

花铃期棉花对棉蚜刺吸胁迫的生理响应^{*}

邓小霞^{**} 江海澜 彭俊 何泽敏 马天文 王俊刚^{***}

(石河子大学农学院 石河子 832003)

摘要 为了探索棉花对棉蚜 *Aphis gossypii* Glover 胁迫的抗性机理,利用分光光度计法测定了花铃期棉花经棉蚜刺吸后的生理指标。结果表明:在棉花花铃期,叶绿素含量在处理前期均有上升情况,仅在处理第 10 天后,蚜虫密度 80 头处理下的叶绿素含量显著低于对照;随着取食时间延长,各蚜虫密度下的可溶性蛋白含量均有所增加,并在处理 10 d 后,蚜虫密度 80 头处理下的可溶性蛋白含量显著比对照增加了 78.38%;而游离脯氨酸、丙二醛含量随着取食时间增加呈先升后降的趋势,且在取食前期随着蚜虫密度增加,脯氨酸、丙二醛含量逐渐上升。由此可知,棉花能忍耐低密度蚜虫胁迫,而较高密度蚜虫刺吸初期敏感,随着胁迫时间延长,其自身防御能力增强。

关键词 棉花, 棉蚜, 生理, 抗虫性

Physiological responses of cotton to feeding by *Aphis gossypii* during the flower-bolling stage

DENG Xiao-Xia^{**} JIANG Hai-Lan PENG Jun HE Ze-Min

MA Tian-Wen WANG Jun-Gang^{***}

(Agricultural Academy of Shihezi University, Shihezi 832003, China)

Abstract In order to explore the mechanism by which cotton resists feeding by aphids, a spectrophotometer was used to measure physiological indices of cotton under attack by different densities of aphids. During the flower-bolling stage, although chlorophyll content first increased, the chlorophyll content of plants subject to attack by 80 aphids was significantly lower than that of control plants after 10 days. Soluble protein content increased under all aphid densities with duration of feeding time; that of plants subject to attack by 80 aphids was 78.38% higher than that of control plants after 10 days. Free proline and MDA content first increased, then decreased, with feeding time and gradually increased with aphid density. In conclusion, cotton can withstand attack by a low density of aphids, but is sensitive to relatively high aphid densities. The plants' defensive ability increases with time of exposure to aphid attack.

Key words cotton aphid, physiology, insect resistance

棉蚜 *Aphis gossypii* Glover 属半翅目蚜科,是世界棉区重要的刺吸类害虫之一(陆宴辉等,2004)。主要以成虫、若虫在叶背和嫩茎上吸食植物汁液,导致作物叶片卷缩、幼苗萎蔫,甚至枯死,取食过程中分泌的蜜露则诱发霉菌产生,覆盖在棉花茎叶和嫩梢表面,影响其正常的光合作用,同时还传播病毒病,使得棉花产量和品质严重下降(周运刚等,2011)。新疆南、北疆各棉区均有棉蚜发生,平均每 3 年左右暴发一次(李进步等,2005)。长期

以来,大量使用化学农药防治棉蚜,破坏了棉田生态系统中天敌昆虫的组成(李东臣,2010),引起了害虫抗药性,以及环境污染等问题的快速发展(陈媛媛等,2002;彭丽年等,2002;邹先伟和蒋志胜,2004)。

害虫与寄主植物的关系是昆虫生态学与植物生理学的研究重点。一般认为,昆虫的取食对植物生长发育不利,植物会被动的产生各种次生性物质以协调生长或进行防御(陈建明等,2000;王

