

网络出版时间:2018-09-06 17:30

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2019.03.008

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20180906.1723.016.html>

无翅型和有翅型麦长管蚜卵巢发育与繁殖适合度的差异

吕楠楠, 石 棋, 仵均祥, 许向利

(西北农林科技大学 农业部西北黄土高原作物有害生物综合治理重点实验室, 植保资源与害虫治理教育部重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 【目的】明确不同翅型麦长管蚜 *Sitobion avenae* (Fabricius) 的卵巢发育和繁殖潜能, 为蚜虫翅型分化多态性发生的繁殖适合度差异研究提供理论依据。【方法】在成像观察的基础上, 比较小麦田麦长管蚜孤雌胎生无翅蚜和有翅蚜个体的卵巢小管数、胚胎数量、最大胚胎体积以及繁殖和寿命差异, 分析不同翅型的总产仔量与其卵巢发育的关系。【结果】所有来自小麦田的不同翅型麦长管蚜成蚜均有 2 个卵巢, 每个卵巢均包含 5 条卵巢小管; 无翅型个体的胚胎总量和成熟胚胎数量以及最大胚胎体积分别为 56.10 ± 1.02 , 7.77 ± 0.25 和 $(0.092 \pm 0.002) \text{ mm}^3$, 显著大于有翅型个体 (44.80 ± 0.52 , 3.33 ± 0.26 和 $(0.047 \pm 0.002) \text{ mm}^3$)。无翅型麦长管蚜的总产仔量是 44.63 ± 1.10 , 显著多于有翅型 (26.07 ± 1.01), 而无翅型产仔前期为 $(0.15 \pm 0.06) \text{ d}$, 显著短于有翅型 ($(1.27 \pm 0.10) \text{ d}$)。成蚜寿命和产仔期在不同翅型之间均无显著差异。【结论】麦长管蚜翅型分化多态性发生的繁殖适合度可能与其卵巢发育程度相关。

[关键词] 麦长管蚜; 繁殖潜能; 卵巢发育

[中图分类号] S435.122⁺.2

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2019)03-0052-05

Fitness differences of ovarian development and reproduction between wingless and winged morphs of *Sitobion avenae* (Fabricius) (Homoptera: Aphididae)

LÜ Nannan, SHI Qi, WU Junxiang, XU Xiangli

(Key Laboratory of Northwestern Loess Plateau Crops Pest Management of Ministry of Agriculture of China, Key Laboratory of Plant Protection Resources and Pest Management, Ministry of Education, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】Ovarian development and reproduction potential were determined between winged and wingless morphs of *Sitobion avenae* (Fabricius) to provide basis for future reproductive fitness differences of wing polyphenism in aphids. 【Method】The numbers of ovarioles and embryos, volume of basal embryos, fecundity, and longevity were evaluated between both morphs of *S. avenae* under wheat field conditions, based on the comparison of morphological characteristics of ovary in wing dimorphic aphid. 【Result】Both wingless and winged aphids had two ovaries per female and an ovary had five ovarioles. The number of total, number of mature embryos, and average volume of basal embryos in ovarioles for the wingless morphs were 56.10 ± 1.02 , 7.77 ± 0.25 , and $(0.092 \pm 0.002) \text{ mm}^3$, which were significant highly than those for the winged morphs (44.80 ± 0.52 , 3.33 ± 0.26 , and $(0.047 \pm 0.002) \text{ mm}^3$). The total fecundity of wingless morphs (44.63 ± 1.10) was significantly greater than that of wingless morphs (26.07 ± 1.01),

〔收稿日期〕 2017-12-22

〔基金项目〕 国家自然科学基金项目(31101433); 中央高校基本科研业务费项目(2014YB09)

〔作者简介〕 吕楠楠(1991—), 女, 河南漯河人, 硕士, 主要从事害虫综合治理研究。E-mail: 2442957420@qq.com

〔通信作者〕 许向利(1975—), 女, 陕西凤翔人, 副研究员, 博士, 主要从事害虫综合治理研究。E-mail: xuxiangli@nwsuaf.edu.cn

while pre-reproductive period ((0.15 ± 0.06) d) was significantly shorter than that of wingless morphs ((1.27 ± 0.10) d). However, no significant differences were observed in longevity and reproductive period between two morphs. 【Conclusion】 The fitness differences of reproduction of wing polyphenism might be related to the degree of ovarian development in *S. avenae*.

