

- 姜会飞, 2008. 农业气象学. 北京: 科学出版社. 16—17.
- 梁宏斌, 张润志, 张广学, 文勇林, 王国平, 1998. 降水和灌溉对麦双尾蚜种群数量的影响. 昆虫学报, 41(4): 382—388.
- 刘爱芝, 李素娟, 李世功, 武予清. 2001. 三种杀虫剂对麦田蚜虫和天敌的影响. 昆虫知识, 38(2): 125—127.
- 刘绍友, 赵清华, 王金花, 1995. 禾谷纵管蚜发育起点温度及有效积温研究. 昆虫知识, 32(3): 139—140.
- 马罡, 马春森, 2007. 三种麦蚜在温度梯度中活动行为的临界高温. 生态学报, 27(6): 2449—2459.
- 马秀玲, 刁瑛元, 吴钟玲, 1996. 农业气象. 北京: 中国农业科技出版社. 69—70.
- Mann JA, Iatchell GM, Dupuch MJ, Harrington R, Clark SJ, McCartney HA, 1995. Movement of apterous *Sitobion avenae* (Homoptera: Aphididae) in response to leaf disturbances caused by wind and rain. *Ann. Appl. Biol.*, 126: 417—427.
- 王冰, 李克斌, 尹姣, 杜桂林, 郭萧, 王玉卿, 曹雅忠, 2009. 风雨对麦长管蚜自然种群发展的干扰作用. 生态学报, 29(8): 4317—4223.
- 杨素钦, 杨逸兰, 1991. 北方冬麦区麦长管蚜远距离迁飞与气流运动的关系初探. 病虫测报, (2): 11—16.
- 张广学, 钟铁森, 1983. 中国经济昆虫志第 25 册(同翅目蚜虫类 一). 北京: 科学出版社. 1—387.
- 张润志, 梁宏斌, 王国平, 1999. 麦双尾蚜发生程度与气象因素的关系. 昆虫学报, 42(Suppl.): 68—71.

大豆蚜危害胁迫对大豆叶片几个重要生理指标的影响*

王兴亚^{1**} 周俐宏² 陈彦¹ 赵彤华¹ 徐蕾¹ 许国庆^{1***}

(1. 辽宁省农业科学院植物保护研究所 沈阳 110161; 2. 辽宁省农业科学院花卉研究所 沈阳 110161)

摘要 大豆蚜 *Aphis glycines* Matsumura 是为害大豆 (*Glycine max*) 的重要害虫, 已给我国大豆生产造成了较为严重的经济损失。本研究通过测定大豆蚜危害胁迫后大豆叶片可溶性蛋白、非可溶性蛋白、可溶性糖含量及 2 种防御性酶——过氧化物酶 (POD)、过氧化氢酶 (CAT) 活性的动态变化, 探讨大豆蚜危害胁迫对大豆叶片几个重要生理指标的影响。研究表明, 受到大豆蚜危害胁迫的大豆叶片与未受为害叶片中所含可溶性蛋白含量存在极显著差异 ($t_{0.01} = 11.814, df = 4, P < 0.01$), 且前者较后者含量明显增高 $1.73 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。与之相比较, 非可溶性蛋白与可溶性糖含量分别在此两处理间无显著差异 ($t_{0.05} = -1.104, df = 4, P > 0.05$; $t_{0.05} = -2.639, df = 4, P > 0.05$)。此外, 受到大豆蚜危害胁迫的大豆叶片较未受为害叶片中所含 POD 活性有所升高, 但在两处理间 POD 活性无显著差异 ($t = -2.639, df = 4, P > 0.05$)。同时, 受到大豆蚜危害的大豆叶片较未受为害的大豆叶片中 CAT 活性增强。本研究有助于揭示大豆蚜对大豆的危害机理, 评价不同大豆品种对大豆蚜虫危害的耐受程度, 也为大豆抗虫品种选育以及大豆蚜的可持续控制提供理论依据。

关键词 大豆蚜, 危害胁迫, 生理指标, 防御性酶

The activity of some physiological indexes of soybean leaves fed by *Aphis glycines*

WANG Xing-Ya^{1**} ZHOU Li-Hong² CHEN Yan¹ ZHAO Tong-Hua¹ XU Lei¹ XU Guo-Qing^{1***}

(1. Institute of Plant Protection, Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang 110161, China;

