

安融乐对花生田除草剂防效和花生药害的影响

李秀杰,孙慧慧,崔小伟,吴仁海*,苏旺苍,薛飞,徐洪乐,孙建伟

(河南省农业科学院 植物保护研究所/河南省农作物病虫害防治重点实验室,河南 郑州 450002)

摘要:为探讨安融乐对花生田除草剂作用效果的影响,以豫花22为材料,采用安融乐与除草剂混合茎叶喷施,分析加入安融乐后杂草防效、花生药害及叶片生理指标的变化。结果表明,短期内安融乐可提高除草剂对杂草的防效,后期总体上降低精喹禾灵+氟磺胺草醚处理[(45+337.5)、(60+450)g/hm²]的除草活性,提高高效氟吡甲禾灵+乙羧氟草醚[(48.6+30)、(64.8+45)g/hm²]高剂量处理和甲咪唑烟酸72、108 g/hm²处理的除草活性。精喹禾灵+氟磺胺草醚处理造成花生2~4级药害,过氧化物酶(POD)、抗坏血酸过氧化物酶(APX)、低剂量下过氧化氢酶(CAT)活性及高剂量下可溶性糖含量显著升高,加入安融乐使低剂量下药害降低1~2级,对高剂量下药害无明显缓解,POD、APX活性及可溶性糖含量保持显著升高,CAT活性变化表现为低剂量下降至空白对照水平,高剂量下显著升高。高效氟吡甲禾灵+乙羧氟草醚处理初有轻微药害,7 d后症状消失,甲咪唑烟酸处理14 d产生轻微药害,均表现为仅高剂量下APX活性显著升高,加入安融乐,前者处理低剂量下POD、CAT、APX活性显著升高,高剂量下APX活性降至空白对照水平,后者处理高剂量下APX活性仍保持显著升高状态,对其余指标影响较小。因此推测,花生叶片POD、CAT、APX活性及可溶性糖含量的变化可能是安融乐调节花生应对除草剂胁迫的生理反应。

关键词:花生;安融乐;除草剂;防效;药害;缓解

中图分类号:S482.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-3268(2018)07-0081-09

Effect of Anrongle on Herbicidal Efficacy and Injury in Peanut Field

LI Xiujie, SUN Huihui, CUI Xiaowei, WU Renhai*, SU Wangcang, XUE Fei, XU Hongle, SUN Jianwei

(Institute of Plant Protection, Henan Academy of Agricultural Sciences/Henan Key

Laboratory of Crop Pest Control, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: In order to study the effect of Anrongle on herbicidal efficacy in peanut field, the peanut Yuhua 22 was taken as material, the foliar spray of Anrongle and herbicide mixture was adopted in fields, and herbicidal efficacy, peanut injury and physiological parameters of injured leaves were investigated and determined. Results showed that the weed control effect was enhanced by Anrongle in the short term. In the later term, the weed control effects of haloxyfop-P-methyl + fluoroglycofen-ethyl (64.8+45) g/ha and imazapic 72,108 g/ha were enhanced, while those were obviously reduced for quizalofop-P-ethyl + fomesafen to control weeds by Anrongle. A 2—4 level injury and an obvious enhancement in activities of peroxidase (POD), ascorbic acid peroxidase (APX), and catalase (CAT) under lower dose, and in content of soluble sugar under higher dose were presented when treated with quizalofop-P-ethyl + fomesafen. When it was applied with Anrongle, the injury decreased by 1—2 level at lower dose, and no obvious alleviation was investigated at higher dose, the activities of POD, APX and the content of soluble sugar were still significantly enhanced, the CAT activity was dropped to CK level at lower dose and significantly enhanced at

收稿日期:2018-03-14

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(201203098);河南省农业科学院自主创新专项基金(2018ZC43)

作者简介:李秀杰(1976-),男,河南濮阳人,副研究员,博士,主要从事作物保护研究。E-mail:lixiujie@126.com

*通讯作者:吴仁海(1976-),男,河南信阳人,副研究员,博士,主要从事农药应用技术及除草剂药害研究。

E-mail:renhai.wu@163.com

higher dose. When treated with haloxyfop-P-methyl + fluoroglycofen-ethyl and imazapic, slight injury was presented in a short-term and 14 days after treating, respectively, the former injury disappeared in 7 days, both the APX activity at higher dose showed a significant enhancement. When Anrongle was added, POD, CAT and APX activities in the former at lower dose were significantly enhanced, APX activity at higher dose was dropped to CK level, in the latter APX activity at higher dose still kept significant enhancement, while other indexes were affected less. Therefore, the change of CAT, APX, POD activities and soluble sugar content might be the physiological reaction for Anrongle adjusting peanut growth under herbicidal stress.

Key words: Peanut; Anrongle; Herbicide; Control effect; Injury; Alleviation

化学除草已广泛应用于花生生产,但受人为、气候等因素影响,花生田除草剂药害频繁发生,部分受害田块减产甚至绝收,药害问题亟待解决。除草剂药害等各种胁迫均能导致植物细胞产生大量的活性氧^[1-2],植物可以通过增加或激活抗氧化酶来防御活性氧物质对细胞造成的伤害^[3]。超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)和抗坏血酸过氧化物酶(APX)是植物体内清除氧自由基的重要酶,其中,SOD 可以催化氧自由基的歧化反应,生成 H₂O₂,是植物体内清除活性氧系统的第一道防线,POD 和 CAT 则是细胞内广泛存在并具有较高清除 H₂O₂ 活性的酶^[4],APX 是抗坏血酸 - 谷胱甘肽循环中的关键酶,直接清除叶绿体内的 H₂O₂,对保持体内代谢平衡起着重要的作用^[1]。丙二醛(MDA)是膜脂过氧化的最终产物,是植物细胞膜脂过氧化程度的体现,其含量可以反映植物遭受逆境伤害的程度^[5]。可溶性糖含量是植物体内物质代谢的重要指标,可反映碳水化合物的合成和运输情况,同时与植物的抗性、衰老、光合作用和产量形成密切相关^[6]。

