技术与方法

中华通草蛉幼虫人工饲料的研究*

李振斌[1**] 陈 鹏[1] 李东超[1] 刘 锦[2***] 迟宝杰[2] 刘永杰[1***]

（1. 山东农业大学植物保护学院，泰安 271018；2. 山东农业工程学院，济南 250100）

摘 要 **【目的】** 为规模化繁殖和利用中华通草蛉 *Chrysoperla nipponensis*（Okamoto）。**【方法】** 本研究对中华通草蛉幼虫主饲料进行选择，从牛肉牛肝、猪肉猪肝、蚕蛹、大豆粉麦胚粉中选择适合中华通草蛉幼虫生长发育的主饲料，同时探索蔗糖对中华通草龄幼虫生长发育的作用。**【结果】** 中华通草蛉幼虫适宜的人工主饲料为牛肉牛肝。从 1 龄幼虫开始添加蔗糖水饲养，幼虫的存活率近 100%，用饲料饲养的幼虫存活率为 60%。**【结论】** 本研究为高效和规模化繁育和释放中华通草蛉提供参考。

关键词 中华通草蛉；人工饲料；生长发育；幼虫存活率

Comparison of artificial diets for raising *Chrysoperla nipponensis* (Okamoto) larvae

LI Zhen-Bin[1**] CHEN Peng[1] LI Dong-Chao[1] LIU Jin[2***] CHI Bao-Jie[2] LIU Yong-Jie[1***]

(1. College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China;
2. Shandong Agriculture and Engineering University, Jinan 250100, China)

Abstract **[Objectives]** To identify the best artificial diet for raising *Chrysoperla nipponensis* (Okamoto) on a large scale. **[Methods]** We compared the suitability of the following diets; beef and cow liver, pork and pig liver, silkworm chrysalis, soy flour and wheat germ powder. In addition, we also measured the effect of sucrose on the growth and development of larvae. **[Results]** Beef and cow liver was the most suitable diet for larvae. Furthermore, the survival rate of first instar larvae was almost 100% when they were provided with sugarcane sugar water compared to just 60% when they were not. **[Conclusion]** The results provide useful information for the efficient large-scale breeding of *C. nipponensis* for release.

Key words *Chrysoperla nipponensis* (Okamoto); artificial diets; growth and development; larval survival rate

中华通草蛉 *Chrysoperla nipponensis*（Okamoto），又称日本通草蛉，属脉翅目 Neuroptera 草蛉科 Chrysopidae，是多种农林害虫的捕食性天敌，其成虫取食花蜜，幼虫能够取食蚜虫、粉蚧、粉虱、木虱等半翅目害虫以及某些鳞翅目害虫的卵、害螨等（丁岩钦和陈玉平，1986；肖云丽等，2006），是一种很有开发潜力的捕食性天敌昆虫（邵振芳等，2016）。

利用人工饲料繁殖天敌是害虫生物防治的重要技术。实验室通常采用米蛾 *Corcyra cephalonica*（Stainton）卵（李水泉等，2012）、地中海粉螟 *Ephestia kuehniella*（Zeller）卵（Pappas *et al.*，2008）、蚜虫（唐良德等，2017）等猎物饲养草蛉，但此类饲养方法成本高、耗时长，难以达到规模化繁殖与应用的目的。在国内，叶正楚等（1979）首先用鸡蛋和啤酒酵母制成饲料对中华通草蛉幼虫进行饲养，证实了用人工饲料饲养中华通草蛉幼虫可以正常生长发育和羽

*资助项目 Supported projects：国家重点研发计划（2018YFD0201403，2016YFD0201113）；山东省重点研发计划（2017CXGC0214，2017CXGC0207）；山东农业工程学院扶贫专项（FPKJ201803）

