

两种防治大豆高隆象药剂防效及其对大豆的氧化胁迫效应

尚 静,肖任果,汤忠琴,常小丽,杨文钰

(四川农业大学 农学院/带状复合种植工程技术研究中心/四川省作物重大病害重点实验室,四川 成都 611130)

**摘 要:**在复合种植模式下大豆高隆象的发生率远高于其它害虫,成为造成大豆产量损失的重要因素。本研究用防治大豆高隆象的两种药剂处理大豆,检测大豆氧化胁迫损伤,并调查了间作和净作模式下的虫害发生率和药剂防效。结果表明:药剂处理组中,大豆的生长发育受阻,活性氧(ROS)累积量上升,膜脂通透性增加,抗氧化酶活力增强;药剂处理对大豆叶片均造成了氧化胁迫损伤。喷施三唑磷氧化胁迫损伤效应显著低于喷施氯虫苯甲酰胺和复配;间作模式下大豆高隆象的发生率远低于净作,两种模式下,三唑磷对大豆高隆象的防效均比氯虫苯甲酰胺以及两种药剂复配的效果更好。优选三唑磷作为大豆高隆象成虫的防治药剂。

**关键词:**高隆象;三唑磷;氯虫苯甲酰胺;氧化胁迫损伤;相对防效

**中图分类号:**S565.1      **文献标识码:**A      **DOI:**10.11861/j.issn.1000-9841.2017.05.0768

The Control of Two Kinds of Insecticides on to *Erganiadoriae yunnannus* and Their Oxidative Stress on Soybean

SHANG Jing, XIAO Ren-guo, TANG Zhong-qin, CHANG Xiao-li, YANG Wen-yu

(College of Agronomy, Sichuan Agricultural University/Sichuan Engineering Research Center for Crop Strip Intercropping System/Sichuan Key Laboratory for Major Crop Diseases, Chengdu 611130, China)

**Abstract:** In intercropping, incidence of *Ergania doriae yunnanus* is much higher than other pests which become an important factor resulted in the loss of soybean. Two kinds of insecticides on the control of *Ergania doriae yunnanus* were used in present study. The oxidative stress damage on soybean was detected and the incidence of pests and control effect were investigated in the monocropping and intercropping. The results showed that the growth and development of soybean treated by insecticide was inhibited. The accumulation of reactive oxygen species (ROS) and permeability of plasmalemma were increased. Antioxidant enzyme activity was enhanced. Oxidative stress of soybean leaves was caused by chemical treatment. Oxidative stress damage effect was significantly lower by spraying triazophos than spraying chlorantraniliprole and co-spraying. The incidence of *Ergania doriae yunnanus* was far lower in intercropping than monocropping. In the two types of cropping patterns, spraying triazophos was more effective than spraying chlorantraniliprole and co-spraying on the control of *Ergania doriae yunnanus*. Triazophos was priority selected as a pesticide on the control of *Ergania doriae yunnanus*.

**Keywords:** *Ergania doriae yunnanus*; Triazophos; Chlorantraniliprole; Oxidative stress; Relative control effect

大豆高隆象属鞘翅目象甲科害虫,成虫蛀食大豆茎秆和豆荚为主,幼荚被蛀不结实,形成瘪粒,失去经济价值<sup>[1]</sup>。该虫的成虫利用其坚细的口器吸食大豆组织,尤其是幼嫩器官生长点、花器和幼荚,造成不正常结实率高达41.7%,而幼虫直接取食大豆豆粒,虫食率高达96.08%<sup>[2]</sup>。随着种植结构的调整,玉米-大豆复合种植技术不断推广<sup>[3]</sup>。调查发现复合种植模式下大豆高隆象发生率远高于其它害虫。该虫逐渐成为危害大豆高产的主要因素<sup>[1]</sup>。目前针对高隆象的防治方法主要有:人工捕捉、农业防治、深耕杀虫、远距离大区轮作、化学防治等<sup>[4]</sup>。其中化学防治速度快、成本低、效果明显、操作简单<sup>[5]</sup>。三唑磷和氯虫苯甲酰胺是当前生产上普遍应用的安全性药剂,三唑磷主要用于防治鳞