Key words: *Sitobion avenae*; reproduction potential; ovarian development

生物能够根据自然界环境条件的变化灵活地改变其表型,当各种明显不同的表型形成时,称之为“多型现象”^[1]。翅型分化是许多昆虫存在的一种普遍现象,常见如蚜虫、叶蝉、水虿、蟋蟀、蝗虫、飞虱以及多种甲虫等^[2-3]。具有翅型分化多态性的昆虫,不仅外部形态特征存在明显差异,而且生物学特性亦存在一定区别。已有研究证明,长翅型昆虫飞行器官发达,但繁殖延迟、繁殖量低;而短翅型或无翅型昆虫飞行器官退化,但繁殖前期短、繁殖量高^[4]。

蚜虫具有明显的翅型分化现象,表现出有翅和无翅的极不连续性^[5]。不同翅型蚜虫的生物学特征与其飞行器官的发达程度密切相关^[6]。一般而言,无翅型相比于有翅型具有较快的若虫发育速率、较短的产仔前期和较高的产仔量^[7-10]。蚜虫卵巢中卵巢小管及其所包含胚胎的数量是衡量其繁殖能力大小的一个重要指标^[11]。研究表明,无翅型黑豆蚜(*Aphis craccivora* Koch)卵巢小管以及卵母细胞和胚胎数量显著大于有翅型^[12];无翅型麦长管蚜(*Sitobion avenae* (Fabricius))的胚胎发育速率高于有翅型个体^[13],说明蚜虫翅型分化的繁殖适合度代价可能与其卵巢的发育程度密切相关。但目前有关蚜虫不同翅型繁殖力与其卵巢发育程度之间关系的研究极少。

麦长管蚜是禾谷类作物的主要害虫,在全世界麦区均有发生,除直接刺吸汁液外,其中有翅蚜作为寄主选择型个体通过季节性长距离迁飞传播病毒病,对小麦生产造成更大危害^[14-15]。为明确麦长管蚜翅型分化的繁殖适合度代价是否与其卵巢发育有关,本研究在成像观察基础上,比较小麦田麦长管蚜孤雌胎生无翅蚜和有翅蚜的卵巢小管、胚胎数量、最大胚胎体积以及繁殖和寿命差异,分析不同翅型蚜虫总产仔量与其卵巢发育的关系,以期对蚜虫翅型多态性发生的繁殖适合度差异研究提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试虫来源

2015年4月中旬,在陕西杨凌西北农林科技大学科技园($34^{\circ}18'N, 108^{\circ}05'E$),选择2014年10月初播

种,小麦品种为“小偃22”,未使用除草剂、杀虫剂或杀菌剂的常规管理小麦田,从小麦田收集蜕皮1h之内的无翅型和有翅型麦长管蚜成蚜用于试验。

1.2 不同翅型麦长管蚜卵巢的形态观察

将不同翅型麦长管蚜成蚜置于载玻片上,滴1滴Ringer's溶液,在双目解剖镜(Motic K系列,麦克奥迪公司)下用镊子和解剖针拉出卵巢,去离子水清洗干净,取其一侧卵巢,滴1滴体积分数1%苯胺蓝,染色1min,去离子水清洗3~4次,再滴1滴Ringer's溶液,置于带有成像系统的双目解剖镜(Leica MZS0870,莱卡公司)下观察并照相。

