技术与方法

白星花金龟室内外繁育技术研究*

徐 韬[1**] 张广杰[1] 杨 柳[1] 羌 松[1] 马德英[1***] 刘玉升[2***]

（1. 新疆农业大学农学院，农林有害生物监测与安全防控重点实验室，乌鲁木齐 830052；
2. 山东农业大学植物保护学院，泰安 271018）

摘 要 【目的】根据新疆气候特点和白星花金龟 *Protaetia brevitarsis* Lewis 生物学特性，探究在新疆人工繁育白星花金龟的可行性及潜力，以期为白星花金龟在新疆的人工繁殖和转化利用畜禽粪便提供科学依据。**【方法】**以牛粪为繁育基质，在适宜季节分别在室内外保育白星花金龟的蛹及作为成虫产卵基质，最终统计比较室内外成虫的羽化及产卵情况。**【结果】**室外露天条件更利于白星花金龟的羽化，老熟幼虫做土室 26 d 后羽化出成虫，比室内及室外棚下处理提前 4 d。在化蛹 30 d 后进入羽化高峰期，持续 13 d，羽化率 83%。成虫雌雄比接近 1∶1，雌虫羽化时间早于雄虫 1-3 d。白星花金龟成虫室内外产卵量差异不显著（$P<0.05$），室内单雌产卵量 109.80 粒，室外 105.94 粒，成虫羽化后 30-35 d 进入产卵高峰期，第 60 天室内外成虫产卵量显著下降（$P<0.05$），甚至不产卵。**【结论】**白星花金龟规模化人工繁育在新疆是可行性的，在室外自然条件和室内控温条件下白星花金龟繁育的效果差异不显著。

关键词 白星花金龟；人工繁育；新疆

Technology for breeding *Protaetia brevitarsis* Lewis indoors and outdoors

XU Tao[1**] ZHANG Guang-Jie[1] YANG Liu[1] QIANG Song[1] MA De-Ying[1***] LIU Yu-Sheng[2***]

(1. College of Agriculture, Xinjiang Agricultural University, Key Laboratory of the Pest Monitoring and Safety Control on Crop and Forest, Urumqi 830052, China; 2. College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China)

Abstract [Objectives] To investigate the feasibility and economic potential of the captive breeding of *Protaetia brevitarsis* Lewis in Xinjiang with a view to providing a scientific basis for this process and the utilization of livestock and poultry feces in this province. **[Methods]** Cattle manure was used as a breeding and oviposition substrate for adults. *P. brevitarsis* pupae were reared both indoors and outdoors in the appropriate seasons and oviposition and emergence rates of indoor and outdoor colonies was compared. **[Results]** Outdoor conditions were more conducive to adult emergence. In outdoor colonies, adults emerged 26 days after pupation, 4 days earlier than those kept indoors or in outdoor sheds. The peak period of emergence, during which the emergence rate reached 83%, began 30 days after pupation and lasted for 13 days. The post-emergence male-female sex ratio was close to 1∶1. Females emerged about 1 to 3 days earlier than males. There was not much difference in the oviposition rates of indoor and outdoor colonies, which were 109.80 eggs per female and 105.94 eggs per female, respectively. Both indoor and outdoor colonies entered the peak period of oviposition 30-35 days after emergence but oviposition declined sharply to almost zero by the 60th day. **[Conclusion]** Large-scale artificial breeding of *P. brevitarsis* is feasible in Xinjiang. There is little difference in oviposition and adult emergence rates, or in the adult sex ratio, of colonies kept outdoors under natural conditions and those kept indoors under temperature controlled conditions.

