

• 研究论文 •

两种喷雾助剂对氟磺胺草醚在反枝苋上的吸收和药效的影响

卢向阳*, 徐 筠

(北京市农林科学院 植物保护环境保护研究所, 北京 100089)

摘 要: 采用 ^{14}C -氟磺胺草醚同位素标记法研究了喷雾助剂 JFC[C_{7-9} 烷醇聚氧乙烯(5~6)醚]和 ABS(十二烷基苯磺酸钠)对 ^{14}C -氟磺胺草醚在反枝苋上的吸收和药效的影响。结果表明,在药液中添加 2 g/L 的 JFC,反枝苋对 ^{14}C -氟磺胺草醚的吸收面积可增加 1.4 倍,吸收量增加 3.2 倍,药效提高 28.5%;添加 2 g/L 的 ABS,反枝苋对 ^{14}C -氟磺胺草醚的吸收面积增加 1.3 倍,吸收量增加 1.0 倍,药效提高 19.2%。JFC 不但具有促进药液在反枝苋叶面扩展的能力,还具有促进药剂渗透的能力,当添加 2 g/L 的 JFC 时,反枝苋单位面积吸收强度增加 75.7%;ABS 基本上不能增加反枝苋单位面积的吸收强度,只具有促进药液扩展的能力。

关键词: 氟磺胺草醚; 喷雾助剂; 反枝苋; 吸收; 防除

中图分类号: S482.92

文献标识码: A

文章编号: 1008-7303(2006)02-0162-05

Influence of Two Spray Adjuvants on Uptake and Efficacy of Fomesafen on Red-root *Amaranthus retroflexus*

LU Xiang-yang*, XU Jun

(Institute of Plant Protection, Beijing Academy of Agricultural and Forestry Science, Beijing 100089, China)

Abstract Radiolabeled fomesafen was used to investigate the effects of spray adjuvants ABS (sodium dodecylbenzene sulfonate) and JFC (penetrating agent JFC) on the foliar uptake and fomesafen efficacy on *Amaranthus retroflexus*. Results indicated that compare to fomesafen applied alone the addition of JFC at 2 g/L increased 1.4-fold areas of uptake, 3.2-fold amount of uptake and 28.5% efficacy of fomesafen; the addition of ABS at 2 g/L increased 1.3-fold areas of uptake, a fold amount of uptake and 19.2% efficacy of fomesafen for *A. retroflexus*. Not only could JFC increase the areas of uptake, but also it enhanced the activity per unit area. The activity was enhanced to 75.7% by JFC at 2 g/L on *A. retroflexus*. Basically, ABS could only increase the areas of uptake, but did not enhance the activity.

Key words fomesafen; spray adjuvants; *Amaranthus retroflexus*; foliar uptake; control

Foy^[1]定义喷雾助剂为“添加在制剂或药液桶中,能提高药剂生物活性或应用特性的物质”。除草剂的除草效果经常要依靠药液中能提高除草性

能的非除草剂组份,若缺少喷雾助剂,或许除草剂只能表现出它潜在生物活性的 10%^[2]。在药液喷雾到生物体并产生生物效果这一复杂过程中,

收稿日期: 2006-01-20; 修回日期: 2006-04-03.

作者简介: * 卢向阳 (1955-), 男, 通讯作者, 博士, 副研究员, 从事除草剂应用技术和制剂学研究. 联系电话: 010-88439098 E-mail

luxiangyang1955@sina.com

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

包括雾化、雾滴输送、撞击、润湿、沉积、特留、药液扩展和产生生物效果等一系列相关过程, 喷雾助剂能够影响上述每一过程^[3]。

国内外常用的主要喷雾助剂有矿物油、植物油、无机盐类以及阳离子型、阴离子型、非离子型、有机硅表面活性剂等^[4-7]。表面活性剂作为喷雾助剂使用是喷雾助剂发展的最新阶段。在国外, 对各种表面活性剂作为喷雾助剂在除草剂、杀虫剂、杀菌剂上的应用均有研究, 特别是在除草剂上应用的研究最多, 进展也最快。在除草剂中添加表面活性剂, 通常在保证除草效果的同时, 还可以降低除草剂的用药量^[8]。

