

李荣林, 杨亦扬, 胡云飞, 等. 茶树的抗虫性和抗性育种研究[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(5): 1-4.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.05.001

茶树的抗虫性和抗性育种研究

李荣林¹, 杨亦扬¹, 胡云飞¹, 宋甫林², 苏杭², 孔云龙³, 袁浩³

(1. 江苏省农业科学院园艺研究所, 江苏南京 210014; 2. 江苏省苏州市东山镇吴依茶叶有限公司, 江苏苏州 215100;

3. 江苏省溧阳市新龙生态农业发展有限公司, 江苏溧阳 213330)

摘要: 茶树通过以下途径对有害生物产生抗性: 以形态构建方式阻隔昆虫的侵害; 因代谢的变化显著改变叶片的生化成分影响害虫的取食选择; 通过补偿生长减少害虫取食造成的产量损失; 昆虫取食和激活剂诱导可以增强茶树的抗性并发生遗传上的改变。传统的单株选育方式结合现代分子生物学技术的运用是茶树抗性品种选育的基本方式, 但茶树抗性指标的选择和抗性分级系统仍有待研究。

关键词: 茶树; 抗虫性; 育种

中图分类号: S571.103.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)05-0001-03

植物育种的目标主要包括高产、优质、抗逆等, 其中抗病虫性是关系到植物高产、优质、安全的基础目标。由于茶树含有大量具有较强抑菌活性的多酚, 因此在茶叶生产过程中对病害的关注程度不如虫害高, 虫害是经常造成严重后果的一种灾害, 所以抗虫性一直是茶树育种的重要选择指标。具有抗性机制的茶树, 通过化学、物理、机械作用以及物候作用, 较少或不被害虫选择, 或积极地拒斥害虫前来栖息、产卵、取食, 这将减少化学农药的使用, 具有明显的安全和生态意义^[1-3]。

茶树在长期的栽培驯化过程中进化出一些特殊的防御外来侵害的方式, 基本上包括 3 种机制, 即忌避性、抗生性和耐害性。这种防御机制的产生是由于茶树遭遇昆虫的侵害后产生出一定的物理和化学障碍, 物理障碍包括叶片的质地、硬度和表面附属物, 化学障碍则是营养因子限制和次生代谢化合物或其他感化化合物的存在^[4-6]。

我国茶树抗性育种目前还刚刚起步, 还没有系统选育出抗主要病虫害的品系, 对于目前茶树上一一些危害严重的害虫如茶尺蠖、小绿叶蝉、黑刺粉虱、介壳虫、螨类等, 仍需依靠化学农药来控制, 这对环境和食品安全造成了巨大压力, 还需要从多种途径来研究经济、安全、有效的解决方法, 而茶树抗性育种是一个前瞻性的工作。抗性育种的基础是对茶树的抗性机制有较为深刻的了解, 本研究对茶树抗虫性的生理生化机制和相应的育种技术进行讨论, 为开展相关的研究提供参考。

1 茶树的抗虫性特征

1.1 忌避作用

在昆虫或其他有害生物逼近植物或已在其上停留栖息时, 植物体表茸毛的有无及长度、密度, 表皮角质层的厚薄及其蜡质、分泌物和矿物质的积存, 植物组织的含水量与硬度等

差异可以显著影响到害虫的行为。一般说来, 多毛、厚壁、蜡质较厚、叶片硬度较高对害虫的栖息和取食不利。害虫的发生期与作物的物候期是否协调也影响到害虫的选择性, 当植物所处的某个生长期与易被危害取食的时期不发生重叠时, 对害虫的繁衍不利, 会减少害虫的取食选择^[3,6-7]。例如, 大多数对小叶蝉的研究认为, 芽叶节间长的品种较易感虫, 嫩叶栅状组织和嫩茎皮层厚角细胞厚度增大则感虫减少; 气孔数量多, 即气孔密度大, 有利于害螨的取食; 而茸毛的多少与害螨发生程度的关系还不确定; 茶树的分枝角度和叶片着生角度影响茶树害虫的产卵量; 黄绿色的新梢更易引诱小绿叶蝉、丽纹象甲、黑刺粉虱寄生; 分枝角度影响成虫的产卵选择和卵的孵化率, 分枝角度较小不利于卵的着生^[7-9]。

