

# 人工饲料添加不同凝固剂对异色瓢虫生长发育的影响

陈江峰, 赵继伟, 肖慧昌, 殷磊, 金燕, 孙元星

(甘肃农业大学植物保护学院, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 在人工饲料中分别添加质量分数为 2%、4%、6% 的凝固剂(卡拉胶、食用明胶、海藻酸钠), 探究异色瓢虫幼虫各龄期的存活率及发育历期。结果表明, 添加食用明胶效果相对较好, 部分幼虫可发育至成虫, 但对存活率具不利影响, 且各龄期的发育时间较不添加凝固剂显著延长; 添加海藻酸钠的效果最差, 所有幼虫不能正常化蛹, 当人工饲料中海藻酸钠的浓度为 6% 时几乎无幼虫能正常发育至 2 龄。综合来看, 添加 3 种凝固剂的效果均不理想。

**关键词:** 异色瓢虫; 人工饲料; 凝固剂; 存活率; 发育历期

**中图分类号:** S476 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2020)01-0014-03

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2020.01.003](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2020.01.003)

## Effect of Artificial Diet Supplemented with Different Coagulants on Development of *Harmonia axyridis*

CHEN Jiangfeng, ZHAO Jiwei, XIAO Huichang, YIN Lei, JIN Yan, SUN Yuanxing

(College of Plant Proction, Gansu Agricultural University, Lanzhou Gansu 730070, China)

**Abstract:** In the artificial diet of *Harmonia axyridis*, one kind of coagulator (carrageenan, gelatin or sodium alginate) was supplemented and the quality proportion was 2%, 4% and 6%, respectively. The survival rate and development time of *Harmonia axyridis* larvae were evaluated on each diet. The results showed that gelatin showed to be the best supplementation than the other two coagulants, and a small proportion of larvae could develop into adult, while the development time was significantly increased than control; sodium alginate showed to be the worst supplementation that no larva could develop into pupa stage, and all larvae dead before the second instar when the proportion reached to 6%. In conclusion, supplementation of the three kinds of coagulant resulted in unsatisfactory effects.

**Key words:** *Harmonia axyridis*; Artificial diet; Coagulant; Survival rate; Development time

异色瓢虫 [*Harmonia axyridis* (Pallas)] 是一种重要的捕食性天敌, 可取食多种蚜虫及叶螨、介壳虫等其他小型害虫, 号称“超级杀手”<sup>[1-2]</sup>。人工大规模饲养是应用天敌进行生物防治的关键基础性技术<sup>[3]</sup>。传统人工饲养天敌主要依赖天然猎物, 需要建立稳定的“植物—害虫—天敌”3 级营养关系, 费

时费力, 且很难持续维持<sup>[4]</sup>, 开发高效的人工饲料是人工规模化饲养天敌的重要技术进步<sup>[5]</sup>。人们对异色瓢虫人工饲料的研究已有 60 多年的历史<sup>[6]</sup>。其中, 基于鲜猪肝和蜂蜜的人工饲料应用最为广泛<sup>[7]</sup>, 但这类饲料具有较高的粘性, 易黏住低龄幼虫, 造成较高的死亡率, 且易在饲料表面形成硬

收稿日期: 2019-07-02

基金项目: 甘肃农业大学大学生科研训练项目(20181317); 甘肃省农作物病虫害生物防治工程实验室开放基金项目(BELCDP-2018-01)。

作者简介: 陈江峰(1997—), 男, 甘肃秦安人, 在读本科生, 研究方向为异色瓢虫饲养技术。

通信作者: 孙元星(1988—), 男, 湖北建始人, 副教授, 博士, 主要从事昆虫生态与害虫防治方面的教学科研工作。Email: sunyx1988@126.com。

膜,影响瓢虫的取食<sup>[8]</sup>。前期,我们利用猪肝粉替换猪肝匀浆能明显提高低龄幼虫的存活率,但容易失水干燥,影响瓢虫取食<sup>[9]</sup>,因此需要进一步对饲料进行优化。改进人工饲料的物理性状是提高饲养效率的重要途径<sup>[6]</sup>。已有研究表明,人工饲料必须具备良好的软硬度和保水性,昆虫才喜食,也才能较好满足昆虫生长发育的需要<sup>[10]</sup>。人工饲料的软硬度和保水性可由凝固剂来进行调节<sup>[11]</sup>,琼脂、食用明胶、卡拉胶、海藻酸钠及羧甲基纤维素钠等为常用的凝固剂,在食品加工及水产研究中具有广泛应用<sup>[12]</sup>。对甜菜夜蛾与桑蚕人工饲料研究表明,筛选添加合适的凝固剂可显著提高人工饲料的饲养效率<sup>[10,13]</sup>。我们在异色瓢虫人工饲料中添加不同类型及浓度的凝固剂,以明确不同饲料对异色瓢虫生长发育的影响,为进一步改善异色瓢虫人工饲料品质提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

