

文章编号:1001-7380(2019)02-0017-05

黄粉虫蛹不同温度处理对人工繁育川硬皮肿腿蜂的影响

郭燕飞, 袭梅, 李跃, 蒋明

(南京登博生态科技股份有限公司, 江苏 南京 210042)

摘要:为了探究黄粉虫蛹不同温度处理对人工繁育川硬皮肿腿蜂的影响,该研究设置了5个处理温度(-10,-4,0,4,10℃)和3个处理时间(1,4,7 d)。通过比较川硬皮肿腿蜂在不同处理蛹上的寄生率、繁蜂成功率、单管繁蜂量和出蜂效率4个繁育指标,筛选最适于繁蜂的寄主处理温度和处理时间。试验结果表明,相较于对照组,低温处理能够显著提高川硬皮肿腿蜂的繁殖效率。其中-4℃处理黄粉虫蛹7 d后繁育的川硬皮肿腿蜂的寄生率、繁蜂成功率、单管繁蜂量和出蜂效率均显著高于其他处理,分别为76.67%,66.67%和8.15,10.89头,可显著提高川硬皮肿腿蜂的繁育效果。因此,推荐以-4℃处理黄粉虫蛹7 d为最佳处理。

关键词:川硬皮肿腿蜂;黄粉虫;低温贮存;单管繁蜂量;繁蜂成功率

中图分类号:Q969.498.2;Q969.551.5;S763.43 **文献标志码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1001-7380.2019.02.005

Effects of different temperature treatments of *Tenebrio molitor* L. Pupae on artificial breeding of *Scleroderma sichuanensis*

Guo Yanfei, Xi Mei, Li Yue, Jiang Ming

(Nanjing Dengbo Eco-technology Co., Ltd., Nanjing 210042, China)

Abstract: To investigate the effects of different temperature treatments of *Tenebrio molitor* L. Pupae on the breeding of *Scleroderma sichuanensis*, 5 temperature treatments (-10, -4, 0, 4, 10 °C) and 3 time treatments (1, 4 and 7 days) were set up in this study. By comparing the parasitic rate, parasitic success rate, wasp number per tube and reproductive efficiency of *S. sichuanensis* on different treatments of *Tenebrio molitor* pupae, the optimum treatment temperature and time were selected. Results showed that low temperature treatment could significantly improve the reproductive efficiency of *S. sichuanensis*. The parasitic rate (76.67%), parasitic success rate (66.67%), wasp number per tube (8.15) and reproductive efficiency (10.89) of *S. sichuanensis* bred at -4 °C for 7 days were significantly higher than those of other treatments. Therefore, we recommend that the best treatment for breeding of *S. sichuanensis* should be to treat the *T. molitor* pupae for 7 days at -4 °C.

Key words: *Scleroderma sichuanensis*; *Tenebrio molitor* L.; Low temperature storage; Wasp number per tube; Reproductive efficiency

川硬皮肿腿蜂(*Scleroderma sichuanensis* Xiao)隶属于膜翅目(Hymenoptera)肿腿蜂科(Bethylidae)硬皮肿腿蜂属(*Sclerodermus* Latreille)^[1],该蜂是多种林木钻蛀性害虫幼虫或蛹的体外寄生蜂,成虫爬行速度快,林间搜索能力和攻击性能强,具有高寄生率和繁殖率等优点^[2]。目前,川硬皮肿腿蜂已被应

用于林业生物防治中,能有效控制星天牛^[3]、松墨天牛^[4-6]、双条杉天牛、桃红颈天牛、花椒虎天牛等鞘翅目害虫,降低虫口密度,并在林间建立了一定的生物种群,能持续性控制钻蛀性害虫^[7]。

近年来,关于川硬皮肿腿蜂的研究多为形态学^[8]、解剖学^[9]、生态学、人工繁育^[10-11]及应用技术

收稿日期:2019-03-03;修回日期:2019-03-23

作者简介:郭燕飞(1993-),女,河北衡水人,硕士。主要从事园林植物病虫害的生物防治研究;电话:15850561366;E-mail:1360382555@qq.com。