1.3 不同翅型麦长管蚜卵巢发育的比较

将不同翅型麦长管蚜成蚜置于载玻片上,滴1滴Ringer's溶液,双目解剖镜下将卵巢全部拉出(拉破者不计),去离子水清洗,滴1滴体积分数0.1%苯胺蓝,染色1min,记录卵巢、卵巢小管、总胚胎和成熟胚胎(具有红色复眼的胚胎)的数量。同时,目镜测微尺下测量每条卵巢小管基部最大胚胎的长(l)和宽(b),采用Ward等^[16]的方法计算最大胚胎体积($l \times b^2$)。不同翅型蚜虫分别设置3个重复,每个重复10头。

1.4 不同翅型麦长管蚜繁殖能力和寿命的比较

在小麦田将新蜕皮的无翅型(30头)和有翅型(33头)麦长管蚜用微型养虫笼(直径为1cm)单头罩于小麦叶片上饲养,每日定时观察产仔,并剔除所产若蚜,直至蚜虫死亡。统计不同翅型麦长管蚜的总产仔量、产仔前期、产仔期、寿命以及日均产仔量和存活率。如果出现麦长管蚜被寄生现象,则将该蚜虫剔除。

1.5 数据处理与分析

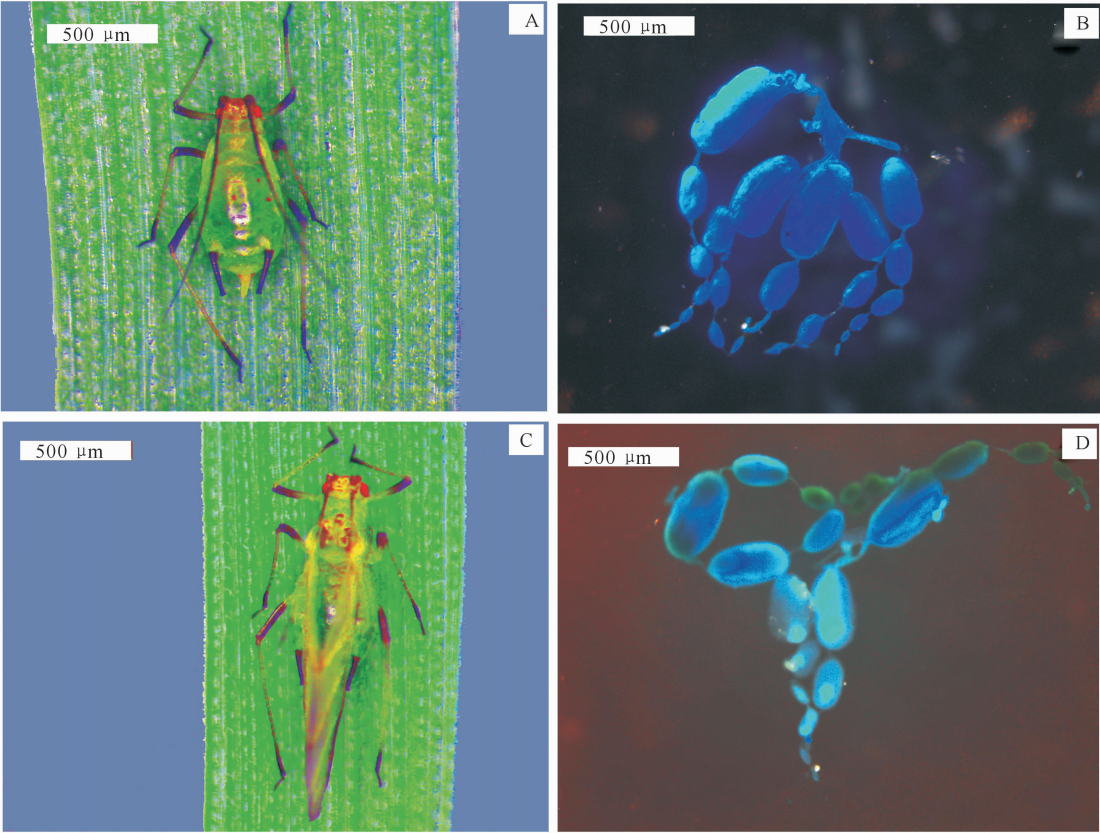
试验数据采用独立样本 t 检验进行差异显著性分析,统计分析软件为SPSS 13.0。

