

茉莉酸甲酯局部诱导长白落叶松对舞毒蛾生长发育的影响

姜 磬 王 杰 姜 虹 张文一 孟昭军 严善春

(东北林业大学林学院)

摘要:为了解茉莉酸甲酯局部处理对林木诱导抗虫性的影响,本研究以长白落叶松幼苗为试验材料,分别用浓度为0.01、0.10和1.00 mmol/L的茉莉酸甲酯全株或局部喷施处理,分析不同处理苗木对舞毒蛾生长和繁殖的影响。结果表明,取食3个浓度茉莉酸甲酯局部或全株处理过的长白落叶松后,舞毒蛾的3~6龄幼虫平均质量、蛹质量以及成虫产卵量与对照组相比均显著下降($P < 0.05$),幼虫存活率、化蛹率、羽化率也都低于对照组,且相同浓度的局部处理与全株处理间结果相近,无显著差异($P > 0.05$),其中0.10 mmol/L茉莉酸甲酯局部处理诱导效果最好。本研究结果说明3个浓度茉莉酸甲酯局部和全株处理后均能不同程度诱导长白落叶松增强其对舞毒蛾生长发育的抑制能力,并且茉莉酸甲酯局部喷施长白落叶松可以达到全株喷施的诱导效果,以0.10 mmol/L浓度的诱导效果最好。

关键词:长白落叶松;茉莉酸甲酯;舞毒蛾;局部诱导;全株诱导

中图分类号:S791.22;S763.42 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-1522(2016)06-0067-05

JIANG Dun; WANG Jie; JIANG Hong; ZHANG Wen-yi; MENG Zhao-jun; YAN Shan-chun. **Effects of locally inducing *Larix olgensis* using exogenous methyl jasmonate on the growth and development of *Lymantria dispar*.** *Journal of Beijing Forestry University* (2016)38(6) 67-71 [Ch., 19 ref.] College of Forestry, Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang, 150040, P. R. China.

In order to understand how local spraying of exogenous methyl jasmonate would affect the induced resistance level of trees to insects, we sprayed identical amounts of 0.01, 0.10 and 1.00 mmol/L methyl jasmonate, respectively, on whole *Larix olgensis* seedlings or on specific parts of the seedlings. We analyzed the effects of the methyl jasmonate treatments on the growth and reproduction of the gypsy moth (*Lymantria dispar*). The results showed that feeding gypsy moth larvae on plant sprayed either partially or entirely with these three concentrations of methyl jasmonate could decrease significantly the average larval weight of 3rd to 6th instars, the survival rate of the larvae, pupal weight, pupal and adult eclosion rates and the fecundity of adult females, compared to the control group ($P < 0.05$). The same concentration of methyl jasmonate applied either to parts or to entire seedlings had no significant difference in the effect on the insect growth ($P > 0.05$). The 0.10 mmol/L concentration of methyl jasmonate sprayed on parts of plant had the best inductive effects. The above results illustrate that all three concentrations of methyl jasmonate applied either to parts or to entire seedlings can enhance the ability of larch to inhibit the growth and development of gypsy moth, and the partial spraying methyl jasmonate on larch seedlings can achieve the same inductive effects as spraying on the whole seedlings.

Key words *Larix olgensis*; methyl jasmonate; *Lymantria dispar*; local plant induction; whole plant induction

植物的抗虫性是指植物在外来的不良环境因素下,能够避免或者相对于遭到较严重虫害的同种植

物有较强的自我恢复能力,对植食者取食、消化、产卵等行为形成干扰的遗传特性^[1]。植物的抗虫反

收稿日期:2015-12-11 修回日期:2016-01-20

基金项目:林业公益性行业科研专项(200904021)。

第一作者:姜磬,博士生。主要研究方向:昆虫化学生态。Email: 821880041@qq.com 地址:150040 黑龙江省哈尔滨市和兴路26号东北林业大学林学院。

