

相世刚,张瑞萍,刘琪,等. 助剂安融乐对草甘膦异丙胺盐增效作用及其机理[J]. 杂草学报, 2021, 39(1): 75-81.
doi: 10.19588/j.issn.1003-935X.2021.01.011

助剂安融乐对草甘膦异丙胺盐增效作用及其机理

相世刚¹,刘琪¹,强胜¹,夏爱萍²,魏佳峰²,李春林²,宋小玲¹,张瑞萍^{2,3}

(1. 南京农业大学生命科学学院杂草研究室,江苏南京 210095; 2. 北京成禾佳信农资贸易有限公司,北京 100025;
3. 江苏爱佳福如土壤修复有限公司,江苏南通 226300)

摘要:为明确助剂安融乐(3%卵磷脂·维生素E)对草甘膦异丙胺盐水剂的增效作用,在温室条件下以野芥菜 [*Brassica juncea* (L.) Czern. et Coss., AABB, 2n=36] 为供试材料,通过生物测定计算安融乐与2种草甘膦异丙胺盐水剂(商品名为发达成和农达,使用剂量为375~6000 mL/hm²)混用后(体积分数为0.02%)的ED₅₀值和ED₉₀值、5-烯醇式丙酮酰-莽草酸-3-磷酸合成酶(EPSPS)活性和莽草酸积累量。结果显示,与草甘膦异丙胺盐水剂单用相比,发达成、农达成与安融乐混用后野芥菜死亡时间提前1d左右,ED₅₀值和ED₉₀值分别降低690.0、550.5 mL/hm²和561.0、643.5 mL/hm²,野芥菜防除效果提高33.9%、36.2%和11.1%、15.0%;野芥菜EPSPS活性IC₅₀值(活性受抑制50%的草甘膦剂量)分别降低21.0 μmol/L和25.9 μmol/L。莽草酸积累量分别提高0.11%~24.02%和0.21%~27.05%。综上,安融乐对草甘膦异丙胺盐水剂有一定的增效作用,混用后可加速野芥菜EPSPS失活,增加莽草酸积累量,有效提高药剂作用速度,提高对靶标杂草的防除效果。

关键词: 增效助剂; 安融乐; 除草剂; 41%草甘膦异丙胺盐水剂; 增效作用

中图分类号: S451.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-935X(2021)01-0075-07

Study on the Synergistic Effect of AnnGro (3% lecithin · vitamin E) on Glyphosate – isopropylammonium and Its Mechanism

XIANG Shi-gang¹, LIU Qi¹, QIANG Sheng¹, XIA Ai-ping²,
WEI Jia-feng², LI Chun-lin², SONG Xiao-ling¹, ZHANG Rui-ping^{2,3}

(1. Weed Research Lab, College of Life Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;
2. Beijing Plum Agrochemical Trading Co., Ltd., Beijing 100025, China;
3. Jiangsu AgraForUm Soil Remediation Co., Ltd., Nantong 226300, China)

Abstract: To determine the synergistic effect of AnnGro (3% lecithin · vitamin E) on glyphosate – isopropylammonium, wild *Brassica juncea* (L.) Czern. et Coss. (AABB, 2n=36) was used as test material in the greenhouse to quantify ED₅₀ and ED₉₀ values, EPSPS activity, shikimic acid accumulation after treatment with 375 ~ 6000 mL/hm² glyphosate – isopropylammonium AS 41% [two brand names were Fada (FD) and Roundup (RD)] mixed with AnnGro (volume fraction was 0.02%). Mortality of wild *B. juncea* occurred 1.5 days earlier when

收稿日期: 2020-05-03

基金项目: 2019年江苏省“双创”计划; 2019年江苏省南通市“江海英才”计划。

作者简介: 相世刚(1995—)男,黑龙江牡丹江人,硕士研究生,主要从事除草剂助剂应用技术研究。E-mail: xsgxiangshigang@163.com。

通信作者: 宋小玲,博士,教授,博士生导师,研究方向为杂草生物生态学及管理。E-mail: sxl@njau.edu.cn。张瑞萍,博士,主要从事农药化肥减量增效应用技术研究。E-mail: zhangrp2006@sina.com。