为缓解除草剂药害,研究者做出了多种尝试,常用的方法是使用除草剂安全剂、增强植物营养和应用生长调节剂等,通过调节和促进作物生长,增加作物抗逆能力,从而加快作物从除草剂药害的损伤中恢复^[7-9]。化学合成物质的应用不可避免地带来新的潜在环境污染风险,而开发植物源物质具有重大意义^[10]。安融乐是南非尼勒思科 882 有限责任公司开发的农药、肥料喷雾助剂,主要有效成分为卵磷脂。卵磷脂从大豆中提取,多用于医药、食品领域。在田间生产方面,马菁平等^[11]研究表明,叶面喷施卵磷脂减缓了 MDA 的产生速率及叶绿素的降解,降低了膜透性,提高了抗氧化酶 CAT、APX、SOD 的活性,从而提高了玉米幼苗的抗冷性。另有研究显示,安融乐在提高茶叶产量^[12]、作为生物表面活性剂增加水溶肥润湿性能^[13]、防治大白菜花叶病毒病^[14]及马铃薯晚疫病^[15]等方面具有积极作用。截

至目前,未见将安融乐用于花生田抵抗除草剂胁迫的研究。因此,选取花生田常用的除草剂精喹禾灵 + 氟磺胺草醚、高效氟吡甲禾灵乳油 + 乙羧氟草醚、甲咪唑烟酸,分别与安融乐混合后茎叶喷施,研究安融乐对除草剂防治杂草效果、花生药害的影响及其生理机制,探讨安融乐在花生田与除草剂混用对药害的缓解作用,为花生田除草剂安全应用及推进安融乐的使用提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 供试花生

花生品种为豫花 22,由河南省农业科学院经济作物研究所培育。

1.2 供试药剂

安融乐悬乳剂(有效成分为卵磷脂、维生素 E)由南非尼勒思科 882 有限责任公司生产,推荐剂量 5 000 倍液;50 g/L 精喹禾灵乳油由中农住商(天津)农用化学品有限公司生产,推荐剂量 37.5 ~ 60 g/hm²;108 g/L 高效氟吡甲禾灵乳油由美国陶氏益农公司生产,推荐剂量 32.4 ~ 48.6 g/hm²;25% 氟磺胺草醚水剂由江苏长青农化股份有限公司生产,推荐剂量 250.13 ~ 300 g/hm²;10% 乙羧氟草醚乳油由江苏长青农化股份有限公司生产,推荐剂量 75 ~ 90 g/hm²;240 g/L 甲咪唑烟酸水剂由德国巴斯夫欧洲公司生产,推荐剂量 72 ~ 108 g/hm²。

1.3 试验设计

2017 年 7 月 11 日在河南省农业科学院长垣分院试验田开展试验,花生有 3 ~ 5 片复叶,单双子叶杂草混生。

药剂有效成分剂量设计如下:50 g/L 精喹禾灵 + 25% 氟磺胺草醚为 45 + 337.5 (A1)、60 + 450 (A2) (单位 g/hm²,下同),50 g/L 精喹禾灵 + 25% 氟磺胺草醚 + 安融乐为 45 + 337.5 + 5 000 倍液 (A1 +)、60 + 450 + 5 000 倍液 (A2 +),108 g/L 高效氟吡甲禾灵 + 10% 乙羧氟草醚为 48.6 + 30 (B1)、64.8 + 45 (B2),108 g/L 高效氟吡甲禾灵 + 10% 乙羧氟草醚 +

安融乐为 $48.6+30+5\text{ 000}$ 倍液(B1+)、 $64.8+45+5\text{ 000}$ 倍液(B2+)， 240 g/L 甲咪唑烟酸为72(C1)、 108 (C2) ， 240 g/L 甲咪唑烟酸+安融乐为 $72+5\text{ 000}$ 倍液(C1+)、 $108+5\text{ 000}$ 倍液(C2+)。设空白对照(CK)，每个处理3次重复，随机排列，小区面积为 $3.5\text{ m}\times 6\text{ m}=21\text{ m}^2$ 。采用茎叶喷雾，施药液量为 $450\text{ L}/\text{hm}^2$ 。

1.4 测定项目

分别于药后3、7、14、30 d测定杂草防效级别。药后7 d以SPAD-502 Plus仪器测定花生顶端已完全展开叶片的SPAD值(叶绿素含量)，并采集顶端幼嫩叶片，迅速液氮冷冻保存，测定SOD、POD、CAT、APX的活性及MDA含量、可溶性糖含量等生理指标^[16]。药后30 d测定杂草鲜质量防效，公式如下：

$$\text{鲜质量防效} = \frac{\text{对照鲜质量} - \text{处理鲜质量}}{\text{对照鲜质量}} \times 100\%.$$

参照刘学等^[17]编著的《农药生物活性测试标准操作规范：除草剂卷》评价除草剂对杂草防效级别和对花生药害级别并略有调整。杂草防效级别为：0级，中毒程度0，无活性；1~3级，中毒程度10%~30%，活性小；4~6级，中毒程度40%~60%，活性一般；7级，中毒程度70%，活性好；8级，中毒程度80%，活性较好；9级，中毒程度90%~100%，活性很好至完全死亡。花生叶片药害级别为：0级，中毒程度0，很安全；1级，中毒程度10%，安全；2级，中毒程度20%~30%，轻微药害；3级，中毒程度40%~50%，有药害；4级，中毒程度60%~80%，严重药害；5级，中毒程度90%~100%，植株死亡。