Key words *Protaetia brevitarsis* Lewis; artificial beeding; Xinjiang

---

*资助项目 Supported projects：国家重点研发计划项目（2018YFD02011300）

**第一作者 First author，E-mail：xutaoha1@qq.com

***共同通讯作者 Co-corresponding authors，E-mail：mdyxnd@163.com；ysl8877@163.com

收稿日期 Received：2020-02-02；接受日期 Accepted：2020-04-04

白星花金龟 *Protaetia brevitarsis* Lewis，属鞘翅目 Coleoptera，花金龟科 Cetoniidae。在国内外分布广泛，成虫食性杂，为害多种主要农作物（魏鸿钧和黄文琴，1992；高九思等，2005；李涛等，2010）。自 2001 年在新疆昌吉首次发现后，便不断地蔓延扩散，对新疆农林生产造成极大的破坏，为害率达到 20%-30%，严重地块达到 90%以上（郭文超等，2004；索中毅等，2015）。新疆集约化发展的畜牧业和林果业为白星花金龟创造了优良生存的环境，使它能大量繁衍，最终成为了新疆重要的农业害虫。因此，针对白星花金龟成虫的防治成为新疆的研究热点（吐努合・哈米提，2011；蒋雯等，2014；王萍莉等，2014），却忽视了其幼虫在大自然中扮演着分解者的角色。

白星花金龟幼虫为腐食性，常见于长期堆放的腐烂农作物秸秆或畜禽粪堆中，不危害植物，是一种环境昆虫。白星花金龟幼虫可取食腐烂农业有机废弃物，将农业有机废弃物转化为虫粪有机肥（郑洪源，2005；尹素真，2016），已有研究表明白星花金龟可较好地转化玉米秸秆、食用菌菌糠、苹果园废弃物等农业有机废弃物（杨诚，2014；张倩，2015；孙晨可，2018；王倩，2019），同时其虫体还可被开发用于医药和畜禽饲料领域（Yoo *et al*，2007；Lee *et al*，2014；杨诚等，2014）。用白星花金龟来处理农业有机废弃物可望成为一条新的废物资源化利用途径。

新疆作为一个畜牧大省，有大量畜禽粪便待解决。据统计，2016 年新疆畜禽养殖粪便产生量 6.89×10^7 吨，畜禽粪污综合利用率仅为 70%（易驾鸯等，2019）。从大生态的观念出发，贯彻人与自然协调发展理念，在充分掌握白星花金龟年生活史和成灾的根本原因之后，采取源头治理策略，在可控条件下集中管控畜禽粪便饲养白星花金龟，化害为利，既集中解决畜禽粪便污染问题与破坏白星花金龟的野外繁殖场所，从源头解决了虫害问题，又可产出具有高价值的昆虫蛋白及虫粪有机肥产品。这一设想在理论上可行，但在新疆还未有白星花金龟的人工繁育及资源化利用的相关研究。因此，本研究根据新疆气候特点和白星花金龟生物学特性，比较研究了在新疆的室内与室外人工繁育白星花金龟的适宜条件，以了解在新疆繁育白星花金龟的可行性及潜力，以期为白星花金龟在新疆的人工繁殖和转化利用畜禽粪便提供科学依据。

1　材料与方法

1.1　材料

1.1.1　主要实验原料　白星花金龟（采自玛纳斯县塔西河乡周边）、牛粪基质（取自玛纳斯县塔西河乡养殖场，经人工好氧堆腐 40 d）、RW 促腐剂（人元生物技术发展有限公司）、西瓜皮（人们吃剩丢弃的瓜皮）。

1.1.2　主要实验仪器或器具　50 cm×40 cm×20 cm 塑料盆及配套产卵筛、60 cm×50 cm×40 cm 养虫笼、养虫架、纱网（购于乌鲁木齐市华凌市场）、电子天平（LT3002，常熟市天量仪器有限责任公司）、电热鼓风干燥箱（北京市永光明医疗仪器有限公司）