等方面的系统研究^[8,12]。在人工繁育肿腿蜂方面,用自然寄主天牛幼虫的繁蜂效果很好,但野外人工采集难度大,费时费力,且完全依赖寄主的自然发生情况使得繁蜂数量和时间受到很大限制^[12]。除了利用自然寄主天牛幼虫外^[10-14],选择合适的替代寄主是最为简单易行的方式,比如黄粉虫、大蜡螟、玉米螟等^[2,11,15-16],这些替代寄主易获得、繁殖量大且周期短,因此也大量用来繁育肿腿蜂^[8,12]。

目前,已成功实现利用替代寄主黄粉虫蛹繁殖川硬皮肿腿蜂的技术^[17],并进行了一系列防治试验和应用技术研究^[16]。但是,在人工规模化生产工作中,需要对黄粉虫采取适当的处理才能使得肿腿蜂成功寄生^[7,18-20]。有研究显示,可以通过药物麻醉、低温处理等方式,来抑制寄主的活力和发育,使其容易被寄生,并满足肿腿蜂发育所需的营养^[2,18,21-23]。而且,要准确把握对寄主的处理时间,处理方式和时间都尤为重要。其中,药物麻醉操作复杂,容易腐蚀寄主,造成炭化,相对来说,低温处理是安全高效的方法。但是,对黄粉虫蛹的最佳处理温度的研究结果各异^[7,18,21],且不同温度梯度设计的比较少,实际生产中很难确定黄粉虫蛹的最佳处理温度。

本文综合设置了 5 个处理温度(-10,-4,0,4,10℃)和 3 个低温贮存时间(1,4,7 d),拟通过比较不同处理蛹繁蜂的寄生率、繁蜂成功率、单管繁蜂量和出蜂效率 4 个繁育指标,探究不同温度处理下的黄粉虫蛹对川硬皮肿腿蜂的影响,以明确黄粉虫蛹的最佳处理温度和处理时间,使其既能够满足川硬皮肿腿蜂发育所需的营养,又能抑制黄粉虫蛹发育,提高川硬皮肿腿蜂的寄生能力,为人工规模化繁蜂提供有力的依据,解决实际生产应用中的问题。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 种蜂来源 川硬皮肿腿蜂采购于武汉市科发园林绿化有限责任公司,采购后贮存在恒温恒湿箱(温度 8—10℃,相对湿度为 60%—70%)中以待试验备用。

1.1.2 替代寄主 选用黄粉虫(*Tenebrio molitor* L.)初蛹作为替代寄主,从南京市花鸟鱼虫市场采购其幼虫,在养虫室内(温度 25—30℃,相对湿度为 60%—70%)以麦麸和青饲料繁育,待老熟幼虫化蛹后用于试验。

1.1.3 试验器具 智能恒温恒湿箱(HWS-380)、体式显微镜(SMZ61T)、海尔医用低温保存箱(DW-25L92)、实验室用低温冰箱(FYL-YS-128)、自动温湿度记录仪(8RZ096)、医用紫外线消毒杀菌车、玻璃指形管(12 mm×60 mm)、玻璃培养皿(150 mm)、保鲜盒、1 号毛笔、医用脱脂棉等。

1.2 试验方法

1.2.1 黄粉虫蛹的低温处理 黄粉虫老熟幼虫蜕皮化蛹后,集中收集 24 h 内蜕皮化蛹的初蛹,并将同一时间段挑选出的虫蛹放在培养皿中,并标记好收集时间和收集数量。分别放到-10,-4,0,4,10℃的低温下分别贮存 1,4,7 d 后,取出用于接蜂,以未经处理的新蜕皮黄粉虫蛹作为对照组。