1.5 数据分析

试验数据采用IBM SPSS Statistics 19软件进行

分析，应用Duncan氏新复极差法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 安融乐对除草剂活性的影响

2.1.1 对花生叶片药害的影响 试验剂量下，精喹禾灵+氟磺胺草醚处理药后短期即可对花生产生严重药害(表1)，加入安融乐对其低剂量[($45+337.5\text{ g}/\text{hm}^2$)下药害有一定缓解，药害级别降低1~2级，对其高剂量[($60+450\text{ g}/\text{hm}^2$)下花生药害无缓解作用。高效氟吡甲禾灵+乙羧氟草醚药后短期对花生叶片有轻微药害，加入安融乐无明显缓解作用，药后7 d调查时，药害症状已消失。而甲咪唑烟酸对花生相对安全，药后14 d调查时高剂量下有轻微药害发生，加入安融乐药害症状得到有效缓解。

对花生叶片SPAD值测定结果表明，除草剂处理均不同程度降低花生叶片的SPAD值(表1)，其中精喹禾灵+氟磺胺草醚处理、甲咪唑烟酸处理达显著水平。加入安融乐，精喹禾灵+氟磺胺草醚处理花生叶片SPAD值有一定程度升高，但不显著，而甲咪唑烟酸处理加入安融乐SPAD值进一步降低，与除草剂处理之间无显著差异，但与空白对照差异显著。

除草剂处理均不同程度提高花生叶片数(表1)，其中高效氟吡甲禾灵+乙羧氟草醚($48.6+30\text{ g}/\text{hm}^2$)处理达显著水平。加入安融乐后，精喹禾灵+氟磺胺草醚($45+337.5\text{ g}/\text{hm}^2$)处理，甲咪唑烟酸 $72, 108\text{ g}/\text{hm}^2$ 处理花生叶片数均有一定程度增多，但不显著。

表1 安融乐对除草剂药后14 d内花生药害的影响

处理编号	药害级别			SPAD值 药后7 d	花生叶片数/片 药后14 d
	药后3 d	药后7 d	药后14 d		
CK				$36.73 \pm 4.38\text{a}$	$26.11 \pm 9.18\text{b}$
A1	4	3	3	$27.63 \pm 3.42\text{bc}$	$40.33 \pm 11.00\text{ab}$
A1 +	3	1	2	$27.93 \pm 1.96\text{bc}$	$55.35 \pm 7.74\text{a}$
A2	3	2	2	$28.53 \pm 4.51\text{bc}$	$40.88 \pm 13.68\text{ab}$
A2 +	3	2	2	$28.83 \pm 2.93\text{bc}$	$37.55 \pm 6.41\text{ab}$
B1	2	1	1	$30.83 \pm 2.22\text{abc}$	$61.41 \pm 23.73\text{a}$
B1 +	2	1	1	$29.07 \pm 2.54\text{bc}$	$37.22 \pm 14.40\text{ab}$
B2	2	1	1	$30.83 \pm 2.48\text{ab}$	$41.42 \pm 16.69\text{ab}$
B2 +	2	1	1	$33.87 \pm 5.43\text{ab}$	$41.89 \pm 13.88\text{ab}$
C1	1	1	1	$29.60 \pm 2.91\text{bc}$	$42.78 \pm 8.94\text{ab}$
C1 +	1	1	1	$26.90 \pm 2.39\text{c}$	$44.34 \pm 19.26\text{ab}$
C2	1	1	2	$28.77 \pm 3.33\text{bc}$	$38.41 \pm 1.89\text{ab}$
C2 +	1	1	1	$26.00 \pm 3.41\text{c}$	$41.99 \pm 6.67\text{ab}$

注：同列数值后不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。

2.1.2 对药后 3 d 杂草防效级别的影响 药后 3 d 内除草剂对杂草表观防效明显(表 2),以精喹禾灵 + 氟磺胺草醚处理防效级别最高,可达 7~9 级,高效氟吡甲禾灵 + 乙羧氟草醚次之,可达 5~8 级,甲咪唑烟酸最差,可达 3~6 级。

表 2 安融乐对除草剂药后 3 d 杂草防效级别的影响

处理编号	禾本科杂草	阔叶杂草	莎草
A1	8~9	8~9	7~8
A1 +	8~9	8~9	7
A2	8~9	8~9	7
A2 +	8~9	8~9	7
B1	6~7	7~8	5
B1 +	6~7	7~8	7
B2	6~7	7~8	7
B2 +	6~7	7~8	7
C1	3~4	5~6	3
C1 +	5~6	5~6	3
C2	3~4	5~6	3
C2 +	5~6	5~6	5

安融乐多表现为保持或升高除草剂对杂草的防效级别;可使高效氟吡甲禾灵 + 乙羧氟草醚(48.6+30)g/hm² 处理控制莎草的防效提高 2 级,使甲咪唑烟酸 72、108 g/hm² 处理控制禾本科杂草、莎草的防效提高 2 级。

2.1.3 对药后 7 d 杂草防效级别的影响 药后 7 d 精喹禾灵 + 氟磺胺草醚处理、高效氟吡甲禾灵 + 乙羧氟草醚处理对莎草防效较差,防效级别介于 3~4 级,甲咪唑烟酸主要对打碗花防效较差,对苘麻、反枝苋、马泡瓜及莎草的活性较前期调查数据有明显上升,其余处理对杂草防效级别多数可达 5~9 级(表 3)。加入安融乐混合使用多降低除草剂对莎草的活性,尤其对甲咪唑烟酸影响较大,防效级别降低 2~3 级;安融乐可使精喹禾灵 + 氟磺胺草醚对苘麻、马唐的防效级别降低 1~2 级;同时安融乐可使甲咪唑烟酸对苘麻、马唐的防效级别提高 1 级。