2 结果与分析

2.1 不同翅型麦长管蚜卵巢形态的比较

由图1可以看出,与无翅型相比,有翅型麦长管蚜个体具有较大翅肌;有翅型和无翅型麦长管蚜个体每个卵巢都含有5条卵巢小管,无翅型个体每条

卵巢小管中含有的胚胎较多,而且卵巢小管基部第一个胚胎绝大多数已经成熟,具有红色复眼,附肢已经发育完全。说明麦长管蚜翅发育有关的适合度代价与卵巢发育有关。



A. 无翅型成蚜;B. 无翅型卵巢;C. 有翅型成蚜;D. 有翅型卵巢

A. An adult of wingless morphs;B. An ovary of wingless morphs;C. An adult of winged morphs;D. An ovary of winged morphs

图 1 无翅型和有翅型麦长管蚜新蜕皮成蚜及其卵巢

Fig. 1 Newly molted adults and their ovaries of wingless winged morphs of *Sitobion avenae*

2.2 不同翅型麦长管蚜卵巢发育的比较

如表 1 所示,麦长管蚜的无翅型和有翅型个体均有 2 个卵巢,每个卵巢含 5 条卵巢小管。不同翅型卵巢所含的胚胎总量和成熟胚胎数均存在显著差异,其中有翅型个体的胚胎总量为 44.80 ± 0.52 ,显

著小于无翅型的 56.10 ± 1.02 ;有翅型个体的成熟胚胎数为 3.33 ± 0.26 ,显著小于无翅型的 7.77 ± 0.25 。有翅型麦长管蚜卵巢小管中最大胚胎体积显著小于无翅型个体,说明有翅型麦长管蚜存在卵巢发育延缓现象。

表 1 无翅型和有翅型麦长管蚜个体卵巢发育的比较

Table 1 Ovarian development of wingless and winged morphs of *Sitobion avenae*

翅型 Wing morphs	卵巢数 Ovaries	卵巢小管数 Ovarioles	胚胎总量 Total embryos	成熟胚胎数 Mature embryos	最大胚胎体积/mm ³ Volume of embryos
无翅型 Wingless	2	10	$56.10 \pm 1.02^*$	$7.77 \pm 0.25^*$	$0.092 \pm 0.002^*$
有翅型 Winged	2	10	44.80 ± 0.52	3.33 ± 0.26	0.047 ± 0.002

注:表中数值为“平均值±标准误”;*表示无翅型与有翅型个体之间存在显著差异($P<0.05$)。下同。
Note: Data in the table are “mean±SE”. * indicates significant difference between wingless and winged morphs ($P<0.05$). The same below.

2.3 不同翅型麦长管蚜繁殖能力和寿命的比较

如表 2 所示,麦长管蚜无翅型的总产仔量为 44.63 ± 1.10 ,显著大于有翅型(26.07 ± 1.01);无翅型的产仔前期为(0.15 ± 0.06) d,亦显著短于有翅型((1.27 ± 0.10) d);但产仔期和寿命在不同翅型

之间均无显著差异。
如图 2 所示,尽管不同翅型麦长管蚜日均产仔量的变化趋势较为一致,但无翅型的日均产仔量高于有翅型,其中无翅型的日均产仔量高峰期在成虫期第 1~11 天,有翅型的日均产仔量高峰期在成虫