氟磺胺草醚是大豆田常用的茎叶处理型除草剂之一, 主要剂型为质量分数 25% 的水剂。经试验测定, 当氟磺胺草醚有效剂量为 90 g/hm^2 时, 对大豆田主要杂草反枝苋的防效为 72.6%^[9], 效果不很理想。Ramsdale 等人以向日葵、亚麻和黑麦为试验对象, 对氟磺胺草醚做喷雾助剂试验, 发现在供试的 4 种喷雾助剂中, Quad 7 (混合助剂) 和 Scoil (甲基化种子油) 增效最好, Herbimax (机油乳剂) 其次, 而 Activator 90 (非离子型表面活性剂) 则最差^[10]。但这些喷雾助剂产品在我国不易获得。因此, 笔者以国内市场上销售的 5 种不同类别的表面活性剂为喷雾助剂, 对氟磺胺草醚进行了喷雾试验, 并对其中 2 种增效作用较好的喷雾助剂采用 ^{14}C 同位素标记法作了初步的增效机制研究。

1 材料与方法

1.1 仪器设备

NYH-1 型 ^{14}C 核素高灵敏探测装置^[11]; AG245 型万分之一分析天平 (Mettler Toledo Instrumentis Co. Ltd); PW T-510 型微量喷雾塔 (中国农业大学施药技术研究室研制)。

1.2 供试药剂

25% 氟磺胺草醚 (fomesafen) 水剂 (英国先正达有限公司); ^{14}C -氟磺胺草醚 (纯度 99.46%, 比活度 0.16 GBq/kg 中国农业科学院原子能利用研究所合成)。

JFC [C₇₋₉ 烷醇聚氧乙烯 (5~6) 醚, 非离子型表面活性剂, 北京洗涤剂厂]; Tween-20 (聚氧乙烯山梨醇酐月桂酸酯, 非离子型表面活性剂, 天津市化学试剂一厂); ABS (十二烷基苯磺酸钠, 阴离子型表面活性剂, 上海白猫有限公司); Azone (L-

正十二烷基氮杂环庚-2-酮, 渗透剂, 河南省新科农药助剂研究中心); 6501 (展着剂, 辽宁海城农药助剂厂)。

1.3 供试杂草

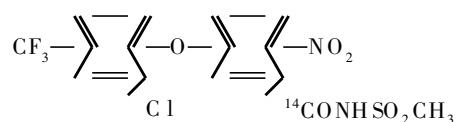
反枝苋 *Amaranthus retroflexus* L.

1.4 试验方法

1.4.1 喷雾助剂的筛选 采用直径 13 cm, 高 15 cm 的瓦盆, 每盆装 1 000 g 轻壤土。杂草种子播种深度为 1 cm, 播种后置于温室内培养 (日温 38~40℃, 夜温 21~25℃, 日照 14 h 相对湿度 55%~65%), 每天浇水保湿。当杂草长至 5~6 叶期时, 每盆保留均匀一致的杂草 5 株, 于间苗后次日施药 (播种后约 25 d)。氟磺胺草醚的使用有效剂量为 90 g/hm^2 (25% 氟磺胺草醚水剂的 1 250 倍稀释液)。喷雾助剂的添加浓度分别为 0.5、1.0、2.0 g/L (低、中、高 3 种剂量)。采用 PW T-510 型微量喷雾塔喷雾, 施药液量 450 L/hm^2 , 喷雾压力 2~3 Pa。试验采用完全随机排列, 重复 4 次, 各处理见表 1。施药后 15 d 考察杂草地上部鲜重, 计算杂草抑制率。杂草抑制率经百分数反正弦转换后, 采用 SAS 软件进行 ANOVA 方差分析。

1.4.2 喷雾助剂对氟磺胺草醚吸收的影响

1.4.2.1 氟磺胺草醚的标记 ^{14}C 标记位置如下列结构式所示:



