

李 轩,黄智鸿. 榆癭蚜对榆树叶片生理的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(10):131-134.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.10.028

榆癭蚜对榆树叶片生理的影响

李 轩,黄智鸿

(河北北方学院,河北张家口 075000)

摘要:为了对榆癭蚜取食榆树叶片造成的生理变化进行研究,通过采用乙醇提取法、蒽酮硫酸法、紫外吸收法等方法进行相关含量的测定,得到各阶段榆树虫癭叶片中叶绿素含量大致为非虫癭组织>虫癭叶>虫癭组织;可溶性糖含量随时间的推进而大致减少;虫癭的存在会诱导虫癭组织中可溶性蛋白质含量的增加。受害叶片各部位总酚含量均呈先升后降的趋势;榆树在受害过程中不断产生类黄酮来破坏榆癭蚜的危害,非虫癭组织和虫癭叶的单宁含量相加基本上等于虫癭组织的单宁含量,虫癭组织的丙二醛含量明显增加。研究明确了致癭昆虫与其寄主植物之间的相互作用,探讨寄主植物在虫癭形成过程中的生理响应,对榆树抗虫育种和害虫综合治理具有重要的指导意义。

关键词:榆树;榆癭蚜;虫癭;生理变化

中图分类号:S433.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2019)10-0131-04

癭是植物体上由寄生性生物所引起的一种不正常瘤状物或突起,而虫癭则是昆虫刺激植物所产生的不正常组织^[1-3],引起虫癭的动物被称为致癭生物,其中最主要的致癭生物是昆虫。虽然虫癭是由昆虫刺激产生引起的,但真正产生虫癭的却是植物本身,受诱导后的植物不仅会形成虫癭,还会产生一系列生理生化变化^[4-7]。李水清等研究发现,人为损伤和松墨天牛取食都可以造成马尾松针叶内多糖和可溶性蛋白含量的下降,虫伤叶片中的可溶性糖含量降低得较多,单宁和类黄酮类物质的含量会增加^[8]。吴耀军等研究了桉树枝癭姬小蜂与寄主叶片生理生化指标的变化,通过采用生化组分测定等方法发现,桉树癭姬小蜂接种成虫后,桉树叶片叶绿素、可溶性糖含量均升高,蛋白质、类黄酮、总酚含量的变化没有达到显著水平^[9]。李诺等也同样研究了桉树枝癭姬小蜂虫癭的生理生化变化,得到桉树虫癭组织的可溶性糖和可溶性蛋白质含量上升的结果^[10]。杨明挚等研究了蓟马诱导的鹅掌柴叶片虫癭组织的生理生化变化,发现虫癭组织中的丙二醛含量比非虫癭组织低,光合速率下降,呼吸速率提高,虫癭组织转变为营养库,可以富集较多的营养物质^[11]。目前,研究榆癭蚜在自然条件下取食榆树叶片,诱导榆树叶片发生生理变化的研究还很少,本研究通过对榆树虫癭叶片的生理指标进行测定,探究生理指标的变化规律,为榆树的抗虫育种提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

2017 年 4—7 月在河北省张家口市郊区进行样品采集,采集虫癭组织(以受害榆树上未表现症状的前期叶片为对

照)、受害叶片的非虫癭组织(以受害榆树上刚表现症状,但没有瘤状虫癭的前期叶片为对照)和完整的受害叶片(以未受害榆树正常前期叶片为对照)的前、中、后、末期叶片。

1.2 方法

参照李合生的乙醇提取法^[12]对榆树叶片进行叶绿素含量的测定;采用蒽酮硫酸法^[13]进行可溶性糖含量的测定;采用紫外吸收法^[14]测定可溶性蛋白含量;参照张军等的没食子酸法^[15]对总酚、类黄酮含量进行测定;采用香草醛法^[16]测定单宁含量;采用硫代巴比妥酸法进行丙二醛含量的测定。