1.2 生化抗性

植物所含化学成分对害虫具有毒害作用或缺失必要的营养, 使之发育不良、体型变小、体重减轻、寿命缩短、死亡率增加、生殖力受抑制。植物发育的某个阶段因自然原因和外界刺激的影响, 组织中的生物碱、萜类、醛酮类等含量或其组成发生显著变化, 超过昆虫所能忍受的程度, 就会干扰昆虫的消化和代谢。抗虫茶树品种新梢中的咖啡碱含量均明显高于感虫品种, 茶多酚含量高的茶树品种受害指数低^[10-11]。

茶树受害虫和病原菌危害后, 多酚氧化酶、过氧化物酶、苯丙氨酸解氨酶、蛋白质水解酶等酶活性都有不同程度的提高, 抗性较强的品种酶活提高的幅度较大^[11-12]。

1.3 耐害性

某些植物虽然也容易遭受外来侵害, 但具有很强的生殖和补偿生长能力, 使损失降低。许多作物受害的峰期与经济产量形成的关键期有一段间隔, 这样在遭受侵害后有足够的时间进行补偿性生长, 从而维持经济产量基本不变。茶树大多是通过采收细嫩芽叶来获得产量的, 即使是乌龙茶、普洱茶、黑茶等以成熟叶为采收对象的茶类也要求有带芽的新梢, 因此以嫩梢芽叶为食的害虫, 对茶叶产量影响较大, 而危害成叶、老叶的害虫对产量影响较小。由于茶叶采摘的显著季节性特点, 有时危害虽重, 但经过一段时间的恢复性生长下季茶新梢仍可以很好地发育^[10-11,13]。

收稿日期: 2014-06-19

基金项目: 江苏省农业科技自主创新资金[编号: CX(13)3115]; 江苏省科技支撑(农业)计划(编号: BE20130598, BE2013335)。

作者简介: 李荣林(1963—), 男, 安徽和县人, 硕士, 副研究员, 主要从事茶园生态和茶树栽培研究。E-mail: l800lll@163.com。

1.4 茶树抗虫性的诱导

植物接受外来刺激产生一系列有利于增强对外来侵害防御能力的生理生化反应,称为植物的抗性诱导。前人已对昆虫取食和茉莉酸、水杨酸、苯并噻二唑(BTH)、 β -氨基丁酸(BABA)处理诱导茶树产生的抗虫性开展了详细研究。以茉莉酸甲酯(MJA)通过喷雾或暴露处理茶树,叶片脂氧合酶(LOX)、多酚氧化酶(PPO)和蛋白酶抑制素活性增强,茶尺蠖幼虫被单白绵绒茧蜂的寄生比率提高,饲喂处理的茶树叶片幼虫体重增加量和取食叶面积比对照显著下降,MJA 处理的茶树新梢产生了对单白绵绒茧蜂引诱作用的新的挥发物,MJA 诱导茶树产生了直接抗虫性和间接抗虫性^[14-15]。

用水杨酸甲酯(MeSA)处理茶树 24 h 后,叶片内苯丙氨酸解氨酶(PAL)、脂氧合酶的活性上升。MeSA 处理的茶树对假眼小绿叶蝉产生了比较明显的驱避效应,而对龟纹瓢虫、异色瓢虫、小黑瓢虫、蜘蛛和寄生蜂等茶园主要天敌表现出了明显的诱集效应^[16-18]。

用苯并噻二唑(BTH)和 β -氨基丁酸(BABA)对茶树进行处理,结果叶片组织中多酚氧化酶(PPO)、苯丙氨酸解氨酶(PAL)、过氧化物酶(POD)的基因表达量增加,酶活性明显上升。用 BTH 和 BABA 处理过的茶树叶片饲喂茶尺蠖,幼虫发育总历期延长,存活率、化蛹率、羽化率均明显降低,幼虫体重、蛹重下降,茶多酚含量增加^[19]。

从茶尺蠖取食后的信阳大叶种分离出 19 个受茶尺蠖取食诱导的基因,包括参与脂类代谢的基因、编码细胞壁蛋白的基因、木质素合成基因、类黄酮合成代谢基因和转录因子等。用类似方法发现有 21 个 cDNA 受假眼小绿叶蝉取食的诱导。外源 MeSA 处理后有 80 条基因的表达量发生了变化^[20-21]。

2 茶树的抗虫性育种

现有的茶树抗性育种途径和茶树其他优良性状品种选择或选育一样,主要是从单株选育开始,经过不断筛选测试、逐渐放大的区域试验,最后经过鉴定而育成。茶树抗虫性指标的确定仍以传统的田间观察和测试为主,以生物化学、形态学鉴定方法为辅。