标记后的氟磺胺草醚经测定比活度为 $4.3 \mu\text{Ci/mg}$ 。用万分之一天平称取 ^{14}C -氟磺胺草醚 0.053 2 g 于 50 mL 容量瓶中, 用乙醇定容。经计算该溶液每分钟的衰变数为 $1.0156 \times 10^7 \text{ dpm/mL}$ 。

1.4.2.2 处理药液的配制 先用 100 mL 容量瓶分别配制 25% 氟磺胺草醚水剂的如下稀释液:

① 1 250 倍液; ② 1 250 倍液 + ABS 0.5 g/L; ③ 1 250 倍液 + ABS 1 g/L; ④ 1 250 倍液 + ABS 2 g/L; ⑤ 1 250 倍液 + JFC 0.5 g/L; ⑥ 1 250 倍液 + JFC 1 g/L; ⑦ 1 250 倍液 + JFC 2 g/L。再取 10 mL 容量瓶 7 个, 各加入 ^{14}C -氟磺胺草醚溶液 1.5 mL, 然后分别加入 ①~⑦ 号药液 8.5 mL, 配制成最后滴加的药液^[7]。这时, 药液中 ^{14}C -氟磺胺草醚每分钟衰变数为 $1.5234 \times 10^6 \text{ dpm/mL}$, 10 μL 药液中所含 ^{14}C -氟磺胺草醚的每分钟衰变

数为 1.5234×10^4 dpm。

1.4.2.3 药液的滴加方法 采用 1.4.1 节的方法种植培养反枝苋。当杂草长至 5~6 叶期时(播种后约 25 d)选取倒 3 叶,用 10 μ L 微量注射器滴加各处理药液,每叶 5 滴,每滴 2 μ L^[12],每个液滴互不重叠。滴加后,将供试钵置于温室条件下(阳光照射,温度 38~40℃),放置 4 h(预备试验结果表明,4 h 与 24 h、48 h 杂草对药剂的吸收量无显著差异)后剪取处理叶片(由于氟磺胺草醚是一种传导性极弱的除草剂,而且 JFC 和 ABS 对其传导性几乎没有促进作用^[13],因此可以直接采用测定处理部位的方法测定药剂的吸收量),放入盛有 20 mL 氯仿^[14]的烧杯中,清洗约 20 s 后取出叶片,置于纸袋中,将纸袋放入硅胶干燥缸中干燥。待叶片干燥后,测定药剂吸收量。每处理重复 4 次。

1.4.2.4 药剂吸收量的测定 采用 ¹⁴C 核素高灵敏探测装置,测定效率为 4%。样品经 5~10 min 测定,可获得计数值 N,并通过公式(1)求得每分钟的比放射性强度(cpm)。

$$\text{比放射性强度} = \frac{\text{计数值 } N}{\text{测定时间}} \quad (1)$$

比放射性强度除以测定效率,可转化为每分钟衰变数,即放射性强度(dpm)。根据王福均^[15]放射性测量数据处理方法,由公式(2)来计算相对标准误差。

$$\text{相对标准误差}(\%) = \pm N^{1/2} N \times 100 \quad (2)$$

1.4.2.5 药液扩展面积测量 选取杂草倒 3 叶,用 10 μ L 微量注射器分别滴加 1.4.2 节中配制的各处理药液 2 μ L(1 滴)于杂草叶面,置于双筒解剖镜下(放大 10 倍),待液滴充分扩展并在即将干燥之前(约 30 s)用测微尺测量液滴直径,重复 5 次,取平均值,计算出 5 滴药液的扩展面积。

2 结果与分析

2.1 喷雾助剂的筛选

从表 1 可见,与单用氟磺胺草醚相比,在药液中添加喷雾助剂对反枝苋的抑制作用以 JFC 和 ABS 增效最大,其 3 种剂量的平均增效幅度分别为 23.7% 和 13.4%。最大增效作用出现在添加高剂量的喷雾助剂时,当 JFC 添加剂量为