1.3 数据分析

试验数据均采用 Excel 2010 和 SPSS 18.0 软件进行统计分析,图表绘制的数据均以平均数 \pm 标准误差表示,显著性分析($\alpha=0.01, 0.05$)采用邓肯氏新复极差法。

2 结果与分析

2.1 榆癭蚜危害对榆树叶片叶绿素含量的影响

由表 1 可知,各部分组织叶绿素含量在各个阶段各不相同。各个阶段下不同组织部位的叶绿素含量也不相同。虫癭组织对照与前、中、末、后期以及中期与后期之间的叶绿素含量有极显著差异;中期和末期之间的叶绿素含量有显著差异。非虫癭组织中期与对照、前、后、末期之间的叶绿素含量有极显著差异。虫癭叶对照与前、末、中期之间的叶绿素含量有显著差异。

由图 1 可知,各阶段榆树虫癭叶片各部位叶绿素含量的分布表现为非虫癭组织>虫癭叶>虫癭组织。虫癭组织在各时期的叶绿素含量均明显低于其对照;虫癭组织的叶绿素含量在前、中期有增加的趋势;在后期,榆癭蚜羽化,虫癭组织颜色变浅;到末期,虫癭部位变黑、皱缩,叶绿素含量降低。说明榆癭蚜虫卵自孵化开始,若虫的各项活动已经开始影响其活动部位的叶绿素含量。而非虫癭组织的叶绿素含量在一段时期内有所增加,并且在中期出现了高于无虫害健康对照叶片的现象,以此来维持自身的生长。虫癭叶的各个时期叶绿素含量基本上等于非虫癭组织和虫癭组织叶绿素含量的差值。

收稿日期:2018-01-19

基金项目:河北省自然科学基金(编号:C2013405094);河北北方学院博士基金(编号:201721)。

作者简介:李 轩(1991—),女,河北保定人,硕士研究生,从事植物有害生物生态学和综合防治研究。E-mail:1639352729@qq.com。

通信作者:黄智鸿,博士,研究员,主要从事植物有害生物生态学和综合防治研究。E-mail:hbnhzh@163.com。

表 1 榆树虫瘿叶片不同发育阶段的叶绿素含量

部位	不同发育阶段的叶绿素含量 (mg/g)				
	对照	前期	中期	后期	末期
虫瘿组织	1.688 ± 0.192aA	0.357 ± 0.008bcBC	0.519 ± 0.007bB	0.194 ± 0.084cC	0.293 ± 0.059cBC
非虫瘿组织	2.099 ± 0.014bB	2.012 ± 0.241bB	2.579 ± 0.074aA	1.966 ± 0.148bB	1.863 ± 0.151bB
虫瘿叶	2.077 ± 0.116aA	1.605 ± 0.097bAB	1.354 ± 0.029bB	1.706 ± 0.166abAB	1.551 ± 0.482bAB