责任作者:严善春,教授,博士生导师。主要研究方向:昆虫化学生态。Email: yanshanchun@126.com 地址:同上。

本刊网址: <http://j.bjfu.edu.cn>; <http://journal.bjfu.edu.cn>

应依据防御来源可以分为组成型抗性和诱导型抗性^[2]。植物诱导抗性是通过上调与防御有关的次生物质的含量和酶的活性来影响为害昆虫的生长发育^[3]。植物诱导信号可以分为外源信号和内源信号,其中内源信号只有在外源信号的作用下才得以产生并发生作用^[4]。在植株表面喷施外源茉莉酸类物质能使植物产生诱导抗性^[5-6],其效果与植物受到损伤、取食或侵染时相同或相似^[7]。

长白落叶松(*Larix olgensis*)是东北、内蒙古等地的主要造林树种,其人工林受落叶松毛虫(*Dendrolimus superans*)、舞毒蛾(*Lymantria dispar*)等害虫的严重危害。近年来,国内学者从光照强度^[8]、温度^[9]、叶损伤^[10]、植物源激素全株处理^[11]等方面,系统研究了不同诱导因子对落叶松抗虫性的影响。但用茉莉酸甲酯局部处理落叶松能否诱导全株增强其对植食性昆虫生长发育的抑制作用尚未见报道。本研究用不同浓度的茉莉酸甲酯(MeJA)局部和全株喷施长白落叶松,比较分析局部或全株喷施后长白落叶松对舞毒蛾幼虫生长发育的影响,以期弄清局部喷施能否产生全株喷施的诱导效果,为落叶松林的害虫治理提供更为经济适宜的措施奠定基础。

1 材料与方法

1.1 供试材料

2014年4月下旬,于黑龙江省平山森林植物检疫隔离试种苗圃,将4年生长白落叶松苗种植于直径为23 cm,深25 cm的塑料桶中,恢复生长2个月后备用。舞毒蛾卵块于2014年3月采自东北林业

大学校园,实验室光照培养箱室(哈尔滨市东联电子技术开发有限公司 HPG-280HX 型)孵化,温度(25 ± 1)℃,相对湿度(70 ± 1)%,光周期(16L:8D)。幼虫孵化后在同样条件下,以人工饲料(中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所提供)饲喂至2龄备用。

1.2 用茉莉酸甲酯对长白落叶松苗的处理

于2014年7月,用茉莉酸甲酯对长白落叶松苗进行诱导处理。将茉莉酸甲酯(≥95%, Sigma-Aldrich)用蒸馏水和少量无水乙醇配置成浓度为0.01、0.10和1.00 mmol/L的溶液。将长白落叶松苗随机分为7个处理组,分别为对照、3个浓度茉莉酸甲酯全株处理、3个浓度茉莉酸甲酯局部处理,每个处理100株。全株处理喷施长白落叶松苗的全部枝条,局部处理先将落叶松苗套袋,露出落叶松苗一侧的4个枝条,然后进行喷施。每株喷施5 mL。详见表1。

1.3 不同处理对舞毒蛾生长发育的影响

将舞毒蛾刚蜕皮的2龄幼虫分别接到各处理的松苗上,每个处理200头,每株长白落叶松幼苗上接2头,外罩纱网,在试验场地自然条件下生长。每天记录各处理舞毒蛾幼虫生长发育及存活情况,对于刚蜕皮的幼虫,称量其质量,直至所有幼虫化蛹或死亡。收集各纱网内的蛹,待化蛹4 d后用电子天平称蛹质量,待蛹羽化后分辨雌、雄。将成虫雌雄配对,置于玻璃瓶内,并放一饱蘸20%蜂蜜液的棉球供成虫取食,直至成虫死亡,统计产卵量。羽化及产卵试验在实验室光照培养箱中进行,温度(25 ± 1)℃、相对湿度(70 ± 1)%,光照(16L:8D)。