1.2.2 接蜂试验 将不同温度处理的黄粉虫蛹取出,放在吸水纸上室温静置 30 min,待自然晾干后,用镊子取黄粉虫蛹放入玻璃指形管(12 mm×60 mm)内。同样地,将低温冷藏的川硬皮肿腿蜂取出后,室温静置 20—30 min,待其恢复活力后用于接蜂。每管标记,按照蜂虫数量比 4:2 进行接蜂,每管放入 2 头处理蛹,用 1 号毛笔接入 4 头种蜂,用棉塞封口,以防种蜂逃逸。接蜂完成后,同一处理放入同一个保鲜盒里,贴标签,标记好处理条件和接蜂日期。置于温度为 25℃,相对湿度为 60%的恒温恒湿箱内培养。以未经处理的新蜕皮黄粉虫蛹作为对照组。每个处理接蜂 30 管,做 3 次生物学重复。

每隔 24 h 观察 1 次寄生情况,分别统计计算寄生管数、出蜂管数、总出蜂数、寄生率、繁蜂成功率、单雌产蜂量及出蜂效率。计算公式:寄生率(%)=(被寄生蜂产卵的寄主数量/寄主总量)×100;繁蜂成功率(%)=(出蜂管数/接种总管数)×100;单管繁蜂量=总出蜂量/出蜂管数,出蜂效率=总出蜂量/总寄主数。

1.2.3 数据处理 黄粉虫蛹的不同处理对替代寄主对寄生率、繁蜂成功率、单雌产蜂量及出蜂效率的影响采用单因素方差分析(Analysis of Variance, ANOVA)。单因素方差分析后的多重比较采用 Turkey 法进行。双因素方差分析(Two-Way ANOVA)用来比较温度处理和时间处理对川硬皮肿腿蜂的寄生率、繁蜂成功率、单雌产蜂量及出蜂效率的交互影响。所有分析以及统计图绘制均在 GraphPad Prism 7.00 中进行。

2 结果与分析

2.1 不同温度处理的黄粉虫蛹对川硬皮肿腿蜂繁育的影响

结果表明,不同温度处理的黄粉虫蛹对繁育川硬皮肿腿蜂的寄生率、繁蜂成功率、单雌繁蜂较 CK 均有一定影响(见表 1)。从-10 ℃到10 ℃,随着温度的升高,川硬皮肿腿蜂的繁蜂成功率先上升,后下降。-4 ℃和-10 ℃处理下川硬皮肿腿蜂的寄生率和繁蜂成功率均在 50%以上。其中-4 ℃的繁蜂成功率达最高(见图 1B),其次为-10 ℃。0 ℃到 10 ℃的寄生率和繁蜂成功率显著低于-4 ℃和

-10 ℃;10 ℃处理下,繁蜂成功率最差,总体上与对照组没有明显差异(见表 1)。

与繁蜂成功率相似,-4 ℃处理下川硬皮肿腿蜂的单管繁蜂量和出蜂效率均显著高于其他处理温度,其次是-10 ℃。0 ℃以上处理后,川硬皮肿腿蜂的单管繁蜂量和出蜂效率逐渐呈下降的趋势(图 1C,D)。这一现象表明,低温处理(<0 ℃)能够显著增加出蜂效率(见表 1)。但高于 0 ℃时,处理温度的增加会使川硬皮肿腿蜂的出蜂效率下降(见图 1D)。总体上看,-4 ℃是黄粉虫蛹的最佳处理温度,最有利于川硬皮肿腿蜂的繁育,其次分别为-10,0,4,10 ℃。

