锦鸡儿植物短且少,便于种子小蜂着落产卵,可能是其受害严重的原因之一。树锦鸡儿作为锦鸡儿属原始种,受种子小蜂为害严重,锦鸡儿属其他植物是否会被为害有待进一步调查。

对锦鸡儿种子发育物候期进行观察发现,甘蒙锦鸡儿种子发育最早,6 月 17 日荚果出现第一个生长高峰,6 月 26 日荚果已有 80%以上开裂,而甘蒙锦鸡儿上的柠条种子小蜂发育进程也相对提前,荚果发育高峰期也是柠条种子小蜂幼虫种群数量高峰期;中间锦鸡儿物候期最长,种子成熟最晚,7 月 5 日后中间锦鸡儿种子几乎停止生长,7 月 20 日左右荚果开始大部分开裂,而中间锦鸡儿上的柠条种子小蜂 7 月 2 日左右达到幼虫数量高峰期,7 月 14 日达到成虫羽化高峰;树锦鸡儿和荒漠锦鸡儿荚果发育进程相似,在 6 月 20 日－26 日间荚果长度和宽度达到最高峰,荚果几乎停止生长,6 月 29 日树锦鸡儿和荒漠锦鸡儿上幼虫数量达到高峰期。说明柠条种子小蜂的入侵及营养需要与锦鸡儿荚果和种子的发育的关系密切,柠条种子小蜂的发育进程与锦鸡儿荚果和种子发育进程契合,以确保种子能为幼虫的发育提供充足的营养。不同寄主植物荚果发育进程不同,种子小蜂的种群动态也不同,幼虫高峰期可最多相差 15 d,成虫高峰期可相差 9 d。不同寄主上的柠条种子小蜂各虫龄发育历期是否存在差异有待进一步研究。罗于洋曾对中间锦鸡儿上的第一代柠条种子小蜂幼虫种群消长规律进行过研究,表明在当地 7 月其种群数量达到最高峰[4],本研究表明 7 月 2 日柠条种子小蜂幼虫数量达到最高峰。不同年份间的种群动态往往受气候影响而表现出差异[23-24]。从柠条种子小蜂种群动态与 4 种不同寄主荚果发育进程的契合性以及不同年份间的种群动态差异性可推断其种群消长类型为气候-食物制约型[25]。

## 参考文献

[1]　李娟,崔永三,宋玉双,等.我国林业检疫性和危险性有害生物新名单的特点[J].中国森林病虫,2013,32(5):42-47.

(下转 302 页)

Pathology, 2012, 111(1):1－12.
[22] WHITE G F. A method for obtaining infective nematode larvae from cultures [J]. Science, 1927, 66(1709):302－303.
[23] GAUGLER R. Entomopathogenic nematodes[M]. Wallingford, UK:CBAI. Parasitology, 2002: 115－144.
[24] MALAN A P, KONETAE R, MOORE S D. Isolation and identification of entomopathogenic nematodes from citrus orchards in South Africa and their biocontrol potential against false codling moth [J]. Journal of Invertebrate Pathology, 2011, 108(2):115－125.
[25] KOPPENHÖFER A M, GREWAL P S, KAYA H K. Synergism of imidacloprid and entomopathogenic nematodes against white grubs: the mechanism[J]. Entomologia Experimentalis et Applicata, 2000, 94(3):283－293.
[26] KOPPENHÖFER A M, KAYA H K. Additive and synergistic interaction between entomopathogenic nematodes and *Bacillus thuringiensis* for scarab grub control [J]. Biological Control, 1997, 8(2):131－137.
[27] KOPPENHÖFER A M, COWLES R S, COWLES E A, et al. Comparison of neonicotinoid insecticides as synergists for entomopathogenic nematodes [J]. Biological Control, 2002, 24(1): 90－97.
[28] MCVAY J R, GUDAUSKAS R T, HARPER J D. Effects of *Bacillus thuringiensis* nuclear-polyhedrosis virus mixtures on *Trichoplusia ni* larvae [J]. Journal of Invertebrate Pathology, 1997, 29(3):367－372.
[29] 秦久刚,周意滨. 新线虫DD—136防治粘虫研究初报[J]. 湖北农业科学,1984(6):21－22.
[30] 张自亮,雷书芳,王合松,等. 1990年人工释放中华卵索线虫防治麦田一代粘虫试验[J]. 生物防治通报,1992(4):148－150.
[31] 蒋善军,罗礼智,胡毅,等. Cry1Ac毒蛋白对粘虫生长发育、繁殖及飞行能力的影响[J]. 昆虫学报,2010,53(12):1360－1366.
[32] 姚萌,王奎,束长龙,等. 苏云金芽胞杆菌G03菌株的比较基因组分析[J]. 生物技术通报,2018(10):187－193.
[33] ALI M L, LULLTTRELL R G, YOUNG S Y. Susceptibilities of *Helicoverpa zea* and *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) population to Cry1Ac insecticidal protein [J]. Journal of Economic Entomology, 2006, 99(1):164－175.
[34] TABASHNIK B E. Communal benefits of transgenic corn [J]. Science, 2010, 330(6001):189－190.
[35] 王小奇,束长龙,蒋健,等. 对大黑鳃金龟甲幼虫高效的苏云金芽胞杆菌筛选及Cry基因鉴定[J]. 植物保护学报,2016,43(3):483－492.
[36] 杨秀芬,杨怀文. 昆虫病原线虫的致病机理[J]. 中国生物防治,1998(4):38－42.
[37] 谭树乾. Cry8Ga1和Cry8Ea1蛋白毒杀蛴螬的生理生化机制研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2013.