AnnGro was added to the herbicide mixture. The ED_{50} and ED_{90} values of the herbicide mixed with adjuvant on wild *B. juncea* respectively decreased 690, 550.5 mL/hm² and 561, 643.5 mL/hm², control effect on wild *B. juncea* improve 33.9% ~ 36.2% and 11.1% ~ 15.0%. The IC_{50} of EPSPS activity of wild *B. juncea* treated by FD and RD mixed with AnnGro decreased by 21.0% and 25.9%, respectively and the accumulation of shikimic acid increased by 0.11% ~ 24.02% and 0.21% ~ 27.05%, respectively. In conclusion, as a synergistic adjuvant of glyphosate - isopropylammonium, AnnGro speeded up the inactivation of EPSPS and increase the accumulation of shikimic acid, thus reducing the time for the herbicide mixed with adjuvant to exert its phytotoxic action and improving the control efficacy on target weeds.

Key words: synergistic adjuvant; AnnGro; herbicide; glyphosate - isopropylammonium 41% AS; synergistic effect

草甘膦作为一种内吸传导型灭生性除草剂, 因具有广谱、低毒、高效、持久等特点, 迅速在除草剂领域占据了主导地位, 特别是在国外抗草甘膦转基因作物推广种植以后, 草甘膦用量逐年增加, 目前已成为全世界销量最大、销量增长速度最快的除草剂品种^[1]。但随着使用量的不断增加, 杂草对草甘膦的抗性频率明显上升, 截至2019年12月7日, 全球有29个国家发现了47种抗草甘膦杂草^[2]。降低除草剂使用量、缓解抗性杂草的发生已经成为农业生产中亟待解决的问题^[3-4]。随着《农药使用量零增长行动方案》^[5]的提出, 桶混增效助剂增加除草剂药效, 成为减少除草剂使用量的有效途径之一, 助剂对环境、作物的安全性和生物降解的影响倍受重视^[6]。

安融乐是由南非西北大学从大豆中提取的新型植物源喷雾助剂, 主要成分为卵磷脂和维生素E。在我国由北京成禾佳信农资贸易有限公司独家代理, 2018年被列入全国农业技术推广服务中心提出的《全国农技中心农药械重点推广产品》名录。前期的研究表明, 安融乐能促进植物对肥料的吸收和利用, 增加杀虫剂、杀菌剂对病虫害的防控效果^[7-12]; 在与除草剂混用方面, 安融乐能增强氟草酯对稗草和千金子的防效^[13], 提高高效氟吡甲禾灵 + 乙羧氟草醚和甲咪唑烟酸的除草活性^[14], 增加异丙隆和唑啉草酯对小麦田禾本科杂草的防除效果^[15], 增加啶磺草胺和甲基二磺隆对小麦田阔叶杂草的防除效果^[16], 增加激素型除草剂氯氟吡氧乙酸和2甲4氯钠对猪殃殃、大巢菜和野芥菜的防除效果^[17], 增加草铵膦对野芥菜的防除效果^[18]。但关于安融乐对灭生性除草剂草甘

膦的增效作用和机制研究目前尚未见报道。考虑到不同配方的除草剂产品与助剂的混用效果可能存在差异, 为了明确助剂安融乐对灭生性除草剂草甘膦异丙胺盐水剂增效作用的广谱性, 本研究在温室条件下测定2种41%草甘膦异丙胺盐水剂(发达和农达)与安融乐混用(0.02%体积分数)对野芥菜的防除效果和增效机制, 以期新型增效助剂安融乐作为除草剂助剂的研究和推广提供试验基础和数据支持。