2. Institute of Flower Research, Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang 110161, China)

Abstract The soybean aphid, *Aphis glycines* Matsumura, is an important agricultural pest in China that causes economically significant damage in some major soybean, *Glycine max* Merr. (L), production areas. In order to determine the effect of *A. glycines* on the physiology of soybean leaves, we investigated changes in some physio-biochemical indices of leaves, such as soluble and insoluble protein content, soluble carbohydrate (SC) content and the activity of two defensive enzymes; peroxide enzyme (POD) and catalase (CAT). The results show that heavy infestations of aphids significantly ($t_{0.01} = 11.814, df = 4, P < 0.01$) increased soluble protein levels in soybean leaves compared to aphid-free leaves. However, there was no significant difference in insoluble protein ($t_{0.05} = -1.104, df = 4, P > 0.05$) or soluble carbohydrate ($t_{0.05} = -2.639, df = 4, P > 0.05$) between aphid infested and aphid-free leaves. In addition, the results also indicate that levels of POD were higher in aphid-infested leaves than in control leaves, however, this difference was not significant ($t_{0.01} = -2.639, df = 4, P > 0.05$). Aphids also caused a marked increase in CAT levels in soybean leaves. These results shed light on the mechanisms by which soybean aphids damage soybeans and also those by which soybeans attempt to protect themselves from aphids. Such information provides a useful basis for selecting insect-resistant soybean cultivars and setting up a theoretical framework for the development of appropriate management strategies.

Key words *Aphis glycines*, herbivore stress, physiological indexes, defensive enzyme

* 资助项目:公益性行业(农业)科研专项(201103022)。

**E-mail: wangxingya2008@yahoo. cn

***通讯作者, E-mail: xgq66@126. com

收稿日期:2011-09-15, 接受日期:2011-10-28

大豆蚜 *Aphis glycines* Matsumura 是为害大豆的重要害虫, 隶属于半翅目 Hemiptera 蚜科 Aphididae 蚜属 *Aphis* Linnaeus (张广学和钟铁森, 1983)。大豆蚜为典型的刺吸式害虫, 常以成、若蚜群集在大豆嫩叶、嫩茎等处为害, 致使叶片变黄、卷曲, 植株生长迟缓、分枝及结荚减少, 导致大豆严重减产。此外, 大豆蚜亦可传播大豆花叶病毒病 (SMV) 等病害 (王素云等, 1996; 王春荣和邓秀成, 2005)。目前, 该种蚜虫广泛分布于我国东北、华北、华南和西南等大豆主产区。在大豆蚜中等发生年份, 常造成大豆减产 20% ~ 30%, 严重年份则减产高达 50% 以上 (王春荣等, 1998; 苗进等, 2005)。例如, 1998 年绥化地区大豆蚜发生面积 20 万 hm^2 , 减产大豆 1.125 亿 kg (于振民, 1999)。2004 年, 大豆蚜在黑龙江省大面积发生, 受害面积达 139.3 万 hm^2 (王春荣等, 2005)。在国外, 近年来大豆蚜为害亦很严重, 自 2000 年大豆蚜入侵到北美以来, 已造成 2 500 万 hm^2 北美大豆主产区受害 (Ragsdale *et al.*, 2004)。

一般情况下, 植物在受到生物逆境胁迫 (如病害、虫害) 时, 常会引起植物体内与植物抗逆性相关的生理生化变化, 有关植物受病害侵染后生理生化的变化及其与植物抗病性的关系已有一些报道 (Stafford, 1974; 郭海军等, 1995; Wojtaszek, 1997; 苗则彦等, 2003)。在植物受虫害危害胁迫后寄主植物生理生化变化的研究则不多, 且主要集中于植物次生代谢与抗虫性的研究 (钦俊德, 1995; 张瑛和严福顺, 1998; 李润植等, 1998; 黄瑞冬等, 1998)。特别是刺吸式口器昆虫危害胁迫后对寄主植物体内重要生理指标影响的研究甚少 (王海波和周纪纶, 1988; 王海波等, 1994; 李玉泉等, 2001; 张丽等, 2005)。近年来, 关于蚜虫取食对植物防御酶活力的影响已成为当前研究热点。寄主受到害虫危害后, 植物体内活性氧代谢系统的平衡受到影响, 体内膜脂过氧化和膜脂脱脂作用被启动, 从而破坏膜结构。活性氧清除酶系, 如过氧化物酶 (POD)、过氧化氢酶 (CAT) 等都在植物的抗虫防御过程中起重要的保护作用 (张金锋和薛庆中, 2004; Liu *et al.*, 2005)。迄今为止, 关于大豆蚜危害胁迫后所引起大豆植株的生理生化的变化尚无具体研究。

因此, 本试验对大豆蚜危害胁迫后大豆叶片中可溶性蛋白、非可溶性蛋白、可溶性糖含量以及

2 种防御性酶——POD 和 CAT 活性的动态变化进行研究, 以此探讨大豆蚜危害胁迫对大豆叶片几个重要生理指标的影响, 进而为大豆抗虫育种以及大豆蚜的综合治理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源与作物品种 (系)