注:同行数值后不同大、小写字母分别表示在 0.01、0.05 水平上差异显著。下表同。

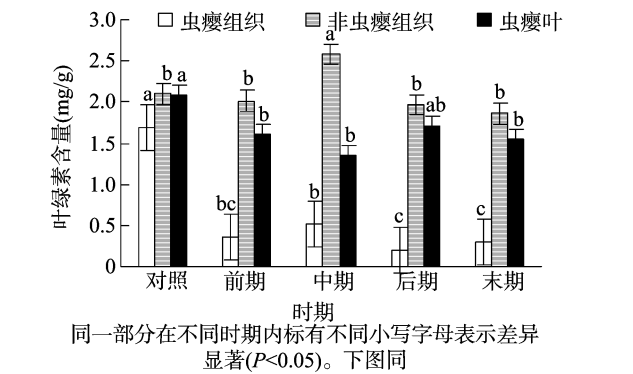


图 1 榆树虫瘿叶片不同发育阶段叶绿素含量

表 2 榆树虫瘿叶片不同发育阶段的可溶性糖含量

部位	不同发育阶段的可溶性糖含量 (mg/g)				
	对照	前期	中期	后期	末期
虫瘿组织	37.407 ± 5.105cB	104.440 ± 27.239aA	70.840 ± 9.775bAB	44.840 ± 14.238bcB	51.440 ± 5.200bcB
非虫瘿组织	34.607 ± 7.877bA	56.040 ± 11.137aA	36.273 ± 10.135bA	35.540 ± 10.306bA	48.140 ± 8.147abA
虫瘿叶	34.440 ± 0.794cB	55.640 ± 9.869aA	46.640 ± 7.015abcAB	42.073 ± 6.926bcAB	49.873 ± 6.231abAB

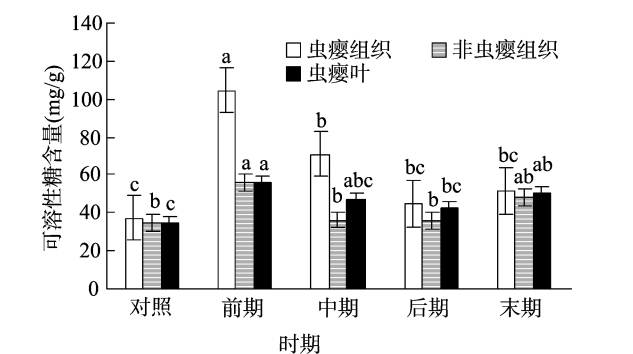


图 2 榆树虫瘿叶片不同发育阶段的可溶性糖含量

表 3 榆树虫瘿叶片不同发育阶段可溶性蛋白含量

部位	不同发育阶段的可溶性蛋白含量 (mg/g)				
	对照	前期	中期	后期	末期
虫瘿组织	669.025 ± 140.935bcB	766.939 ± 64.887bB	510.064 ± 37.437cB	538.209 ± 113.647cB	1380.189 ± 110.601aA
非虫瘿组织	615.113 ± 79.397bAB	644.448 ± 45.550abA	737.605 ± 44.534aA	678.143 ± 36.468abA	483.504 ± 38.523cB
虫瘿叶	828.383 ± 68.465abA	816.887 ± 62.285abA	860.493 ± 148.923aA	650.790 ± 147.544bA	697.567 ± 32.293abA

溶性蛋白含量逐渐上升,榆树在启动自身的保护机制。

由图 3 可看出,各个组织的可溶性蛋白含量在前期时表现出与各自对照可溶性蛋白含量基本相等,在后面各时期表现出与其对照的明显差异。虫瘿组织在受害中期可溶性蛋白含量明显降低,随后升高,末期时最高;非虫瘿组织可溶性蛋白含量在各阶段整体呈下降趋势,且差异不大;虫瘿叶的可溶性蛋白含量在前期至后期表现为先升高后降低的趋势。表明虫瘿的形成和存在会诱导可溶性蛋白含量的增加,并且多积

2.2 榆瘿蚜危害对榆树叶片可溶性糖含量的影响

由表 2 可知,虫瘿组织、非虫瘿组织、虫瘿叶的各自 4 个时期的可溶性糖含量均大于相对应的对照叶片。其中,虫瘿组织的各时期可溶性糖含量分别是其对照的 2.79、1.89、1.20、1.38 倍;非虫瘿组织的各时期可溶性糖含量分别是其对照的 1.62、1.05、1.03、1.39 倍;虫瘿叶的可溶性糖含量分别是其对照的 1.62、1.35、1.22、1.45 倍。上述比值的变化说明虫瘿的存在诱导了可溶性糖含量的减少。

由图 2 可见,虫瘿组织在前期的可溶性糖含量明显高于其对照和其他组织部分,之后时期出现下降的趋势;非虫瘿组织的可溶性糖含量表现出先升高后下降再升高的趋势;虫瘿叶部分的可溶性糖含量呈波动变化趋势;虫瘿组织在末期的