1.2　实验方法

1.2.1　白星花金龟室内外羽化效果研究　2019 年 5 月上旬在玛纳斯县进行试验，野外采集白星花金龟越冬老熟幼虫，挑选健康老熟幼虫，并用生石灰进行表面消毒，以腐熟牛粪饲养。每日观察幼虫化蛹情况，实验过程中不断剔除死虫和病虫，待幼虫化蛹后备用。试验设置 3 个处理，在 50 cm×40 cm×20 cm 塑料盆中铺入 5 cm 厚度的腐熟牛粪，盆中放入 100 个刚结土室的白星花金龟蛹，在其上再覆盖一层 10 cm 厚度的腐熟牛粪，把塑料盆放入 60 cm×50 cm×40 cm 养虫笼内密封。将养虫笼分别置于室内、室外棚下和室外露天 3 种环境当中。室内保持温度（25±2）℃，室外露天处理除去养虫盆使笼子底部与土壤接触，直接放入白星花金龟蛹再用牛粪覆盖。每个处理重复 3 次，保持牛粪内部水分含量为 50%±5%。20 d 后向养虫笼内放入一块西瓜皮，在不干扰的情况下，每天观察记录羽化虫量。

1.2.2　室内室外成虫产卵效果对比　7 月中旬，

分别在室内和室外条件下，用 60 cm×50 cm×40 cm 养虫笼饲养白星花金龟成虫。在养虫笼内放入 50 cm×40 cm×20 cm 塑料养虫盆，盆内放置一个产卵筛。将厚度 15 cm、含水量为 55%±5% 的腐熟牛粪放入养虫盆中，并放入同一天羽化的雌雄成虫 50 对，用西瓜喂食。待成虫产卵，每 5 d 收集一次卵，记录产卵量，并更换新的产卵基质，直至雌虫全部死亡。室内室外处理各重复 3 次，室内实验选择坐北朝南光照良好的房间，保持室内温度为（25±2）℃，室外实验选择在遮雨棚下以防止雨水影响成虫产卵。

1.3 数据分析

使用 SPSS19 软件进行统计分析，采用 Duncan's 新复极差法和 *T*-检验进行差异性分析，使用 Microsoft Excel 2013 整理数据和绘制图表。

2 结果与分析

2.1 白星花金龟室内外羽化效果对比

2.1.1 不同环境下白星花金龟羽化数量动态

从图 1 和表 1 中可以看出，白星花金龟在化蛹后的第 26 天室外露天处理组开始出现成虫，在第 30 天至第 42 天期间形成羽化高峰期，此时间段羽化的成虫数量占羽化总数的 92.71%，该处理蛹期持续 26 d 至 45 d，整个羽化期持续 20 d，羽化率达 83%。室内处理组在化蛹后第 30 天开始出现成虫，在第 34 天至第 42 天形成羽化高峰期，此时间段羽化的成虫数量占羽化总数的 84.84%，该处理蛹期持续 30 d 至 50 d，整个羽化期持续 18 d，羽化率达 77%。室外棚下处理组在化蛹后第 30 天开始出现成虫，在第 33 天至第 45 天形成羽化高峰期，此时间段羽化的成虫数量占羽化总数的 89.88%，该处理蛹期 30 d 至 50 d，整个羽化期持续 19 d，羽化率 82.33%。

此试验中，室外露天处理组比其他 2 个处理提前 4 d 开始羽化，提前 3-4 d 达到羽化高峰期，与室内处理组同时结束羽化高峰期，比室外棚下处理提前 3 d 结束。3 个处理组之间的羽化期及羽化率经方差分析差异不显著。

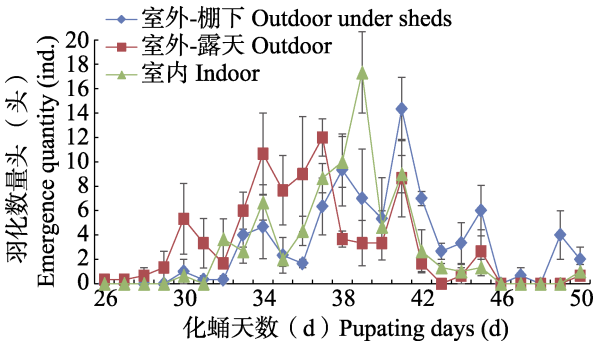

图 1 不同环境下白星花金龟羽化动态

Fig. 1 Emergence dynamics of *Protaetia brevitarsis* in different environments

表 1 不同处理的羽化期及羽化率

Table 1 Emergence days and emergence rate of different treatments

处理 Treatment	羽化期（d） Emergence days	羽化率（%） Emergence rate
室外棚下 Outdoor sheds	19.00±0.58a	82.33±4.18a
室外露天 Outdoor condition	20.00±0.00a	83.00±2.08a
室内 Indoor condition	18.00±2.00a	77.00±3.61a

表中数据为平均值±标准误；表中每列数据后标有不同字母表示差异显著（Duncan's 新复极差法，$P<0.05$）。Data in the table are mean±SE, and followed by different letters in the same column indicate significantly different by Duncan's multiple range test ($P<0.05$).