表1 长白落叶松处理方法
Tab. 1 Treatments of *Larix olgensis*

处理方式 Treatments	处理编号 Treatment number	诱导剂 Inducer	浓度 Concentration/ (mmol·L ⁻¹)	用量 Dosage/mL
全株处理 Whole spraying	MeJA _{0.01}	MeJA	0.01	5
	MeJA _{0.10}	MeJA	0.10	5
	MeJA _{1.00}	MeJA	1.00	5
局部处理 Local spraying	MeJA _{0.01L}	MeJA	0.01	5
	MeJA _{0.10L}	MeJA	0.10	5
	MeJA _{1.00L}	MeJA	1.00	5
对照 Control	CK	水 Water	0	5

注:各溶液含5%的乙醇。Note: the solution containing 5% ethanol/(v·v⁻¹).

1.4 数据分析

幼虫存活率 = 末龄幼虫存活数量/试虫总数 × 100%

化蛹率 = 幼虫化蛹数/试虫总数 × 100%

羽化率 = 羽化成虫数量/试虫总数 × 100%

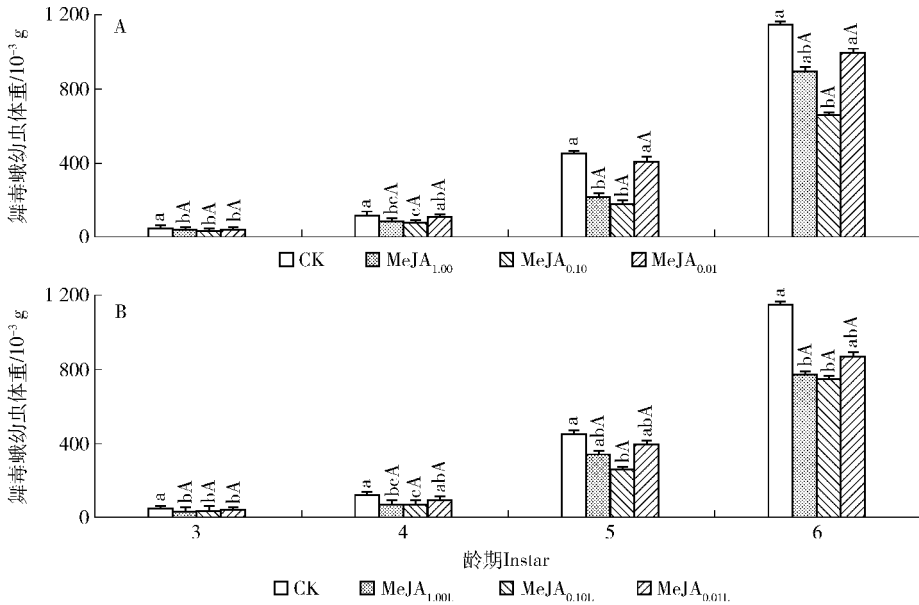
采用SPSS17.0统计软件对所获得数据进行方差分析,采用LSD方法对不同处理下舞毒蛾幼虫质量、幼虫存活率、蛹质量及成虫产卵量等数据,在α=0.05水平进行多重比较分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对舞毒蛾各龄期幼虫质量的影响

舞毒蛾各龄期幼虫质量见图1。由图1可知,3个浓度的MeJA局部处理对舞毒蛾各龄期幼虫质量影响的变化趋势分别与相同浓度的MeJA全株处理相近,而且MeJA₁和MeJA_{1L}之间、MeJA_{0.10}和MeJA_{0.10L}之间、MeJA_{0.01}和MeJA_{0.01L}之间差异不显著($P > 0.05$)。与对照相比,MeJA_{1.00L}处理的幼虫质量在3、4、6龄时显著降低($P < 0.05$),5龄质量无显