供试异色瓢虫[*Harmonia axyridis*(Pallas)]为实验室[温度(25±1)℃,光周期L:D=16:8]长期用豌豆蚜[*Acyrtosiphon pisum*(Harris)]饲养的黄底型种群。豌豆蚜为长期饲养在蚕豆苗上的红色型种群。

### 1.2 实验方法

将3对异色瓢虫成虫饲喂于直径为9cm的培养皿内,每天提供充足的蚜虫并收集所产卵,将卵孵育在直径为3cm的培养

皿内(提供一浸透水的棉球用以保湿)。每天监测卵孵化情况,所得1龄幼虫用于实验。实验在人工气候箱内进行,温度(25±1)℃,光周期L:D=16:8,相对湿度65%。

### 1.3 供试凝固剂及人工饲料配制

供试凝固剂为食用明胶、卡拉胶、海藻酸钠(上海源叶),凝固剂的质量份数分别设置为2%、4%、6%。

人工饲料配方为猪肝粉10g、酵母粉1g、蔗糖2g、蜂蜜1g、橄榄油+亚麻油(体积比1.4:1)1.9g、山梨酸钾0.16g。将各部分逐一加入100mL烧杯内并混合均匀,将不同质量分数的凝固剂充分溶解于75℃的蒸馏水中,待凝固剂冷却至30℃左右时加入到混匀的人工饲料中,用玻璃棒充分搅匀。待饲料充分冷却成蛋糕状后,切成边长为3mm的小立方体。将饲料编号并放置于1塑料平板上,参照刘朝燊等<sup>[10]</sup>的方法观察人工饲料的外形(表1)。将人工饲料分装于1.5mL的离心管内,做好标记并保存于-20℃冰箱内备用。

### 1.4 添加凝固剂对异色瓢虫生长发育及存活的影响

将1龄幼虫单头分别饲养于直径为3cm的塑料培养皿内,并提供加入不同凝固剂的饲料块1个。每天检查幼虫存活情况并记录,每2d更换人工饲料1次并及时更换新的培养皿直至幼虫化蛹,以不添加凝固剂的饲料作对照。观察统计异色瓢虫各龄幼虫

表1 不同凝固剂对饲料凝固度的影响

凝固剂	所占比例 /%	饲料简称	饲料凝固效果和粘度
海藻酸钠	2	H-1	呈糖胶状,不能切块,不粘附幼虫
	4	H-2	呈块状,能切块,不粘附幼虫
	6	H-3	呈块状,切块且效果好,过硬,幼虫不取食
卡拉胶	2	K-1	呈糊状,不能切块,不粘附幼虫
	4	K-2	呈糊状,不能切块,不粘附幼虫
	6	K-3	呈糖胶状,不能切块,不粘附幼虫
食用明胶	2	M-1	呈糖胶状,不能切块,不粘附幼虫
	4	M-2	呈块状,能切块,幼虫能取食
	6	M-3	呈块状,切块较好,过硬,幼虫不喜食

的存活率及发育历期。成虫羽化后, 对新羽化成虫(羽化后48 h)进行称重(精确至0.1 mg)。

### 1.5 数据分析

所有数据分析均采用 SPSS 19.0 进行。成虫前各龄期的存活率及成虫羽化率用  $4 \times 2$  交联表分析, 当存在显著差异时, 进一步用  $2 \times 2$  交联表分析( $P < 0.05$ )。发育历期, 新羽化成虫体重及蚜虫的寄生率用单因素方差分析, 多重比较采用 LSD 法( $P < 0.05$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 人工饲料添加卡拉胶

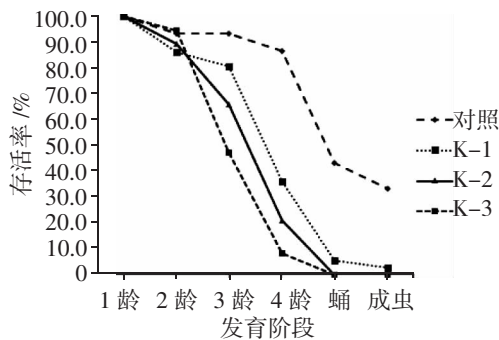
从图 1 A 可以看出, 异色瓢虫幼虫取食添加 3 个不同浓度卡拉胶的人工饲料后, 其 2 龄幼虫的存活率与对照相比均无显著差异( $\chi^2=0.035 \sim 0.900$ ,  $P=0.343 \sim 0.851$ )。取食 K-1 后, 3 龄幼虫存活率与对照相比也无显著差异( $\chi^2=2.269$ ,  $P=0.132$ ), 此后各龄期的存活率均显著低于对照( $\chi^2=11.000 \sim 17.301$ ,  $P < 0.001$ ); 取食 K-2 和 K-3 后, 3 龄与 4 龄幼虫的存活率均显著低于对照( $\chi^2=7.398 \sim$