期第2~12 天,较无翅型推迟近 2 d。不同翅型麦长管蚜的成虫存活率则无明显差异。

表 2 无翅型和有翅型麦长管蚜个体的繁殖能力及寿命的比较

Table 2 Total fecundity and longevity of wingless and winged morphs of *Sitobion avenae*

翅型 Wing morphs	总产仔量 Total fecundity	产仔前期/d Pre-reproductive period	产仔期/d Reproductive period	寿命/d Longevity
无翅型 Wingless	44.63±1.10 *	0.15±0.06	15.18±0.61	21.24±0.71
有翅型 Winged	26.07±1.01	1.27±0.10 *	15.23±0.84	19.33±0.80

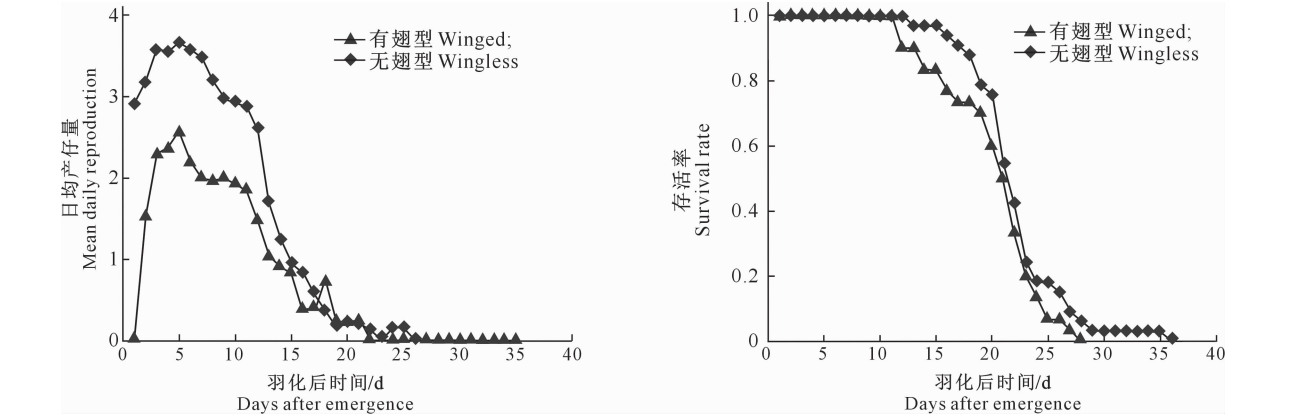


图 2 无翅型和有翅型麦长管蚜的日均产仔量及存活率

Fig. 2 Mean daily reproduction and survivorship of wingless and winged morphs of *Sitobion avenae*

3 讨论

蚜虫的繁殖能力与其卵巢中卵巢小管数及其所包含的胚胎数量有关^[11,17]。Elliott 等^[12]报道,无翅型黑豆蚜卵巢小管及其所含胚胎和卵母细胞数量均大于有翅型个体。本研究观察发现,不同翅型麦长管蚜初羽化成蚜均含有 10 条卵巢小管,并未发现无翅型卵巢小管数量多于有翅型的现象,但有翅型个体卵巢中成熟胚胎数和胚胎总量以及最大胚胎体积均显著小于无翅型个体,说明不同翅型蚜虫翅肌的发达程度与卵巢成熟度之间存在一种能量投资的权衡,其中无翅蚜倾向于繁殖投资,而有翅蚜倾向于翅的构建^[2,18]。

本研究中,麦长管蚜无翅型个体的总产仔量显著高于有翅型个体,与无翅型个体卵巢中所含胚胎总量显著高于有翅型相一致。室内研究结果表明,*Drepanosiphum dixonii*、麦无网长管蚜(*Metopolophium dirhodum*)和麦长管蚜的无翅型相比于有翅型,均表现出较高的产仔量^[7,9-10];黑豆蚜随飞行距离增加其产仔量显著减小^[19]。蟋蟀^[20]、水龟^[21]和叶蝉^[22]等长翅型产卵量亦多于短翅型。这些结果说明昆虫翅的存在以及飞行活动影响繁殖,较低的繁殖力是长翅型昆虫的普遍特征。