^{*} 资助项目:国家自然科学基金(21260435)和国家“十一五”支撑计划(2007BAC17B03)。

^{**} E-mail: dengxiaoxia_2006@163.com

^{***} 通讯作者, E-mail: jungangwang98@sina.com

收稿日期:2011-10-08,接受日期:2012-09-23

丽艳等,2011),植物只有当受害程度超过受害阈值时,才表现出诱导抗虫性,而且在一定范围的受害程度内(大于受害阈值),植物表现的诱导抗虫性强弱基本一致(孟凡立等,2011)。在棉花花铃期,正是其由营养生长向生殖生长转变的关键时期,同时也是伏蚜发生期,棉蚜具有在棉花花铃期猖獗为害的潜在能力(罗亮等,2007;芦屹等,2009)。因此,这一阶段棉田管理对产量的高低和品质的优劣均有直接影响。因此,本文作者通过田间试验,从棉花植株生理指标变化出发,研究棉蚜刺吸胁迫诱导棉花植株体内叶绿素、可溶性蛋白含量、游离脯氨酸含量和丙二醛含量的变化,以期探讨花铃期棉花的抗蚜性诱导机理,为建立科学合理、可持续的棉蚜综合防治体系提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试地点与材料

供试地点:石河子大学农学院试验站(E86°, N 44°)。

供试材料:花铃期棉花(新陆早 44 号,2011 年新疆棉花主栽品种之一,具有一定的代表性)。

1.2 供试虫源

供试虫源为石河子大学昆虫温室人工繁殖饲养,扩大种群并保种以备试验用。

温室条件:温度(26 ± 1)℃,相对湿度为 60%~80%,光周期 L:D = 14:10,光照强度为 9 000 lx。

1.3 试验设计

选择石河子大学农学院试验田,试验地南北走向,宽膜覆盖。膜宽 1.4 m,行距为(30+50+30)cm、株距 10 cm,于 2011 年 4 月 23 日播种,棉种不作任何药剂处理,水肥化控等栽培管理措施与一般大田相同。供试蚜虫密度共设置 5 个,分别为 0、10、20、40、80 头/株(高宗仁,1987)。随机选取生长势一致的棉花(花铃期),按照不同的蚜虫密度设置在棉株倒三叶部位接上试虫,并罩上纱网(0.5 m × 1.2 m,120 目),接虫后 1、4、7、10 d 时测定棉花体内叶绿素、可溶性蛋白、丙二醛、脯氨酸含量的变化。每个处理 3 次重复。

1.4 棉花叶片生理指标的测定

取各棉株上部倒三叶分析测定。叶绿素含量

测定用丙酮、乙醇等体积混合液浸提,在 645 nm、663 nm 波长下测定吸光值,方法参照唐前瑞(2001);丙二醛(MDA)含量测定采用硫代巴比妥酸法;可溶性蛋白质含量测定采用考马斯亮蓝(G-250 比色法);游离脯氨酸含量测定采用酸性茚三酮法(李玲,2009)。

1.5 数据处理与分析

使用 Excel 2003 进行数据处理和绘图,使用 SPSS17.0 数据处理软件进行统计方差分析,并采用 Duncan 新复极差测验法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 棉蚜刺吸胁迫对花铃期棉花叶绿素含量的变化

根据表 1 结果可知,在处理第 1 天时,叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素 a+b 含量均大于对照,处理后第 4 天时,各处理叶片中叶绿素含量最高,棉蚜 10 头、20 头处理的叶绿素含量达到极大值,叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素 a+b 含量分别比对照增多 19.49%、14.81%、18.41%,但增多量与对照相比不显著($P > 0.05$)。随着处理时间的延长,处理后第 10 天时,叶绿素含量均低于对照,80 头棉蚜处理的棉花叶绿素含量达到极小值,叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素 a+b 含量分别比对照减少 24.14%、36.59%、26.92%,且与对照相比差异显著($P < 0.05$)。