著差异,但仍有较大程度的减轻,各龄期质量减轻量达23.8%以上,其各龄期质量均低于MeJA_{0.01L}处理;MeJA_{0.10L}处理的幼虫质量在各龄期均显著低于对照($P < 0.05$),各龄期质量减轻量达34.9%以上,同时其质量在各龄期均低于MeJA_{1.00L}和MeJA_{0.01L},但只在第4龄显著低于MeJA_{0.01L};MeJA_{0.01L}处理的幼虫质量在各龄期均低于对照,但只在3龄差异显著($P < 0.05$),各龄期质量减轻量达11.7%以上。与其他2个浓度相比,MeJA_{0.10L}处理对舞毒蛾幼虫质量的影响最大。



A. 全株喷施处理, B. 局部喷施处理。同一龄期柱形图上, 不同小写字母表示同一龄期相同处理方式不同浓度之间差异显著($P < 0.05$), 不同大写字母表示同一龄期相同浓度不同处理方式之间差异显著($P < 0.05$)。下同。Different lowercase letters in the same age histogram mean there is significant difference between different concentrations with the same treatment in the same instar ($P < 0.05$), different capital letters in the same age histogram mean there is significant difference between different treatments with the same concentration in the same instar ($P < 0.05$). A. whole spraying, and B. local spraying. The same below.

图1 不同处理对各龄期舞毒蛾幼虫质量的影响

Fig. 1 Effects of different treatments on larvae weight of gypsy moth in each instar period

2.2 不同处理对舞毒蛾幼虫存活率、化蛹率、蛹质量、羽化率及成虫产卵量的影响

2.2.1 不同处理对舞毒蛾幼虫存活率的影响

幼虫存活率见表2。由表2可知,MeJA_L处理对舞毒蛾幼虫存活率的作用与MeJA类似,取食相同浓度MeJA_L和MeJA处理组之间的幼虫存活率相差在0.9%~2.2%,差异不大。与对照相比,取食各种浓度MeJA_L处理的长白落叶松后,幼虫存活率降低4.7%~13.2%,其中取食MeJA_{0.10L}的幼虫存活率最低,下降了13.2%。

2.2.2 不同处理对舞毒蛾蛹质量和化蛹率的影响

不同处理舞毒蛾蛹质量见图2。由图2可知,3个浓度MeJA局部处理对舞毒蛾雌、雄蛹质量的影响,变化趋势分别与相同浓度的MeJA全株处理相近,相同浓度的局部和全株处理之间雌雄蛹质量差

异不显著($P > 0.05$)。MeJA_{1.00L}、MeJA_{0.10L}处理后,雌蛹质量显著低于对照($P < 0.05$),减轻量近35.5%,蛹质量同时低于MeJA_{0.01L},但差异不显著;MeJA_{0.01L}处理后,雌蛹质量低于对照,减轻量近15.7%,但差异不显著($P > 0.05$)。3个浓度MeJA局部喷施后,雄蛹质量均显著低于对照($P < 0.05$),减轻量近33%,不同浓度间无显著差异($P > 0.05$)。

不同处理舞毒蛾化蛹率见表2。由表2可知,不同浓度的MeJA_L处理组对舞毒蛾化蛹率的影响与同浓度的MeJA处理组相近。取食各种浓度MeJA_L处理组的舞毒蛾幼虫化蛹率均低于对照,并且在浓度为0.10 mmol/L时化蛹率最低。