试验供试虫源采自辽宁省鞍山市岫岩满族自治县大豆田自然发生的大豆蚜, 带回辽宁省农业科学院 (沈阳) 的日光温室内进行饲养, 温度 (20 ± 1) $^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 75% RH, 光照 L:D = 14:10, 其后代供实验使用。供试大豆品种为“辽豆 15”。

1.2 研究方法

采用花盆 (直径 30 cm) 盆栽“辽豆 15”, 每盆 3 株大豆植株, 共计 30 株。当大豆生长到 V3 期时, 选取其中 5 盆 (15 株) 接大豆蚜, 每株成功接上 5 头大豆蚜成蚜, 另外 5 盆 (15 株) 不接虫作为对照。当大豆植株生长到 V5 期时, 分别剪取受到大豆蚜严重为害的大豆植株上部嫩叶 (蚜量 ≥ 300 头/株), 每次取叶片 3 片, 小心除去蚜虫, 用 70% 酒精消毒, 清水洗净并擦干, 与对照叶片分别进行生理指标测定。

1.3 生理指标测定方法

1.3.1 可溶性蛋白含量测定 参照罗光华等 (1989), 采用考马斯亮蓝 G-250 染色法 (coomassie brilliant blue G-250) 进行测定, 略作改进。称取 0.5 g 处理叶片 (受到大豆蚜危害胁迫的大豆叶片和未受为害的大豆叶片), 研磨成匀浆, 转入 10 mL 离心管, 4°C 条件下 10 000 r/min 离心 20 min, 所得上清液即为可溶性蛋白。吸取提取液 0.1 mL, 加入 5 mL 考马斯亮蓝 G-250 和 0.9 mL 蒸馏水, 充分混合, 放置 2 min 后于 595 nm 下比色, 记录光密度 $\text{OD}_{595\text{nm}}$, 并通过标准曲线查得样品中蛋白质含量。以蒸馏水做空白对照, 每个处理 3 次重复。

1.3.2 非可溶性蛋白含量测定 参照罗光华等 (1989), 采用考马斯亮蓝法进行测定, 略作改进。称取 0.5 g 处理叶片, 研磨成匀浆, 转入 10 mL 离心管。 4°C 下 10 000 r/min 离心 20 min, 倾去上清液。沉淀中加 3 mL 1 mol/L NaOH 溶液, 90°C 水浴保温 20 min。 4°C 条件下 4 000 r/min 离心 10 min, 所得上清液即为非可溶性蛋白。测定方法同 1.3.1。

1.3.3 可溶性糖含量测定 参照余叔文和汤章

城(1998),采用蒽酮比色法进行测定,略作改进。称取 0.5 g 处理叶片,加入少量石英砂及 80% 乙醇进行研磨,将匀浆转入 10 mL 离心管中,4 000 r/min 离心 3 min,共 3 次,每次离心后将上清液倾入 100 mL 容量瓶,定容待测。取 0.5 mL 提取液,加入 5 mL 蒽酮试剂和 0.5 mL 蒸馏水,充分混合,在沸水中煮沸 10 min,取出冷却。在 620 nm 下比色,测得各管的光密度值。在标准曲线上查得相应糖的含量。以蒸馏水做空白对照,每个处理 3 次重复。

1.3.4 过氧化物酶(POD)活性测定 参照李合生等(2000),采用愈创木酚法进行测定,略作改进。称取 0.5 g 处理叶片,加预冷的 0.1 mol/L 的 Tris-HCl 缓冲液(pH8.5),研磨成匀浆。将匀浆全部转入 10 mL 离心管中,4℃条件下 4 000 r/min 离心 15 min,上清液即为酶粗提液。取 1 mL 酶液,加 3 mL 反应混合液,立即在 470 nm 波长下比色,测定反应 5 min 吸光值的变化。以不加酶液而加相同体积的反应混合液为空白对照,每个处理 3 次重复。

1.3.5 过氧化氢酶(CAT)活性测定 参照陈利峰等(1997),采用紫外吸收法进行测定,略作改进。称取大豆叶片 0.5 g,加预冷的磷酸缓冲液(pH7.8),研磨成匀浆。将匀浆全部转入 50 mL

容量瓶中,用缓冲液冲洗研钵数次,定容到刻度,将容量瓶置于 5℃下静置 10 min。取上清液在 4℃下 4 000 r/min 离心 15 min,上清液即为酶粗提液,置于 5℃下备用。取酶液 0.2 mL,加 pH7.8 磷酸缓冲液 1.5 mL 和蒸馏水 1 mL。25℃预热后,加入 0.3 mL 0.1 mol/L H_2O_2 ,立即计时,240 nm 下测定吸光度,每隔 1 min 读数 1 次,共测 4 min。空白对照将酶液煮死,每个处理 3 次重复。