2.2 棉蚜刺吸胁迫对花铃期棉花可溶性蛋白含量的变化

由图 1 可知,棉蚜取食棉花 1 d 和 4 d 后取样测定时,各处理棉花叶片中的蛋白含量随着蚜虫密度增加呈上升趋势,且 40 头、80 头棉蚜取食后的叶片可溶性蛋白含量较其他各处理显著增加($P < 0.05$),其他各处理间可溶性蛋白含量差异不显著($P > 0.05$)。除 20 头棉蚜处理外,其他处理的可溶性蛋白含量在第 7 天均呈现下降趋势,第 10 天各处理均有上升,且 80 头棉蚜取食的棉花变化幅度最大,在取食第 10 天后达到极大值,较对照显著增加了 78.38%,其他各处理较对照变化不显著($P > 0.05$)。

2.3 棉蚜刺吸胁迫对花铃期棉花游离脯氨酸含量的变化

由图 2 可知,10 头、20 头棉蚜处理的叶片游

表 1 棉蚜刺吸胁迫后花铃期棉花的叶绿素含量

Table 1 Content of Chlorophyll in cotton during flowering-bolling stage induced by aphids

叶绿素 Chlorophyll	蚜虫数量 Aphid individuals	叶绿素含量 Chlorophyll contents (mg/g)			
		1 d	4 d	7 d	10 d
叶绿素 a Chlorophyll a	CK	1.32 ± 0.15 b	2.72 ± 0.28 a	1.38 ± 0.09 a	1.16 ± 0.05 a
	10	1.46 ± 0.16 b	3.25 ± 0.23 a	1.29 ± 0.05 a	0.96 ± 0.11 b
	20	1.92 ± 0.30 a	3.25 ± 0.04 a	1.38 ± 0.07 a	1.02 ± 0.05 b
	40	1.62 ± 0.27 ab	2.95 ± 0.34 a	1.09 ± 0.07 b	0.91 ± 0.11 b
	80	1.41 ± 0.16 b	2.66 ± 0.11 a	1.10 ± 0.03 b	0.88 ± 0.04 b
叶绿素 b Chlorophyll b	CK	0.33 ± 0.05 a	0.81 ± 0.13 a	0.39 ± 0.03 a	0.41 ± 0.02 a
	10	0.37 ± 0.05 a	0.93 ± 0.04 a	0.35 ± 0.02 a	0.29 ± 0.06 b
	20	0.52 ± 0.10 a	0.93 ± 0.01 a	0.35 ± 0.03 a	0.33 ± 0.03 ab
	40	0.42 ± 0.09 a	0.84 ± 0.08 a	0.41 ± 0.07 a	0.29 ± 0.06 b
	80	0.55 ± 0.14 a	0.78 ± 0.06 a	0.31 ± 0.03 a	0.26 ± 0.00 b
叶绿素 a + b Chlorophyll a + b	CK	1.64 ± 0.19 b	3.53 ± 0.39 a	1.77 ± 0.10 a	1.56 ± 0.07 a
	10	1.83 ± 0.22 ab	4.18 ± 0.27 a	1.63 ± 0.07 ab	1.25 ± 0.17 b
	20	2.44 ± 0.40 a	4.18 ± 0.03 a	1.73 ± 0.08 a	1.35 ± 0.07 ab
	40	2.05 ± 0.36 ab	3.79 ± 0.43 a	1.50 ± 0.05 bc	1.20 ± 0.17 b
	80	2.00 ± 0.04 ab	3.40 ± 0.16 a	1.40 ± 0.06 c	1.10 ± 0.04 b

注：表中数据为平均数 ± 标准差 (n = 3)；同列不同字母表示在 0.05 水平上差异显著。
Data in table are mean ± SD (n = 3), and followed by different letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level.