2.2.3 不同处理对舞毒蛾成虫羽化率和产卵量的影响

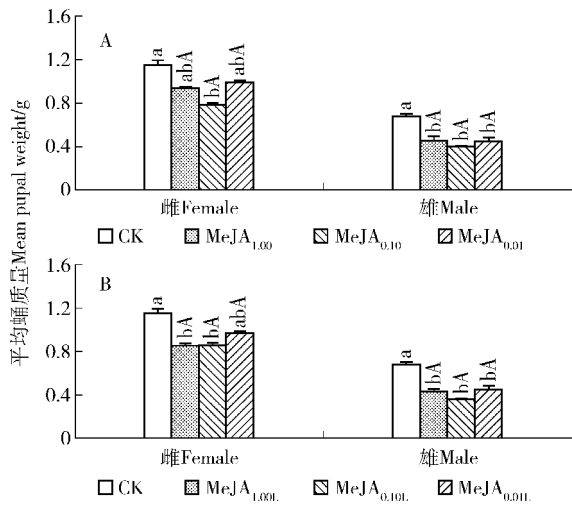
不同处理对舞毒蛾成虫羽化率和产卵量见表2。

表2 不同处理的长白落叶松对舞毒蛾幼虫存活率、化蛹率、羽化率及成虫产卵量的影响

Tab. 2 Effects of different treatments of *Larix olgensis* on larva survival, pupa, adult eclosion rate as well as the oviposition of adult females

处理编号 Treatment number	试虫数 Number of tested insects	幼虫存活率 Larva survival rate/%	化蛹率 Pupal rate/%	羽化率 Eclosion rate/%	成虫产卵量 Number of eggs
MeJA _{0.01}	200	41.8	8.5	5.0	287.4 ± 26.5ab
MeJA _{0.10}	200	29.8	5.5	4.0	148*
MeJA _{1.00}	200	33.6	7.0	4.5	226.5 ± 21.3bc
MeJA _{0.01L}	200	39.6	8.0	5.5	251.3 ± 11.5b
MeJA _{0.10L}	200	31.1	7.0	4.5	188.0 ± 7.2b
MeJA _{1.00L}	200	34.7	9.0	5.5	207.0 ± 32.9b
CK	200	44.3	11.0	7.5	345.7 ± 20.7a

注:表中产卵量数据均为平均值 ± 标准差;同列数据后不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$); * 表示只有一个数据,不能分析标准差和差异显著性。Notes: data of fecundity are mean ± standard deviation; different letters in the same column mean significant difference ($P < 0.05$); * means that there is only one data and cannot be used to analyze the standard deviation and significance of difference.



同一性别柱形图上,不同小写字母表示同一性别相同处理方式不同浓度之间差异显著 ($P < 0.05$),不同大写字母表示同一性别相同浓度不同处理方式之间差异显著 ($P < 0.05$)。Different lowercase letters in the same gender histogram mean there is significant difference between different concentrations with the same treatment in the same gender ($P < 0.05$), and different capital letters in the same gender histogram mean there is significant difference between different treatments with the same concentration in the same gender ($P < 0.05$).

图2 不同处理对舞毒蛾雌、雄蛹质量的影响

Fig. 2 Effects of different treatments on the weight of female pupae and male pupae

由表2可知,除了 MeJA_{0.10} 处理组由于只有一个数据不能与 MeJA_{0.10L} 进行产卵量的差异性显著性分析之外,相同浓度的局部和全株处理之间对舞毒蛾产卵量的影响差异不显著 ($P > 0.05$)。取食各种浓度 MeJA_L 处理组的舞毒蛾成虫的产卵量均显著低于对照 ($P < 0.05$),各处理组之间的产卵量差异不显著 ($P > 0.05$),但 MeJA_{0.10L} 对产卵量的抑制效果高于其他2组处理,其与对照组产卵量相比下降了

45.7%。不同浓度的 MeJA_L 处理组对舞毒蛾羽化率的影响与同浓度的 MeJA 处理组相近。取食各种浓度 MeJA_L 处理组的舞毒蛾幼虫羽化率均低于对照,并且在浓度为 0.10 mmol/L 时羽化率最低。

3 结论与讨论

外源茉莉酸类物质全株处理植株能使植株产生明显的诱导抗性,对为害昆虫产生不利影响^[12-14]。先前研究发现外源茉莉酸类物质全株喷施马尾松^[15]、青杨^[16]和棉花^[17]后,能分别抑制马尾松毛虫、舞毒蛾、棉铃虫的生长发育。王杰等^[18]研究发现用外源茉莉酸局部喷施长白落叶松,可以系统诱导增强其防御蛋白的活性,且诱导效果与全株喷施处理的诱导效果相近。本研究发现用3个浓度茉莉酸甲酯局部或全株处理的长白落叶松,均使舞毒蛾幼虫质量、存活率、蛹质量及成虫产卵量有不同程度的降低,同时局部处理与全株处理的各项结果相近。说明用茉莉酸类物质局部处理长白落叶松能使长白落叶松产生明显的诱导抗性,抑制舞毒蛾的生长发育,并能达到全株喷施的诱导效果。