表 3 安融乐对除草剂药后 7 d 杂草防效级别的影响

处理编号	苘麻	马泡瓜	反枝苋	打碗花	马齿苋	马唐	稗草	狗尾草	莎草
A1	8	9	9	9	9	8	9	9	4
A1 +	7	9	9	9	9	7	9	9	4
A2	9	9	9	9	9	9	9	9	4
A2 +	7	9	9	9	9	7	9	9	3
B1	4	9	9	9	9	8	8	8	3
B1 +	6	9	9	9	9	8	8	8	2
B2	6	9	9	9	9	8	8	9	3
B2 +	6	7	9	9	9	8	8	8	2
C1	8	8	9	4	8	8	8	8	5
C1 +	9	8	9	4	5	8	8	8	3
C2	8	7	9	4	5	7	8	8	6
C2 +	9	7	9	4	5	8	8	8	3

2.1.4 对药后 14 d 杂草防效级别的影响 药后 14 d 高效氟吡甲禾灵 + 乙羧氟草醚处理对苘麻、马唐,甲咪唑烟酸对反枝苋活性略低,其余除草剂处理对杂草均有明显防效,防效级别可达 6~9 级,但精

喹禾灵 + 氟磺胺草醚处理、高效氟吡甲禾灵 + 乙羧氟草醚处理对杂草防效较药后 7 d 数据有下降趋势,尤其对苘麻、马泡瓜、马唐及狗尾草的防效降低明显(表 4)。

表 4 安融乐对除草剂药后 14 d 杂草防效级别的影响

处理编号	苘麻	马泡瓜	反枝苋	打碗花	马齿苋	马唐	狗尾草	莎草
A1	8	8	9	9	9	8	8	5
A1 +	6	6	9	9	9	6	9	7
A2	7	8	9	9	9	7	9	9
A2 +	5	7	9	9	9	7	7	6
B1	4	8	9	9	9	6	6	9
B1 +	5	6	9	9	9	8	7	6
B2	3	9	9	8	9	5	6	5
B2 +	4	5	9	9	9	8	8	3
C1	9	8	6	9	8	6	9	9
C1 +	9	9	7	9	6	8	9	8
C2	8	9	5	9	6	6	9	9
C2 +	9	9	5	9	6	8	9	9

安融乐对除草剂杂草防效有一定影响(表4),降低精喹禾灵+氟磺胺草醚($60+450$)g/ hm^2 、高效氟吡甲禾灵+乙羧氟草醚处理对莎草的防效,分别可降低3级、2~3级;使精喹禾灵+氟磺胺草醚处理对苘麻、马泡瓜的防效级别降低1~2级;但可使高效氟吡甲禾灵+乙羧氟草醚处理对禾本科杂草马唐、狗尾草的防效升高1~3级,对苘麻的活性升高,但总体防效级别仍较低;使甲咪唑烟酸对马唐的防效级别升高2级,对苘麻、马泡瓜及反枝苋的防效可提高1级。

2.1.5 对药后30 d 杂草防效级别的影响 药后30 d,试验剂量下,精喹禾灵+氟磺胺草醚处理、高效氟吡甲禾灵+乙羧氟草醚处理对苘麻、马泡瓜防效进一步降低(表5),尤其是后者对苘麻的防效,仅介于1~2级,其余除草剂处理对杂草均有明显活性。

添加安融乐混合喷施对除草剂活性有一定影响。可使精喹禾灵+氟磺胺草醚低剂量处理[($45+337.5$)g/ hm^2]对苘麻的防效降低4级,对硬草的防效降低3级。使高剂量处理[($60+450$)g/ hm^2]对苘麻的防效降低1级,对马齿苋的防效升高1级,对牛筋草的防效升高2级。

安融乐可使高效氟吡甲禾灵+乙羧氟草醚($48.6+30$)g/ hm^2 处理对马泡瓜的防效降低3级,对稗草的防效提高2级,对牛筋草的防效提高1级。使高效氟吡甲禾灵+乙羧氟草醚($64.8+45$)g/ hm^2 处理对马泡瓜的防效降低4级,对马齿苋的防效降低1级,对马唐的防效升高2级。

安融乐可使甲咪唑烟酸对苘麻、马泡瓜及马唐的防效级别升高1级,对反枝苋、马齿苋的防效降低2~3级。

表5 安融乐对除草剂药后30 d 杂草防效级别的影响

处理编号	苘麻	马泡瓜	反枝苋	打碗花	马齿苋	马唐	稗草	狗尾草	牛筋草	硬草	莎草
A1	7	5	9	9	9	7	7	8	7	8	4
A1 +	3	4	9	9	9	7	7	8	8	5	6
A2	5	6	9	9	8	7	8	8	7	8	7
A2 +	4	6	9	9	9	7	8	8	9	8	7
B1	2	6	9	9	9	8	7	7	8	8	5
B1 +	2	3	9	9	9	8	9	7	9	9	3
B2	1	8	9	9	9	7	9	9	9	9	4
B2 +	2	4	9	9	8	9	9	9	9	9	3
C1	8	8	7	9	8	7	8	9	7	9	9
C1 +	9	9	7	9	6	8	8	9	7	9	9
C2	8	8	7	9	6	8	8	8	9	9	9
C2 +	9	9	4	9	6	9	9	9	9	9	9

2.1.6 对药后30 d 杂草防效的影响 对鲜质量防效测定结果表明,精喹禾灵+氟磺胺草醚处理对4种主要杂草苘麻、马泡瓜、马唐及狗尾草的活性均较差(表6),加入安融乐混合喷施,对苘麻、马唐的防效明显降低,对狗尾草的防效有一定程度提高;高效