1 材料与方法

1.1 供试杂草和药剂

供试杂草野芥菜 [*Brassica juncea* (L.) Czern. Et Coss., 基因型为 AABB $2n=36$] 种子于2016年采集备用。以塑料盆钵(上口径为6.5 cm, 高度为9.0 cm, 底部带孔)为种植容器, 在盆钵内装好由土壤(采集于蔬菜地)和腐殖质以体积比3:1的比例组成的混合基质, 浇足水后放置过夜, 第2天在每个盆钵表面撒播5粒种子, 盖厚度为0.5 cm混合基质, 置于温室(晴天光照12 000 lx以上)内培养, 每天浇水, 以保持湿润, 出苗后进行间苗, 使每个盆钵中的苗数为1株。施药时野芥菜叶片数量为4~5张, 处于营养生长期。市购的41%草甘膦异丙胺盐水剂分别产自苏州佳辉化工有限公司(商品名为发达, FD)和美国孟山都公司(商品名为农达, RD)。供试的3%卵磷脂·维生素E新型增效助剂由北京成禾佳信农资贸易有限公司提供, 生产厂家为南非尼勒思科882有限责任公司(商品名为安融乐)。

1.2 试验设计

选取长势一致的野芥菜(4~5叶期)植株施药,试验共设发达单用、发达+安融乐混用、农达单用和农达+安融乐混用4个系列,每个系列分别设清水空白对照和6个不同剂量处理,每个处理重复4次。

具体为系列I(发达单用):0(CK)、375、750、1500、2250、3000、6000 mL/hm²;系列II:在系列I的基础上向各剂量处理中添加0.02%(体积分数)安融乐;系列III(农达单用):0(CK)、375、750、1500、2250、3000、6000 mL/hm²;系列IV:在系列III的基础上各剂量处理中添加体积分数为0.02%的安融乐。

1.3 试验方法

1.3.1 杂草中毒症状的观察 施药前将供试杂草随机均匀地摆放在面积为2 m²的空地上,采用1.5 L手持式气压喷雾器(市下牌,型号为SX-574,市下控股有限公司)均匀喷雾,兑水量为45 mL/m²。喷雾压力约为0.2 MPa,不同除草剂使用独立的喷雾器,以防止相互干扰。施药时间为2017年7月5日,天气晴朗,温度28~30℃。

用药后每天上午和下午连续观察并记录野芥

菜的中毒症状和死亡速度,按照5级中毒分级法(表1)对供试杂草进行中毒分级,当最高剂量下杂草的中毒症状达到5级时,计算中毒症状综合指数。

用Origin 8.0分析软件拟合剂量和中毒症状综合指数之间的Logistic回归曲线^[19],得出回归方程及ED₅₀值(杂草中毒程度达到50%时的除草剂剂量)和ED₉₀值(杂草中毒程度达到90%时的除草剂剂量)。根据杂草的ED₅₀值及ED₉₀值分析评估安融乐对草甘膦杂草防除效果的影响。

中毒症状综合指数 = $\sum [(每处理各中毒级别株数 \times 级别) / (每处理总株数 \times 最高级别)] \times 100\%$ 。

ED₅₀增效百分比 = $(除草剂单用时防除该杂草的ED_{50}值 - 除草剂与安融乐混用时防除该杂草的ED_{50}值) / 除草剂单用时防除该杂草的ED_{50}值 \times 100\%$;

ED₉₀增效百分比 = $(除草剂单用时防除该杂草的ED_{90}值 - 除草剂与安融乐混用时防除该杂草的ED_{90}值) / 除草剂单用时防除该杂草的ED_{90}值 \times 100\%$ 。

表1 杂草中毒症状的分级标准

Table 1 Scoring criteria of herbicide injury level

中毒级别	中毒症状及程度
0	无中毒症状
1	植株生长缓慢,新叶褪绿,叶柄和植株中上部泛白,少部分叶片出现黄化现象,老叶叶片有1%~20%枯黄死亡
2	植株基本失去生长能力,叶片失绿黄化,茎和老叶叶柄白化变脆,茎节点白化程度较严重,根尖膨大,植株中上部整体失绿,老叶叶片及基部有21%~40%枯黄死亡
3	植株停止生长,叶片黄化枯萎,植株整体失绿严重,茎节点泛白皱缩溃烂,极易断开,根茎弯曲膨大畸形,植株根部出现溃烂现象,老叶叶片有41%~60%枯黄死亡
4	植株叶片完全枯黄脱落,根茎畸形,茎节点出现溃烂断开现象,植株根部整体溃烂,老叶叶片有61%~80%枯黄死亡,整株接近死亡
5	植株叶片完全枯黄脱落,根茎畸形,断根,茎节点完全溃烂断开,老叶叶片有81%~100%枯黄死亡,整株基本死亡