1.4 数据统计分析

采用 Microsoft Excel 2003 软件进行数据整理并绘图。采用 SPSS11.0 统计软件进行统计分析,差异显著性用两独立样本 *t* 检验法(Independent-Samples *t*-test)。

2 结果与分析

2.1 大豆蚜危害胁迫对大豆叶片中可溶性蛋白和非可溶性蛋白含量的影响

受到大豆蚜危害的大豆叶片较未受为害叶片中所含可溶性蛋白含量明显增高了 $1.73 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,且两者间存在极显著差异($t_{0.01} = 11.814, df = 4, P < 0.01$);与之相比较,非可溶性蛋白在此两处理间无显著差异($t_{0.05} = -1.104, df = 4, P = 0.332 > 0.05$)(图 1)。

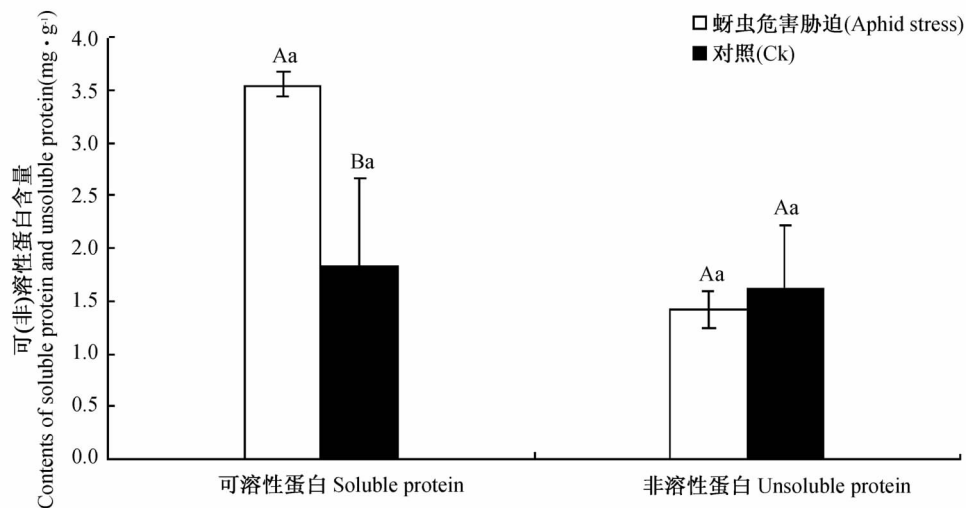


图 1 大豆蚜危害胁迫对大豆叶片可溶性蛋白与非可溶性蛋白含量的影响

Fig. 1 Effects of soybean aphids on the contents of soluble protein and insoluble protein in soybean leaves

柱形图上不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),不同大写字母表示差异极显著($P < 0.01$),下图同。

It indicates significant difference at 0.05 and 0.01 level followed by different lowercase or uppercase letters in the column figure, respectively. The same below.

2.2 大豆蚜危害胁迫对大豆叶片中可溶性糖含量的影响

受到大豆蚜危害胁迫的大豆叶片与未受为害叶片中所含可溶性糖含量分别为 1.61 和 1.07 mg·g⁻¹,前者含量高于后者,但此两处理间可溶性糖含量无显著差异($t = -2.639, df = 4, P > 0.05$)(图 2 上)。

2.3 大豆蚜危害胁迫对大豆叶片中过氧化物酶(POD)活性的影响

受到大豆蚜危害胁迫的大豆叶片与未受为害

的大豆叶片 POD 活性见图 2。结果表明,蚜虫危害胁迫后大豆叶片的 POD 活性为 0.29 U·min⁻¹·g⁻¹,与之相比较,对照处理中的 POD 活性为 0.10 U·min⁻¹·g⁻¹,说明受到大豆蚜危害胁迫的大豆叶片较对照的大豆叶片 POD 活性有所升高。另外,对两处理 POD 活性进行两独立样本 t 检验,发现受到大豆蚜危害的大豆叶片与未受为害的大豆叶片 POD 活性两者间无显著差异($t = -2.639, df = 4, P > 0.05$)(图 2 下)。