翅目害虫、害螨、蝇类幼虫及地下害虫,以水乳剂和乳油的形式出现,易与其它药剂复配使用<sup>[6-7]</sup>。研究表明苏云杆菌和三唑磷复配药剂防治水稻二化螟虫,防效高达99.1%<sup>[8]</sup>。氯虫苯甲酰胺杀虫谱广,杀虫活性高,极低的用量即可达到很好的防效<sup>[9]</sup>。两种药剂单次施用并不会造成严重药害,但在实际使用中由于需要大量重复性施药,往往对一些作物造成药害,而药害的成因之一是药剂对植物产生了氧化胁迫损伤效应。本研究以这两种药剂及复配为研究对象,以形态学参数,氧化胁迫损伤等指标,检测大豆对两种药剂及复配处理的耐受程度,并比较了间作和净作两种模式下,不同处理对于大豆高隆象的防治效果及对大豆成株的影响,旨在权衡两种药剂及复配对大豆植株的氧化胁迫损

收稿日期:2017-06-20  
基金项目:国家重点研发计划(SQ2017YFNC050029);四川省科技厅科技支撑项目(2015NZ0040);四川省教育厅科学技术一般项目(035Z1038)。  
第一作者简介:尚静(1983-),女,博士,副教授,主要从事植物保护研究。E-mail: shangjing\_edu@163.com。  
通讯作者:杨文钰(1958-),男,教授,博导,主要从事作物生理生态与栽培研究。E-mail: mssiyangwy@sicau.edu.cn。

伤,综合其在大豆净作和间作田中的防治效果,筛选对大豆高隆象防效最好、对大豆植株的氧化胁迫损伤最小的优选药剂,为大豆高隆象的化学防治提供更加精准的指导<sup>[10]</sup>。

1 材料与方法

1.1 试验设计

大豆材料(南豆 12) 由四川省作物带状复合种植工程技术研究中心提供。将若干事先冷处理消毒的饱满的大豆种子均匀种在准备好的盆栽盆里,每盆 3~4 粒,放在 25℃ 的恒温培养箱中培养,定期浇水。试验共设 4 个处理:清水对照(A);氯虫苯甲酰胺(20% 氯虫苯甲酰胺悬浮剂,美国杜邦公司) 225 mL·hm<sup>-2</sup> (B);三唑磷(20% 三唑磷乳油,浙江新农化工公司) 1 799 mL·hm<sup>-2</sup> (C);三唑磷和氯虫苯甲酰胺按照 8:1 复配 2 024 mL·hm<sup>-2</sup> (D)。

室内实验选用 50 mL 容量瓶,分别标号 A、B、C、D。A 瓶中加入 50 mL 蒸馏水作为空白对照;B 瓶和 C 瓶分别加入 16 μL 20% 氯虫苯甲酰胺悬浮和 133 μL 20% 三唑磷乳油;D 瓶加入 8:1 复配溶液 149 μL,各容量瓶用蒸馏水分别定容至 50 mL,最后将药剂加入喷壶内。待大豆展开 2~3 片复叶时即对叶面分别进行喷洒,并做好标记,与每个处理相对应,待喷施后 3 d 进行指标测定。

大田药剂试验于 2016 年 8 月 15 日(大豆处于盛花期),在四川省仁寿县珠嘉乡的四川现代粮食生产示范基地,选取长势基本一致的大豆田进行大田试验,净作和玉米-大豆间作田各一块,净作与间作种植密度和施肥水平一致,其它按照大田常规管理进行。每块豆田设置 A、B、C、D 4 种处理,随机排列,3 次重复。药液按每公顷用药量兑水配制,每个处理根据面积称取对应药液,用卫士 WS-16 型喷雾器喷雾施药。在喷药之前进行大豆高隆象成虫的虫情调查。喷施后 3 d 调查药剂对大豆的安全性,分别统计各处理组成虫和幼虫的防治效果,记录统计数据,进行计算<sup>[11]</sup>。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 形态学指标 分别取药剂处理 3 d 后的大豆植株,用清水洗干净后,用吸水纸吸去水分,分别测株高、主根长、叶面积、鲜重,并记录。