可溶性糖含量开始回升,说明虫瘿成熟开裂、榆瘿蚜羽化飞出虫瘿后,榆树有一定的自我修复能力,使可溶性糖含量增加。

2.3 榆瘿蚜危害对榆树叶片可溶性蛋白含量的影响

由表 3 可知,虫瘿叶对照的可溶性蛋白含量在 3 组对照中是最高的,其次是虫瘿组织的对照。受害叶片的虫瘿组织蛋白质含量在受害中期表现为下降,但随后逐渐升高,末期的可溶性蛋白含量是其对照的 2.06 倍,是其前期的 1.80 倍;非虫瘿组织中期的可溶性蛋白含量和其对照、末期存在显著差异;虫瘿叶各时期与其对照的可溶性蛋白含量比值分别为 0.99、1.04、0.79、0.84,比值的变化说明在榆瘿蚜危害初期,榆树叶片蛋白含量有所下降,但随着受害程度的加深,可

累于虫瘿组织中。

2.4 榆瘿蚜危害对榆树叶片总酚含量的影响

由表 4 可知,各个组织不同时期的总酚含量整体上高于各自对照的总酚含量。虫瘿组织的末期总酚含量是前期的 1.28 倍;非虫瘿组织总酚含量在各发育阶段表现出中间高、两边低的规律,末期总酚含量基本等于前期总酚含量;虫瘿叶后期的总酚含量极显著高于对照、末期的总酚含量。

由图 4 可看出,受害叶片各部位总酚含量整体呈现出先

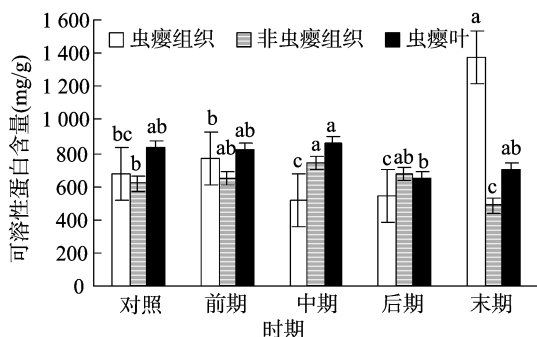


图3 榆树虫瘿叶片不同发育阶段的可溶性蛋白含量

表4 榆树虫瘿叶片不同发育阶段的总酚含量

部位	不同发育阶段的总酚含量 (mg/g)				
	对照	前期	中期	后期	末期
虫瘿组织	288.963 ± 49.651abA	291.560 ± 41.696abA	225.933 ± 35.994bA	389.766 ± 141.701aA	371.943 ± 90.945abA
非虫瘿组织	271.494 ± 7.620cB	305.607 ± 17.468bB	311.272 ± 4.428bB	391.537 ± 15.772aA	306.551 ± 26.812bB
虫瘿叶	315.640 ± 29.596bB	397.557 ± 45.205abAB	411.957 ± 89.044aAB	466.136 ± 39.668aA	308.322 ± 14.885bB

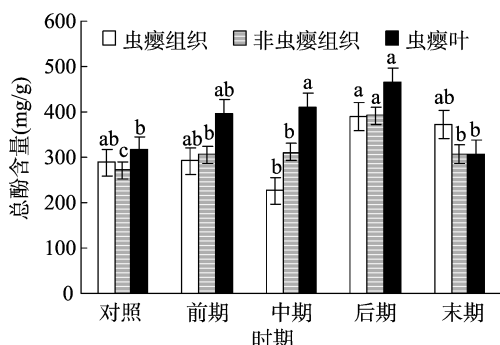


图4 榆树虫瘿叶片不同发育阶段的总酚含量

表5 榆树虫瘿叶片不同发育阶段的类黄酮含量

部位	不同发育阶段的类黄酮含量 ($D_{325\text{ nm}}/\text{g}$)				
	对照	前期	中期	后期	末期
虫瘿组织	1.224 ± 0.194aA	1.199 ± 0.180aA	0.889 ± 0.169aA	1.276 ± 0.371aA	1.471 ± 0.541aA
非虫瘿组织	1.108 ± 0.037cB	1.290 ± 0.541bcB	1.370 ± 0.183bB	1.835 ± 0.102aA	1.365 ± 0.118bB
虫瘿叶	1.439 ± 0.152bB	1.728 ± 0.204abAB	1.67 ± 0.404abAB	1.992 ± 0.194aA	1.320 ± 0.049bB