氟吡甲禾灵+乙羧氟草醚处理对苘麻、马唐及狗尾草活性较差,对马泡瓜的活性较好,其低剂量[($48.6+30$)g/ hm^2]加入安融乐对苘麻、马泡瓜的防效降低,对马唐的防效明显提高,其高剂量[($64.8+45$)g/ hm^2]加入安融乐提高对杂草的防效,尤其对禾本科杂草的防效,从基本无防效提高至43.21%~100%;甲咪唑烟酸对苘麻、马泡瓜有较高的防效,但对禾本科杂草马唐、狗尾草,仅能一定程度抑制其生长,不能有效防治,加入安融乐混合喷施提高对4种杂草的防效,尤其阔叶杂草均得到有效防治。

2.2 安融乐对花生叶片生理指标的影响

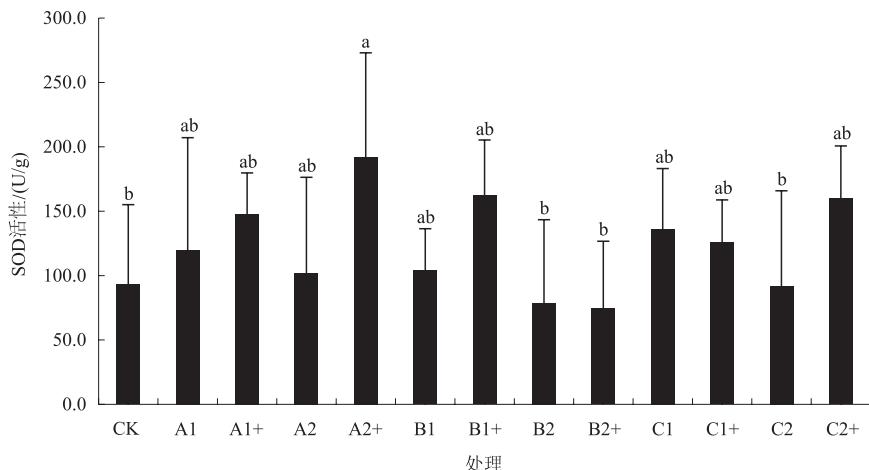
2.2.1 对抗氧化酶活性的影响 与空白对照比,除草剂处理多表现为不同程度升高花生叶片的抗氧化酶活性(图1—4),其中精喹禾灵+氟磺胺草醚($45+337.5$)、($60+450$)g/ hm^2 处理POD、APX活性均显著上升,低剂量下CAT活性显著升高,加入安融乐其POD、APX活性保持显著升高状态,可使低剂量下CAT活性降至空白对照水平,高剂量下

表6 安融乐对除草剂药后30 d 杂草
鲜质量防效的影响 %

处理	苘麻	马泡瓜	马唐	狗尾草
A1	61.95	-11.78	21.28	61.23
A1 +	-25.85	-9.26	-41.56	67.11
A2	38.45	44.00	21.84	-6.24
A2 +	-8.12	44.92	20.53	63.63
B1	44.44	94.76	-0.12	-63.68
B1 +	9.63	80.12	79.89	-79.92
B2	19.15	89.15	-92.68	-43.40
B2 +	47.92	89.62	43.21	100.00
C1	84.95	55.91	42.49	39.41
C1 +	100.00	100.00	49.25	88.39
C2	91.61	100.00	26.16	58.32
C2 +	100.00	100.00	62.69	78.01

SOD、CAT 活性显著高于对照;高效氟吡甲禾灵 + 乙羧氟草醚处理及甲咪唑烟酸处理均为高剂量下 APX 活性显著升高,高效氟吡甲禾灵 + 乙羧氟草醚低剂量处理 [(48.6+30) g/hm²] 加入安融乐后

POD、CAT、APX 活性显著升高,而其高剂量处理 [(64.8+45) g/hm²] 加入安融乐后 APX 活性降至空白对照水平,甲咪唑烟酸 108 g/hm² 处理加入安融乐后 APX 活性保持显著升高水平。