1.3.2 莽草酸积累量的测定 在药剂喷施0.25、0.50、1.00、2.00、3.00、4.00、5.00、6.00、7.00 d后选取植株倒4叶取样,将样品储存于-80℃条件下备用。

使用分光光度计法^[20]测定样品中莽草酸的积累量。

1.3.3 5-烯醇式丙酮酰-莽草酸-3-磷酸合成酶(EPSPS)活性测定 选取长势一致野芥菜的倒4叶为处理叶,采用移液枪在叶片表面涂抹用药,每张叶片涂抹药剂10 μL,且保证药液在叶片表面分布均匀。分别设置草甘膦单用及草甘膦与安融乐混用共4种处理,草甘膦使用剂量为0、

1.2、2.4、5.0、10.0、20.0、40.0、60.0、120.0、240.0、480.0 μmol/L,每处理重复 4 次。在药剂施用 3 d 后选取野芥菜倒 2 叶和倒 4 叶取样,将样品储存于 -80 °C 条件下备用。5-烯醇式丙酮酰-莽草酸-3-磷酸合成酶活性测定^[21]的所有步骤均在 0~4 °C 下进行。采用 Total protein quantitative assay kit(南京建成生物工程研究所,序号为 A045-2)测定可溶性蛋白含量。用 Origin 软件进行 Logistic 回归分析并计算 IC₅₀ 值(活性受抑制 50% 的草甘膦剂量)。

2 结果与分析

2.1 杂草中毒级别和死亡速度分析

表 2 不同剂量 41% 草甘膦异丙胺盐水剂处理下野芥菜的中毒级别(处理后 4 d)

Table 2 Injury levels of wild *Brassica juncea* treated with glyphosate-isopropylammonium 41% AS at different doses after 4 days

41% 草甘膦异丙胺盐水剂使用剂量 (mL/hm ²)	发达的中毒等级		农达的中毒等级	
	单用	+ 安融乐	单用	+ 安融乐
0	0	0	0	0
375	1	2	1	2
750	1	2	2	3
1 500	2	3	2	3
2 250	3	4	4	4
3 000	3	4	4	5
6 000	4	5	5	5

2.2 对除草活性的分析

用 Origin 8.0 分析软件拟合剂量和中毒症状综合指数的 Logistic 回归曲线,得出回归方程(表 3)及 ED₅₀ 值和 ED₉₀ 值(表 4)。安融乐可以增加草甘膦对杂草野芥菜的除草活性,增强杂草的中毒程度。发达与安融乐混用后,与单用发达相比,野芥菜的 ED₅₀ 值和 ED₉₀ 值分别降低 690、561 mL/hm²,野芥菜防除效果分别增加 33.9%、

药剂处理后 1~5 d 的野芥菜中毒症状调查结果显示,随着 41% 草甘膦异丙胺盐水剂使用剂量的增加,野芥菜中毒症状和中毒级别呈逐渐增加趋势。药后 4 d,与单用草甘膦相比,安融乐与草甘膦混用处理野芥菜中毒症状更为严重,中毒级别大多提高 1 级(表 2)。观察发现,以 6 000 mL/hm² 发达和 3 000 mL/hm² 农达处理下野芥菜中毒级别达到 5 级的时间来看,安融乐与草甘膦混用后需要 4 d,比单用草甘膦提前 1 d。说明安融乐能加快供试杂草的死亡速度,对 41% 草甘膦异丙胺盐水剂(发达和农达)具有明显的增效效果。

11.1%; 农达与安融乐混用后,与单用农达相比,野芥菜的 ED₅₀ 值和 ED₉₀ 值分别降低 550.5、643.5 mL/hm²,野芥菜防除效果增加 36.2%、15.0%。表明安融乐作为草甘膦异丙胺盐水剂的喷雾增效助剂,能有效提高供试除草剂对目标杂草的防除效果。

2.3 对莽草酸积累量的影响

从图 1 至图 4 可以看出,野芥菜叶片中莽草酸

表 3 41% 草甘膦异丙胺盐水剂单用及其与 0.02% 安融乐混用下野芥菜的 Logistic 曲线方程

Table 3 Logistic curve equations of weeds treated by glyphosate-isopropylammonium 41% AS and its mixture with 0.02% AnnGro