1.2.2 活性氧染色 活性氧和超氧离子由 3,3-二氨基联苯胺(3,3-diaminobenzidine, DAB)和硝基四氮唑蓝(nitroblue tetrazolium, NBT)检测,根据 Shang 等<sup>[12]</sup>的方法测定。

1.2.3 膜脂过氧化指标 过氧化氢含量的测定参照 Shang 等<sup>[12]</sup>的方法。膜脂含量由测定叶片组织

的丙二醛(thiobarbituric acid-reactive substances, TBARS)含量来估计,测定方法参照 Shang 等<sup>[12]</sup>的方法。电渗透率的测定参照 Shang 等<sup>[12]</sup>的方法。

1.2.4 抗氧化酶活力 试剂配置:pH7.8 磷酸缓冲液(PBS)的配制:贮备液 A(0.2 mol·L<sup>-1</sup> Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>·12H<sub>2</sub>O),称取 71.64 g Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>·12H<sub>2</sub>O,用蒸馏水定容至 1 000 mL。贮备液 B(0.2 mol·L<sup>-1</sup> NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O),称取 31.21 g NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O,用蒸馏水定容至 1 000 mL。0.05 mol·L<sup>-1</sup> PBS 缓冲液(pH7.8),228.75 mL 贮备液 A;21.25 mL 贮备液 B。混合 A、B 液,摇匀,用蒸馏水定容至 1 000 mL,装入试剂瓶,置于 4℃ 冰箱备用<sup>[12]</sup>。

粗酶液的提取:取 1.0 g 叶片,加入 5 mL 预冷的 0.05 mol·L<sup>-1</sup> PBS(pH 7.8),加少许液氮,冰浴中用研钵进行研磨至匀浆,将研磨后的样品装入离心管中,4℃ 下用超速冷冻离心机 1 000 r·min<sup>-1</sup> 离心 20 min,取上清液为粗酶液,于 4℃ 冰箱中贮存备用<sup>[12]</sup>。

超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)和过氧化氢酶(catalase, CAT)的活性检测参照 Shi 等<sup>[13]</sup>的方法。过氧化物酶(oxidase, POD)的活性检测参照 van Rossum 等<sup>[14]</sup>的方法。酶活计算公式如下:

$$\text{酶活力}/(\text{U}\cdot\text{g}^{-1}) = \frac{E_{240} \times \text{样品总体积}}{0.0436} \times \frac{\text{样品稀释倍数}}{\text{样品所测体积} \times \text{样品重量}}$$

式中:E<sub>240</sub>为 240 nm 处每分钟内光密度的降低值(平均值),U 表示一个酶活单位,每分钟吸光光度值变化 0.043 6 定义为一个活力单位。

1.3 大田中的药剂防效及药害调查

调查方法:①施药后第 3 天,每个区域采用 5 点取样,每点 20 株,共 1 000 株,观察并统计有无枯萎株、畸形叶片、药害斑叶片以及落花、落荚数,由此判断所用药剂对大豆安全性的影响;②待施药后第 3 天,统计调查区域内每 20 株大豆上的成虫死亡情况,取平均值,先统计落在地下的大豆高隆象死成虫数量,然后震植株,活虫落地并计算死亡率和相对防效。计算公式如下:

$$\begin{aligned} \text{死亡率}/\% &= \text{死亡虫口数}/\text{调查虫口总数} \times 100; \\ \text{相对防效}/\% &= (\text{处理死亡率} - \text{对照死亡率})/ \\ & (100 - \text{对照死亡率}) \times 100 \end{aligned}$$