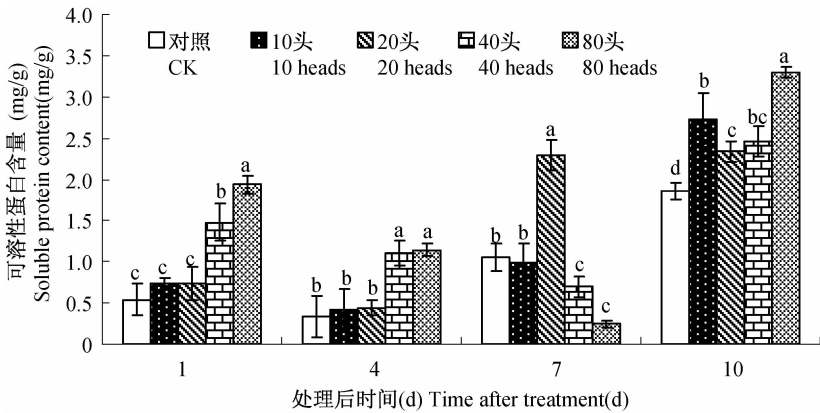


图 1 棉蚜刺吸胁迫后花铃期棉花的可溶性蛋白含量

Fig.1 Contents of soluble protein in cotton during flowering-bolling stage induced by aphids

注:柱上标有不同字母表示在 0.05 水平上差异显著,下同。
Histograms with different letters indicate significantly different at 0.05 level. The same below.

离脯氨酸含量随着时间增加,呈下降趋势,且显著低于对照 ($P < 0.05$),当 10 头棉蚜处理棉花叶片 10 d 后,达到极小值,比对照减少了 46.67%。说明 10 头、20 头棉蚜取食后,棉花补偿了所受到的伤害。随着处理时间的延长,80 头棉蚜处理的叶片游离脯氨酸呈现先升后降,并在第 4 天时达到

极大值,比对照显著增加了 46.15%,其他各处理的棉花叶片游离脯氨酸含量呈下降趋势。究其原因是,棉花在被棉蚜取食 4 d 内,对棉蚜的胁迫较为敏感,而后随着棉蚜取食时间的增加,植物的耐受性也随之增强。

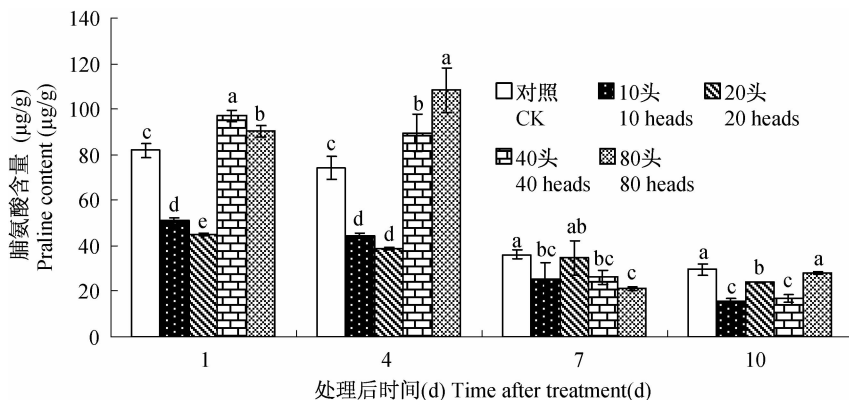


图2 棉蚜刺吸胁迫后棉花的游离脯氨酸含量

Fig.2 Content of free proline in cotton during flowering-bolling stage induced by aphids