除草剂	处理	方程	r ²
发达	单用	$y = -0.46148 + (0.99114 + 0.46148) / [1 + (x/233.2244)^{1.24285}]$	0.98309
	+ 安融乐	$y = -0.26966 + (0.99667 + 0.26966) / [1 + (x/132.44923)^{1.12721}]$	0.99786
农达	单用	$y = -0.19414 + (0.99244 + 0.19414) / [1 + (x/129.62179)^{1.40167}]$	0.98812
	+ 安融乐	$y = -0.07078 + (1.00923 + 0.07078) / [1 + (x/70.38149)^{1.34840}]$	0.97351

表4 41%草甘膦异丙胺盐剂单用及其与0.02%安融乐混用野芥菜的ED₅₀值和ED₉₀值

Table 4 ED₅₀ and ED₉₀ values of wild *Brassica juncea* treated by 41% glyphosate - isopropylammonium AS and its mixture with 0.02% (V/V) AnnGro

处理	ED ₅₀ 值			ED ₉₀ 值		
	剂量(mL/hm ²)	置信区间(mL/hm ²)	比单用增效(%)	剂量(mL/hm ²)	置信区间(mL/hm ²)	比单用增效(%)
发达	2 037.0	1 963.8 ~ 2 059.2		5 073.0	4 975.4 ~ 5 142.1	
发达 + 安融乐	1 347.0	1 272.0 ~ 1 421.0	33.9	4 512.0	4 458.7 ~ 4 528.4	11.1
农达	1521.0	1 446.0 ~ 1 581.0		4 291.5	4 127.6 ~ 4 258.7	
农达 + 安融乐	970.5	925.8 ~ 1 022.8	36.2	3 648.0	3 697.4 ~ 3 754.1	15.0

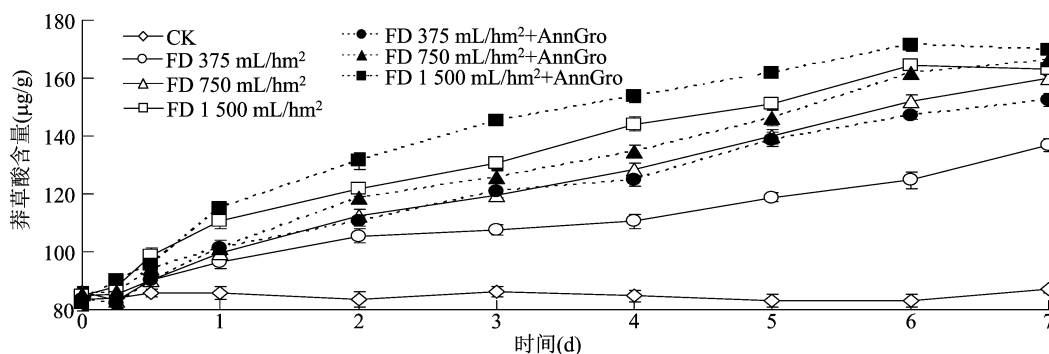


图1 不同剂量发达和发达+安融乐处理0~7 d后野芥菜叶片中莽草酸积累量

Fig.1 The accumulation of shikimic acid in wild *B. juncea* applied different doses FD and its mixture with AnnGro after 0~7 days