2.1 茶树抗性品种资源的鉴定

2.1.1 田间百叶虫数调查 根据本地区茶树病虫害发生的实际情况,在害虫预定发生的各个高峰期连续开展田间调查,方法是按照病虫害测报的一般程序对不同茶树品种上的一定种类害虫的虫口数量定点、定时、定人进行调查,比较在相同环境条件下不同茶树品种上害虫的发生率。如能发现某些品种或植株受害轻微甚至不受危害,便可选定作为潜在具有抗性的育种资源。

2.1.2 室内接种鉴定 选定的茶树植株通过初步扩大繁殖后,按照相同条件用直接暴露法接种一定数量的虫源,精确测定植株受损害的程度(叶片的面积和茎叶的质量、减产百分率)或记录害虫的生命表(害虫聚集程度、取食时间、次数、生长发育时间、死亡率、产卵量和寿命)。非生长季节也可以制备人工饲料开展饲虫试验。

3.2 抗性分级

由于危害茶树的害虫种类较多,并且在各个不同茶区主要的危害种类不同,茶树抗性的分级还缺乏统一标准,大多数

分级标准以田间实际调查的百叶虫口数为基准,这是相对可行的一种方法,但也易受环境干扰。朱俊庆等提出了根据田间调查数据进行危害分级(表 1)^[24]。

表 1 茶树对小绿叶蝉的抗性分级

抗性级别	受害等级	芽梢抑制率(%)
免疫	0	0
高抗	1	≤5.0
中抗	2	35.1~50.0
感	3	56.1~70.0
高感	4	>70.0

刺吸式害虫所造成的芽梢生长抑制难以准确区分,而且影响因素过于复杂,不是一个理想的选择。小绿叶蝉的卵产于茶树表皮组织内,也难于检识,因此最好还是以田间种群密度调查为基础。食叶类害虫除直接于田间调查虫口数外,可以通过室内饲养测定叶片的消耗和害虫的发育进程、生理指标来判定抗性,但同样需要建立统一的技术规范,规定好供试虫源和饲养条件的要求。

3 研究方向

3.1 抗虫性鉴定的技术

抗虫性直接鉴定的方法受指标选择、环境变异、危害特征复杂性和观察者主观印象等多种因素的影响,抗虫性鉴定的方法应更为简便、灵活并实现规范化,因此以生长抑制率、感虫数等量度作为抗性分级的指标都有明显缺陷。

茶树抗虫性的形态特征是抗性分级的可选参考指标,但目前对于茶树形态特征与抗病虫之间的关系缺少系统研究,更没有量化指标可用,这将是茶树抗性鉴定的重要研究方向^[9,22]。

生化指标有助于筛选抗虫品种,但抗性是一个多种因素参与的复杂过程,各种作用机制有时是很难明确区分的,生化指标的具体作用方向会因茶树品种、害虫类型等产生明显差异;另一方面有些生化指标对害虫的作用和对茶树的作用可能趋于相反的方向,单凭依靠静态的分析尚不足以阐明其作用的实质,例如生长良好的茶树可溶性蛋白、氨基酸、可溶性糖等应处于一个较高的水平,这有利于茶树抵御侵害,因为这似乎意味着茶树的生长势较强,但从已有的报道来看,无论是茶树还是其他作物,总的趋势是抗性品种可溶性蛋白、可溶性糖类和氨基酸都处于相对较低的水平,理论上的分析认为这意味着植物组织对害虫的营养性降低,这 2 种作用方向存在一定的矛盾。因此对于抗虫性的理化指标从技术和理论两方面都还需要开展更为深入的研究^[16-19]。

近年来发展出昆虫刺吸电位检测技术,可在受控条件下准确测定害虫对植物的取食行为,帮助鉴定植物的抗虫性^[17-18]。

一个茶树品种除根据抗性育种目标开展抗性测试外,对育成的抗性品种还需要从生态学角度评估它在病虫害综合治理中的作用,研究其对捕食性天敌的影响、对育种目标以外其他病虫害的适应性、对土壤环境的适应性、对农药减量化效果的准确评价等^[29-31]。当茶树害虫的取食选择性发生转移时,害虫取食对象的转移对其他茶树品种、其他农作物的影响也需要加以研究。在转基因植物研究中,已经发现当抗虫植物