2.1.2 不同环境下白星花金龟雌雄虫羽化情况

如图 2 所示，室外棚下处理，雌虫比雄虫提前 3 d 羽化，且在前 4 d 雌虫羽化数量都要大于雄虫。之后雌雄虫羽化情况大致相同。最终雌虫的数量占羽化总数的 51.83%，雄虫占 48.17%。

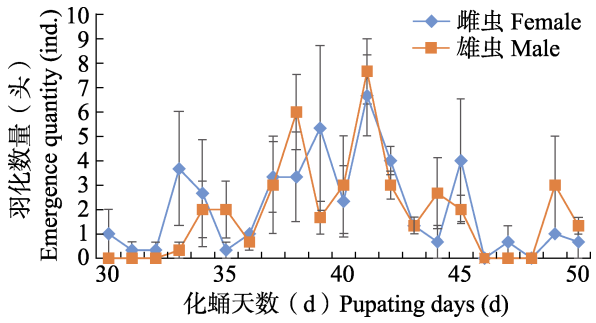

图 2 室外-棚下雌雄虫羽化动态

Fig. 2 Dynamics of female and male emergence in outdoor shed

如图 3 所示，室外露天处理的前期，雌雄虫羽化情况基本一致，直至化蛹后第 34 天雌虫数量出现一个高峰，单日羽化数量达到 7 头，在此之后雌雄虫又以相似的情况羽化。直至第 41 天雄虫出现一个羽化高峰，单日羽化 6 头，此后白星花金龟的羽化进入尾声。最终雌虫的数量占羽化总数的 50.19%，雄虫占 49.81%。

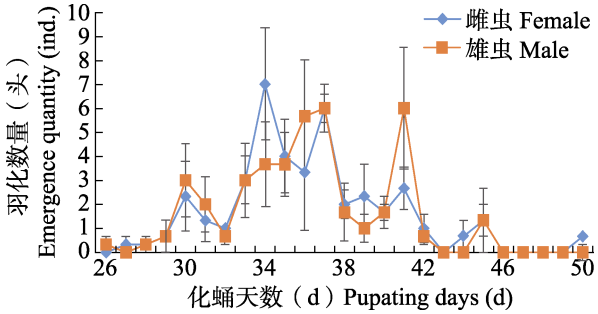

图 3　室外-露天雌雄虫羽化动态

Fig. 3　Dynamics of female and male emergence in outdoor

如图 4 所示，室内处理于化蛹后 30 d 首先出现了羽化的雄虫，但是数量极少。2 d 后该处理组的整体羽化的数量开始增多，且以雌虫领先，持续 4 d。在此之后每日羽化的雄虫数量开始多于雌虫的数量，持续 6 d，在此之后整个羽化过程已接近末期。最终雌虫的数量占羽化总数的 49.34%，雄虫占 50.66%。