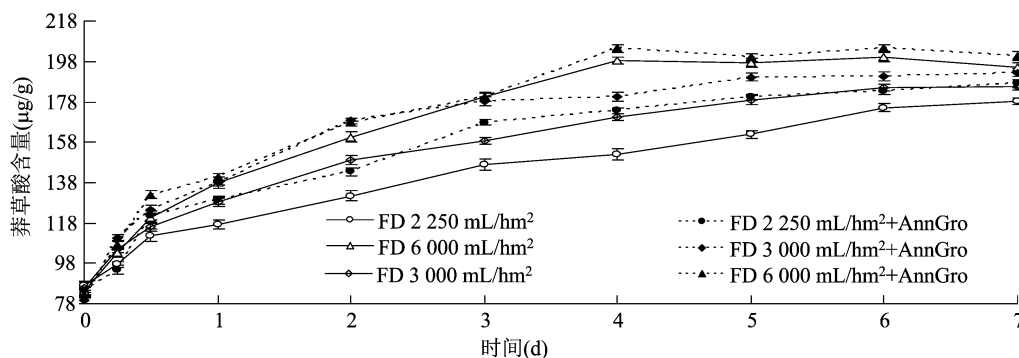


图2 不同剂量发达和发达+安融乐处理0~7 d后野芥菜叶片中莽草酸积累量

Fig.2 The accumulation of shikimic acid in wild *B. juncea* applied different doses FD and its mixture with AnnGro after 0~7 days

的积累量总体随着草甘膦剂量和处理后天数的增加而增加。与41%草甘膦异丙胺盐剂(使用剂量为375~6000 mL/hm²)单用相比,处理后0.25~7.00 d 41%草甘膦异丙胺盐剂(发达和农达)+安融乐混用处理的野芥菜叶片中莽草酸积累量均有0.11%~27.05%的提高,并在750 mL/hm²剂量处理下提高量达到最大值,发达和农达分别达到2.01%~24.25%和5.51%~14.61%。药后2~4 d差异较大,分别增加4.83%~24.25%和7.06%~12.41%。综上所述,安融乐与草甘膦异丙胺盐剂混用后可增加

野芥菜莽草酸积累量,提高对靶标杂草的防除效果。

2.4 EPSPS 活性测定

用 Origin 8.0 分析软件拟合剂量和 EPSPS 活性值的 Logistic 回归曲线,得出回归方程(表5)。根据 Logistic 回归方程计算出每种药剂处理下野芥菜的 IC₅₀ 值。经测定,在不添加草甘膦情况下,野芥菜 EPSPS 活性为 3.22 U/mg。添加草甘膦后,野芥菜 EPSPS 活性均随着草甘膦浓度的升高而降低。单用发达处理下野芥菜 IC₅₀ 值为 48.0 μmol/L;加入安融乐后野芥菜 IC₅₀ 值降至

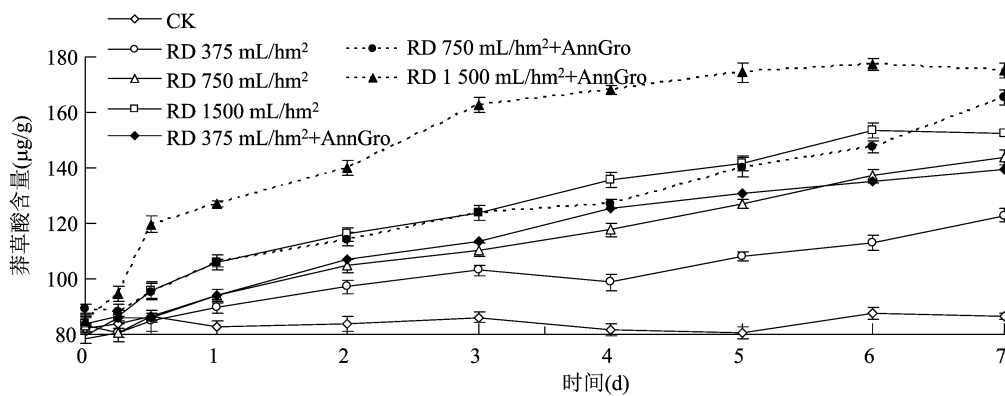


图3 不同剂量农达和农达+安融乐处理 0~7 d 后野芥菜叶片中莽草酸积累量

Fig.3 The accumulation of shikimic acid in wild *B. juncea* applied different doses RD and its mixture with AnnGro after 0~7 days