长翅型昆虫与飞行器官发育相关的适合度代价还包括繁殖延迟,这种现象在蚜虫^[10]、蟋蟀^[20]、水

龟^[21]、叶蝉^[22]和稻蝗^[23]等研究中均已证实。本研究中,麦长管蚜有翅型个体的产仔前期为(1.27±0.10) d,而无翅型个体产仔前期时间较短,有翅蚜产仔延迟与其羽化后卵巢中成熟胚胎数量较低有关,尽管此时成熟胚胎已经具有色素的复眼,但其口器、足和触角等附肢仍然未发育完全。另外,有翅型麦长管蚜羽化后 1~2 d 仍然处于翅肌的保持期,飞行活动频繁,尤其是脂类的大量消耗,这种飞行活动及其本身大量耗能也可能是麦长管蚜有翅型比无翅型成蚜首次产仔时间延迟 1 d 以上的原因^[24-25]。

昆虫调整翅型发育是其对环境变化的一种适应性表现,有翅型昆虫作为寄主选择型个体具有的飞行能力,为其在觅食、求偶和扩散等方面带来了极大的益处,但同时存在与飞行器官发生、发育和维持相关的适合度代价^[26]。不同翅型麦长管蚜的卵巢发育成熟度以及繁殖力与其翅的发达程度密切相关,有翅型麦长管蚜存在翅的构建以及成虫期产仔之前的飞行活动,卵巢发育较慢,成熟胚胎数和胚胎总量较少,产仔延迟,总产仔量较低;而无翅型由于不具有飞行能力,较多的能量用于繁殖投资,卵巢发育程度较高,在羽化后即包含较多附肢完全发育的成熟胚胎,产仔前期短,总产仔量较高,说明不同翅型麦长管蚜繁殖潜能的差异与其翅型分化多态性发生的适合度代价密切相关。

[参考文献]