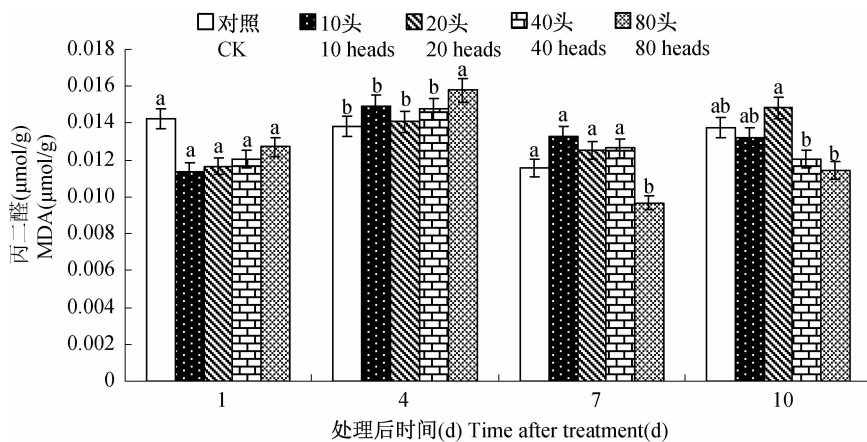


图3 棉蚜刺吸胁迫后花铃期棉花的丙二醛含量

Fig.3 Content of MDA in cotton during flowering-bolling stage induced by aphids

2.4 棉蚜刺吸胁迫对花铃期棉花丙二醛含量的变化

从图3可以看出,各处理的棉花在处理1 d时,各蚜虫密度处理的丙二醛含量均低于对照,且随着蚜虫密度增加丙二醛含量逐渐上升,在第4天时,各处理的丙二醛含量普遍高于对照,且80头蚜虫密度取食的棉花丙二醛含量显著高于对照14.37% ($P < 0.05$)。而当蚜虫取食7 d后,随着蚜虫密度增加丙二醛含量有所下降,并在80头蚜虫密度处理下的丙二醛含量最低,比对照显著降低49.5% ($P < 0.05$)。由此可以得知,在取食初期棉花较为敏感,丙二醛含量均高于对照,随后在10 d时,棉花能忍耐棉蚜刺吸胁迫,导致丙二醛含量有所下降。

3 结论与讨论

光合作用是植物绿色组织最基本的功能,主要由叶绿素完成,而叶绿素受到破坏或降解都会影响植物光合作用进程、强度及其速率(陈建明等,2003;苏培玺和严巧娣,2006),植食性昆虫刺吸危害,破坏叶绿素组织而直接影响植株的光合作用(季延平等,1997),也可以通过破坏植株氮、水的运输间接影响植物组织气体的交换而影响光合作用。试验发现,不同密度的棉蚜刺吸危害后,棉花的叶绿素含量随着时间推移变化差异显著。在棉蚜刺吸危害4 d后,棉花大量营养物质被吸取,为了补偿营养物质,棉花提高叶绿素含量来增强光合作用,其叶绿素含量随之高于对照;在棉蚜持续刺吸胁迫到10 d时,所造成的危害超出棉花可承受的范围,随着蚜虫刺吸行为,棉花叶片受到

极大机械损伤,致使叶绿素含量显著低于对照,进而使棉花光合能力降低。

植物在被害虫取食、干旱以及低温等逆境条件下,主要通过渗透调节,主动积累有机和无机物以降低渗透势和抵抗逆境胁迫,以适应外界环境条件的变化,渗透调节物质包括可溶性蛋白质以及游离氨基酸等(孙存华等,2007)。在被肉苕蓉寄生后,梭梭体内主要渗透调节物质会显著地增加(李霞等,2009),梨树受瘿螨危害后其受害部位叶片游离脯氨酸、可溶性蛋白质含量上升(叶锋,2002;陈应武等,2004;郭丽等,2010),可溶性蛋白质含量增加,束缚更多的水分子以增强植株的耐虫性。然而,也有研究认为毛竹受密竹链蚱危害后会导致植株叶片可溶性蛋白含量降低(张永峰和殷波,2009)。本研究通过测定棉花叶片渗透调节物质的含量,发现受胁迫的棉花可溶性蛋白含量均出现显著上升,40 头和 80 头蚜虫刺吸胁迫棉花的可溶性蛋白含量在 1 d 后就显著高于对照,而其余处理却与对照差异不显著,表明花铃期棉花能够容忍低密度的蚜虫种群刺吸危害;棉蚜刺吸胁迫 10 d 后棉花可溶性蛋白含量均高于对照,且以 80 头蚜虫的最高,说明棉花在受到棉蚜危害后会积累可溶性蛋白质来抵御伤害,随着胁迫增强而增强。同时,高密度(40~80 头)棉蚜刺吸胁迫,能引导花铃期棉花体内积累的游离脯氨酸显著高于对照,但是低密度(10~20 头)的则低。在取食前期高密度的棉蚜种群刺吸胁迫能对花铃期棉花造成一定伤害,而低密度棉蚜胁迫对棉花代谢未造成影响,随着蚜虫取食时间延长,对棉花造成的损失增加,但同一时间下高密度处理棉花受到的伤害相对较小。