不同小写字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$) , 下同

图 1 安融乐对除草剂药后 7 d SOD 活性的影响

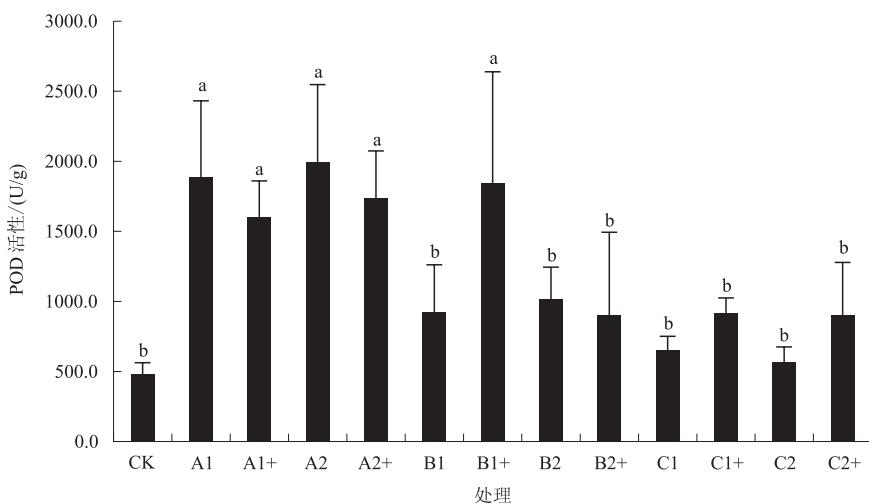


图 2 安融乐对除草剂药后 7 d POD 活性的影响

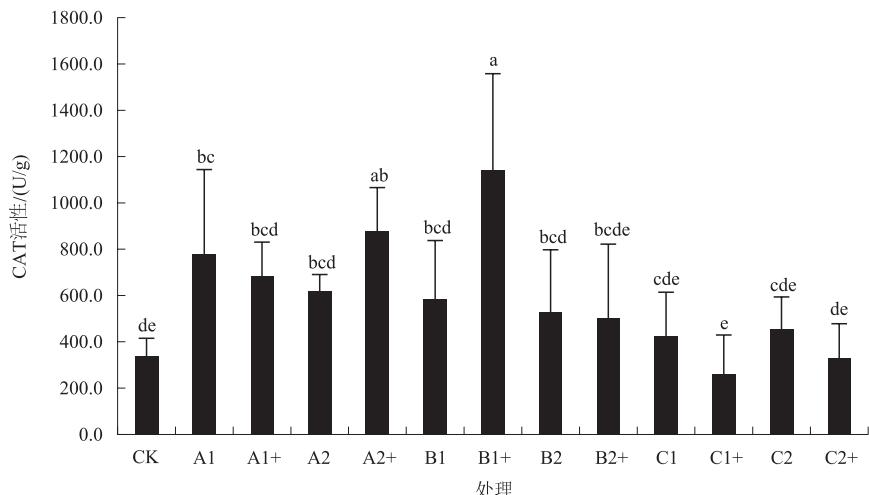


图 3 安融乐对除草剂药后 7 d CAT 活性的影响

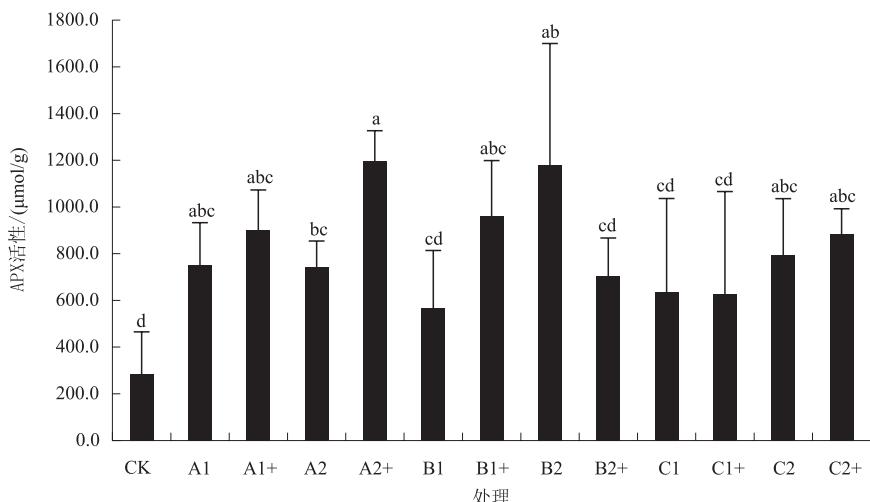


图 4 安融乐对除草剂药后 7 d APX 活性的影响

2.2.2 对 MDA 和可溶性糖含量的影响 MDA 是具有细胞毒性的物质, 主要破坏细胞膜系统, 植物在遇逆境伤害时含量增加^[18]。除草剂处理 MDA 含量变化均不显著(图 5)。其中, 甲咪唑烟酸 72、108 g/hm² 处理 MDA 含量有一定程度升高, 分别升高 17.89%、10.04%, 加入安融乐后花生叶片 MDA 含量低于空白对照, 表明甲咪唑烟酸对花生叶片有一定药害, 加入安融乐可以有效抑制甲咪唑烟酸胁迫造成的膜脂

过氧化发生; 安融乐对精喹禾灵 + 氟磺胺草醚处理 MDA 含量影响较小; 加入安融乐后高效氟吡甲禾灵 + 乙羧氟草醚 (48.6 + 30)、(64.8 + 45) g/hm² 处理 MDA 含量有一定程度升高, 其中低剂量下较空白对照水平提高 30.78%。