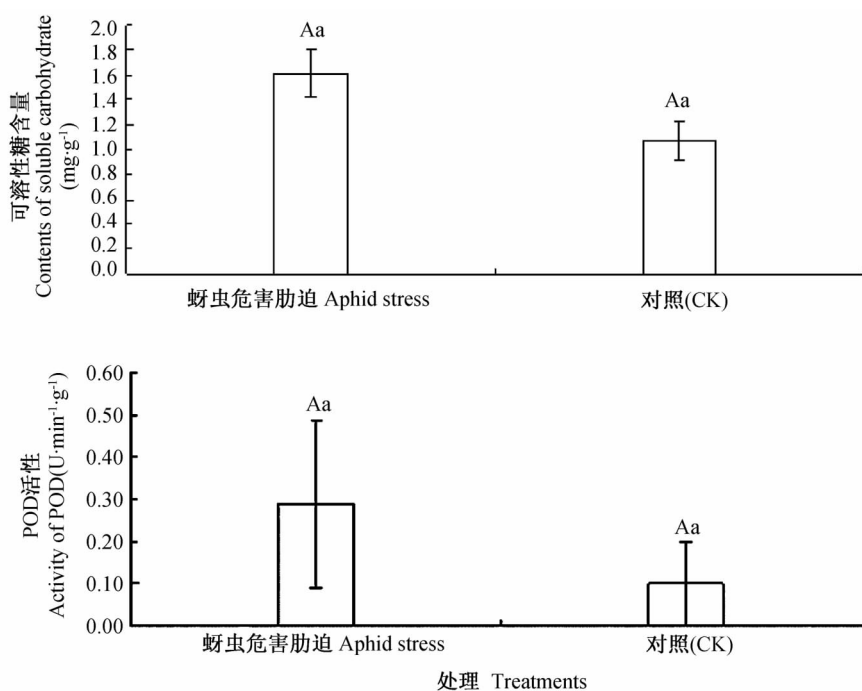


图 2 大豆蚜危害胁迫对大豆叶片可溶性糖含量(上图)及过氧化物酶(POD)活性的影响(下图)

Fig. 2 Effects of soybean aphids on the contents of soluble carbohydrate (above) and the activity of POD (below) in soybean leaves

2.4 大豆蚜危害胁迫对大豆叶片中过氧化氢酶(CAT)活性的影响

受到大豆蚜危害的大豆叶片与未受为害的大豆叶片 CAT 活性见图 3。结果表明,随着实验时间的延长,在两处理中,大豆叶片中 CAT 活性不断降低。例如,蚜虫危害胁迫后大豆叶片 CAT 活性由第 1 min 测得的 5 085.92 U·g⁻¹·min⁻¹下降到 1 354.06 U·g⁻¹·min⁻¹,同样,在对照处理中, CAT 活性由第 1 min 测得的 4 782.40 U·g⁻¹·min⁻¹下降到 1 257.59 U·g⁻¹·min⁻¹。但是,总

体上,受到大豆蚜危害的大豆叶片较未受为害的大豆叶片 CAT 活性强。在不同的反应时间内,受到大豆蚜危害的大豆叶片与未受为害的大豆叶片的 CAT 活性无显著差异($t = 0.437, df = 4, P > 0.05$; $t = 0.485, df = 4, P > 0.05$; $t = 0.515, df = 4, P > 0.05$; $t = 0.543, df = 4, P > 0.05$)。