40.763,  $P \leq 0.007$ ), 且不能化蛹。

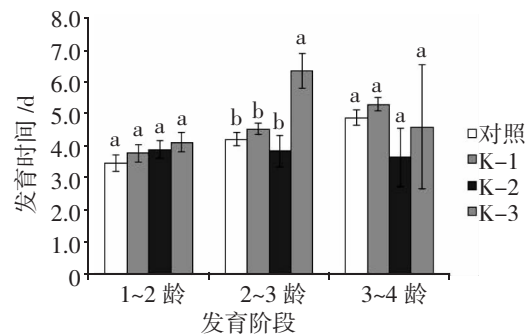
从图 1 B 可以看出, 取食添加卡拉胶的人工饲料后, 幼虫 1~2 龄、3~4 龄的发育历期均与对照差异不显著, 且在 3 个浓度下也无显著差异(1~2 龄  $F_{3, 123}=0.906$ ,  $P=0.441$ ; 3~4 龄  $F_{3, 123}=1.408$ ,  $P=0.250$ )。取食 K-3 后, 异色瓢虫 2~3 龄幼虫的发育历期(6.4 d)显著长于对照(3.8 d)及其他 2 个浓度的饲料处理(4.0 d)。取食添加卡拉胶的人工饲料后, 仅有个别幼虫能正常化蛹及羽化, 因此未对该阶段的发育历期进行分析。

### 2.2 人工饲料添加食用明胶

从图 2 A 看出, 取食添加 3 个浓度的食用明胶人工饲料后, 异色瓢虫 1~2 龄幼虫的存活率均与对照无显著差异( $\chi^2=0.130 \sim 1.344$ ,  $P=0.246 \sim 0.718$ ), 但此后各龄期的存活率均显著低于对照( $\chi^2=6.972 \sim 25.215$ ,  $P \leq 0.008$ )。取食 M-1、M-2 与 M-3 后, 各龄期幼虫的存活率均无显著差异( $\chi^2=0 \sim 0.409$ ,  $P=0.263 \sim 1.000$ ), 但存活率较低, 其中 2~3 龄的存

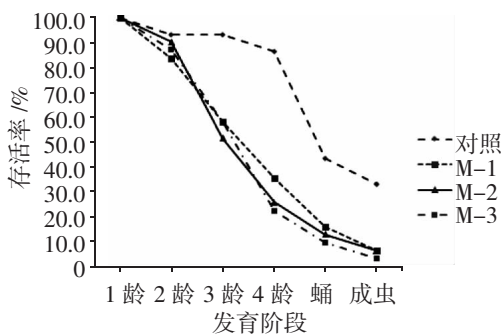


A 对异色瓢虫存活率的影响

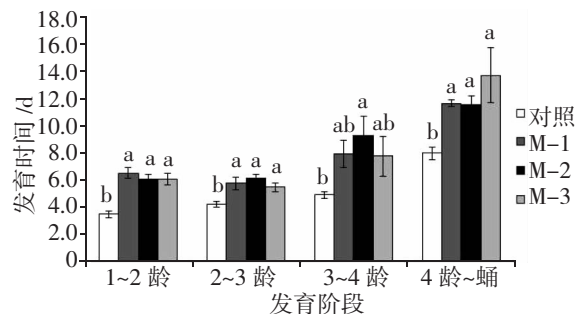


B 对异色瓢虫发育历期的影响

图 1 添加不同浓度卡拉胶人工饲料对异色瓢虫存活率(A)及发育历期(B)的影响



A 对异色瓢虫存活率的影响



B 对异色瓢虫发育历期的影响

图 2 添加不同浓度食用明胶人工饲料对异色瓢虫存活率(A)及发育历期(B)的影响

活率低于 60%，而对照则高于 80%。

通过图 2 B 看出，取食 M-1、M-2 与 M-3 后，其 1~2 龄、2~3 龄及 4 龄~蛹的发育历期均显著长于对照(1~2 龄  $F_{3,105}=15.793$ ,  $P<0.001$ ; 2~3 龄  $F_{3,76}=8.449$ ,  $P<0.001$ ; 4 龄~蛹  $F_{3,21}=12.954$ ,  $P<0.001$ )。在 3~4 龄幼虫的发育过程中，取食 M-2 的发育历期(9.3 d)与其他 2 个处理差异不显著(分别为 7.7、7.9 d)，但显著长于对照(4.9 d) ( $F_{3,48}=7.398$ ,  $P<0.001$ )。因取食添加食用明胶的人工饲料后，仅有个别幼虫能发育到成虫，因此该阶段的发育历期未与对照进行比较。