2 结果与分析

2.1 药剂处理对大豆形态学指标及生物量的影响 根据形态学参数测量结果,株高:空白>三唑

磷>氯虫苯甲酰胺>复配;主根长:空白>三唑磷>氯虫苯甲酰胺>复配;叶面积:空白>三唑磷>氯虫苯甲酰胺>复配;鲜重:空白>三唑磷>氯虫

苯甲酰胺>复配(图1)。各种药剂处理对大豆生长发育都有一定的影响,但差异不显著,也未造成落叶、叶片变黄,萎蔫等状态。

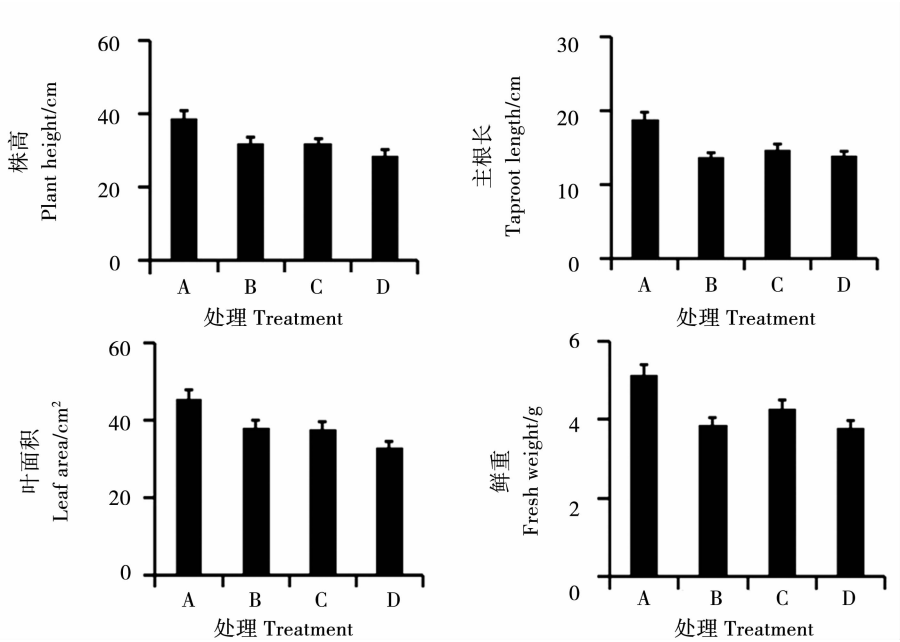


图1 形态学参数及生物量检测

Fig. 1 Detection of morphology parameters and biomass

2.2 药剂处理对大豆叶片造成的氧化胁迫损伤效应检测

DAB 和 NBT 染色表示过氧化氢和超氧离子的累积,由图 2 可知,各处理的表现为空白<三唑磷<氯虫苯甲酰胺<复配。由图 3 可知,丙二醛含量和过氧化氢含量表现为:空白<三唑磷<氯虫苯甲酰胺<复配。复配药剂处理更大程度地激活抗氧化

酶活力值,氯虫苯甲酰胺次之,三唑磷影响最小。膜脂过氧化指标和抗氧化酶活力值在 4 种处理中的变化趋势基本一致,药剂处理均引起了大豆抗氧化酶活性的增加,说明药剂对大豆叶片细胞膜产生了一定程度的氧化胁迫损伤,三唑磷对大豆叶片的氧化胁迫损伤程度最低。