3 讨论

植物体内的可溶性蛋白质大多是参与各种代谢的酶类,测其含量是了解植物体总代谢的一个

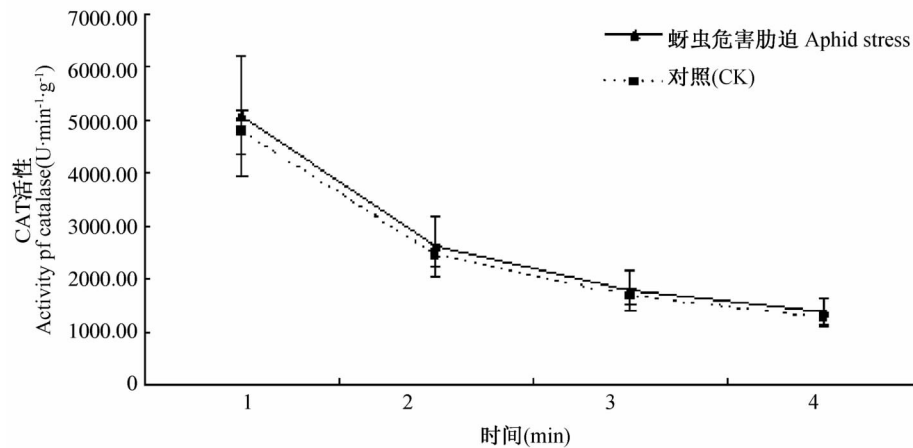


图3 大豆蚜危害对大豆叶片过氧化氢酶(CAT)活性的影响

Fig. 3 Effects of soybean aphids on activities of CAT in soybean leaves

重要指标,也是研究酶活性的一个重要项目。通常,昆虫通过刺吸危害而获得蛋白质等营养物质,故通常受害叶片中蛋白质含量降低。本研究发现,受到大豆蚜危害胁迫的大豆叶片与未受为害叶片中所含可溶性蛋白含量存在极显著差异,且前者较后者含量明显增高了 1.73 mg/g。作者认为,可能与大豆蚜刺吸分泌的唾液影响了植物叶片蛋白质的合成和分解有关,另外,也可能是大豆蚜的刺吸行为使受害叶片与非受害叶片之间的“源库关系”发生了调整 (Rechman and Smith, 1991),这说明植物对大豆蚜刺吸作出了生理应激反应。而这种生理应激反应究竟是大豆蚜造成的伤害反应,还是植物对大豆蚜刺吸产生的生理补偿反应,还有待于进一步研究。另外,在本研究发现蚜虫危害大豆叶片与对照大豆叶片的非可溶性蛋白含量无显著差异,说明蚜虫危害并未对大豆叶绿体、线粒体的构造蛋白及核蛋白、细胞壁蛋白等蛋白构成影响。

可溶性糖是植物在逆境条件下积累最多的渗透调节物质。通常,在逆境条件下,植物体内会积累一定的可溶性糖来对抗逆境。但是,本研究发现,蚜虫危害大豆叶片与对照大豆叶片的可溶性糖含量无显著差异,这可能是由于蚜虫侵害大豆叶片取食糖份,使植物增加的可溶性糖量与蚜虫取食量达到了平衡,这有待于进一步深入研究。

在逆境条件下,植物体同时存在膜保护系统,能够清除体内多余的自由基,这一保护酶系统实际上是一个抗氧化系统,它由许多酶和还原型物

质组成。其中,超氧化物歧化酶(SOD)、CAT 和 POD 则是主要的抗氧化酶 (Singh *et al.*, 1972; Bruce and West, 1989; 张美云等, 2001; 王瑞云等, 2001)。POD 是生物体内一类重要的含血红素的活性较高的抗氧化酶,广泛存在于植物体中,能够反映植物生长发育的特性、体内代谢状况以及对外界环境的适应性。POD 常利用 H_2O_2 来催化对植物自身有毒害的过氧化物(POD 底物)的氧化和分解,以维持自身的正常代谢,从而诱导了 POD 活性的增强。CAT 则是植物体所有组织普遍存在的一种抗氧化酶,是生物氧化过程中一系列抗氧化酶的终端,能够有效清除植物体内多余的 H_2O_2 ,保护膜结构。本研究结果表明,受到大豆蚜危害的大豆叶片较未受为害的大豆叶片中的大豆叶片 POD 和 CAT 活性升高,与通常植物受害虫危害胁迫后 POD 和 CAT 活性上升实验结果一致 (兰金娜和刘长仲, 2007; 黄伟等, 2007; 程璐等, 2009)。这可能是由于植物体内对逆境的一种代谢性调节作用,是大豆植物对大豆蚜危害胁迫做出的响应。

本研究初步探讨了大豆蚜危害胁迫后大豆叶片几个重要生理指标的影响,特别对防御性酶 POD 和 CAT 的活性变化作了初步探讨,这为将来深入研究大豆蚜危害的分子机理提供了理论基础。但是,在大豆蚜危害期间,防御性酶系的活性是一个动态变化的过程,因此,需要深入研究不同虫口密度在不同时间防御性酶活性的动态变化,这有助于深入理解植物应激防御的整体性和系统性。另外,大豆蚜刺吸是如何影响植物活性氧代

谢以及活性氧代谢与植物抗虫性的相互关系还需深入研究。

参考文献 (References)