### 2.3 人工饲料添加海藻酸钠

从图 3 A 可以看出，异色瓢虫取食 H-1 后，其 1~2 龄幼虫的存活率与对照无显著差异( $\chi^2=2.017$ ,  $P=0.156$ )，但此后的存活率显著低于对照( $\chi^2=16.184\sim 31.259$ ,  $P<0.001$ )，且无幼虫能正常化蛹；取食 H-2 后，其 1 至 4 龄各龄期的存活率显著低于对照( $\chi^2=19.265\sim 52.743$ ,  $P<0.001$ )，且无幼虫能正常化蛹；取食 H-3 后，幼虫仅能存活到 2 龄，且存活率显著低于对照( $\chi^2=56.387$ ,  $P<0.001$ )。

因异色瓢虫幼虫取食 H-2 与 H-3 的人工饲料后，几乎无幼虫能够存活到 2 龄，因此仅将处理 H-1 的发育历期与对照进行比较。在处理 H-1 中，1~2 龄、2~3 龄及 3~4 龄幼虫的发育历期(分别为 5.3、6.8、

10.6 d)均显著长于对照(分别为 3.5、4.2、4.9 d)，且无幼虫能正常发育至蛹期(图 3 B)。

### 3 结论与讨论

在异色瓢虫人工饲料中添加卡拉胶、食用明胶及海藻酸钠，测定异色瓢虫幼虫的生长发育情况。可以看出，3 种凝固剂的添加效果均不理想，主要表现为高龄幼虫的存活率显著降低，发育历期延长，同时，这种不利影响随饲料中凝固剂质量分数的升高而增强。其中海藻酸钠的添加效果最差，当人工饲料中海藻酸钠的浓度为 6% 时，几乎无幼虫能正常发育至 2 龄；取食添加不同浓度海藻酸钠的人工饲料后，所有幼虫均不能正常化蛹。添加食用明胶的效果相对较好，部分幼虫可发育至成虫，但对存活率仍具不利影响。取食添加不同浓度食用明胶的人工饲料后异色瓢虫幼虫的存活率，1~2 龄均与不添加凝固剂饲料无显著差异，但此后各龄期的存活率均显著低于不添加凝固剂饲料。此外，人工饲料添加食用明胶后，幼虫各龄期的发育时间较不添加凝固剂显著延长。

综上所述，添加供试凝固剂对改进异色瓢虫人工饲料的饲养效率无积极作用，尚未发现能够完全满足异色瓢虫正常生长发育及生殖的需要的人工饲料添加剂。这主要是因为人们对异色瓢虫的营养生理、生殖生理等方面的了解不够，今后应加以研究并据此设