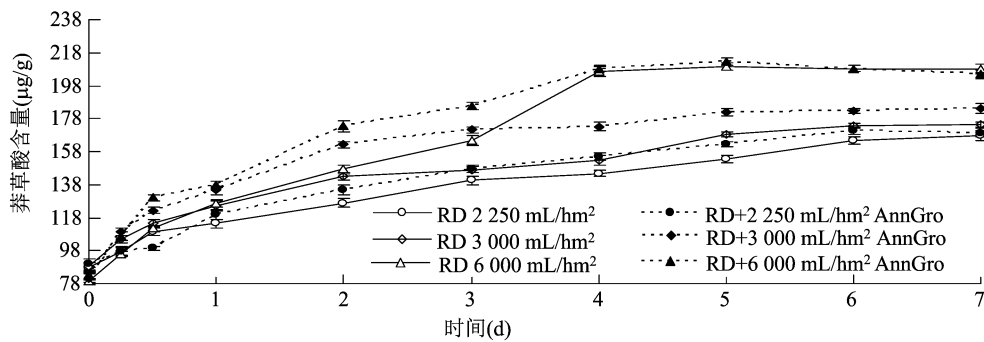


图4 不同剂量农达和农达+安融乐处理 0~7 d 后野芥菜叶片中莽草酸积累量

Fig.4 The accumulation of shikimic acid in wild *B. juncea* applied different doses RD and its mixture with AnnGro after 0~7 days

表5 41%草甘膦异丙胺盐水剂单用及其与0.02%安融乐混用下野芥菜 EPSPS 活性的 Logistic 曲线方程

Table 5 Logistic curve equations of weeds EPSPS treated by glyphosate-isopropylammonium 41%AS and its mixture with 0.02% AnnGro

除草剂	处理	方程	r ²
发达	单用	$y = 0.044\ 00 + (1.04\ 011 - 0.044) / (1 + (x/45.501\ 22)^3.167\ 88)$	0.996\ 73
	+安融乐	$y = 0.035\ 82 + (1.069\ 81 - 0.035\ 82) / (1 + (x/24.204\ 60)^1.840\ 88)$	0.993\ 62
农达	单用	$y = 0.044\ 68 + (1.051\ 83 - 0.044\ 68) / (1 + (x/46.382\ 86)^2.694\ 25)$	0.985\ 84
	+安融乐	$y = 0.028\ 41 + (1.069\ 3 - 0.028\ 41) / (1 + (x/20.916\ 1)^1.384\ 95)$	0.987\ 79

27.0 μmol/L。单用农达处理下野芥菜 IC₅₀ 值为 49.8 μmol/L; 加入安融乐后野芥菜 IC₅₀ 值降低至 23.9 μmol/L。表明安融乐的加入可加速 EPSPS 失活。

3 结论与讨论

目前,在安融乐促进肥料吸收、作物生长和抗病性方面的应用研究较多^[7-10,22],但关于安融乐对除草剂的增效作用和机制少见报道。本研究发现,安融乐与41%草甘膦异丙胺盐水剂混用,可以提高草甘膦对野芥菜的作用速度,缩短作用时间,野芥菜死亡时间提前1 d左右。与单用草甘膦相

比,相同剂量草甘膦与0.02% (体积分数) 安融乐混用后,野芥菜中毒程度明显增加。从 ED₉₀ 值分析结果来看,安融乐与2种41%草甘膦异丙胺盐水剂(发达和农达)混用后,药效分别增加11.1%和15.0%,且安融乐可以降低草甘膦使用剂量,加快杂草死亡速度,缓解抗性杂草的产生,减少可能带来的土壤和水体污染。

草甘膦是一种非选择性的内吸传导型除草剂,可抑制叶绿体中的 EPSPS 活性,进而抑制芳香族氨基酸的生物合成,导致植物死亡。植物体内莽草酸积累量和 EPSPS 活性是判定草甘膦对杂草防除效果以及杂草对草甘膦吸收和传导量的重要

生理指标。与单用草甘膦相比,安融乐与41%草甘膦异丙胺盐剂(发达和农达,剂量为375~6000 mL/hm²)混用后,野芥菜体内的莽草酸含量提高0.11%~27.05%,野芥菜 EPSPS 活性 IC₅₀ 值分别降低 21.0 μmol/L 和 25.9 μmol/L。说明安融乐对草甘膦除草效果的增强可能是因为安融乐促进了野芥菜对草甘膦的吸收和传导,增加了野芥菜体内草甘膦的含量,从而使得草甘膦对野芥菜 EPSPS 活性的抑制作用增强,野芥菜中莽草酸含量增加。安融乐的主要成分卵磷脂是一种两性离子表面活性剂,推测其可能通过降低供试除草剂在叶面上的表面张力,增加接触角来提高除草剂在植物叶面上的湿润展布能力,增加除草剂透过质膜的能力,提高杂草对除草剂的吸收和传导,从而提高除草剂的药效。因此为深入揭示安融乐的增效机制,还需进一步开展安融乐对除草剂湿润展布能力及杂草吸收和传导除草剂影响的相关试验。