- Bruce RJ, West CA, 1989. Elicitation of lignin biosynthesis and isoperoxidase activity by pectic fragments in suspension cultures castor bean. *Plant Physiol.*, 91(3):889—897.
- 陈利峰, 宋玉立, 徐雍皋, 聂理, 徐朗莱, 1997. 抗感赤霉病小麦品种 SOD 和 CAT 的活性比较. *植物病理学报*, 27(3):209—213.
- 程璐, 贺春贵, 胡桂馨, 王森山, 朱亚灵, 2009. 苜蓿斑蚜为害对 5 种苜蓿品种 (系) PAL、POD、PPO 酶活性的影响. *植物保护*, 35(6):87—90.
- 郭海军, 董志强, 林永增, 李振山, 李俊兰, 黄国存, 崔四平, 潘学标, 1995. 黄萎病对棉花叶片 SOD、POD 酶活性和光合特性的影响. *中国农业科学*, 28(6):40—46.
- 黄瑞冬, 马鸿图, 吴琼, 王春慧, 关欣, 贾永旭, 1998. 高粱抗蚜虫性状与次生代谢物关系的研究. *沈阳农业大学学报*, 29(4):287—290.
- 黄伟, 贾志宽, 韩清芳, 2007. 蚜虫 (*Aphis medicaginis* Koch) 危害胁迫对不同苜蓿品种体内丙二醛含量及防御性酶活性的影响. *生态学报*, 27(6):2177—2183.
- 兰金娜, 刘长仲, 2007. 苜蓿斑蚜刺吸胁迫对苜蓿幼苗的生理影响. *植物保护*, 33(7):74—77.
- 李合生, 2000. *植物生理生化实验原理与技术*. 北京: 中国科学技术出版社. 165—167.
- 李润植, 毛雪, 李彩霞, 高丽峰, 1998. 棉花诱导抗蚜性与次生代谢相关酶活性的关系. *山西农业大学学报*, 18(2):165—168.
- 李玉泉, 宋占午, 王莱, 金祖荫, 袁惠君, 2001. 叶螨危害对豇豆叶片超氧化物歧化酶及过氧化氢酶活性的影响. *西北师范大学学报 (自然科学版)*, 37(3):62—65.
- Liu YQ, Qiang L, Sun LH, Wang CM, Zhai HQ, Wan JM, 2005. Changes in some defensive enzyme activity induced by the piercing-sucking of brown planthopper in rice. *J. Plant Physiol. Mol. Biol.*, 31(6):643—650.
- 罗光华, 王爱国, 邵从本, 1989. 高浓度氧对水稻幼苗的伤害与活性氧的防御酶. *中国科学院华南植物研究所集刊, 第四集*. 北京: 科学出版社. 169—176.
- 苗进, 吴孔明, 李国勋. 2005. 大豆蚜的研究进展. *大豆科学*, 24(2):135—138.
- 苗则彦, 赵奎华, 刘长远, 梁春浩, 林凤, 2003. 葡萄抗感白腐病品种 PAL 酶、PPO 酶和 SOD 酶活性比较. *沈阳农业大学学报*, 34(3):177—180.
- 钦俊德, 1995. 昆虫与植物关系的研究进展和前景. *动物学报*, 41(1):122—19.
- Ragsdale DW, Voegtlin DJ, O'Neil RJ, 2004. Soybean aphid biology in North America. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 97(2):204—208.
- Rechman OJ, Smith SC, 1991. Responses to simulated leaf and root herbivory by a biennial *Tragopogon dubius*. *Ecology*, 72:116—124.
- Singh TN, Aspinall D, Paleg LG, 1972. Proline accumulation and varietal adaptability to drought in barley: A potential metabolic measure of drought resistance. *Nat. New Biol.*, 236(67):188—190.
- Stafford HA, 1974. In *Recent Advance in Phytochemistry*. New York: Academic Press. 1—55.
- 王春荣, 陈继光, 郭玉人, 宫香余, 徐兆飞, 林超, 1998. 黑龙江省大豆蚜虫发生规律与防治方法. *大豆通报*, (6):15.
- 王春荣, 邓秀成, 2005. 2004 年黑龙江省大豆蚜虫暴发因素分析. *大豆通报*, (3):19—20.
- 王春荣, 邓秀成, 殷立娟, 宋玉华, 张冬英, 沈海波, 2005. 2004 年黑龙江省大豆蚜虫暴发因素分析. *大豆通报*, (3):19—20.
- 王海波, 陶芸, 金沙, 1994. 蚕豆叶片几丁质酶活性的蚜虫诱导植物生理应激反应的趋同性. *应用生态学报*, 5(1):68—71.
- 王海波, 周纪纶, 1988. 蚕豆对蚕豆蚜刺吸胁迫的生理防御策略. *生态学报*, 8(3):195—200.
- 王瑞云, 王玉国, 杨晓霞, 2001. 大豆抗旱的生理生态基础. *山西农业大学学报*, 21(3):305—307.
- 王素云, 暴祥致, 孙雅杰, 陈瑞鹿, 翟保平, 1996. 大豆蚜虫对大豆生长和产量影响的试验. *大豆科学*, 15(3):245—247.
- Wojtaszek P, 1997. Oxidative burst: an early plant response to pathogen infection. *Biochem. J.*, 322(3):681—692.
- 于振民, 1999. 1998 年绥化地区大豆蚜大发生原因分析及防治对策. *植保技术与推广*, 19(6):17.
- 余叔文, 汤章城, 1998. *植物生理与分子生物学*, 第二版. 北京: 科学出版社. 381.
- 张广学, 钟铁森, 1983. *中国经济昆虫志*, 第 25 册, 同翅目: 蚜虫类 (一). 北京: 科学出版社. 214—216.
- 张金锋, 薛庆中, 2004. 稻飞虱为害胁迫对水稻植株内主要保护酶活性的影响. *中国农业科学*, 37(10):1487—1491.
- 张丽, 常金华, 罗耀武, 2005. 不同高粱基因型感蚜虫前后 POD、PPO、PAL 酶活性变化分析. *农业生物技术科学*, 21(7):40—42.
- 张美云, 钱吉, 郑师章, 2001. 渗透胁迫下野生大豆游离脯氨酸和可溶性糖的变化. *复旦学报*, 40(5):558—561.
- 张瑛, 严福顺, 1998. 虫害诱导的植物挥发性次生物质及其在植物防御中的作用. *昆虫学报*, 41(2):204—214.