植物体内活性氧的产生和清除处于相对动态平衡中,但在逆境条件下体内活性氧自由基产生的速度超出了植物自身清除的能力,进而发生膜脂过氧化作用产生丙二醛(MDA)(潘晓云等,2002);MDA 含量是植物膜系统稳定与否的重要指标,其含量的多少可反映膜损伤程度的轻重;因此植物受逆境胁迫的程度可以通过测定植物的 MDA 含量反映出来(江海澜等,2011)。有研究表明棉花受到害虫刺吸危害时 MDA 含量会上升(谭永安等,2010),本研究发现在受到棉蚜刺吸危害逐步加重时,棉花植株 MDA 含量呈现上升趋势,但这种趋势没有在时间上得到延续,在 80 头棉蚜

刺吸胁迫 4 d 后棉花植株 MDA 含量显著高于其它处理组,而在胁迫 7 d 和 9 d 后却又显著低于对照;试验中的棉蚜密度刺吸胁迫并不会诱导棉花产生多余的活性氧自由基并造成体内膜脂过氧化,表明花铃期的棉花对棉蚜的刺吸胁迫具有很强的耐受能力。

综上所述,受昆虫取食后植物在个体发育、营养成分、次生物质和生理生化等多方面会发生变化。不同密度的棉蚜刺吸胁迫能诱导花铃期棉花体内生理指标发生显著变化,且随时间延长而变化;棉蚜刺吸胁迫能使棉花叶绿素含量在后期出现下降,可溶性蛋白含量上升,游离脯氨酸和 MDA 含量先升后降,相对生产实际,试验设计的棉蚜种群数量相对较低,但同样给棉花造成胁迫,且都会刺激棉花的补偿能力,增强其抗逆性,而其具体的抗虫机制还有待进一步的研究。

参考文献 (References)

- 陈建明,俞晓平,陈俊伟,吕仲贤,程家安,陶林勇,郑许松,徐红星,2003. 水稻植株光合作用能力的变化与其抗白背飞虱的关系. 核农学报, 17(6):423-426.
- 陈建明,俞晓平,葛秀春,吕仲贤,程家安,颜礼岚,刘光杰,郑许松,陶林勇,孔令军,2000. 水稻植株防御白背飞虱为害的某些生理反应. 中国水稻科学, 14(1):43-47.
- 陈应武,窦彩虹,张新虎,李新荣,2004. 梨瘿螨的为害对梨叶片几种生理生化指标的影响. 兰州大学学报(自然科学版), 40(1):68-71.
- 陈媛媛,王永生,易军,张惠,杨正礼,2011. 黄河下游灌区河南段农业非点源污染现状及原因分析. 中国农学通报, 27(17):265-272.
- 高宗仁,1987. 棉花不同生育期对棉蚜的耐性研究. 植物保护, 13(4):8-10.
- 郭丽,贾秀领,张凤路,马瑞昆,姚艳荣,张丽华,2010. 定位水氮组合对冀 5265 小麦叶片硝酸还原酶、可溶性蛋白及产量的影响. 华北农学报, 25(1):180-184.
- 季延平,仝德全,侯玉芹,杜华兵,刘爱兴,李榜庆,崔广华,1997. 枣树锈瘿螨对枣树几项生理指标的影响. 山东林业科技, (1):18-20.
- 江海澜,王俊刚,邓小霞,何泽敏,马天文,彭俊,2011. 草甘膦对龙葵苗期生理指标的影响. 西北农业学报, 20(6):186-189.
- 李东臣,2010. 棉蚜的发生及生物因素对种群数量的控制作用. 安徽农业科学, 38(24):13236-13237.
- 李进步,吕昭智,王登元,田长彦,2005. 新疆棉区主要害