表 1 黄粉虫蛹不同低温处理对川硬皮肿腿蜂繁育的影响

处理温度/℃	处理时间/d	接种管数	蜂虫比	总出蜂量/头	寄生率/%	繁蜂成功率/%	单管繁蜂量/头	出蜂效率/(头/每头)
-10	1	90	4:2	922	52.22±1.92 bc	47.78±3.85 bc	21.37 ±1.41 cd	5.12 ±0.71 df
-10	4	90	4:2	1155	58.89±5.09 b	52.22±5.09 b	24.52 ±1.25 c	6.42±0.87 cd
-10	7	90	4:2	941	55.56±1.93 bc	50.00±3.33 b	20.83 ±1.88 d	5.23±0.82 df
-4	1	90	4:2	1286	58.89±5.09 b	54.44±1.93 b	26.23±0.94 bc	7.14±0.50 c
-4	4	90	4:2	1601	68.89±3.85 a	61.11±1.92 ab	29.09 ±1.19 b	8.89±0.62 b
-4	7	90	4:2	1960	76.67±3.34 a	66.67±3.34 a	32.62 ±1.43 a	10.89±1.02 a
0	1	90	4:2	737	50.00±3.33 b	46.67±3.34 bc	17.51 ±0.89 e	4.09±0.50 fg
0	4	90	4:2	768	51.11±1.92 bc	47.78±1.92 bc	17.84 ±0.63 de	4.27±0.32 fg
0	7	90	4:2	650	47.78±3.85 cd	43.33±3.34 bc	16.63 ±0.77 e	3.61±0.44 fgh
4	1	90	4:2	657	48.89±1.92 c	45.55±3.85 bc	15.96 ±1.14 ef	3.65±0.58 fgh
4	4	90	4:2	633	47.78±1.92 cd	43.33±3.34 bc	16.20 ±0.83 e	3.52±0.42 fgh
4	7	90	4:2	519	43.33±3.34 cd	38.89±5.09 c	14.73 ±1.10 efg	2.88±0.58 fghhi
10	1	90	4:2	490	44.44±1.93 cd	42.22±1.92 bc	12.88 ±0.58 fgh	2.72±0.24 fghi
10	4	90	4:2	369	38.89±3.85 de	33.33±3.34 cd	12.25 ±0.78 ghi	2.05±0.33 hi
10	7	90	4:2	270	31.11±1.92 e	26.67±3.34 d	11.21 ±0.75 hi	1.50±0.26 i
CK	-	90	4:2	213	31.11±3.85 e	25.56±1.93 d	9.24 ±0.34 i	1.18±0.13 i

同列不同小写字母表示差异显著(P<0.05)

2.2 低温贮存不同时间的黄粉虫蛹对川硬皮肿腿蜂繁育的影响

总体看,不同的处理时间对川硬皮肿腿蜂的寄生率($P=0.109$)、繁蜂成功率($P=0.112$)、出蜂效率($P=0.099$)的影响均不大(见表 2),但是对单管繁蜂量有显著的影响($P=0.019$)。不同的处理温度下趋势并不相同(见表 1)。在-10 ℃和-4 ℃的条件下,随着处理时间的增加,寄生率和繁蜂成功率也呈逐渐上升的趋势。特别是在-4 ℃时,处理 7 d 的寄生率与繁蜂成功率显著大于 1 d 和 4 d。同样,-4 ℃处理肿腿蜂 7 d 后,川硬皮肿腿蜂在其上的单管繁蜂量和出蜂效率均显著高于其他低温处理。

然而,-10 ℃和 0 ℃处理黄粉虫蛹 4 d 较好,4 ℃和 10 ℃处理黄粉虫蛹 1 d 后的繁育指标相对较好。总体来看,黄粉虫蛹低温贮存时间的不同,对繁育川硬皮肿腿蜂有一定影响。

3 讨论与结论

低温处理对于降低寄主的活动能力,提高肿腿蜂的繁育效果有很大影响。较低的处理温度下,寄主的活越低,越有利于种蜂在短时间内麻醉寄主,进而迅速取食以补充产卵前期所需的营养^[20]。而且,低温处理能抑制黄粉虫蛹表皮硬化程度,促使肿腿蜂更易于蛰刺和取食黄粉虫蛹,提高寄生