茉莉酸类物质使植物产生的诱导抗性与其浓度密切相关。方海涛^[19]在用 0.01、0.10 和 1.00 mmol/L 的茉莉酸甲酯处理蒙古扁桃时,发现 0.10 mmol/L 的茉莉酸甲酯与其他2组相比对黄褐天幕毛虫生长发育的影响更显著。而在本研究所设置的3种浓度中,MeJA_{0.10L} 对舞毒蛾生长发育的抑制作用最突出,幼虫的存活率、化蛹率、雌雄蛹质量、成虫羽化率都最低,使舞毒蛾虫口数量减少,降低舞毒蛾对长白落叶松的为害。

综上所述,局部喷施茉莉酸甲酯能诱导长白落叶松产生全株喷施的诱导抗虫效果,在实际生产应

用中不仅能够降低成本,减少工作量,便于操作,还能安全、有效的防控害虫,具有重要实践指导意义。

致谢 感谢美国宾夕法尼亚大学 ThomasCharlesBaker 教授为本文修改英文摘要。

参 考 文 献

- [1] 马克斯维尔 F G. 植物抗虫育种[M]. 翟凤林,袁士畴,张发成,等译. 北京:农业出版社,1982:14-20.
MAXWELL F G. Insect-resistant breeding of plants[M]. ZHAI F L, YUAN S C, ZHANG F C, et al, trans. Beijing: Agriculture Press, 1982: 14-20.
- [2] HARMEL N, LETOCART E, CHERQUI A, et al. Identification of aphid salivary proteins; a proteomic investigation of *Myzus persicae*[J]. Insect Molecular Biology,2008,17(2):165-174.
- [3] WAR A R, SHARMA H C. Effect of jasmonic acid and salicylic acid induced resistance in groundnut on *Helicoverpa armigera*[J]. Physiological Entomology, 2014, 39(2): 136-142.
- [4] 孟昭军. 外源茉莉酸类化合物对两种落叶松的诱导抗虫性研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2008.
MENG Z J. Study on the induced resistance of two larch species treated with exogenous jasmonates to insects [D]. Harbin: Northeast Forestry University, 2008.
- [5] KAUTZ S, TRISEL J A, BALLHORN D J. Jasmonic acid enhances plant cyanogenesis and resistance to herbivory in lima bean[J]. Journal of Chemical Ecology, 2014, 40(11-12): 1186-1196.
- [6] WASTERNAK C. Action of jasmonates in plant stress responses and development; applied aspects[J]. Biotechnology Advances, 2014, 32(1): 31-39.
- [7] DICKE M, GOLS R, LUDEKING D, et al. Jasmonic acid and herbivory differentially induce carnivore-attracting plant volatiles in lima bean plants [J]. Journal of Chemical Ecology, 1999, 25(8): 1907-1922.
- [8] 鲁艺芳,石蕾,严善春. 不同光照强度对兴安落叶松几种主要防御蛋白活力的影响[J]. 生态学报,2012,32(11):3621-3627.
LU Y F, SHI L, YAN S C. Effects of different light intensities on activities of the primary defense proteins in needles of *Larix gmelinii*[J]. Acta Ecologica Sinica,2012, 32(11): 3621-3627.
- [9] 刘俊英. 热胁迫对华北落叶松、油松针叶保护性物质影响的研究[D]. 晋中:山西农业大学,2005.
LIU J Y. Studies on the effect of heat stress on protective matters in leaves of *Larix principis rupprechtii* and *Pinus tabulaeformis* Carr [D]. Jinzhong: Shanxi Agricultural University, 2005.
- [10] 袁红娥,严善春,佟丽丽,等. 剪叶损伤与昆虫取食对兴安落叶松(*Larix gmelinii*) 针叶中缩合单宁诱导作用的差异[J]. 生态学报,2009,29(3):1415-1420.
YUAN H E, YAN S C, TONG L L, et al. Content differences of condensed tannin in needles of *Larix gmelinii* by cutting needles and insect feeding [J]. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(3): 1415-1420.
- [11] 冯春富,严善春,毛洪波,等. 落叶松诱导抗性对舞毒蛾生长发育的影响[J]. 东北林业大学学报,2010,38(5):136-137.
FENG C F, YAN S C, MAO H B, et al. Effect of induced