从 3 个处理组的结果来看，白星花金龟最终的羽化成虫数量的雌雄比接近于 1∶1。但是雌虫会比雄虫提前 1-3 d 左右开始羽化，且在前期

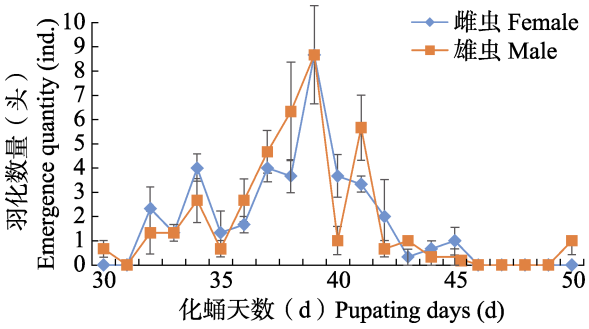

图 4　室内雌雄虫羽化动态

Fig. 4　Dynamics of female and male emergence in indoor

雌虫数量会大于雄虫数量。

2.1.3　不同环境未成功羽化原因分析　在本试验中 3 组处理的白星花金龟都未全部羽化，室外棚下处理的羽化率为 82.33%，室外露天为 83%，室内处理为 77%。待羽化结束时，将各处理所剩完整蛹室打开，分析未能羽化的原因（表 2）。各处理部分蛹没有羽化的原因为金龟子绿僵菌的侵染、螨虫的为害和其他未知原因。其中金龟子绿僵菌的侵染和螨虫的为害并表现为单独为害和混合为害，死于这 2 种有害生物的白星花金龟数量占未羽化总数的 64.95%-79.95%。其余造成白星花金龟未羽化的原因有其他微生物为害、缺水和未知原因。经方差分析，在 3 种环境中，造成白星花金龟未羽化的各原因所占的比例相互之间都差异不显著。本试验的供试虫源来自于野外，难免会接触如金龟子绿僵菌等有害于白星花金龟的生物，造成白星花金龟死亡。

表 2　各处理未羽化成功原因的占比

Table 2　Proportion of reasons for non-emergence success in each condition

处理 Treatment	绿僵菌感染（%） *Metarhizium anisopliae*	螨虫（%） Acarid	绿僵菌和螨虫联合（%） The combination of *Metarhizium anisopliae* and Acarid	其他原因（%） Other reasons
室外棚下 Outdoor sheds condition	22.13±7.79aA	27.64±4.11aA	18.25±9.75aA	31.96±6.94aA
室外露天 Outdoor condition	31.48±1.85aA	14.68±3.24aA	18.78±9.39aA	35.05±11.90aA
室内 Indoor condition	33.59±2.98aA	26.98±6.34aA	19.36±11.00aA	20.05±4.19aA

表中数据为平均值±标准误，同列数据后标有不同小写字母代表差异性显著，同行数据后标有不同大写字母代表差异性显著（Duncan’s 新复极差法，$P<0.05$）。

Data in the table are mean±SE, and followed by different lowercase letters in the same column indicate significantly different, whlie data followed by different capital letters within a line indicate significantly different by Duncan’s multiple range test ($P<0.05$).

2.2　室内室外成虫产卵效果对比

如图 5 所示，白星花金龟在羽化后 5 d 初次调查即可产卵，室外单雌产卵 6.98 粒，室内 10.76 粒。在羽化 10 d 之后，室内外产卵量都有所下降，产卵量上差异不大。随后室内外的产卵量开始呈缓慢上升的趋势，5 日单雌产卵量稳定在 6-8 粒，室内比室外平均多 0.85 粒。在羽化第 35 天，室外产卵量急增，达到本次试验的高峰，5 日单雌产卵量达 13.36 粒。室内处理也在此 5 d 之后产卵量急速增长，并达到产卵高峰。室外处理产卵高峰期持续 20 d，室内持续 10 d。产卵高峰期结束后，室内外的产卵量恢复到了产卵高峰前的水平，并快速下降至几乎不产卵，白星花金龟室内外产卵期相似，在羽化后的 60 d 以内。在白星花金龟开始几乎不产卵时，成虫并没有大量死亡，仍有 80%以上的成虫存活，数量保持在 40 对以上。10 月 12 日，即羽化后第 95 天，室外处理成虫完全不产卵，且基本停止活动，但仍有 50%以上的成虫存活，此时日均气温已在 15 ℃之下。而室内处理仍然在继续产卵，只是数量极少。在羽化后第 145 d 室内雌虫全部死亡。