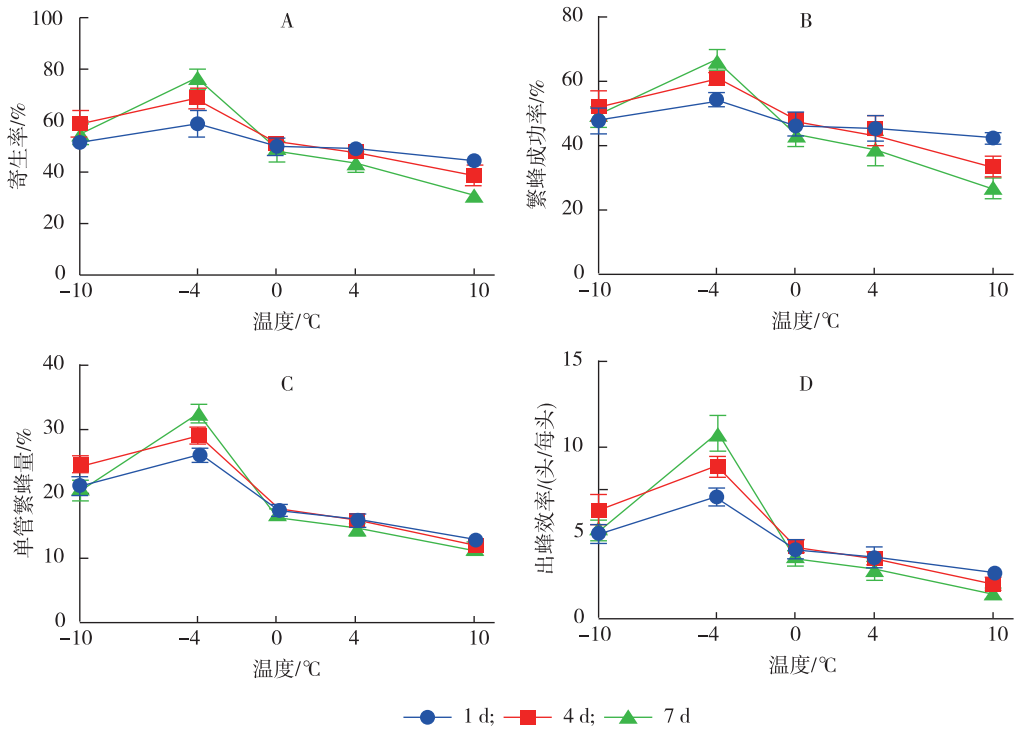


图 A,B,C,D 依次表示不同处理下黄粉虫蛹对川硬皮肿腿蜂寄生率、繁蜂成功率、单管繁蜂量及出蜂效率的影响
图 1 低温贮存黄粉虫蛹对川硬皮肿腿蜂寄生和繁育的影响

表 2 黄粉虫蛹不同处理温度、处理时间对川硬皮肿腿蜂繁殖指标的双因子方差分析

变异来源	DF	寄生率		繁蜂成功率		单管繁蜂量		出蜂效率	
		<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
相互作用	8	10.03	<0.001	7.173	<0.001	8.887	<0.001	9.422	<0.001
温度	4	108.2	<0.001	74.6	<0.001	335.7	<0.001	181.5	<0.001
时间	2	2.383	0.109	2.361	0.112	4.541	0.019	2.499	0.099

DF 表示自由度, *F* 表示 *F* 检验统计量

率^[18]。有许多研究探究了不同温度处理中间寄主对管氏肿腿蜂的影响^[7,18,21,23],但是对川硬皮肿腿蜂的研究却相对较少。本研究发现低温贮存可以有效降低黄粉虫蛹的活动能力,提高川硬皮肿腿蜂的寄生能力。在设置的 5 个不同处理温度下,以-4 °C 处理黄粉虫蛹 7 d,川硬皮肿腿蜂在各项评估指标均最高。这说明经过较低温度处理的黄粉虫蛹更有利于川硬皮肿腿蜂的繁育。

陈倩等人发现,-4 °C 和-9 °C 是处理黄粉虫蛹来接种管氏肿腿蜂的最适温度,其生物学指标均为最高^[20-21]。但是,许多其他的研究结果发现 0,2 °C 或 4 °C 处理黄粉虫蛹可能更适宜管氏肿腿蜂寄生和繁殖^[7,18,23]。然而,研究发现,-4 °C 和-10 °C 下最