2.0 g/L 时对反枝苋的抑制作用增加 28.5%,当 ABS 剂量为 2.0 g/L 时对反枝苋的抑制作用增加 19.2%。

助剂添加浓度不同时,增效程度有一定差别。当添加 JFC 0.5、1.0 和 2.0 g/L 时,药效分别增加 20.3%、22.3% 和 28.5%,其中低、中剂量之间无显著差异,中、高剂量之间差异显著。添加 ABS 0.5、1.0 和 2.0 g/L 分别增效 9.4%、11.7% 和 19.2%,其中高、中剂量与单用氟磺胺草醚相比有显著差异,而低剂量与之相比无显著差异,低、中、高剂量之间无显著差异。在相同添加浓度下,JFC 的增效作用优于 ABS。

其他增效显著的处理还有 Azone 2.0 g/L、Tween-20 1.0 g/L 和 2.0 g/L,分别增效 13.3%、14.4% 和 14.7%。6501 不但不能增加氟磺胺草醚的药效,反而对药剂有拮抗作用,而且添加量越大拮抗作用越强。

2.2 喷雾助剂浓度对药剂扩展面积和吸收量的影响

经计算,试验的相对标准误差范围为 $\pm 2.4\%$ ~ $\pm 4.0\%$ 。从表 2、表 3 可见,随喷雾助剂浓度增加,药滴扩展直径和扩展面积也随之增加,同时 ¹⁴C-氟磺胺草醚的吸收量也随之增加。与不加喷雾助剂相比,在药液中添加 2 g/L 的 JFC 和 ABS 后,反枝苋对 ¹⁴C-氟磺胺草醚的吸收面积分别可提高 1.4 倍和 1.3 倍,吸收量分别提高 3.2 倍和 1.0 倍,抑制作用可提高 28.5% 和 19.2%。虽然随着添加助剂浓度的变化,药剂吸收量的增加与药效的增加不成比例,但两者数量上增加的显著性关系是一致的。

从表 3 可见,在药液中添加 ABS 0.5~2.0 g/L 后,吸收面积有所增加,但 ABS 基本上不能增加反枝苋的单位面积吸收强度(除了 0.5 g/L 的 ABS 使反枝苋的单位面积吸收强度增加了 7.8% 以外),由此可见,ABS 促进杂草对药剂的吸收量主要是通过增加吸收面积来实现的。而在药液中添加 0.5~2.0 g/L JFC 不但增加了吸收面积,而且单位面积吸收强度也增加了。例如,与单用氟磺胺草醚相比,当 JFC 添加浓度为 2.0 g/L 时,单位面积吸收强度由 65.4 dpm/mm² 增加到 114.9 cpm/mm²,增加 75.7%。

可见,当 JFC 和 ABS 的添加浓度在 0.5~2.0 g/L 范围内,随添加浓度的增加,药剂扩展面积、¹⁴C-氟磺胺草醚的吸收量以及对反枝苋的抑制效果都随之增加。

Table 1 Influence of adjuvants on efficacy of fomesafen on *A. retroflexus*

Adjuvants	Concentration /(g/L)	Fresh weight of each pot / g	Efficacy (%)	Increased efficacy (%)	Mean increased efficacy (%)
None	0	0.83	71.5 c	—	—
ABS	0.5	0.28	80.9 bc	9.4	13.4
	1.0	0.24	83.2 b	11.7	
	2.0	0.06	90.7 b	19.2	
JFC	0.5	0.74	91.8 b	20.3	23.7
	1.0	0.26	93.8 b	22.3	
	2.0	0.00	100.0 a	28.5	
Azone	0.5	0.75	75.2 c	3.7	8.1
	1.0	0.64	78.8 bc	7.3	
	2.0	0.46	84.8 b	13.3	
Tween-20	0.5	0.72	76.3 c	4.8	11.3
	1.0	0.43	85.9 b	14.4	
	2.0	0.42	86.2 b	14.7	
6501	0.5	1.11	63.5 d	-8.0	-14.4
	1.0	1.25	58.9 e	-12.6	
	2.0	1.55	49.0 f	-22.5	
CK		3.04	—	—	—

Note: Means in straight column followed by the same letter are not significant different at 5% level by LSD. The same as in the following tables