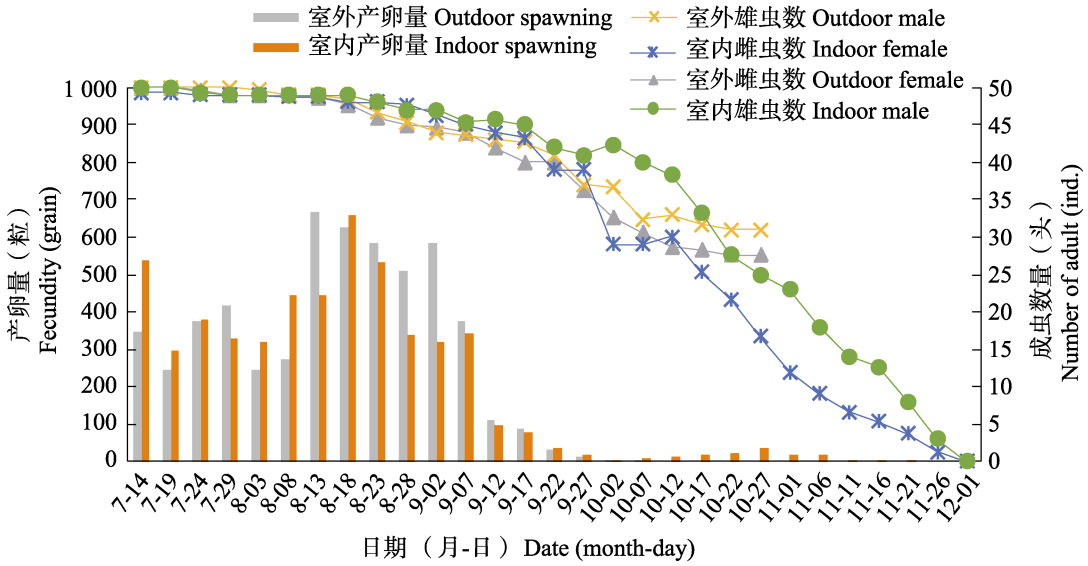

图 5　白星花金龟室内外产卵动态

Fig. 5　*Protaetia brevitarsis* adult indoor and outdoor spawning dynamics

从表 3 看出，经统计 50 对白星花金龟室外产卵总量 5 490.33 粒，单雌产卵量 109.80 粒，室内 5 297 粒，单雌产卵量 105.94 粒，经 *T*-检验两处理不具有显著差异。

表 3　室内外产卵总量

Table 3　Total indoor and outdoor spawning

饲养环境 Condition	产卵总量（粒）Number of fecundity	单雌产卵量（粒）Mean fecundity of single female
室外 Outdoor	5 490.33±340.50	109.80±6.81
室内 Indoor	5 297.33±285.70	105.94±5.71

3　结论与讨论

在前人的研究当中，孙晨可（2018）以东亚飞蝗粪便为白星花金龟产卵基质，西瓜饲喂，单雌产卵量达到 144.67 粒；杨诚（2014）以土壤为产卵基质，苹果饲喂，单雌产卵达到 83.2 粒；张倩（2015）以平菇菌糠为产卵基质，西瓜饲养，单雌产卵 59.18 粒。本研究的白星花金龟单雌产卵量仅次于孙晨可（2018）的研究结果，且产卵高峰期也与上述研究者结果相似，可见在新疆繁育白星花金龟亦有不错的表现。本研究中室外露

天的环境更利于白星花金龟的羽化，可能是在露天的条件下，白星花金龟的蛹可以接受到更多的光热资源，促进积温的累积，刺激白星花金龟加速羽化。另外，实验期间是新疆多雨的季节，由此可见少量的雨水不会影响露天条件下保育白星花金龟虫蛹。本研究中白星花金龟雌虫早于雄虫 1-3 d 左右羽化，这与王萍莉等（2018）的研究结果相似。3 种不同环境中羽化成虫的雌雄比都接近 1∶1，而在目前的研究中，白星花金龟成虫雌雄比的数据都是通过在自然界中诱集得到的，各研究的雌雄比数据差异较大（王萍莉等，2016），这表明人工繁育的白星花金龟在羽化时雌雄数量会趋于一致。白星花金龟规模化繁育的基础是收集虫源。实践表明，野外收集老熟幼虫比野外收集成虫更高效，但是在培育成虫时也会有所折损。在本研究的羽化试验中，发现白星花金龟会受到金龟子绿僵菌和螨虫的为害而降低羽化率。因此在白星花金龟种源获取和繁育时，要格外注意危害白星花金龟的生物，要严格的进行种虫筛选。