有利于川硬皮肿腿蜂的繁殖,这与前人的结果基本一致^[21,24]。因此,尽管存在种间或者种内的差异,作者认为低于 0 °C 的保存能够有效抑制,降低寄主反抗能力,满足川硬皮肿腿蜂产卵前期对营养的摄取,对其肿腿蜂的繁殖发育更加有利。寄主低温贮存时间不同,肿腿蜂的寄生效果也不同^[20]。贮存时间过长或过短都不利于川硬皮肿腿蜂的寄生,贮存时间过长,寄主的表皮硬化程度过高,不利于肿腿蜂进行蛰刺,也有可能会造成寄主失水干瘪而死亡;贮存时间过短,不利于抑制寄主的发育速度,会加速表皮硬化,容易羽化为成虫。研究发现在低于 0 °C 时,随着贮存时间越长,出蜂效率越好。但是高于 0 °C 后,贮存时间对出蜂效率的影响并不显著。

这可能是由于在较高的温度下(例如 10℃),虽然寄主的发育速度被抑制,但是仍然在缓慢发育,一旦转移到常温下进行接蜂实验仍能够较快地羽化为成虫。

总体来看,本试验设置的 5 个温度梯度下,-4℃处理黄粉甲蛹 7 d 后繁育的川硬皮肿腿蜂的寄生率、繁蜂成功率等指标最好,10℃下处理 4 d 也能达到较好地出蜂效率,但是-10℃增加了保存黄粉虫蛹的成本,且其出蜂效率与-4℃下处理 1 d 相似。为了降低成本,高效利用寄主资源,建议在-4℃下处理替代寄主是比较好的方案,但是,繁蜂效率仅相对对照而言有一定的提高,如要应用于规模生产,仍需要进一步对各项条件进行优化。此外,影响替代寄主高效繁殖川硬皮肿腿蜂的因素很多,如肿腿蜂的品种、替代寄主的大小、营养状况等,在今后的工作中仍需进一步研究。

参考文献:

- [1] 萧刚柔.天牛的两种新寄生天敌——川硬皮肿腿蜂及海南硬皮肿腿蜂(膜翅目:肿腿蜂科)[J].林业科学研究,1995(8):1-5.
- [2] 杨 华.川硬皮肿腿蜂实验种群生命表及成虫贮藏条件的研究[D].雅安:四川农业大学,2008.
- [3] 杜开书,周祖基,杨伟力.硬皮肿腿蜂防治柳树星天牛试验初报[J].安徽农业科学,2006,34(13):3104-3105.
- [4] 张 犀,周祖基.驯化川硬皮肿腿蜂生物防治松褐天牛[J].四川林业科技,2007,28(4):16-20.
- [5] 何 振,童新旺,陈良昌,等.利用川硬皮肿腿蜂防治松墨天牛试验初报[J].湖南林业科技,2007,34(5):27-29.
- [6] 吴 伟,程绍传,刘德波.松墨天牛幼虫繁育肿腿蜂适宜蜂虫比研究[J].西南林学院学报,2008,28(3):24-26,29.
- [7] 田慎鹏,徐志强.不同温度条件对利用黄粉甲繁育管氏肿腿蜂的影响[J].昆虫知识,2003(4):356-359.
- [8] 周祖基.川硬皮肿腿蜂研究概述[J].四川林业科技,1999,20(3):59-61.
- [9] 蒋学建,周祖基,杨 伟.川硬皮肿腿蜂雌蜂幼虫、成虫消化系统解剖结构研究[J].广西林业科学,2005,34(1):17-20.
- [10] 曾垂惠,杨德敏,叶 伟军,等.川硬皮肿腿蜂人工繁育技术研究[J].四川林业科技,1997,18(3):14-17.
- [11] 黄 琼,周祖基,杨 伟,等.繁育川硬皮肿腿蜂替代寄主的筛选[J].昆虫学报,2005,48(3):375-379.
- [12] 赵正萍,颜学武,周 刚,等.川硬皮肿腿蜂人工繁育及应用技术研究进展[J].湖南林业科技,2018,45(2):57-62.
- [13] 杨德敏,曾垂惠,周祖基,等.川硬皮肿腿蜂中间寄主的人工繁育技术研究[J].森林病虫通讯,1998(2):13-14,20.
- [14] 张 犀.针对松褐天牛防治对川硬皮肿腿蜂学习行为及定向培育研究[D].雅安:四川农业大学,2010.
- [15] 李正茂,颜学武,潘志华.黄粉甲饲养方式对川硬皮肿腿蜂人工繁育的影响[J].湖南林业科技,2010,37(4):9-10,14.
- [16] 胡 霞,周祖基,尹 鹏.不同寄主繁殖川硬皮肿腿蜂的寄生能力比较[J].福建林业科技,2013,40(1):22-25.
- [17] 陈桂芳,马 超,杨清钰.川硬皮肿腿蜂人工繁殖技术规范[J].农业与技术,2015,35(19):111-113.
- [18] 胡尊瑞,吴晓云,迟全元,等.低温处理黄粉虫蛹对管氏肿腿蜂寄生效能的影响[J].环境昆虫学报,2017,39(1):187-192.
- [19] 贺 凯,徐志强,代平礼.管氏肿腿蜂对黄粉甲的寄生行为[J].昆虫学报,2006,49(3):454-460.
- [20] 陈 倩,梁洪柱,高灵旺,等.黄粉甲蛹低温贮存时间对管氏硬皮肿腿蜂母代和子代寄生与繁育的影响[J].林业科学,2008,44(5):65-69.
- [21] 陈 倩,梁洪柱,张秋双.低温贮存黄粉虫蛹对管氏硬皮肿腿蜂繁育的影响[J].中国生物防治,2006(1):30-32.
- [22] 姚万军,杨忠岐.人工繁殖管氏肿腿蜂的替代寄主研究[J].中国生物防治,2008(3):220-226.
- [23] 杨 希,黄金水,洪宜聪,等.黄粉虫蛹不同处理对人工繁育管氏肿腿蜂的影响[J].江苏林业科技,2017,44(1):13-15,21.
- [24] 胡镇杰,杨海博,林晓民,等.低温处理替代寄主对管氏肿腿蜂繁殖的影响[J].中国生物防治学报,2017,33(2):165-170.
- [13] 潘隆应.不同杉木优良品种苗期生长对比试验[J].安徽农学通报,2011,17(18):70-72.
- [14] 林文龙.不同施肥方式对杉木幼林生长的影响[J].农村经济与科技,2016,27(7):76-78.
- [15] 郑宝定.不同施肥处理对杉木二代生长特征的影响[J].山东林业科技,2012,42(6):43-45.
- [16] 周 佃.施肥对杉木幼林生长效应影响的研究[J].青海农林科技,2007,(1):17-18,22.
- [17] 刘丽英,刘珂欣,迟晓丽,等.枯草芽孢杆菌 SNB-86 菌肥对连作平邑甜茶幼苗生长及土壤环境的影响[J].园艺学报,2018,45(10):2008-2018.
- [18] 徐文思,姜瑛,李 引,等.一株植物促生菌的筛选、鉴定及其对花生的促生效应研究[J].土壤,2014,46(1):119-125.
- [19] SESSITSCH A, HARDOIM P, DÖRING J, et al. Functional characteristics of an endophyte community colonizing rice roots as revealed by metagenomic analysis [J]. Molecular Plant-Microbe Interactions, 2012, 25(1): 28-36.
- [20] KHAN A L, AL-HARRASI A, AL-RAWAHI A, et al. Endophytic fungi from frankincense tree improves host growth and produces extracellular enzymes and indole acetic acid [J]. PLoS One, 2016, 11(6): e0158207.

(上接第9页)