**第一作者 First author，E-mail：lzb888888@vip.qq.com

***共同通讯作者 Corresponding author，E-mail：liujincc612@126.com；lyj@sdau.edu.cn

收稿日期 Received：2020-02-14；接受日期 Accepted：2020-06-27

化，成虫可以正常产卵。李国平等（2010）使用了以牛肉和牛肝为主要成分的一种半固体人工饲料连续 10 代饲养中华通草蛉，可以基本满足中华通草蛉幼虫生长发育的需要。但是目前人工饲料繁殖中华通草蛉幼虫仍然存在问题。与饲喂天然猎物相比，人工饲料饲养的幼虫发育历期差异显著，且幼虫存活率明显降低（高文兴，2011）。人工饲养草蛉等天敌昆虫时，往往在有限的空间内投放食物，昆虫易于发现，饲养过程中可以添加合适的促食因子引诱昆虫取食，增加取食量，促进生长发育，增加存活率。糖类是昆虫生长发育的必需营养物质之一，Thompson（1999）详细论述了昆虫营养与昆虫食物之间的关系，他指出多数天敌昆虫需要碳水化合物去完成成虫阶段的发育，当人工饲料中蛋白质或氨基酸不足时，葡萄糖将增加幼虫的成活率。目前中华通草蛉人工饲料研究较少，缺少主饲料的比较选择，也没有适宜的饲养方法可以借鉴。因此，本研究参考邹卫辉（2004）及张丽莉等（2007）的研究，借鉴其他天敌昆虫的人工饲料成分，选择以牛肉牛肝、猪肉猪肝、大豆粉麦胚粉和蚕蛹为主的人工饲料饲养中华通草蛉，并比较幼虫的生长发育，以寻找合适的饲养方法，为中华通草蛉的规模化繁殖和利用提供依据。

1　材料与方法

1.1　供试材料

1.1.1　供试虫源　中华通草蛉成虫于 2018 年 6 月在山东农业大学南校区试验田采集，在室内以豌豆修尾蚜 *Megoura japonica* 喂养建立稳定种群。

环境条件为：人工智能气候箱（宁波江南仪器厂 GXZ-380），温度（26±0.5）℃，相对湿度 60%-70%，光周期 16 L∶8 D。

1.1.2　人工饲料成分　4 种主饲料：处理 1：牛肉牛肝共 70 g+其他成分。处理 2：猪肉猪肝共 70 g+其他成分。处理 3：蚕蛹 70 g+其他成分。处理 4：大豆粉麦胚粉共 70 g+其他成分。

其他成分包括：鸡蛋 35 g，酵母粉 10 g，蜂蜜 20 g，蔗糖 20 g，复合 Vb 0.2 g，复合 Vc1 g，韦氏盐 3.2 g，橄榄油 0.6 g，头孢霉素 0.2 g，尼泊金甲酯 0.4 g，山梨酸钾 0.4 g，蚕豆叶片 2 g，氨基酸：9.24 g。

1.1.3　人工饲料制备　配制饲料前将牛肉牛肝、猪肉猪肝、蚕蛹搅碎备用。分别称取牛肉和牛肝各 35 g、猪肉和猪肝各 35 g、蚕蛹 70 g、大豆麦胚粉 70 g（大豆粉 60 g、麦胚粉 10 g），再称取 4 份等量的其他成分，与 4 种处理主饲料分别混合后分别倒入搅拌机中搅拌，均匀混合后倒入保鲜盒中，并做好标记。称取 2 g 琼脂和 100 mL 水，于 250 mL 锥形瓶中混匀，放入微波炉中热处理，直至琼脂水呈透明状，冷却片刻后倒入处理 1 保鲜盒中，充分混合均匀后切成 1 cm^3 小块放入－20 ℃冰箱中储存备用。处理 2、处理 3 和处理 4 的制备过程同处理 1。

1.2　试验方法

1.2.1　幼虫人工饲料筛选　将中华通草蛉雌雄成虫配对放入罐头瓶中，用成虫人工饲料饲养（周伟儒等，1981）。待雌虫产卵时挑出单卵置于直径为 2.3 cm、高 8 cm 的玻璃指形管中。待幼虫孵化后用豌豆修尾蚜单管饲养至 2 龄、3 龄时，使用人工饲料饲养。待成虫羽化后，将各处理羽化出的雌雄成虫配对，用成虫人工饲料饲养。记录各处理中华通草蛉幼虫发育历期、存活率、子代成虫的存活率和产卵量。以蚜虫饲养为对照（CK），每个处理观察 30 头中华通草蛉幼虫，重复 3 次。