- 虫的演替及其机理分析. 生态学杂志, 24(3):261 - 264.
- 李玲, 2009. 植物生理学模块实验指导. 北京: 科学出版社. 1 - 172.
- 李霞, 马永清, 宋玉霞, 税军峰, 李秀维, 2009. 肉苁蓉寄生对梭梭幼苗保护酶活性及渗透调节物质的影响. 生态学杂志, 28(8):1531 - 1536.
- 芦屹, 王佩玲, 刘冰, 张金, 周子扬, 2009. 新疆棉花主栽品种的抗蚜性及其机制研究. 棉花学报, 21(1):57 - 63.
- 陆宴辉, 杨益众, 印毅, 余月书, 2004. 棉花抗蚜性及抗性遗传机制研究进展. 昆虫知识, 41(4):291 - 294.
- 罗亮, 马德英, 苗伟, 吕昭智, 王登元, 2007. 北疆气温与棉蚜发生量之间关系的探讨. 新疆农业科学, 44(4):423 - 428.
- 孟凡立, 王志坤, 孙晶, 段玉玺, 李冬梅, 李文滨, 2011. 蚜虫取食大豆诱导大豆异黄酮变化的规律. 作物杂志, 1:9 - 62.
- 潘晓云, 曹琴东, 王根轩, 2002. 膜脂过氧化作为扁桃品种抗寒性鉴定指标研究. 生态学报, 22(11):1902 - 1912.
- 彭丽年, 何树林, 杨庭权, 叶建生, 叶鹏盛, 2002. 四川地区棉铃虫和棉蚜抗药性监测及分析. 棉花学报, 14(1):62 - 64.
- 苏培玺, 严巧娣, 2006. C4 荒漠植物梭梭和沙拐枣在不同水分条件下的光合作用特征. 生态学报, 26(1):75 - 82.
- 孙存华, 李扬, 贺鸿雁, 杜伟, 金会丽, 王东升, 陈湘玲, 徐新娜, 2007. PEG6000 渗透胁迫对藜幼苗叶片渗透调节物质的影响. 安徽农业科学, 35(25):7784 - 7786.
- 谭永安, 柏立新, 肖留斌, 魏书艳, 赵洪霞, 2010. 绿盲蝽危害对棉花防御性酶活性及丙二醛含量的诱导. 棉花学报, 22(5):479 - 485.
- 唐前瑞, 2001. 红木遗传多样性及其叶色变化的生理生化研究. 博士学位论文. 长沙: 湖南农业大学.
- 王丽艳, 张海燕, 朱莹, 于磊, 丛斌, 2011. 水稻对稻负泥虫取食的生理响应. 应用昆虫学报, 48(4):928 - 933.
- 叶锋, 2002. 毛竹受密竹链蚱危害导致其生理生化指标影响的研究. 华东昆虫学报, 11(1):44 - 47.
- 张永峰, 殷波, 2009. 混合盐碱胁迫对苗期紫花苜蓿抗氧化酶活性及丙二醛含量的影响. 草业学报, 18(1):46 - 50.
- 周运刚, 王俊刚, 马天文, 何泽敏, 2011. 缩节胺对棉蚜种群繁殖的影响. 西北农业学报, 20(5):199 - 202.
- 邹先伟, 蒋志胜, 2004. 棉蚜抗药性及其抗性治理对策的研究. 农药, 43(7):294 - 297.