本研究以野外采集老熟幼虫为虫源，以腐熟牛粪为繁育基质，在室外露天条件下可高效地培育成虫。在新疆 7-9 月适宜白星花金龟繁殖季节里，室外自然条件和室内控温条件白星花金龟产卵的效果差异不大，两者相结合能否实现终年繁育，有待进一步研究。综合本研究的结果初步表明，白星花金龟在新疆规模化繁育是具有可行性的。

参考文献 (References)

Gao JS, Yuan DM, Zheng JJ, Wang J, 2005. Occurrence pattern and control measures of dominant species of Scarabaeoidea in apple orchard in western Henan. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, (10): 83–85. [高九思, 员冬梅, 郑建军, 王婕, 2005. 豫西苹果园金龟子优势种发生规律及防治对策. 河南农业科学, (10): 83–85.]

Guo WC, Xu JJ, He J, Akedan, Zhai GR, Xu JS, 2004. The discovery of a new rest of fruit trees and crop in Xinjiang—*Postosia brevitarsis* Leiwis. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 41(5): 322–323. [郭文超, 许建军, 何江, 阿克旦, 翟国荣, 徐介寿, 2004. 新疆农作物和果树新害虫——白星花金龟. 新疆农业科学, 41(5): 322–323.]

Jiang W, Duan XD, Ma DY, Adilai, Qiang S, 2014. Identification and pathogenicity detection of *Metarhizium anisopliae* to *Protaetia brevitarsis* Leiwis in Xinjiang. *Chinese Journal of Biological Control*, 30(3): 342–347. [蒋雯, 段晓东, 马德英, 阿迪莱, 羌松, 2014. 新疆白星花金龟绿僵菌分离鉴定及致病力测定. 中国生物防治学报, 30(3): 342–347.]

Lee JE, Jo DE, Lee AJ, Park HK, Youn K, Yun EY, Hwang JS, Jun M, Kang BH, 2014. Hepatoprotective and antineoplastic properties of *Protaetia brevitarsis* larvae. *Entomological Research*, 44(6): 244–253.

Li T, Ma DY, Qiang S, Wang XP, Wei Y, 2010. A study on hosts and the occurrence regularity of *Postosia brevitarsis* Leiwis in west suburb of Urumqi. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 47(2): 320–324. [李涛, 马德英, 羌松, 王小平, 魏勇, 2010. 乌鲁木齐市西郊白星花金龟的寄主及发生规律研究. 新疆农业科学, 47(2): 320–324.]

Sun CK, 2018. Study on recycling mode of “wheat straw-tropharia rugosoannulata-*Protaetia brevitarsis*”. Master dissertation. Taian: Shandong Agricultural University. [孙晨可, 2018. “小麦秸秆—大球盖菇—白星花金龟”循环模式研究. 硕士学位论文. 泰安: 山东农业大学.]

Suo ZY, Bai M, Li S, Ma DY, 2015. Textual research on *Potosia brevitarsis* Lewis name and harm in Xinjiang. *Northern Fruits*, (3): 1–3. [索中毅, 白明, 李莎, 马德英, 2015. 白星花金龟名称考证及其在新疆的危害. 北方果树, (3): 1–3.]

Tunuhe Hamiti, 2011. The research on occurrence regularity and control technologies of *Postosia brevitarsis* Leiwis under green food level in Turpan region. Master dissertation. Urumqi: XingJiang Agricultural University. [吐努合·哈米提, 2011. 吐鲁番地区白星花金龟的发生规律及绿色防控技术研究. 硕士学位论文. 乌鲁木齐: 新疆农业大学.]

Wang PL, Li XW, Rao XJ, 2014. Comparisonof effect of different attractants on *Protaetia brevitarsis* Leiwis. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, (12): 79–81. [王萍莉, 李小万, 饶晓娟, 2014. 不同引诱剂对白星花金龟的引诱效果比较. 黑龙江农业科学, (12): 79–81.]