植物受到干旱等逆境影响会提高自身可溶性糖含量, 以提高自身的渗透调节能力抵御外界胁迫^[19]。除草剂处理对花生叶片可溶性糖含量有一定

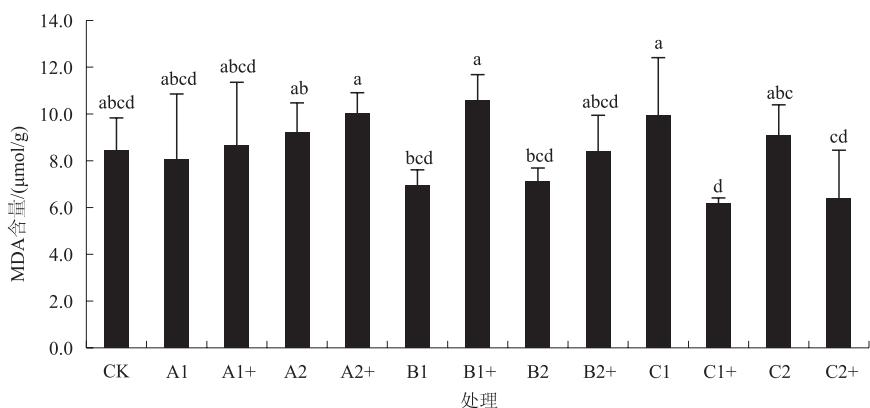


图 5 安融乐对除草剂药后 7 d MDA 含量的影响

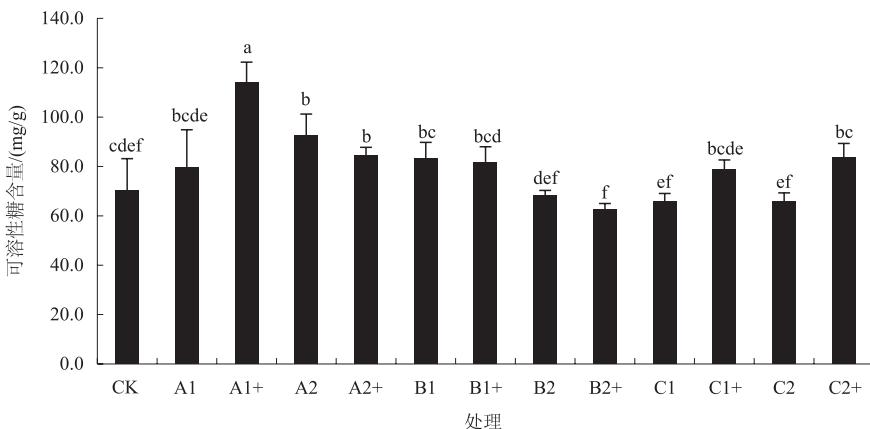


图 6 安融乐对除草剂药后 7 d 可溶性糖含量的影响

影响(图 6),精喹禾灵 + 氟磺胺草醚($45 + 337.5$)、($60 + 450$) g/ hm^2 处理升高花生叶片可溶性糖含量, 分别较空白对照升高 13.34%、32.07%, 高剂量下 达显著水平。加入安融乐后低剂量处理可溶性糖含 量进一步升高, 2 个处理分别较空白对照升高 62.21%、20.29%, 均达显著水平。高效氟吡甲禾灵 + 乙羧氟草醚处理、甲咪唑烟酸处理可溶性糖含量均 接近空白对照水平。加入安融乐对高效氟吡甲禾灵 + 乙羧氟草醚处理花生叶片可溶性糖含量影响较小, 对甲咪唑烟酸 72、108 g/ hm^2 处理可溶性糖含量有 一定程度提高, 分别较空白对照升高 12.24%、19.31%, 但均不显著。

3 结论与讨论

甲咪唑烟酸对杂草活性较慢, 早期防效差, 但后 期显示出良好的禾阔双除作用, 加入安融乐对其防 治花生田阔叶及禾本科杂草的活性均有明显提高, 且对于甲咪唑烟酸高剂量造成的轻微药害有明显缓 解效果。精喹禾灵 + 氟磺胺草醚处理、高效氟吡甲 禾灵 + 乙羧氟草醚处理早期对苘麻防效明显, 但后 期苘麻大苗重新长出嫩叶, 防效较差, 加入安融乐对 精喹禾灵 + 氟磺胺草醚控制狗尾草的活性有明显提 高, 对高效氟吡甲禾灵 + 乙羧氟草醚高剂量处理控 制阔叶及禾本科杂草活性均有提高, 同时加入安融乐 对精喹禾灵 + 氟磺胺草醚处理药害有一定缓解 作用。

植物在逆境胁迫下一般表现为抗氧化酶活性上 升和 MDA 含量增加, 但当胁迫超过一定范围或持 续一定时间后抗氧化酶活性便会下降, 而 MDA 含 量则持续上升^[11,20-21]。精喹禾灵 + 氟磺胺草醚处 理药害状态下, 花生叶片内部抗氧化酶活性及胁迫指 标多不同程度升高, 其中 POD 活性、APX 活性、低剂 量下 CAT 活性、高剂量下可溶性糖含量均显著升 高, 高剂量下 MDA 含量略有升高但不显著。加入 安融乐, 仅可使低剂量下药害降低 1~2 级, 对高剂 量下药害无明显缓解, POD、APX 活性保持显著升 高水平, 对于 CAT 活性的调节, 低剂量下降至空白对 照水平, 高剂量下显著升高, 可溶性糖含量均显著高 于空白对照水平, 而 MDA 含量与空白对照无显著 差异。因此, POD、CAT、APX 活性及可溶性糖含量 的显著升高揭示了花生叶片持续受胁迫的状态, 抗 氧化酶活性变化及 MDA 的调节表明安融乐在缓解精 喹禾灵 + 氟磺胺草醚处理花生药害和维护膜结构方 面起到了一定的保护作用。

高效氟吡甲禾灵 + 乙羧氟草醚处理后短期内造

成轻微药害, 药后 7 d 药害症状已消失, 数据显示高 剂量下 APX 活性显著升高, 加入安融乐混合喷施则 降至空白对照水平, 使低剂量下 POD、CAT、APX 活 性显著升高, 对 SOD 活性、MDA 含量及可溶性糖含 量影响较小, 由此推测, 在高效氟吡甲禾灵 + 乙羧氟 草醚处理后, 花生叶片内部 APX 最先预警, POD、 CAT、APX 活性的变化反映安融乐在清除花生体内过 多氧自由基, 调节花生免受高效氟吡甲禾灵 + 乙羧氟 草醚药害方面起到积极作用。

花生在高剂量甲咪唑烟酸处理后 14 d 有轻微 药害, 加入安融乐药害得到有效缓解。药后 7 d 生 理指标测定结果显示, 仅高剂量下 APX 活性显著升 高, 加入安融乐其活性保持显著升高状态, POD 活 性、可溶性糖含量有一定程度升高, CAT 活性、MDA 含量有一定程度降低, 但变化均不显著, 与空白对照 水平相当, 对 SOD 活性影响较小。推测花生受到甲 咪唑烟酸胁迫后 APX 最先预警, 而 POD、CAT 活性 及 MDA 含量的变化表明安融乐在清除花生体内过 多自由基, 调节花生免受甲咪唑烟酸药害方面起积 极作用。