1.2.2　中华通草蛉幼虫饲养　将棉花捏成直径约 0.5 cm 的小球，滴上 5%的蔗糖溶液至表面湿润且无水滴落下备用。饲养过程设置以下 4 个处理：①整个幼虫期用饲料饲养；②整个幼虫期用饲料和蔗糖水饲养；③1 龄幼虫用蚜虫饲养，2、3 龄幼虫饲料饲养；④1 龄幼虫用蚜虫饲养，2、3 龄幼虫用饲料和蔗糖水饲养。取石蜡膜剪成 2 cm×2 cm 小块，拉伸到极限后包上 1 cm^3 饲料小块，把封口捏紧，幼虫刺破石蜡膜获得饲料。每隔 2 d 更换一次饲料和小棉球。记录各处理中华通草蛉幼虫发育历期、存活率。

1.3　数据处理

所有数据均使用 SPSS17.0 软件进行分析，

通过单因素方差分析对各虫态发育历期、存活率、产卵量进行分析，使用 Excel 软件制作图表。

2 结果与分析

2.1 不同成分饲料对中华通草蛉的影响

实验结果表明，用牛肉牛肝和猪肉猪肝为主饲料饲养的幼虫发育历期分别为 9.16 d 和 9.67 d，长于蚜虫对照的 7.98 d，且差异显著（P<0.05）（表 1）。饲喂以大豆粉+麦胚粉和蚕蛹为主饲料的幼虫历期（13.86 d）、蛹期（8.29 d）和幼虫存活率（46.7%）均与对照存在显著差异（P<0.05）。其中，用大豆粉饲养的幼虫发育历期达到 13.86 d，以牛肉牛肝（6.71 d）、猪肉猪肝（7.13 d）、蚕蛹（6.92 d）饲养的幼虫蛹历期与对照组（7.08 d）差异不显著（P>0.05）。用牛肉牛肝饲养的幼虫存活率（70%）与蚜虫饲养的（70%）无显著差异（P>0.05），而用猪肉猪肝、蚕蛹和大豆粉饲养的幼虫存活率分别为 63.3%、53.3%和 46.7%，且显著低于对照蚜虫饲养的（图 1）。

从人工饲料对成虫的影响来看，幼虫期用牛

表 1 不同处理饲养中华通草蛉幼虫的影响

Table 1 Effect of different treatments on feeding larvae of *Chrysoperla nipponensis*

处理 Treatment	发育历期（d）Developmental duration				
	1 龄 1st instar	2 龄 2nd instar	3 龄 3rd instar	幼虫历期 Larval period	蛹 Pupae
对照 CK	2.13±0.10a	2.32±0.10a	3.44±0.12a	7.98±0.21a	7.08±0.08a
处理 1 Treatment 1	2.22±0.10a	3.46±0.14b	3.47±0.20a	9.16±0.10b	6.71±0.15a
处理 2 Treatment 2	2.20±0.08a	3.44±0.36b	3.87±0.29ab	9.67±0.36b	7.13±0.17a
处理 3 Treatment 3	2.13±0.09a	4.33±0.47c	4.08±0.23b	10.67±0.45c	6.92±0.19a
处理 4 Treatment 4	2.08±0.08a	5.50±0.22d	6.07±0.27c	13.86±0.35d	8.29±0.22b

处理 1：牛肉牛肝；处理 2：猪肉猪肝；处理 3：蚕蛹；处理 4：大豆粉+麦胚粉。表中数据为平均值±标准误；数据后标有不同小写字母表示在 P<0.05 水平差异显著（LSD 法）。表 2 同。

Treatment 1: Beef and beef liver; Treatment 2: Pork and pork liver; Treatment 3: Silkworm chrysalis; Treatment 4: Soy flour and wheat germ powder. Data in the table are mean±SE, and followed by different lowercase letters indicate significant difference at the 0.05 level (LSD method). The same as table 2.