resistance of *Larix gmelinii* on growth and development of *Lymantria dispar* [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2010, 38(5): 136-137.

- [12] 周艳琼. 茉莉酸甲酯对杨树诱导抗性的研究[D]. 南京:南京林业大学,2011.
ZHOU Y Q. Studies on resistance of poplar induced by methyl jasmonate [D]. Nanjing: Nanjing Forestry University, 2011.
- [13] TIAN D L, PEIFFER M, DE MORAES C M, et al. Roles of ethylene and jasmonic acid in systemic induced defense in tomato (*Solanum lycopersicum*) against *Helicoverpa zea* [J]. Planta, 2014, 239(3): 577-589.
- [14] WAR A R, HUSSAIN B, SHARMA H C. Induced resistance in groundnut by jasmonic acid and salicylic acid through alteration of trichome density and oviposition by *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae)[J]. AoB Plants, 2013, 5 [2015-11-12]. DOI: 10.1093/aobpla/plt053.
- [15] 王立春,任琴,许志春,等. 茉莉酸甲酯对马尾松松针萜烯类挥发物及马尾松毛虫生长发育的影响[J]. 北京林业大学学报, 2008, 30(1): 79-84.
WANG L C, REN Q, XU Z C, et al. Effects of methyl jasmonate on *Pinus massoniana* needle terpenes volatiles and the growth of *Dendrolimus punctatus* [J]. Journal of Beijing Forestry University, 2008, 30(1): 79-84.
- [16] 越慧芳,段立清,李海平,等. 外源茉莉酸诱导的青杨叶片保护性酶活性变化及其对舞毒蛾幼虫生长发育的影响[J]. 昆虫学报, 2013, 56(3): 270-275.
YUE H F, DUAN L Q, LI H P, et al. Changes in activities of protective enzymes in green poplar induced by exogenous jasmonic acid and the effects on larval development of the gypsy moth, *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae) [J]. Acta Entomologica Sinica, 2013, 56(3): 270-275.
- [17] 杨世勇,宋芬芳,谢建春. 茉莉酸诱导棉花幼苗抗虫性对棉铃虫相对生长率的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2013, 41(5): 66-74.
YANG S Y, SONG F F, XIE J C. Resistance of jasmonic acid-mediated cotton seedlings against the relative growth rate of *Helicoverpa armigera* [J]. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition), 2013, 41(5): 66-74.
- [18] 王杰,孟昭军,王琪,等. 外源茉莉酸诱导方式对长白落叶松针叶内防御蛋白活力的影响 [J]. 东北林业大学学报,2015,43(5):84-89.
WANG J, MENG Z J, WANG Q, et al. Effects of exogenous jasmonic acid-based applications on defense protein activity in the needles of *Larix olgensis* [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2015, 43(5): 84-89.
- [19] 方海涛. 蒙古扁桃对外源 MeJA 的诱导抗性反应及其对黄褐天幕毛虫的影响[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2013.
FANG H T. Induced resistance of Mongol almond, *Amygdalus mongolica*, to exogenous methyl jasmonate and effect on tent caterpillar, *Malacosoma neustriatestacka* [D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2013.

(责任编辑 李 契 范 娟
责任编委 张 真)