根据本研究结果, 推荐甲咪唑烟酸加入安融乐 混合喷施用于花生田杂草防除, 鉴于精喹禾灵 + 氟 磺胺草醚在花生田杂草上的表现, 不建议安融乐与 其混合喷施使用, 以狗尾草为主的花生田可考虑高 效氟吡甲禾灵 + 乙羧氟草醚在($64.8 + 45$) g/ hm^2 剂 量下加入安融乐混合使用。

参考文献:

- [1] 马旭俊, 朱大海. 植物超氧化物歧化酶(SOD)的研究 进展[J]. 遗传, 2003, 25(2): 225-231.
- [2] 王群, 尹飞, 李潮海. 水分胁迫下植物体内活性氧自由 基代谢研究进展[J]. 河南农业科学, 2004(10): 25-28.
- [3] 原向阳, 郭平毅, 张丽光, 等. 干旱胁迫下草甘膦对抗 草甘膦大豆幼苗保护酶活性及脂质过氧化作用的影 响[J]. 中国农业科学, 2010, 43(4): 698-705.
- [4] Xu Q, Huang B R. Antioxidant metabolism associated with summer leaf senescence and turf quality decline for creeping bentgrass[J]. Crop Science, 2004, 44(2): 553-560.
- [5] Weismann D, Hartvigsen K, Lauer N, et al. Complement fac tor H binds malondialdehyde epitopes and protects from oxidative stress[J]. Nature, 2011, 478(7367): 76-81.
- [6] 张燕, 陈静, 田军熊, 等. 低磷胁迫对玉米抗氧化系统 及可溶性糖含量阶段性变化的影响[J]. 黑龙江农业 科学, 2015(11): 11-16.
- [7] 刘亦学, 刘焕禄, 张学文, 等. 除草剂药害及其预防和 补救[J]. 天津农林科技, 2005(6): 18-20.

- [8] 王险峰,范志伟,胡荣娟,等.除草剂药害新进展与解决方法[J].农药,2009,48(5):384-387.
- [9] 黄允才,张格成,胡光华.天然芸苔素缓解除草剂药害的作用[J].农药,2000,39(6):41-42.
- [10] Xinke T, Xiaomao Z, Jing W, et al. A novel function of sanshools: The alleviation of injury from metolachlor in rice seedlings[J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2014, 110(1):44-49.
- [11] 马菁平,朱昌华,夏凯,等.卵磷脂和氯化胆碱对玉米幼苗生长及抗冷性的影响[J].江苏农业科学,2008(5):24-27.
- [12] 陈德西,何忠全,刘欢,等.植物源调节剂碧护组合技术对提升茶叶产量的效果研究[J].资源开发与市场,2017,33(3):360-363.
- [13] 王亮亮,韩效钊,杨静芳,等.生物表面活性剂对水溶肥料润湿性能的影响[J].浙江农业科学,2014(8):1253-1255.
- [14] 杜慧平,张治家.山西大白菜花叶病毒病防控技术[J].山西农业科学,2017,45(7):1149-1152.
- [15] 陶惠.不同化学药剂组合防治马铃薯晚疫病药效示范[J].现代农业科技,2017(8):105-106.
- [16] 陈建勋,王晓峰.植物生理学实验指导[M].2版.广州:华南理工大学出版社,2006:1-100.
- [17] 刘学,顾宝根.农药生物活性测试标准操作规范:除草剂卷[M].北京:化学工业出版社,2016:198-200.
- [18] 陈新华,郭宝林,赵静,等.休眠期内甜樱桃不同品种枝条的抗寒性[J].河北农业大学学报,2009,32(6):37-40.
- [19] 赵超,王海燕,刘美珍,等.干旱胁迫下木薯茎秆可溶性糖、淀粉及相关酶的代谢规律[J].植物生理学报,2017,53(5):795-806.
- [20] 赵曾菁,宋琦琦,赵虎,等.模拟霜冻条件对黄瓜幼苗生长及抗氧化酶活性的影响[J].南方农业学报,2018,49(4):757-762.
- [21] 张庆琛,郑少萌,刘应敏,等.干旱胁迫对冬小麦幼苗叶片光合生理特性的影响[J].山西农业科学,2016,44(8):1077-1082.

(上接第 66 页)

- [15] 徐晓腾,李翔宇,林彦萍,等.人参皂苷合成关键元件 *HMGR* 基因生物信息学分析[J].生物技术,2016,26(2):163-168.
- [16] 王浩君,蒲祥,梅抗抗,等.油橄榄转录组数据库中 *HMGR* 基因的挖掘及生物信息学分析[J].基因组学与应用生物学,2017,36(8):3011-3024.
- [17] 吴琼,孙超,陈士林,等.转录组学在药用植物研究中的应用[J].世界科学技术中医药现代化,2010,12(3):457-462.
- [18] Ram M, Khan M A, Jha P, et al. HMG-CoA reductase limits artemisinin biosynthesis and accumulation in *Artemisia annua* L. plants [J]. Acta Physiologiae Plantarum, 2010, 32(5):859-866.
- [19] 鞠世杰,阎秀峰.高等植物的 3-羟基-3-甲基戊二酰辅酶 A 还原酶[J].植物生理学报,2004,40(1):104-110.
- [20] Friesen J A, Rodwell V W. The 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme-A (HMG-CoA) reductases [J]. Genome Biology, 2004, 5(11):1-7.
- [21] 黄晶,段续伟,张文娜,等.杜梨 *HMGR* 基因克隆及其转基因烟草种子耐盐性分析[J].中国农业大学学报,2015,20(1):60-67.
- [22] 刘雨佳,张夏楠,程琪庆,等.药用植物萜类生物合成 *HMGR* 基因研究进展[J].中国中药杂志,2013,38(19):3226-3233.