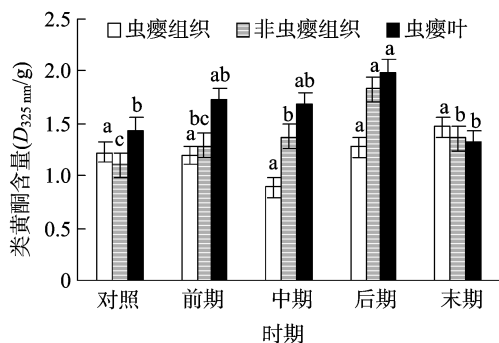


图5 榆树虫瘿叶片不同发育阶段的类黄酮含量

瘿组织的单宁后期在后期、末期与对照存在极显著差异;虫瘿叶在前期、中期单宁含量升高,在整个发育阶段内与对照均无显著差异。榆瘿蚜取食危害可诱导榆树叶片单宁含量的增加,单宁的增加主要积累在虫瘿组织部分。

由图6可以看出,在榆瘿蚜危害的前期和中期,虫瘿组织与虫瘿叶的单宁含量首先表现出骤增的趋势,并且虫瘿组织

升高后降低的变化趋势。在受害初期,各部位总酚含量与其对照叶片的差异不明显,从虫瘿发育的后期开始,虫瘿叶或虫瘿组织中总酚含量明显高于非虫瘿组织,表明榆树受害后总酚主要积累在虫瘿部位。

2.5 榆瘿蚜危害对榆树叶片类黄酮含量的影响

由表5可知,虫瘿组织的各时期与对照类黄酮含量差异不显著;非虫瘿组织后期的类黄酮含量和其他各时期及对照均存在极显著差异;虫瘿叶的后期类黄酮含量与其对照存在极显著差异,其他时期和对照无显著差异。类黄酮含量的降低,表明榆瘿蚜危害后引起受害叶片各部分组织中类黄酮的合成和运输受阻。

由图5可以看出,在榆瘿蚜若虫营居取食危害中期,虫瘿组织类黄酮含量明显下降,有利于榆瘿蚜的生存,后期和末期类黄酮含量升高,与其对照接近。这可能是榆树和昆虫互作的结果,榆瘿蚜的取食使类黄酮含量降低来保证自身的生存,而榆树在受害过程中通过不断产生类黄酮来破坏榆瘿蚜的危害,非虫瘿组织中类黄酮含量的增加可以在一定程度上防止榆瘿蚜和其他昆虫继续危害。

2.6 榆瘿蚜危害对榆树叶片类单宁含量的影响

由表6可知,虫瘿组织的各时期单宁含量出现突升突降的现象,中期单宁含量最高,是前期的1.51倍,是后期的5.69倍,是末期的10.33倍,并与对照存在极显著差异;非虫

明显高于其他组织;在后期,榆瘿蚜成虫已经离开虫瘿,各部分组织的单宁含量骤减;在末期,虫瘿组织单宁含量有所下降,但非虫瘿部分仍有升高,表明植物对害虫的防御机制并不会随着伤害终止而立即消失。非虫瘿组织和虫瘿叶的单宁含量相加基本上等于虫瘿组织的单宁含量。

2.7 榆瘿蚜危害对榆树叶片丙二醛含量的影响

由图7可看出,虫瘿组织在生长的各阶段均比对照的丙二醛含量高,在虫瘿生长阶段的丙二醛含量整体呈递增的趋势,末期达到最高值;非虫瘿组织的丙二醛含量在前期和中期均比其对照的丙二醛含量低,在叶片生长的各个阶段,丙二醛含量变化不明显;虫瘿叶的丙二醛含量整体上呈先降低后升高的趋势,和虫瘿组织的丙二醛含量变化趋势基本相同。