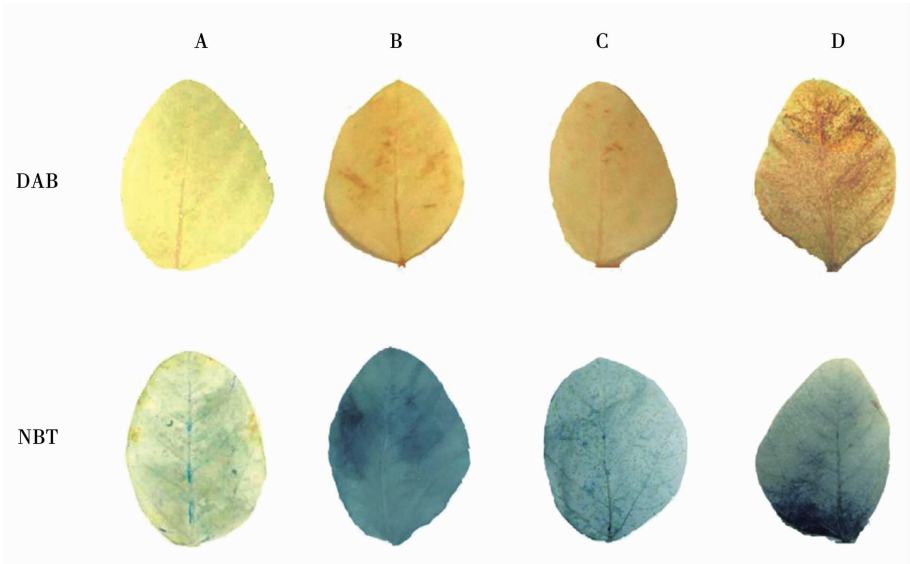


图2 活性氧染色

Fig. 2 DAB and NBT staining of soybean leaves

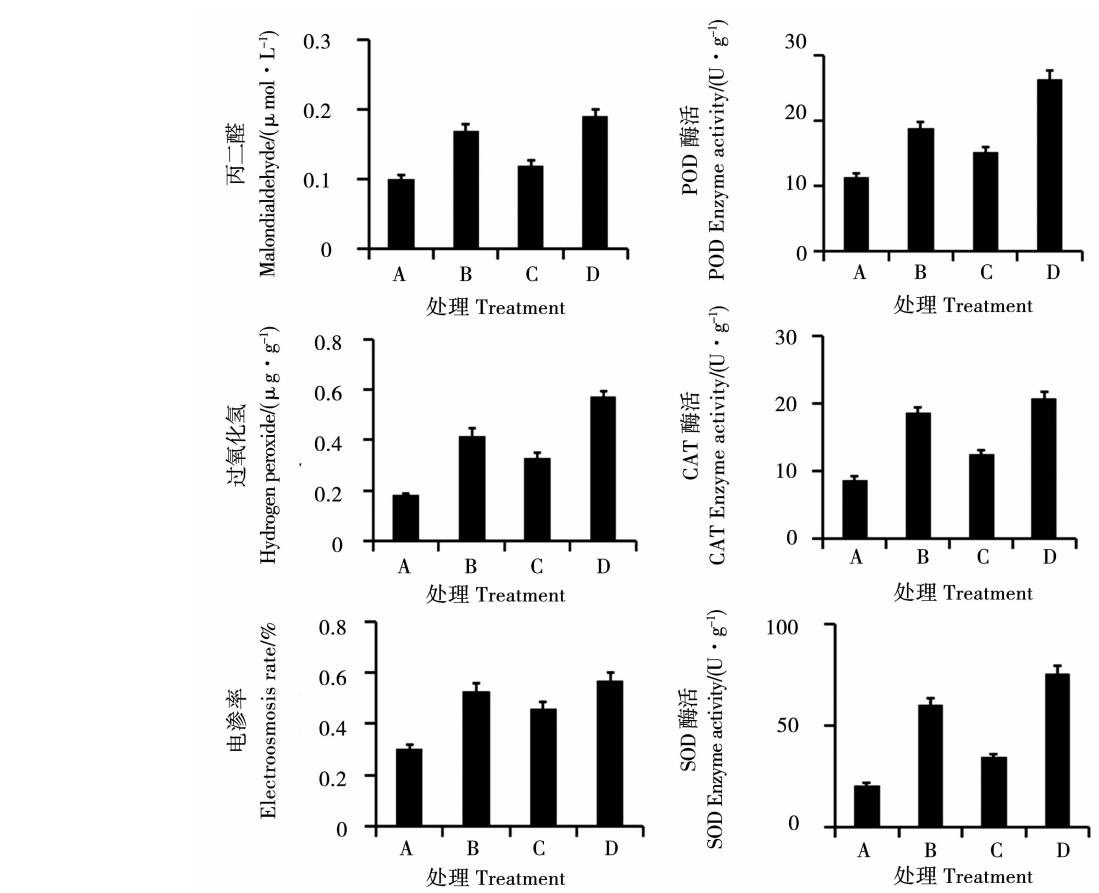


图 3 大豆叶片膜脂过氧化指标及酶活检测

Fig. 3 Antioxidant enzyme activities, hydrogen peroxide, TBARS, and electrolyte leakage of soybean leaves