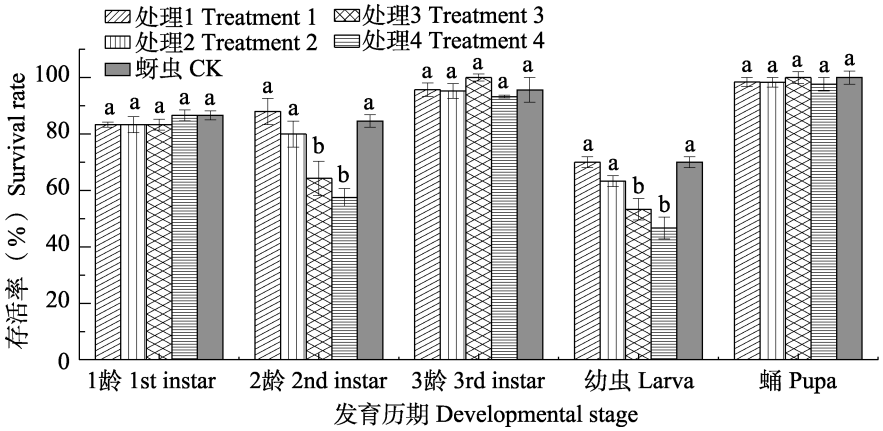

图 1 不同处理饲养中华通草蛉各龄幼虫及蛹的存活率

Fig. 1 Survival rate of larvae and pupa of different stages of feeding on *Chrysoperla nipponensis* under different treatments

处理 1：牛肉牛肝；处理 2：猪肉猪肝；处理 3：蚕蛹；处理 4：大豆粉+麦胚粉。柱上标有不同小写字母表示 P<0.05 水平差异显著（LSD 法）。下图同。

Treatment 1: Beef and beef liver; Treatment 2: Pork and pork liver; Treatment 3: Silkworm chrysalis; Treatment 4: Soy flour and wheat germ powder. Histograms with lowercase letters indicate significant difference at the 0.05 level by LSD method. The same below.

肉牛肝饲养的成虫产卵前期为 4.34 d，略高于对照饲养的成虫产卵前期（4.22 d），但差异不显著（表 2）。幼虫期用牛肉牛肝、猪肉猪肝和蚕蛹饲养的成虫的存活寿命为 53.19、54.26 和 53.00 d，存活历期略长于对照的（51.63 d）；而总产卵量分别为 826.35、817.8 和 787.8 粒，略低于对照（840 粒），但差异均不显著。幼虫期用大豆粉、麦胚粉饲养出的成虫在产卵前期，成虫存活历期和总产卵量上明显低于对照组。

2.2　不同饲养方式对中华通草蛉幼虫生长发育的影响

整个幼虫期用饲料饲养的幼虫历期为 10.42 d，蛹历期为 7.25 d，和整个幼虫期用饲料和蔗糖水饲养（9.10 d，7.05 d）相比差异显著；1 龄幼虫用蚜虫饲养，2 龄、3 龄幼虫用饲料饲养幼虫的历期为 8.06 d，蛹历期为 6.71 d，和 1 龄幼虫用蚜虫饲养，2 龄、3 龄幼虫用饲料和蔗糖水饲养（7.13 d，6.31 d）相比差异显著（表 3）。

在幼虫存活率方面，不添加糖水饲养的幼虫和添加糖水饲养的幼虫相比差异显著，其中整个幼虫期用饲料和蔗糖水饲养幼虫存活率几乎可以达到 100%（图 2）。

3　结论与讨论

在我国，中华通草蛉幼虫人工饲料的研究经历了使用酵母和鸡蛋（叶正楚等，1979），大豆水解液和牛肉水解液（蔡长荣等，1983），鱼子粉（王念慈和牟吉元，1982），牛肉牛肝（李国平等，2010）为主要成分的不同阶段。总体来说，这些主饲料都能满足中华通草蛉幼虫生长发育的需要，并且成虫可以产卵。但是普遍存在幼虫

表 2　不同处理对成虫的影响

Table 2　Effects of different treatments on adults

处理 Treatment	产卵前期 Pre-oviposition	成虫存活历期 Adult survival period	总产卵量 Total egg production
蚜虫 CK	4.22±1.15a	51.63±0.75a	840.00±15.00a
处理 1 Treatment 1	4.34±1.23a	53.19±0.93a	826.35±16.47a
处理 2 Treatment 2	4.87±2.30ab	54.26±1.26a	817.80±17.83a
处理 3 Treatment 3	5.28±0.42bc	53.00±0.88a	787.80±24.90a
处理 4 Treatment 4	5.83±0.31c	47.29±1.71b	649.80±16.33b

表 3　不同饲养方式中华通草蛉幼虫的发育历期

Table 3　Developmental period of the larva of *Chrysoperla nipponensi* in different feeding methods