参考文献:

- [1] Britoip I P, Tropaldi L, Carbonari C A, et al. Hormetic effects of glyphosate on plants[J]. Pest Management Science 2018, 74(5): 1064-1070.
- [2] Heap I. The international survey of herbicide-resistant weeds: lessons and limitations[EB/OL]. (2019-12-7) [2020-04-20]. <http://www.weedscience.org>.
- [3] 强胜. 我国杂草学研究现状及其发展策略[J]. 植物保护, 2010, 36(4): 1-5.
- [4] 张林龙. 化学除草剂: 生态环境的杀手[J]. 生态经济, 2012(11): 14-17.
- [5] 谭铁安. 农药零增长行动, 压力? 机遇? 挑战? [J]. 农药市场信息, 2015(22): 6-10.
- [6] 张春华, 张宗俭, 刘宁, 等. 农药喷雾助剂的作用及植物油类喷雾助剂的研究进展[J]. 农药科学与管理, 2012, 33(11): 16-18.
- [7] Pholo M, Pretorius C J S. Seedling growth of maize (*Zea mays* L.) in response to seed treatments [J]. Biological Forum - An International Journal 2011, 3(1): 4-9.
- [8] 刘兴. 一种专用于猕猴桃树的叶面肥配方及使用方法: CN106518343A[P]. 2016-11-02.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 杨望明, 田良元, 滕永梅, 等. 生物助剂安融乐对水稻二化螟减药控害增效作用试验[J]. 湖北植保, 2018(6): 24-25.
- [12] 李进, 张军高, 王伟, 等. 不同增效剂对噻虫嗪防治棉蚜的减量增效作用[J]. 农药, 2018, 57(12): 912-915.
- [13] 相世刚, 刘琪, 强胜, 等. 安融乐对水稻田除草剂氟氯草酯的增效作用及对水稻的安全性[C]//第十三届全国杂草科学大会论文摘要集, 2017.
- [14] 李秀杰, 孙慧慧, 崔小伟, 等. 安融乐对花生田除草剂防效和花生药害的影响[J]. 河南农业科学, 2018, 47(7): 81-89.
- [15] 程文超, 李光宁, 相世刚, 等. 安融乐对2种除草剂防除冬小麦田禾本科杂草的增效作用[J]. 杂草学报, 2019, 37(1): 64-70.
- [16] 程文超, 李光宁, 相世刚, 等. 安融乐对除草剂防除冬小麦田阔叶杂草的增效作用[J]. 杂草学报, 2019, 37(2): 57-63.
- [17] 相世刚, 张瑞萍, 李光宁, 等. 新型生物助剂安融乐对小麦田激素型除草剂的增效作用[J]. 杂草学报, 2019, 37(4): 56-62.
- [18] 张瑞萍, 相世刚, 刘琪, 等. 助剂安融乐对2种不同剂型草铵膦除草剂的增效作用[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(4): 111-114.
- [19] Song X L, Wu J J, Zhang H J, et al. Occurrence of glyphosate-resistant horseweed (*Conyzacandensis*) population in China[J]. Agricultural Sciences in China 2011, 10(7): 1049-1055.
- [20] 朱金文, 李洁, 吴志毅, 等. 有机硅喷雾助剂对草甘膦在空心莲子草上的沉积和生物活性的影响[J]. 农药学报, 2011, 13(2): 192-196.
- [21] Singh B K, Shaner D L. Rapid determination of glyphosate injury to plants and identification of glyphosate-resistant plants[J]. Weed Technology, 1998, 12(3): 527-530.
- [22] 马小艳, 董泰丽, 姜伟丽, 等. “新壮态”液肥对草甘膦异丙胺盐除草的增效作用[J]. 中国棉花, 2018, 45(1): 19-24.