2.3 药剂对大豆高隆象的防效及药害调查

从表 1 可以看出大豆高隆象的发生比较严重,其中大豆间作模式下虫害发生率为 40%,净作模式下虫害发生率高达 75%,相比大豆净作,间作模式能够有效地降低大豆高隆象的发生率,两种模式下虫害发生率均达到药剂防治指标,可以进行药剂防治。

间作中出现了少数的叶片畸形,落花在间作和净作中均有出现(表 2),但几乎可以忽略不计,因为在空白对照里面都会出现相同的落花现象,这属于

植物正常的生理现象,所以如果只喷药一次,各种药剂对大豆基本没有药害的影响。

从表 3 中可以看出三唑磷在大豆高隆象防治中效果最好,其在大豆净作和间作中的相对防效分别为 90.76% 和 90.26%;氯虫苯甲酰胺的相对防效最低,其在大豆净作和间作中的相对防效分别为 74.23% 和 73.84%;复配药剂在大豆净作和间作中的相对防效分别为 88.10%、85.10%,相对防效稍低于三唑磷。

表 1 净作和间作模式下大豆高隆象成虫调查

Table 1 Survey of *Ergania doriae yunnanus* in intercropping and monocropping

	调查株数 Total plants	有虫株数 Plants with insects	有虫株率 Rate of plants with insects/%	虫口密度 Population density /(insects·m <sup>-2</sup> )	虫情级别 Insect level
间作 Intercropping	1000	400	40%	9	较重
净作 Monocropping	1000	650	75%	31	严重

表 2 净作和间作模式下药剂安全性

Table 2 The safety of insecticides in intercropping and monocropping

	萎蔫株数 Wiltig plants	畸形叶片数 Deformity leaves	药害斑叶片数 Leaves with spot	落花数 Falling flowers	落荚数 Falling pods	
间作	计数 No.	0	3	0	80	0
Intercropping	药害百分比	0	0	0		
	Percentage					
净作	计数 No.	0	0	0	130	0
Monocropping	药害百分比	0	0	0		
	Percentage					

表 3 净作和间作模式下药剂防治大豆高隆象成虫的效果

Table 3 The effect of insecticides on *Ergania doriae yunnanus* in intercropping and monocropping

种植模式 Planting pattern	处理 Treatment	剂量 Dose/( mL·hm <sup>-2</sup> )	调查虫数 No. of investigated insects	活虫数 No. of live insects	死亡虫数 No. of dead insects	死亡率 Death rate / %	相对防效 Relative control effect/ %
净作	A	清水	67	65	2	2. 98	—
Monocropping	B	225	64	16	48	75. 00	74. 23
	C	1799	65	4	61	91. 04	90. 76
	D	2024	52	6	46	88. 46	88. 10
间作	A	清水	46	45	1	2. 17	—
Intercropping	B	225	43	11	32	74. 41	73. 84
	C	1799	42	4	38	90. 48	90. 26
	D	2024	48	7	41	85. 42	85. 10

3 结论与讨论

药剂处理易对植物产生药害,本质上是药剂对植物细胞膜系统产生了严重的氧化胁迫损伤,受到氧化胁迫的植物细胞内产生的电子很容易使氧化态的氧转变为还原态的氧,产生超氧阴离子、羟自由基、单线态氧和过氧化氢等物质,这些物质被统称为活性氧(reactive oxygen species,ROS)<sup>[15]</sup>。活性氧的累积现象不仅出现在生物胁迫中,也广泛存在于非生物胁迫。ROS 对细胞的危害在于它们能不断地氧化各种细胞成分,加速组织和细胞的老化,胁迫中过量积累的 ROS 将引起细胞死亡<sup>[16]</sup>。单独喷施三唑磷在所有药剂处理组中的 ROS 累积量最低。