处理 Treatment	发育历期（d）Developmental duration				
	1 龄 1st instar	2 龄 2nd instar	3 龄 3rd instar	幼虫历期 Larval period	蛹期 Pupae
处理① Treatment ①	3.64±0.17a	3.25±0.31a	3.50±0.23a	10.42±0.43a	7.25±0.13a
处理② Treatment ②	3.65±0.13a	2.35±0.11b	3.10±0.10b	9.10±0.10b	7.05±0.09ab
处理③ Treatment ③	2.82±0.10b	3.06±0.14a	2.18±0.13c	8.06±0.10c	6.71±0.19bc
处理④ Treatment ④	2.88±0.09b	2.19±0.10b	2.25±0.11c	7.31±0.12d	6.31±0.15c

处理①：整个幼虫期用饲料饲养；处理②：整个幼虫期用饲料和蔗糖水饲养；处理③：1 龄幼虫用蚜虫饲养，2、3 龄幼虫用饲料饲养；处理④：1 龄幼虫用蚜虫饲养，2、3 龄幼虫用饲料和蔗糖水饲养。数据后标有不同小写字母表示在 $P<0.05$ 水平差异显著（LSD 法）。

Treatment ①: Feeding with feed throughout the larval stage; Treatment ②: Feeding with feed and sucrose throughout the larval stage; Treatment ③: 1st instar larva feed with aphids, 2nd and 3rd instar larvae feed with artificial feed; Treatment ④: 1st instar larva feed with aphids, 2nd and 3rd instar larvae feed with artificial feed and sucrose water. Data followed by different letters indicate significant difference at the 0.05 level (LSD method).

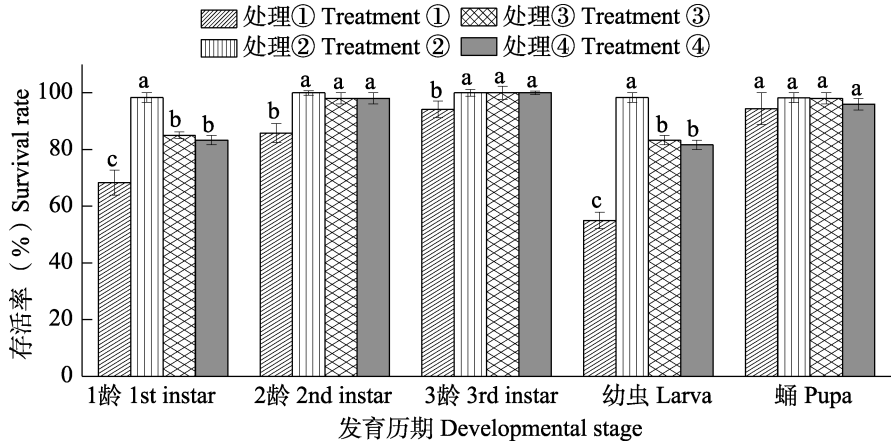

图 2　不同饲养方式中华通草蛉幼虫存活率

Fig. 2　The survival rate of *Chrysoperla nipponensis* larva in different feeding methods

处理①：整个幼虫期用饲料饲养；处理②：整个幼虫期用饲料和蔗糖水饲养；处理③：1 龄幼虫用蚜虫饲养，2、3 龄幼虫用饲料饲养；处理④：1 龄幼虫用蚜虫饲养，2、3 龄幼虫用饲料和蔗糖水饲养。Treatment ①: Feeding with feed throughout the larval stage; Treatment ②: Feeding with feed and sucrose throughout the larval stage; Treatment ③: 1st instar larva feed with aphids, 2nd and 3rd instar larvae feed with artificial feed; Treatment ④: 1st instar larva feed with aphids, 2nd and 3rd instar larvae feed with artificial feed and sucrose water.

历期延长，幼虫存活率较低，成虫产卵量低等情况。本实验中用 4 种基础饲料饲养的中华通草蛉幼虫历期均比对照组要长，但是成虫产卵方面牛肉牛肝，猪肉猪肝和蚕蛹与对照的差异不明显，甚至在某一天的产卵情况甚至好于对照组。这可能由于 1 龄时期幼虫捕食了蚜虫，有了初步的营养积累，使羽化后成虫的产卵量增加有关。牛肉牛肝、猪肉猪肝、蚕蛹、大豆粉麦胚粉具有来源广、价格便宜、饲料制作过程操作简单的优点，适合规模化制作中华通草蛉饲料。在本研究中，牛肉牛肝饲养中华通草蛉幼虫在幼虫历期，幼虫存活率，成虫产卵量等重要指标上均优于其他 3 种。因此，选取牛肉牛肝作为基础饲料开展下一步的研究。