3 结论与讨论

榆树在受到榆瘿蚜的取食危害后,能够整合并判断输入信号,并以虫瘿的方式来适应胁迫环境,虽然植物能继续生存,但榆树叶片的各项生理指标已经发生明显变化,榆树表现

表 6 榆树虫瘿叶片不同发育阶段的单宁含量

部位	不同发育阶段的单宁含量(mg/g)				
	对照	前期	中期	后期	末期
虫瘿组织	21.093 ± 1.062bB	65.534 ± 10.786aAB	98.762 ± 52.889aA	17.356 ± 1.700bB	9.560 ± 3.085bB
非虫瘿组织	18.816 ± 1.458aA	22.115 ± 4.637aA	23.283 ± 2.744aA	6.085 ± 0.961bB	8.508 ± 0.563bB
虫瘿叶	17.911 ± 5.818abA	39.693 ± 29.495abA	60.424 ± 45.148aA	12.976 ± 0.851bA	10.669 ± 0.749bA

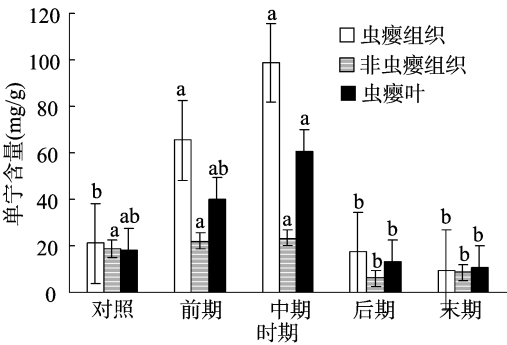


图6 榆树虫瘿叶片不同发育阶段的单宁含量

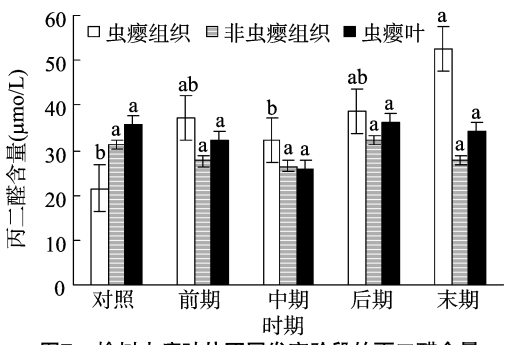


图7 榆树虫瘿叶片不同发育阶段的丙二醛含量

出生长迟缓、新陈代谢和光合作用降低,会重新调配新陈代谢所需的资源和增强抗氧化能力。

叶绿素含量、可溶性糖含量、可溶性蛋白含量等是植物新陈代谢的重要指标。叶绿素是植物光合作用的主要成分,可溶性糖和蛋白质是植物生命活动必需的物质,植物可溶性糖类存在于细胞中,其含量的增加会对细胞的生命物质和生物膜起保护作用。单宁是很多植食性昆虫的拒食剂^[17]。丙二醛是阻止过氧化的重要产物,可以作为脂质过氧化、氧化胁迫以及衰老的标志^[18]。

阮桢媛等研究了角倍蚜虫瘿形成对盐肤木的影响,发现在虫瘿发育的不同时期,除可溶性蛋白在有虫瘿叶片与无虫瘿叶片间存在一定差异外,其他各项生理指标的差异均不显著^[19],表明虫瘿形成未对植株造成严重氧化性损伤及脂质膜的破坏,但对盐肤木物质代谢存在一定程度的扰动。