MDA 是一种膜脂过氧化产物,具有极强的细胞毒性,对蛋白质、核酸等均有很强的破坏作用,并参与破坏生物膜结构与功能。药剂喷施均促进大豆幼苗叶片细胞中的丙二醛(malondialdehyde,MDA)生成,三唑磷处理后 MDA 累积量最低。电渗率表明膜的通透性增加,氯虫苯甲酰胺处理及复配比三唑磷处理后的细胞膜通透性增加更显著。药剂处理均提升了 SOD,POD 和 CAT 活性,这与 ROS 的累

积密切相关。这说明药剂诱导产生的 ROS 较多,极大地激活了抗氧化酶系统。两种药剂和复配处理对大豆形态学指标有一定的影响,相比对照均呈下降趋势,但是各处理间的差异不明显。ROS 的过量产生是导致植物生长发育受限、细胞损伤及死亡的主要原因<sup>[17]</sup>。三唑磷属中等毒性的有机磷农药,其对植株渗透性低且不稳定,进入大豆细胞产生毒害的可能性小,因此,单独喷施三唑磷在所有药剂处理组中对大豆植株产生的氧化胁迫效应最小。

由于间作模式中有高位作物玉米的阻隔,大豆净作模式比玉米-大豆间作模式下,大豆高隆象发生率更严重。大豆高隆象极少取食玉米,且不善飞翔,使得其在间作模式下害虫迁移和扩散受到阻碍。大豆高隆象是目前四川省大豆种植区的爆发性害虫<sup>[2]</sup>,成虫一旦产卵,幼虫进入豆荚,药剂难以渗透,因此防治该虫的关键在于杀灭成虫。对于幼虫防治,出于大豆食用安全性考虑,优选对人畜微毒的氯虫苯甲酰胺<sup>[18-19]</sup>,其渗透性和传导性也有利于药剂渗入豆荚。根据试验结果,三唑磷对不同种植模式下的大豆高隆象成虫均有比较理想的防治效果。大豆高隆象成虫活动期几乎贯穿大豆整个生育期(6月上旬~8月中下旬),因虫口密度大,需

要连续多次施药,因此尽可能降低药剂对于大豆植株的氧化胁迫损伤显得尤为重要。结合本试验中氧化胁迫损伤的检测结果,优选三唑磷作为大豆高隆象成虫的长期防治药剂。在成虫产卵期,由于氯虫苯甲酰胺对成虫的相对防效较低,为兼顾杀灭成虫和幼虫的防治效果,可以选择两种药剂的复配作为短期防治药剂使用。

参考文献

[1] 李福贵. 大豆田高隆象发生为害与防治初探[J]. 基层农技推广, 2015(10): 21-22. (Li F G. The harm and control of *Ergania doriae yunnanus* in soybean fields [J]. Basic-level Agro-technique Extension, 2015, 10: 21-22. )

[2] 石育松. 大豆在生长过程中常见的病虫害及综合防治技术[J]. 中国科技投资, 2013(A28): 366. (Shi Y S. Comprehensive control technology of common diseases and insect pests in the process of soybeans growth [J]. China Venture Capital, 2013 (A28): 366. )

[3] 吴雨珊, 龚万灼, 杨文钰, 等. 带状套作复光后不同大豆品种干物质积累模型与特征分析[J]. 中国生态农业学报, 2017, 25(4): 572-580. (Wu Y S, Gong W Z, Yang W Y, et al. Dynamic model and characteristics analysis of dry matter production after light recovery of different soybean varieties in relay strip intercropping systems [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2017, 25(4): 572-580. )

[4] 徐淑敏, 刘新茹. 大豆害虫的研究概况[J]. 北华大学学报, 2003, 4(6): 478-483. (Xu S M, Liu X R. Survey of soybean pests [J]. Journal of Beihua University, 2003, 4(6): 478-483. )

[5] 季宏平. 几种新药剂防治大豆害虫效果及其评价[J]. 大豆科学, 2002, 21(1): 78-80. (Ji H P. Prevention effect and evaluation on soybean pests of several new medicament [J]. Soybean Science, 2002, 21(1): 78-80. )