释放后,某些昆虫在原有其他寄主植物上的发生率也大为降低,但也存在着这些害虫转移危害的生态风险^[19]。

3.2 茶树抗性育种的新方向

传统方法如单株选育、杂交育种、诱变技术在育种实践中仍占有主导地位,应用现代分子生物学方法开展茶树育种研究是未来加速茶树种质创新的基本手段。人们对植物抗虫基因发掘产生兴趣的一个重要动机是利用基因工程手段将这些基因在不同类型或同一类型不同品种植物之间进行转移。茶树的重要性状基因标记、克隆已经有相当多的研究,但遗传转化较为困难^[1,6,33],虽然如此,基因工程在茶树上的应用也已有尝试^[34],例如已有研究者将 *Bt* 基因转入茶树,但是茶树作为一种食品资源,发展转基因技术会存在很多疑虑,因此如何利用分子生物学研究结果指导茶树的常规育种是值得思考的。

在自然选择条件下,既具有抗性特征又有高产、优质、适应性广等优点的茶树品种难以获得,抗性的选择往往与经济性的选择存在一定矛盾,在茶树抗性育种的具体实践中除了沿袭传统有效的筛选方法外,利用抗性诱导技术开展茶树育种可能是一个新的方向,将有助于设计更为简单有效的抗性鉴定方法,为种质资源的发掘和利用提供重要线索^[16,18,20]。

抗性诱导技术的应用至少有 2 个方向:一是抗性的鉴定,这又有 2 种路径,分别是利用外源物诱导和害虫取食诱导,具有抗性的品种在诱导作用下所发生的生理生化反应一般也要比弱抗性品种要强烈,用诱导技术利于选择出抗性品种;另一个利用方向是通过长期的外源刺激使茶树的遗传改变能够固定下来,为进一步的筛选提供基础^[34-36]。

无论是外源化合物的刺激还是害虫取食的诱导,值得关注的是这种获得性抗性的持久性,抗性相关基因发生的变化以及遗传上的改变。通过研究已经发现抗性诱导过程中植物产生了一系列的基因表达变化,这些基因涉及到基础生化、二级代谢、组织发育、结构分化和信号传递等多个环节,在长期反复刺激下甚至产生了基因的变异,其作用效果颇类似于常见的化学诱变。通过对现有优良品种进行一级初筛,再以诱导抗性为基础进行筛选,可以提高筛选效率^[37-38]。

3.3 遗传基础与遗传改良

通过抗性遗传规律的研究,探明基因作用的特点及与其他性状的连锁作用,有选择地开展具有不同优良性状抗性品系的杂交,或把有抗性的近缘植物与具有优良栽培性状的品系进行杂交,使抗性基因和其他优良性状基因能够发生整合以获得兼具抗性和其他优良农艺特性的新品种^[39-40]。

自转基因植物问世以来,植物诱导抗性的概念、方法和研究范畴也在逐渐更新、扩大,已有研究者将外源抗虫基因的导入也归入了诱导抗性范畴。例如有报道 *Bt* 基因抗虫棉使用的启动子中就有一段受水杨酸激活的 ASL 序列,普遍认为水杨酸可以诱导抗性直接表达,或激活转基因抗性的表达;不过也有研究认为,水杨酸和甲哌唑啉处理不能明显地影响转 *Bt* 基因棉花顶端嫩叶中 *Bt* 杀虫蛋白的表达。茶叶作为一种食用植物资源,转基因的安全性将会受到更多的关注,茶树的转基因研究还处于起步阶段,但昆虫取食、机械损伤、诱抗剂产生的诱导作用是一种温和的诱导变异过程,如能充分利用诱导作用所产生的基因变化不仅可以提高效率,而且具有更高的安全性^[36-37,39-40]。

参考文献:

- [1] 江昌俊. 茶树育种学[M]. 2 版. 北京:中国农业出版社,2001.
- [2] 谭济才. 茶树病虫害防治学[M]. 北京:中国农业出版社,2002.
- [3] 姜永根,程家安. 植物的诱导抗虫性[J]. 昆虫学报,1997,40(3):320-331.
- [4] 陈宗懋,陈雪芬. 茶叶可持续发展中的植保问题[J]. 茶叶科学,1999,19(1):21-26.
- [5] 陈雪芬. 茶树对病虫害的抗性[J]. 茶叶,1985,21(3):46-49.
- [6] 王新超,杨亚军. 茶树抗性育种研究现状[J]. 茶叶科学,2003,23(2):94-98.
- [7] 曾莉,王平盛,许玫. 茶树对假眼小绿叶蝉的抗性研究[J]. 茶叶科学,2001,21(2):90-93.
- [8] 吕文明,罗亨文. 茶树种质资源抗病虫鉴定[C]//中国农业科学院茶叶研究所. 茶叶科学研究论文集. 上海:上海科学技术出版社,1994:70-77.
- [9] 黄亚辉. 茶树抗假眼小绿叶蝉的叶片解剖特征[J]. 茶叶科学,1998,18(1):35-38.
- [10] 郑高云. 不同茶树品种对茶尺蠖抗性机制的研究[D]. 合肥:安徽农业大学,2008.
- [11] 李秀峰,涂良剑,林小端. 我国茶树抗性资源筛选及抗性育种研究进展[J]. 茶叶科学技术,2007(2):1-3.
- [12] Pallini A, Janssen A, Sabelis M W. Odour-mediated responses of phytophagous mites to conspecific and heterospecific competitors[J]. Oecologia,1997,110(2):179-185.
- [13] 王云,罗凡,李春华,等. 茶树新品种区域试验报告[J]. 西南农业学报,2003,16(2):74-78.
- [14] 杨丽丽. 茶树品种对茶赤叶斑病和茶尺蠖抗性机制的初步研究[D]. 合肥:安徽农业大学,2008.
- [15] 桂连友. 外源茉莉酸甲酯对茶树抗虫作用的诱导及其机理[D]. 杭州:浙江大学,2004.
- [16] Degenhardt D C, Lincoln D E. Volatile emissions from an odorous plant in response to herbivory and methyl jasmonate exposure[J]. Journal of Chemical Ecology,2006,32(4):725-743.
- [17] 苗进. 外源 MeSA 诱导茶树防御假眼小绿叶蝉机理的研究[D]. 杭州:中国农业科学院茶叶研究所,2008.
- [18] 王国昌. 三种害虫诱导茶树挥发物的生态功能[D]. 杭州:中国农业科学院茶叶研究所,2010.
- [19] 李珍珍. BTH 和 BABA 诱导茶树抗茶尺蠖的效应研究[D]. 南京:南京农业大学,2014.
- [20] 杨会敏. 茶树抗假眼小绿叶蝉相关基因的克隆及表达研究[D]. 信阳:信阳师范学院,2010.
- [21] 曹士先,程曦,蒋正中. 基于 cDNA-AFLP 发掘茶树被茶尺蠖取食诱导的相关差异基因及其表达特征[J]. 中国农业科学,2013,46(19):4119-4130.
- [22] 张晚觉,张贻礼. 茶树品种资源调查及抗性机制研究 I. 茶树品种对假眼小绿叶蝉抗性的筛选、鉴定[J]. 茶叶通讯,1994,(1):2-4.
- [23] 苗进,韩宝瑜. 外源水杨酸甲酯(MeSA)处理茶树对茶园主要害虫及其天敌的影响[J]. 生态学杂志,2011,30(3):564-568.
- [24] 朱俊庆. 不同茶树品种对假眼小绿叶蝉的抗性鉴定[J]. 植物保护,1992,19(1):29-32.
- [25] 洪北边,楼云芬. 茶树种质资源对假眼小绿叶蝉的抗性鉴定[J]. 中国茶叶,1995,17(5):14-16.

刘文良. 困惑与超越:走出城市绿地规划的误区[J]. 江苏农业科学,2015,43(5):4-6.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.05.002

困惑与超越:走出城市绿地规划的误区

刘文良

(湖南工业大学包装设计艺术学院,湖南株洲 412007)

摘要:城市绿化是城市生态化的显著标志之一,其主要目的是改善城市生态环境,其次才是景观效应。当前的城市绿地规划尚存在着一定的误区亟待解决:城市绿地规划与建设,在扩大城市“绿面”的同时更应注重增强“绿效”,要尽可能地减少异地植被“入侵”本地物种的机会,抑制“大树进城”对乡村与城市生态的双重损害,让越刮越劲的绿地“装饰风”回归生态本位,以多功能资源环境型水景取代“面子型”水景。

关键词:城市绿化;绿地规划;误区;对策

中图分类号: TU985.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)05-0004-03

生态城市概念的提出始于 20 世纪 60 年代末 70 年代初,与传统城市相比,生态城市崇尚绿色,但它并不是仅仅用自然绿色来点缀人居环境,而是要同时营造充满人情味、文化气息浓郁、富有生机与活力的生态环境。良好的绿化是城市生态化最显著的标志之一,是改善一个城市的环境状况、促使城市生态系统良性运转的重要手段。一般而言,城市绿化要自觉地运用生态学原理和技术,借鉴地带性植物群落的种类、结构特点和演替规律,以植物群落为绿化基本单元,科学、艺术地再现地带性群落特征^[1]。城市绿化的主要目的首先就是改善城市生态环境,其次是景观效应。但是现在大多数城市的