糖类是六大营养素之一，和人类一样糖是昆虫所必须的营养成分之一。糖类不仅可以为昆虫发育提供营养，而且大多数糖类物质可以对人和动物的取食产生刺激，适宜的糖浓度可以有利于昆虫取食饲料。因此糖类物质往往作为促食因子广泛应用于人工饲料的研究（曾凡荣，2018）。郭义等（2017）在蠋蝽 *Arma chinensis*（Fallou）的研究中发现，蠋蝽对蔗糖溶液的取食行为选择的喜好程度最高。在本实验中，在饲料中含有蔗糖的情况下，添加外源蔗糖溶液的处理组在幼虫历期、幼虫存活率方面明显好于不添加蔗糖溶液的处理组，说明了中华通草蛉幼虫在取食含糖饲料的基础上，同样可以取食外源蔗糖溶液，并且幼虫的发育程度和存活率得到了提高。

本研究中，1 龄用蚜虫、2 龄和 3 龄用饲料饲养的幼虫在幼虫历期和存活率方面优于用饲料饲养的幼虫，说明了饲料配方营养仍不如蚜虫完全。综合幼虫期的各个指标，1 龄幼虫用蚜虫饲养、2 龄和 3 龄幼虫用饲料和蔗糖溶液饲养的效果最佳。实验中发现，1 龄幼虫往往因为指形管空间有限，蚜虫数量较多且活动力强，自身捕食能力较弱等因素不能很好的取食蚜虫造成死亡，这也是 1 龄用蚜虫饲养幼虫的存活率不如用饲料和蔗糖溶液饲养的原因，所以在用蚜虫饲养中华通草蛉 1 龄幼虫的过程中尽量选择一些幼小、干净的蚜虫以提高幼虫的存活率。在生产上，由于中华通草蛉 1 龄幼虫取食量小，所以生产中可以用天然寄主将中华通草蛉饲养到 2 龄后，再用人工饲料和蔗糖溶液饲养，可以实现快速繁殖中华通草蛉并且减少成本。但生产中如何避免 1 龄幼虫间自相残杀，尽可能节省人力，仍需要实践来验证。

参考文献 (References)

Cai CR, Zhang XD, Zhao JZ, 1983. Studies on the liquid artificial diets for larvae of *Chrysoperla nipponensis*. *Natural Enemies of Insects*, 5(2): 82–85. [蔡长荣, 张宣达, 赵敬钊, 1983. 中华通草蛉幼虫液体人工饲料的研究. 昆虫天敌, 5(2): 82–85.]

Ding YQ, Chen YP, 1986. Study on the predation of *Chrysoperla nipponensis* on cotton aphid and cotton bollworm. *Chinese Journal of Biological Control*, 2(3): 97–102. [丁岩钦, 陈玉平, 1986. 中华通草蛉对棉蚜与棉铃虫的捕食作用研究. 中国生物防治学报, 2(3): 97–102.]

Gao WX, 2011. Studies on the suitability of *Myzus persicae* (Sulzer) reared on artificial diet for *Chrysoperla sinica* (Tjeder). Master dissertation. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences. [高文兴, 2011. 人工饲料扩繁桃蚜及对中华通草蛉适合性的研究. 硕士学位论文. 北京: 中国农业科学院.]

Guo Y, Wang MZ, Zhang CH, Yi ZJ, Yang ZY, Liu CX, Zhang LS, Wang MQ, Chen HY, 2017. Effects of different sugars on the feeding preferences and fecundity of *Arma chinensis*. *Chinese Journal of Biological Control*, 33(3): 331–337. [郭义, 王曼姿, 张长华, 易忠经, 杨在友, 刘晨曦, 张礼生, 王孟卿, 陈红印, 2017. 几种糖类物质对蠋蝽取食行为选择和繁殖力的影响. 中国生物防治学报, 33(3): 331–337.]

Li GP, Ma L, Feng HQ, Qiu F, 2010. Rearing successive generations of *Chrysoperla nippoensis* larva(Neuroptera：Chrysopidae) on a semisolid artificial diet. *Journal of Environmental Entomology*, 32(1): 85–89. [李国平, 马丽, 封洪强, 邱峰, 2010. 一种半固体人工饲料连代饲养日本通草蛉幼虫. 环境昆虫学报, 32(1): 85–89.]