[6] 廖世纯, 黄凤宽, 韦桥现, 等. 三唑磷及其与益舒宝混用对稻瘰蚊的田间防效[J]. 中国稻米, 2007(4): 63-64. (Liao S C, Huang F K, Wei Q X, et al. The control effect on rice gall midge by triazophos mixed with good comfortable treasure [J]. China Rice, 2007(4): 63-64. )

[7] 任知良, 王明刚. 一种含有氯虫苯甲酰胺、氯吡硫磷、三唑磷和螺虫乙酯的高效杀虫剂: 中国, 104365652. A [P]. 2015-02-25. (Ren Z L, Wang M G. A efficient insecticide containing chlorine worm benzamide sulfur, chlorine pyrazole phosphate, ethyl triazophos and worm screw: China, 104365652. A [P]. 2015-02-25. )

[8] 余海明. 三唑磷与氟虫腈复配对粘虫的增效机理研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2010. (Yu H M. Mechanism research on syner-

gistic of triazophos and Fluorine worm nitrile on the control of armyworm[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2010. )

[9] 郭显伟, 黄海. 35% 氯虫苯甲酰胺 WG 对稻纵卷叶螟防治效果的研究[J]. 生物灾害科学, 2014, 37(1): 38-40. (Guo X W, Huang H. 35% Chlorantraniliprole WG in control against rice leaf rollers [J]. Biological Disaster Science, 2014, 37(1): 38-40. )

[10] 齐国康. 20% 氯虫苯甲酰胺等杀虫剂对玉米螟的防治效果[J]. 安徽农学通报, 2010, 16(12): 124. (Qi G K. Effect of pesticides such like 20% chlorantraniliprole on the control of the corn borer[J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2010, 16(12): 124. )

[11] 李小丹. Excel 软件中的函数在大豆病虫害统计中的应用[J]. 科技·经济·市场, 2014(12): 164-165. (Li X D. The application of the function in the Excel software in soybean plant diseases and insect pests of statistics [J]. Science and Technology, Economy and Market, 2014(12): 164-165. )

[12] Shang J, Xi D H, Yuan S, et al. Difference of physiological characters in dark green islands and yellow leaf tissue of CMV-infected *Nicotianata bacum* leaves [J]. Zeitschrift für Naturforschung, 2010, 65c: 73-78.

[13] Shi Q H, Bao Z Y, Zhu Z J, et al. Effects of different treatments of salicylic acid on heat tolerance, chlorophyll fluorescence, and antioxidant enzyme activity in seedlings of *Cucumis sativa L* [J]. Plant Growth Regulation, 2006, 48: 127-135.

[14] van Rossum M W P C, Alberda M, van der Plas L H W. Role of oxidative damage in tulip bulb scale micropropagation [J]. Plant Science, 1997, 130: 207-216.

[15] Qi J, Wang J, Gong Z, et al. Apoplastic ROS signaling in plant immunity [J]. Current Opinion in Plant Biology, 2017, 38: 92-100.

[16] Suzuki N, Koussevitzky S, Mittler R, et al. ROS and redox signaling in the response of plants to abiotic stress [J]. Plant Cell & Environment, 2012, 35(2): 259-270.

[17] Chan Z, Yokawa K, Kim W Y, et al. Editorial: ROS regulation during plant abiotic stress responses [J]. Frontiers in Plant Science, 2016, 7: 1536-1541.

[18] 刘芳, 奚本贵, 包善微, 等. 氯虫苯甲酰胺对稻纵卷叶螟的防效及对稻田有益节肢动物的安全性评价[J]. 植物保护, 2009, 35(5): 139-144. (Liu F, Xi B G, Bao S W, et al. Control effectiveness of chlorantraniliprole on *Cnaphalocrocis medinalis* and evaluation of its safety to beneficial arthropods in the rice fields [J]. Plant Protection, 2009, 35(5): 139-144. )

[19] 李瑞娟, 于建奎, 宋国春, 等. 氯虫苯甲酰胺在甘蓝和土壤中的残留及消解动态[J]. 生态环境学报, 2011, 20(4): 663-667. (Li R J, Yu J L, Song G C, et al. Residue and dynamic of chlorantraniliprole in cabbage and soil [J]. Journal of Ecological Environment, 2011, 20(4): 663-667. )