（责任编辑：杨明丽）

(上接272页)

[2] 高步衢,耿海冬,杨静莉,等. 国内检疫性林木种实害虫记述[J]. 植物检疫,1990(S1):1－11.
[3] 姚国君,陈申宽. 扎兰屯锦鸡儿广肩小蜂发生危害调查[J]. 内蒙古草业,1996(S2):28－31.
[4] 罗于洋. 柠条种子害虫对柠条种子生产的影响及其综合治理研究[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2005.
[5] 常朝阳. 中国锦鸡儿属植物分类研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2008.
[6] 宋素杰,鄂晓勤. 柠条种子小蜂初步研究[J]. 森林病虫通讯,1985(1):7－8.
[7] 杨美良. 柠条种子小蜂及其防治[J]. 内蒙古林业科技,1998(1):40.
[8] 苏日娜,金花. 柠条种子主要害虫及其防除途径[J]. 内蒙古草业,2011,23(3):61－64.
[9] 罗于洋,金花,王树森. 内蒙古西部干旱区柠条种子害虫田间种群消长规律及其幼虫种群发育进程研究[J]. 西北林学院学报,2009,24(3):112－117.
[10] 卢妮妮,王新杰,张鹏,等. 不同林龄杉木胸径树高与冠幅的通径分析[J]. 东北林业大学学报,2015,43(4):12－16.
[11] 陈应武,李新荣,张景光,等. 昆虫寄生对柠条种子命运的影响[J]. 中国沙漠,2006,26(6):1015－1019.
[12] 萧刚柔主编. 中国森林昆虫[M]. 第2版. 北京:中国林业出版社,1992:1231－1232.
[13] 牛西午主编. 柠条研究[M]. 北京:科学出版社,2003:166－168.
[14] 齐晓英,刘宏波. 柠条种子小蜂特性及防治技术[J]. 内蒙古林业科技,1993(4):33－35.
[15] 中国植物保护学会植物检疫学分会主编. 植物检疫害虫彩色图谱[M]. 北京:科学出版社,1993:182－183.
[16]《林木果树病虫害防治》编写小组. 林木果树病虫害防治[M]. 呼和浩特:内蒙古人民出版社,1974:16－17.
[17] 朱春云,赵越,刘霞,等. 锦鸡儿等旱生树种抗旱生理的研究[J]. 植物研究,1996,13(1):59－63.
[18] 李进,张秀伏. 梯度分析技术用于植物抗旱性的研究[J]. 西北植物学报,1996(3):284－292.
[19] 富象乾. 锦鸡儿属. 内蒙古植物志[M]. 呼和浩特:内蒙古人民出版社,1977:215－238.
[20] 张建华,马成仓,高玉葆. 干旱荒漠区荒漠锦鸡儿种群繁殖对策研究[J]. 草地学报,2012,20(3):434－437.
[21] 赵一之. 树锦鸡儿的分布式样及其生态适应[J]. 植物研究,2006,26(4):402－404.
[22] 于倩玉,于树成. 树锦鸡儿在园林绿化中的应用[J]. 林业勘查设计,2011(4):65－66.
[23] BERNARD J, EWING C, MESSING R. The structure and phenology of non-native scolytine beetle communities in coffee plantations on Kaua'i [J]. Insects, 2018, 9(4):123.
[24] GU Shimin, HAN Peng, YE Zhengpei, et al. Climate change favours a destructive agricultural pest in temperate regions: late spring cold matters [J]. Journal of Pest Science, 2018, 91(4): 1191－1198.
[25] 刘向东. 昆虫生态及预测预报[M]. 第4版. 北京:中国农业出版社,2016.

（责任编辑：杨明丽）