Table 2 Influence of adjuvants on uptake of ¹⁴C-fomesafen on *A. retroflexus*

Adjuvants	Concentration /(g/L)	Uptake amount /dmp	Uptake ratio (%)	Increased uptake times
None	0	1112.5 e	7.3	—
ABS	0.5	1727.5 de	11.3	0.6
	1.0	2167.5 cd	14.2	0.9
	2.0	2175.0 cd	14.3	1.0
JFC	0.5	2785.0 bc	18.3	1.6
	1.0	3467.5 b	22.8	2.1
	2.0	4617.5 a	30.3	3.2

Table 3 Result of spread area and activity of ¹⁴C-fomesafen on *A. retroflexus* by different concentration of adjuvant

Adjuvants	Concentration /(g/L)	Diameter /mm	Area /(mm ² /10 ⁴ L)	Activity /(dpm /mm)
None	0	2.08	17.0	65.4
ABS	0.5	2.50	24.5	70.5
	1.0	2.60	26.5	55.6
	2.0	3.18	39.7	54.8
JFC	0.5	2.60	26.5	105.1
	1.0	2.92	33.5	103.5
	2.0	3.20	40.2	114.9

3 讨论

目前, 有关喷雾助剂选择规律和理论的研究还十分有限, 喷雾助剂使用的盲目性较大。即使助剂本身具有优良的特性, 但因盲目使用有时不但不能提高药效, 反而还会产生拮抗作用^[12]。因

此,加强对喷雾助剂的作用机制及选择规律的研究,对于提高药效、降低农药使用量、缓解环境压力有着重要意义。

本研究所选择的喷雾助剂均为市场上廉价易得的品种。ABS属烷基苯磺酸碱金属盐阴离子型表面活性剂,是洗衣粉的重要成分之一。据试验,在草甘膦药液中添加 2 g/L 的 ABS可提高药效 20% 左右^[16]。JFC属脂肪醇聚氧乙烯醚类非离子型表面活性剂,在纺织工业中广泛用作渗透剂^[17],文献记载它可在农药制剂中作为润湿剂、渗透剂使用^[18],但具体应用实例未见报道。本研究结果表明,这两种表面活性剂不但可用于农药,而且因其是工业和生活中大量使用的产品,成本低,便于推广。

喷雾助剂对于提高药剂吸收具有很大的潜力,这是因为目前很多制剂不含或极少含有促进药剂附着、扩展和渗透等功能的助剂。对于不同的农药剂型来说,喷雾助剂提高水剂中有效成分吸收的潜力要较其他剂型更大,这是因为目前多数水剂中不含或极少含有表面活性物质,水剂的稀释液表面张力较高,药液在植物表面附着、扩展和吸收性能差;而乳油、可湿性粉剂类型的农药表面活性物质含量相对较高,稀释液表面张力较低,药液在植物表面附着、扩展和吸收性能较好。

药液首先要在植物表面润湿才能被吸收,润湿过程可以分为三类:沾附(adhesion)、浸湿(immersion)和铺展(展着,spreading)^[19]。润湿能力的强弱可以用接触角来衡量,但笔者认为以展着性来衡量与药效的相关性更强。

药效与药剂的吸收量关系密切,随着吸收量的增加,药效也随之增加,但是药效的增加并不与吸收量的增加成比例,这可能与药剂的吸收量每达到一个积累水平才能产生药效作用有关。JFC增加氟磺胺草醚对反枝苋抑制作用的效果优于ABS,其原因是前者不仅具有增加药剂吸收的能力(即促进渗透的能力),而且还具有促进药液在植物叶面扩展的能力;而ABS只具有促进药剂扩展的能力。因此,在选择喷雾助剂时应尽量选择同时具有促进药液渗透和扩展双重能力的助剂,这样可能对药效的提高作用更大。

参考文献:

- [1] Foy C L. Adjuvants technology, classification and mode of action [A]. Adjuvants and Agrochemicals [C]. CRC Press 1989. 1: 1-16.
- [2] Van Valkenburg JW. Terminology, classification and chemistry [A]. Hodgson R K. Adjuvants for Herbicides [C]. Champaign Weed Sci Soc Am, 1992. 1-9.
- [3] Holloway P J. Getting to know how adjuvants really work: some challenges for the next century [A]. Proceedings Adjuvants for Agrochemicals Challenges and Opportunities [C]. Memphis USA, 1998. 1: 93-105.
- [4] Hamblin R J. Structure and general properties of mineral and vegetable oils used as spray adjuvants [J]. Pestic Sci. 1993. 37: 141-146.
- [5] Ruiter H D E, Uffing A J, Meinen E. Influence of emulsifiable oils and emulsifier on the performance of phem edipham, meboxuron sethoxydim and quizalofop [A]. Proceedings of Brighton Crop Protection Conference-Weeds [C]. 1997. 531-542.
- [6] Reddy K N, Singh M. Organosilicone adjuvant effects on glyphosate and rainfastness [J]. Weed Technology, 1992. 6: 361-365.
- [7] SU Shao-quan (苏少泉), GENG He-li (耿贺利). 茎叶除草剂的吸收与助剂的使用 [J]. Pesticide (农药), 2002. 41(4): 9-14.
- [8] Green J M. Mixture options for weed control [A]. Proceedings of Second International Weed Control Congress [C]. Copenhagen, 1996. 781-787.
- [9] LU Xiang-yang (卢向阳), XU Jun (徐筠), CHEN Li (陈莉). 几种除草剂药液表面张力、叶面接触角与药效的相关性研究 [J]. Chin J Pestic Sci (农药学报), 2002. 4(3): 67-72.
- [10] Ramsdale B K, Messersmith C G. Spray volume, formulation and adjuvant effects on fomesafen efficacy [J]. North Cent Weed Sci Soc Res Rep, 2001. 58: 362-363.
- [11] QU Zhe (曲折), SHI Guo-qing (时国庆), XIAO Jing-cheng (肖京城). NYH-1型¹⁴C核素高灵敏探测装置 [J]. Acta Agriculturae Nucleae Sinica (核农学报), 2000. 14(4): 230-233.
- [12] WU Ju-ying (武菊英), Dasgheh B F. 几种有机硅助剂对草甘膦在单子叶植物体内吸收、转移和分布的影响 [J]. Chin J Pestic Sci (农药学报), 2001. 3(1): 51-56.
- [13] LU Xiang-yang (卢向阳). Study on the Combination and Interaction of Several Post-emergence Herbicides and Surfactants in Soybean (几种大豆苗后除草剂与表面活性剂组合及其相互作用的研究) [D]. Beijing (北京): China Agricultural University (中国农业大学), 2001.
- [14] Roggenbuck F C, Penner D, Burow R F, et al. Study of the enhancement of herbicide activity and rainfastness by an organosilicone adjuvant utilizing radiolabelled herbicide and adjuvant [J]. Pestic Sci. 1993. 37: 121-125.
- [15] WANG Fu-jun (王福均). Radiotracer Techniques in Agronomy (农学中同位素示踪技术) [M]. Beijing (北京): Agriculture Press (农业出版社), 1989. 54-58.
- [16] JIA Chun-hong (贾春虹), JIANG Guo-keng (江国铿). 助剂对草甘膦防效影响的探索 [J]. Beijing Agric Sci (北京农业科学), 1991. (Suppl): 78-80.
- [17] WANG Zao-xiang (王早驷). Pesticide Adjuvants (农药助剂) [A]. LIU Bu-lin (刘步林). Pesticide Formulation Manufacture Technique (农药剂型加工技术) [M]. Beijing (北京): Chemical Industry Press (化学工业出版社), 1998. 697-1196.
- [18] LIU Cheng (刘程), ZHANG Wan-fu (张万福). Encyclopedia of Surfactants (表面活性剂大全) [M]. Beijing (北京): Chemical Industry Press (化学工业出版社), 1998. 240.
- [19] ZHU Bu-yao (朱步瑶), ZHAO Zhen-guo (赵振国). Interface Chemistry Basis (界面化学基础) [M]. Beijing (北京): Chemical Industry Press (化学工业出版社), 1996. 205-208.

(Ed. JN SH)