严善春等研究发现,害虫危害会引起植物可溶性糖含量降低,还会引起次生代谢物质的增加,兴安落叶松鞘蛾取食危害落叶松后,引起了单宁含量的增加,诱导植物产生局部防御系统^[20]。巨云等为研究了蚊母树对杭州新胸蚜虫瘿形成的生理生化响应,发现虫瘿的形成会导致蚊母树叶片的丙二醛含量显著高于同期的健康对照,其中虫瘿部分尤为明显,虫瘿形成初期受害叶片的蛋白质含量显著升高,以瘿边叶表现较为明显,虫瘿形成后期叶片各部分的蛋白质含量也显著较高^[21]。本研究发现,虫瘿组织后期和末期的丙二醛含量较

高,虫瘿内部的榆瘿蚜生长发育情况还有待进一步研究。

参考文献:

[1] Stone G N, Schonrogge K. The adaptive significance of insect gall morphology[J]. Trends in Ecology & Evolution, 2003, 18 (10): 512 - 522.

[2] 马双敏, 虞 泓, 李晨程, 等. 植物虫瘿[J]. 昆虫知识, 2008, 45 (2): 330 - 335.

[3] 王光钺, 王义平, 吴 鸿. 虫瘿与致瘿昆虫[J]. 昆虫知识, 2010, 47 (2): 419 - 424.

[4] Wang G Y, Wang Y P, Wu H. Gall and gall - former insects[J]. Chinese Bulletin of Entomology, 2010, 47 (2): 414 - 424.

[5] Jia C, Liu Z. The peculiar insect galls [J]. Entomological Knowledge, 2004, 41 (6): 603 - 606.

[6] Yang M M. Plants dance with insects[J]. Scientific Development, 2007, 409: 28 - 33.

[7] Lin Q W, Xiao C, Zhang Z X. See gall from plants[J]. China Nature, 2007 (3): 63 - 64.

[8] 李水清, 张钟宁. 松墨天牛取食和人为损伤对马尾松针叶部分化学物质含量的影响[J]. 昆虫学报, 2007, 50 (2): 95 - 100.

[9] 吴耀军, 常明山, 盛 双, 等. 桉树枝瘿姬小蜂解剖特征与寄主叶片生理生化指标的变化[J]. 生态学报, 2012, 32 (23): 7576 - 7585.

[10] 李 诺, 王美英, 罗基同, 等. 桉树枝瘿姬小蜂虫瘿生理生化初步研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38 (8): 4126 - 4127.

[11] 杨明攀, 张汉波, 李程晨, 等. 蓟马诱导的鹅掌柴叶片虫瘿组织的生理生化响应[J]. 云南植物研究, 2010, 32 (4): 339 - 346.

[12] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.

[13] 郝建军, 康宗利, 于 洋. 植物生理学实验技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007: 141 - 142.

[14] 孔祥生, 易现峰. 植物生理学实验技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008.

[15] 张 军, 杨庆凯, 王守义, 等. 大豆抗 SCN3 过程中总酚含量动态分析[J]. 大豆科学, 2002, 21 (1): 71 - 74.

[16] 邹 琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 11 - 12.

[17] 王 琪, 严善春, 王艳军, 等. 剪叶及昆虫取食对兴安落叶松蛋白酶抑制剂的影响[J]. 昆虫学报, 2008, 51 (8): 798 - 803.

[18] Del Rio D, Stewart A J, Pellegrini N. A review of recent studies on malondialdehyde as toxic molecule and biological marker of oxidative stress [J]. Nutrition, Metabolism, and Cardiovascular Diseases, 2005, 15 (4): 316 - 328.

[19] 阮桢媛, 陈晓鸣, 杨子祥. 角倍蚜虫瘿形成对盐肤木保护酶及脂质膜的影响[J]. 应用昆虫学报, 2013, 50 (3): 749 - 757.

[20] 严善春, 杨 慧, 高璐璐, 等. 兴安落叶松鞘蛾对寄主挥发物的反应[J]. 林业科学, 2009, 45 (5): 94 - 101.

[21] 巨云为, 朱 萍, 施大伟, 等. 蚊母树对杭州新胸蚜虫瘿形成的生理生化响应[J]. 福建林学院学报, 2012, 32 (1): 10 - 12.