Li SQ, Huang SS, Han SS, Li ZG, Ye JW, Xu YJ, 2012. Functional and numerical responses of *Mallada besalis* feeding on *Corcyracephalonica* eggs. *Acta Ecologica Sinica*, 32(21): 6842–6847. [李水泉, 黄寿山, 韩诗畴, 李志刚, 叶静文, 徐英杰, 2012. 黄玛草蛉捕食米蛾卵的功能反应与数值反应. 生态学报, 32(21): 6842–6847.]

Pappas ML, Broufas GD, Koveos DS, 2008. Effect of temperature on survival, development and reproduction of the predatory lacewing *Dichochrysa prasina* (Neuroptera: Chrysopidae) reared on *Ephestia kuehniella* eggs (Lepidoptera: Pyralidae). *Biological Control*, 45(3): 396–403.

Shao ZF, Yin WB, Chen JH, Wang ZQ，2016. Application research progress of Chrysopidaes in biological control. *Modern Agricultural Science and Technology*, (3): 171–174. [邵振芳, 尹文兵, 陈建华, 王泽清, 2016. 草蛉在虫害生物防治中的应用研究进展. 现代农业科技, (3): 171–174.]

Tang LD, Wang XS, Zhao HY, Fu BL, Qiu HY, Liu K, 2017. The predation function response and development of *Chrysopa pallens* larva on *Megalurothrips usitatus* and *Aphis craccivora*. *Chinese Journal of Biological Control*, 33(1): 49–55. [唐良德, 王晓双, 赵海燕, 付步礼, 邱海燕, 刘奎, 2017. 大草蛉幼虫捕食豆大蓟马和豆蚜的功能反应及生长发育. 中国生物防治学报, 33(1): 49–55.]

Thompson SN, 1999. Nutrition and culture of entomophagous insects. *Annual Review of Entomology*, 44: 561–592.

Wang NC, Mu JY, 1982. Studies on the artificial diets of *Chrysoperla nipponensis*. *Journal of Shandong Agricultural University*, (Z1): 45–52. [王念慈, 牟吉元, 1982. 草蛉人工饲料的研究. 山东农学院学报, (增刊): 45–52.]

Wang YN, Zheng ZQ, Zhou YS, 1984. Insect Artificial Feed Handbook. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers. 297. [王延年, 郑忠庆, 周永生, 1984. 昆虫人工饲料手册. 上海: 上海科学技术出版社. 297.]

Xiao YL, Guo HB, Li MG, Ju Z, Xu YY, 2006. A preliminary study on the predation effect of *Chrysoperla nipponensis* worm larvae on *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus). *Natural Enemies of Insects*, 28(3): 109–114. [肖云丽, 郭海波, 李明贵, 鞠珍, 许永玉, 2006. 中华通草蛉幼虫对麦蚜捕食作用的初步研究. 昆虫天敌, 28(3): 109–114.]

Ye ZC, Hart YM, Wang DG, Liang SZ, Li SY, 1979. Studies on the artificial diets for larvae and aduls of *Chrysoperla nipponensis*. *Journal of Plant Protection*, 6(2): 11–12. [叶正楚, 韩玉梅, 王德贵, 梁士珍, 李淑莹, 1979. 中华通草蛉人工饲料的研究. 植物保护学报, 6(2): 11–16.]

Zeng FR, 2018. Research of insect artificial diet. *Chinese Journal of Biological Control*, 34(2): 184–197. [曾凡荣, 2018. 昆虫人工饲料研究. 中国生物防治学报, 34(2): 184–197.]

Zhang LL, Li K, Zhang TS, Wang B, 2007. The effect of the artificial diets on *Propylea japonica* growth and fecundity. *Chinese Bulletin of Entomology*,7(6): 871–876. [张丽莉, 李恺, 张天澍, 王斌, 2007. 人工饲料对龟纹瓢虫生长和繁殖的影响. 昆虫知识, 7(6): 871–876.]

Zou WH, 2004. The laboratory rearing ang predatory capacity of the predatory bug, *O. sauteri* (Poppius) (Heteroptera: Anthocoridae). Master dissertation. Wuhan: Huazhong Agricultural University. [邹卫辉, 2004. 东亚小花蝽人工饲养技术及捕食作用的研究. 硕士学位论文. 武汉: 华中农业大学.]