- [1] Leimar O. Environmental and genetic cues in the evolution of phenotypic polymorphism [J]. *Evolution Ecology*, 2009, 23(1):125-135.
- [2] Roff D A. The evolution of wing dimorphism in insects [J]. *Evolution*, 1986, 40(5):1009-1020.
- [3] 戴华国, 吴小毅, 杨亦桦. 昆虫翅多型现象的控制机理 [J]. *华东昆虫学报*, 1997, 6(1):99-103.
Dai H G, Wu X Y, Yang Y H. Regulatory mechanism of wing polymorphism in insects [J]. *Entomological Journal of East China*, 1997, 6(1):99-103.
- [4] Zera A J, Denno R E. Physiology and ecology of dispersal polymorphism in insects [J]. *Annual Review of Entomology*, 1997, 42:207-231.
- [5] Müller C B, Iain S, Hardie J. The role of nutrition, crowding and interspecific interactions in the development of winged aphids [J]. *Ecological Entomology*, 2001, 26(3):330-340.
- [6] Braendle C, Davis G K, Brisson J A, et al. Wing dimorphism in aphids [J]. *Heredity*, 2006, 97:192-199.
- [7] Dixon A F G. Fecundity of brachypterous and macropterous alatae in *Drepanosiphum dixonii* (Callaphididae, Aphididae) [J]. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1972, 15(3):335-340.
- [8] MacKay P A, Wellington W G. A comparison of the reproductive patterns of apterous and alate virginoparous *Acyrtosiphon pisum* (Homoptera: Aphididae) [J]. *Canadian Entomology*, 1975, 107(11):1161-1166.
- [9] Wratten S D. Reproductive strategy of winged and wingless morphs of the aphids *Sitobion avenae* and *Metopolophium dirhodum* [J]. *Annals of Applied Biology*, 1977, 85(3):319-331.
- [10] Xu X L, Liu X X, Zhang Q W, et al. Morph-specific differences in life history traits between the winged and wingless morphs of the aphid, *Sitobion avenae* (Fabricius) (Hemiptera: Aphididae) [J]. *Entomologia Fennica*, 2011, 22(2):56-64.
- [11] Leather S R, Wellings P W, Walters K F A. Variation in ovariole number within the Aphidoidea [J]. *Journal of Natural History*, 1988, 22(2):381-393.
- [12] Elliott H J, McDonald F J D. Reproduction in a parthenogenetic aphid, *Aphis craccivora* Koch: embryology, ovarian development and fecundity of apterae and alatae [J]. *Australian Journal of Zoology*, 1976, 24(1):49-63.
- [13] Newton C, Dixon A F G. Embryonic growth rate and birth weight of the offspring of apterous and alate aphids: a cost of dispersal [J]. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 1990, 55(3):223-229.
- [14] 张向才, 周广和, 史明, 等. 麦蚜远距离迁飞和传毒规律的研究 [J]. *植物保护学报*, 1985, 12(1):9-16.
Zhang X C, Zhou G H, Shi M, et al. Studies on the long-distance migration and virus transmission by the aphid *Sitobion avenae* (F.) [J]. *Acta Phytophylacica Sinica*, 1985, 12(1):9-16.
- [15] Liu X F, Hu X S, Keller M A, et al. Tripartite interactions of Barley yellow dwarf virus, *Sitobion avenae* and wheat varieties [J]. *PLoS One*, 2014, 9:e106639.
- [16] Ward S A, Dixon A F G. Selective resorption of aphid embryos and habitat changes relative to life-span [J]. *Journal of Animal Ecology*, 1982, 51(3):859-864.
- [17] Walters K F A, Dixon A F G. Migratory urge and reproductive investment in aphids: variation within clones [J]. *Oecologia*, 1983, 58(1):70-75.
- [18] Zera A J, Harshman L G. Physiology of life history trade-offs in animals [J]. *Annual Review of Ecological and Systematics*, 2001, 32:95-126.
- [19] Zhang Y, Wu K M, Kris A G W, et al. Trade-offs between flight and fecundity in the soybean aphid (Hemiptera: Aphididae) [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2009, 102(1):133-138.
- [20] Roff D A. The cost of being able to fly: a study of wing polymorphism in two species of cricket [J]. *Oecologia*, 1984, 63(1):169-177.
- [21] Zera A J. Differences in survivorship, development rate and fertility between the long-winged and wingless morphs of the waterstrider [J]. *Evolution*, 1984, 38(5):1023-1032.
- [22] Denno R F, Olmstead K L, McCloud E S. Reproductive cost of flight capability: a comparison of life history traits in wing dimorphic planthoppers [J]. *Ecological Entomology*, 1989, 14(1):31-44.
- [23] 朱道弘. 小翅稻蝗 (*Oxya yezoensis* Shiraki) 翅多型现象浅释 [J]. *生态学报*, 2001, 21(4):624-628.
Zhu D H. The wing polymorphism in rice grasshopper, *Oxya yezoensis* Shiraki (Orthoptera: Catantopidae) [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(4):624-628.
- [24] Kobayashi M, Ishikawa H. Breakdown of indirect flight muscles of alate aphids (*Acyrtosiphon pisum*) in relation to their flight, feeding and reproductive behavior [J]. *Journal of Insect Physiology*, 1993, 39(7):549-554.
- [25] Xu X L, Liu X X, Zhang Q W, et al. Morph-specific differences in biochemical composition related to flight capability in the wing-polyphenic *Sitobion avenae* [J]. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2011, 138(2):128-136.
- [26] 朱道弘. 昆虫翅型分化的调控及翅多型性的进化 [J]. *昆虫知识*, 2009, 46(1):11-16.
Zhu D H. Regulatory mechanism and evolution of insect wing polymorphism [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2009, 46(1):11-16.