四种类型杀虫剂对麦长管蚜的温度效应 及其与主要解毒酶的关系*

马云华^{1,2} 高占林² 李耀发² 党志红² 潘文亮^{2**}

(1. 河北农业大学 保定 071000; 2. 河北省农林科学院植物保护研究所
河北省农业有害生物综合防治工程技术研究中心 保定 071000)

摘要 为了明确杀虫剂毒力受温度的影响及其程度,本文测定了4大类8种药剂在10~25℃下对麦长管蚜的毒力;并测定了麦长管蚜 *Sitobion avenae* (Fabricius)在不同温度下2个解毒酶和1个靶标酶的活性差异。结果表明,高效氯氰菊酯对麦长管蚜表现不规则负温度系数,啉虫脒表现不规则正温度系数,高效氟氯氰菊酯对麦长管蚜的毒力不受温度影响,其他药剂(辛硫磷、毒死蜱、灭多威、丁硫克百威、吡虫啉)均表现为明显的正温度系数效应,以有机磷类杀虫剂表现最为明显,毒死蜱温度系数高达57.70。酶活性实验表明:麦长管蚜在高温下GST活性增强,羧酸酯酶和乙酰胆碱酯酶活性降低。它们的变化规律表明:GST活性与负温度系数密切相关,正温度系数与羧酸酯酶活性和靶标酶乙酰胆碱酯酶活性有关。

关键词 麦长管蚜, 温度系数, 解毒酶, 靶标酶

Effect of temperature on the toxicity of several insecticides to the English grain aphid, *Sitobion avenae*

MA Yun-Hua^{1,2} GAO Zhan-Lin² LI Yao-Fa² DANG Zhi-Hong² PAN Wen-Liang^{2**}

(1. College of Plant Protection, Hebei Agricultural University, Baoding 071000, China;
2. Institute of Plant Protection, Hebei Academy of Agriculture and Sciences, IPM Centre of
Hebei Province, Baoding 07100, China)

Abstract The toxicity of eight conventional insecticides to *Sitobion avenae* (Fabricius) was measured at 10, 15, 20 and 25℃ respectively and the activity of three detoxifying enzymes and one target enzyme examined. The results show that β -cypermethrin is a negative temperature coefficient insecticide whereas acetamiprid is a positive temperature coefficient insecticide, however, the effect of temperature on the toxicity of these insecticides was irregular. The toxicity of λ -cyhalothrin was not significantly influenced by temperature and all other insecticides were positive temperature coefficient insecticides. High temperatures increase GST activity in *S. avenae* which enhances carboxylesterase and acetylcholinesterase lessene. The results show that the activity of GST is closely related to negative temperature insecticides, whereas the effectiveness of positive temperature insecticides is strongly linked to carboxylesterase and acetylcholinesterase activity.

Key words *Sitobion avenae*, temperature coefficient, detoxifying enzymes, target enzyme

影响农药药效的因素很多,除农药本身的性质和生物因素之外,非生物因素在化学防治中起着非常重要的作用,包括温度、湿度、PH、光照等,其中温度是重要的因子之一。温度对化学杀虫剂活性的影响是较复杂的,它影响昆虫的活动和新

陈代谢(Horn, 1998),农药的物理化学性质如稳定性、挥发、沉降和降解等(Johnson, 1990)。由于温度而造成不同种类的杀虫剂毒力变化复杂。温度系数经常被用来表示温度与杀虫剂毒力的关系(Gordon, 2005)。温度系数即某种农药在不同温

* 资助项目:公益性行业(农业)科研专项(201103022)。

**通讯作者, E-mail: pwenliang@163.com

收稿日期:2011-09-15,接受日期:2011-10-25