绿化工程首先考虑的却是以品位和美观为核心内涵的景观效应。事实证明,为“美”而“绿”的增绿工程,在某些时候不仅没有带来良好的生态效应,反而对城市生态环境和人们的生活环境造成了一定的损害甚至较大的危害。走出当前城市绿化设计的误区,我们可以更多地考虑以下几个方面的原则。

1 扩大绿“面”的同时更须注重增强绿“效”

一些城市的绿地面积相当可观,放眼望去,大片的草坪绿意盈盈,十分好看,然而草皮再大再绿,其生态功能仍然是非常有限的。城市绿化功能的优劣程度一般是以单位土地面积的植物叶片总面积为主要标志。乔木的叶面积是其正投影面积的 20 倍,灌木叶面积是其正投影面积的 5~10 倍,而草本植物则更小些;树木的生态效果是草坪的 4 倍,而由乔、灌、草复合构成的生态小群落,生态效益最好^[2]。由此可见,大面积种草并不见得能体现较好的生态性。此外,很多树种在吸附有毒、有害气体方面能发挥比较重要的作用,而草本植物在

收稿日期:2014-06-22

基金项目:国家社会科学基金(编号:12FYS010);教育部人文社会科学基金项目(编号:12YJAZH076)。

作者简介:刘文良(1971—),男,湖南湘潭人,博士,教授,博士生导师,主要研究方向为设计艺术理论与批评。E-mail:liuwenliang1971@126.com。

[26] 娄永根,程家安. 植物-植食性昆虫-天敌三营养层次的相互作用及其研究方法[J]. 应用生态学报,1997,8(3):325-331.

[27] 扈克明,张艳梅,王佳芳,等. 不同茶树品种间小绿叶蝉类群数量动态与抗虫性比较[J]. 茶叶科学,2003,23(1):57-60.

[28] 朱俊洪,程立生. 植物次生性物质与植物抗虫性的关系及其在害虫防治中的应用前景[J]. 华南热带农业大学学报,2001,7(1):231-237.

[29] 李荣林,李珍珍,杨亦扬,等. 以诱导抗性为基础的茶树病虫害控制新技术[J]. 江苏农业科学,2013,41(11):145-147.

[30] 穆丹,付建玉,刘守安. 虫害诱导的植物挥发物代谢调控机制研究进展[J]. 生态学报,2010,30(15):4221-4233.

[31] 李惠霞,谢丙炎,冯兰香. 植物化学诱抗剂的研究现状与展望[J]. 园艺学报,2000,27(1):539-545.

[32] Xiang W, Xu Y, Wang F M, et al. *In silico* analysis and feeding assays of some genes in the early steps of terpenoid biosynthetic pathway in *Camellia sinensis* [J]. Journal of Tea, 2013, 39(4): 191-198.

[33] 王丽鹭,成浩,周健. 茶树 DNA 分子标记及基因工程研究进展[J]. 茶叶科学,2004,24(1):12-17.

[34] Felix G, Duran J D, Volko S, et al. Plants have a sensitive perception system for the most conserved domain of bacterial flagellin [J]. The Plant Journal, 1999, 18(3): 265-276.

[35] 莫圣书,王玉洁,赵冬香. 植物诱导抗虫性及其在害虫治理中的应用[J]. 湖北农业科学,2011,50(4):656-659.

[36] Hedin P A. Plant resistance to insect [M]. Washington D C: American Chemical Society, 1983: 103-122.

[37] Naoko Y, Takako A, Chihiro I, et al. Fatty acid amides, previously identified in caterpillars, found in the cricket *Teleogryllus taiwanemima* and fruit fly *Drosophila melanogaster* larvae [J]. Journal of Chemical Ecology, 2007, 33(7): 1376-1381.

[38] Delphia C M, Mescher M C, de Moraes C M, et al. Induction of plant volatiles by herbivores with different feeding habits and the effects of induced defenses on host-plant selection by thrips [J]. Journal of Chemical Ecology, 2007, 33(5): 997-1012.

[39] 乔金莲. 受茶尺蠖取食诱导茶树基因的克隆[D]. 信阳:信阳师范学院,2010.

[40] 叶鹏盛,李琼芳. 棉花多抗病性育种的抗性诱导研究[J]. 棉花学报,2005,17(5):264-268.