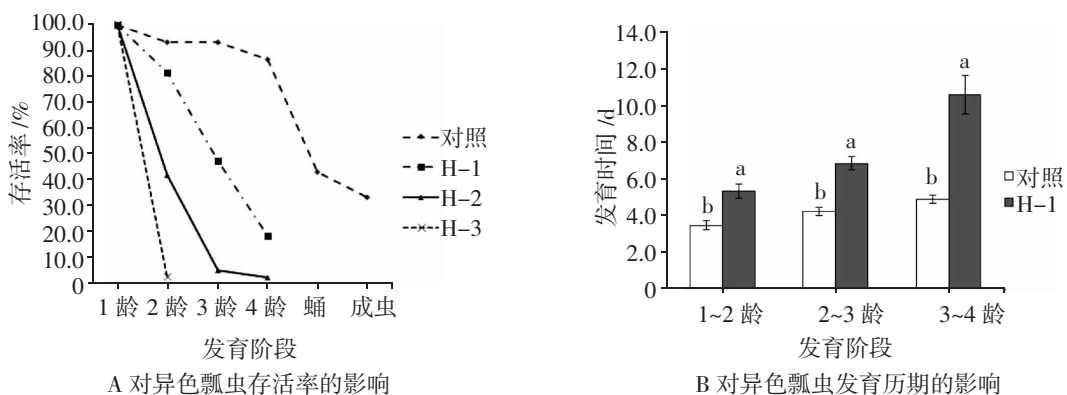


图 3 添加不同浓度海藻酸钠人工饲料对异色瓢虫存活率(A)及发育历期(B)的影响

计改进方案<sup>[14]</sup>。另一方面,与甜菜夜蛾和桑蚕等植食性昆虫相比,异色瓢虫等捕食性昆虫的天然猎物营养成分更为复杂,且对食物可能具有行为上的要求,比如瓢虫不取食刚死或冰冻的蚜虫<sup>[15]</sup>。人工饲料的设计必须考虑瓢虫的取食行为机制,这也有待进一步研究<sup>[16]</sup>。此外,在实验中发现,异色瓢虫对凝固剂的消化能力较弱且不喜取食,取食量减少,或是高浓度凝固剂对异色瓢虫产生了毒性,使其死亡率,特别是低龄幼虫的死亡率显著升高。今后需从其他角度来改进异色瓢虫人工饲料的物理性状,如的微胶囊人工饲料饲养小花蝽具有良好效果<sup>[17]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] KOCH, R L. The multicolored Asian lady beetle, *Harmonia axyridis*: a review of its biology, uses in biological control, and non-target impacts[J]. Journal of Insect Science, 2003 (3): 1-16.
- [2] 邱珂, 张家韬, 张强, 等. 成巨龙陕西烟田蚜虫天敌昆虫种类调查[J]. 甘肃农业科技, 2017(10): 39-41.
- [3] VAN LENTEREN, J C, TOMMASINI, M G. Mass production, storage, shipment and re-release of natural enemies[M]. Wallingford: CABI Publishing, 2003: 181-189.
- [4] RIDDICK, E W. Benefits and limitations of factitious prey/food and artificial diets on life parameters of predatory beetles, bugs, and lacewings: A mini-review[J]. Bio. Control, 2009, 54(3): 325-339.
- [5] ZOU D Y, WU H H, Coudron T A, et al. A meridic diet for continuous rearing of *Arma chinensis*(Hemiptera: Pentatomidae: Asopinae) [J]. Biological Control, 2013, 67(3): 491-497.
- [6] SMIRNOFF, W A. An artificial diet for rearing coccinellid beetles[J]. The Canadian Entomologist, 1958, 90(9): 563-565.
- [7] SUN Y X, HAO Y N, RIDDICK E W, et al. Factitious prey and artificial diets for predatory lady beetles: current situation, obstacles, and approaches for improvement: a review [J]. Biocontrol Science & Technology, 2017, 27 (5): 601-619.
- [8] 张士昶, 周兴苗, 潘悦, 等. 南方小花蝽液体人工饲料的饲养效果评价[J]. 昆虫学报, 2008, 51(9): 997-1001.
- [9] SUN Y X, HAO Y N, LIU T X. A  $\beta$ -carotene-amended artificial diet increases larval survival and be applicable in mass rearing of, *Harmoinia axyridis*[J]. Biological Control, 2018, 123: 105-110.
- [10] 刘朝桑, 陈其津, 李广宏, 等. 甜菜夜蛾人工饲料中琼脂替代物的研究[J]. 中国生物防治, 2002, 18(4): 162-165.
- [11] 忻介六, 苏德明. 昆虫, 螨类, 蜘蛛的人工饲料[M]. 北京: 科学出版社, 1986.
- [12] RUSCOE I M, JONES C M, JONES P L, et al. The effects of various binders and moisture content on pellet stability of research diets for freshwater crayfish[J]. Aquaculture Nutrition, 2015, 11(2): 87-93.
- [13] 缪云根, 徐俊良, 洪国延, 等. 桑蚕人工饲料配方的改进研究[J]. 浙江农业大学学报, 1996, 22(5): 511-514.
- [14] 孙兴全, 陈文龙, 陈志兵, 等. 异色瓢虫的人工饲料及防治棚栽草莓蚜虫的初步研究[J]. 上海农学院学报, 1996, 14(2): 133-137.
- [15] 沈志成, 胡萃, 龚和. 瓢虫人工饲料的研究进展[J]. 昆虫知识, 1989, 26(5): 313-316.
- [16] 杨洪, 熊继文, 张帆. 瓢虫人工饲料研究进展[J]. 山地农业生物学报, 2003, 22 (2): 169-172.
- [17] TAN, X L, ZHAO J, WANG S, et al. Optimization and evaluation of microencapsulated artificial diet for mass rearing the predatory ladybird *Propylea japonica* (Coleoptera: Coccinellidae)[J]. Insect Science, 2014, 22(1): 111-120.

(本文责编: 陈伟)