Wang PL, Li XW, Zhang Y, Wen JB, 2016. Female and male ratio and adult population dynamics of *Liocola bravitarsis* Lewis in different habitats. *Northern Horticulture*, (22): 124–127. [王萍莉, 李小万, 张艳, 温俊宝, 2016. 异境中白星花金龟成虫种群动态及雌雄比. 北方园艺, (22): 124–127.]

Wang PL, Li XW, Gao P, Wen JB, 2018. The emergence and mating behavior of *Protaetia brevitarsis* Lewis. *Plant Protection*, 44(1): 174–178. [王萍莉, 李小万, 高朋, 温俊宝, 2018. 白星花金龟的羽化及交配行为. 植物保护, 44(1): 174–178.]

Wang Q, 2019. Study on the chniques for combined transformation of waste in apple orchard by *Potosia brevitarsis* (Coleoptera: Cetoniidea) and *Tenebrio molitor* L. Master dissertation. Taian: Shandong Agricultural University. [王倩, 2019. 利用白星花金龟和黄粉虫联合转化苹果园废弃物的技术研究. 硕士学位论文. 泰安: 山东农业大学.]

Wei HJ, Hang WQ, 1992. A general account of the development of studies on the subterranean insects in China. *Entomological Knowledge*, 42(3): 168–170. [魏鸿钧, 黄文琴, 1992. 中国地下害虫研究概述. 昆虫知识, 42(3): 168–170.]

Yang C, Liu YS, Xu XY, Zhang JW, 2014. Analysis and evaluation of resource components of *Protaetia brevitarsis* (Lewis) larvae. *Journal of Shandong Agricultural University* (*Natural Science Edition*), 45(2): 166–170. [杨诚, 刘玉升, 徐晓燕, 张建巍, 2014. 白星花金龟幼虫资源成分分析及评价. 山东农业大学学报(自然科学版), 45(2): 166–170.]

Yang C, 2014. Studies on the biology of *Protaetia brevitarsis* (Lewis) and its feeding habits on maize straw. Master dissertation. Taian: Shandong Agricultural University. [杨诚, 2014. 白星花金龟生物学及其对玉米秸秆取食习性的研究. 硕士学位论文. 泰安: 山东农业大学.]

Yi SZ, 2016. Toxicological effects of Cu and Zn on *Protaetia brevitaris* Lewis larvae. Master dissertation. Taian: Shandong Agricultural University. [尹素真, 2016. Cu、Zn 对白星花金龟幼的毒性效应. 硕士学位论文. 泰安: 山东农业大学.]

Yi YY, Wang HX, Xing HC, 2019. Analysis on current situationand and control measures suggestionsr of livestock and poultry breeding pollution in Xinjiang. *Environment and Development*, 31(10): 55–57. [易鸳鸯, 王海潇, 邢瀚晨, 2019. 新疆畜禽养殖污染现状分析与防治对策建议. 环境与发展, 31(10): 55–57.

Yoo YC, Shin BH, Hong JH, Lee J, Chee HY, Song KS, Lee KB, 2007. Isolation of fatty acids with an ticancer activity from *protaetia brevitarsis* larva. *Archives of Pharmacal Research*, 30(3): 361–365.

Zhang Q, 2015. Study on the biology of *Protaetia brevitarsis* (Lewis) feeding on oyster mushroom bran. Master dissertation. Taian: Shandong Agricultural University. [张倩, 2015. 取食平菇菌糠的白星花金龟生物学研究. 硕士学位论文. 泰安: 山东农业大学.]

Zheng HY, Liu JP, Nan HL, LI ZL, He LF, 2005. A study on the feeding habits of *Protaetia brevitaris* Lewis. *Shaanxi Journal of Agricultural Sciences*, (3): 23–24, 54. [郑洪源, 刘建平, 南怀林, 李占林, 何丽芬, 2005. 白星花金龟子食性研究. 陕西农业科学, (3): 23–24, 54.]