

大豆种质资源苗期对氟磺胺草醚耐受性初步评价

吴 律, 辛贵民, 刘 威, 刘同方, 姜晓莉*, 王玉民*

(吉林省农业科学院, 长春 130033)

摘要: 氟磺胺草醚是大豆生产上常用的苗后除草剂之一, 过量施用可能引发药害。本研究在温室内对主要来源于东北地区的346份大豆种质资源进行盆栽种植, V2期喷施2倍量苗后除草剂氟磺胺草醚, 根据叶片药害指数来评价大豆资源对氟磺胺草醚的耐受性。结果表明, 所有大豆资源在过量施用氟磺胺草醚的情况下, 幼苗叶片均有药害发生, 药害指数在11.30~73.33, 平均值为36.68。供试材料中未发现高耐材料, 表现为耐(T)的材料有18份, 占供试材料的5.2%。来源于吉林省的材料对氟磺胺草醚的耐受性高于来源于黑龙江省和辽宁省的材料; 育成品种(系)对氟磺胺草醚的耐受性显著高于地方品种的耐受性。相关性分析结果表明, 药害指数与粒色、生长习性、茸毛色、蛋白质含量呈显著正相关, 与叶形和脂肪含量呈显著负相关。本研究可为大豆对氟磺胺草醚耐受性遗传和分子机制研究提供基础材料, 也可以为大豆安全生产和氟磺胺草醚的合理施用提供参考。

关键词: 大豆; 氟磺胺草醚; 除草剂; 耐受性

中图分类号: S482.4

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2024)05-0046-05

Preliminary Evaluation of Seedling Tolerance to Fomesafen for Soybean Germplasm resources

WU Lyu, XIN Guimin, LIU Wei, LIU Tongfang, JIANG Xiaoli*, WANG Yumin*

(Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: Fomesafen is one of the herbicides commonly used in soybean production, and overdose application may cause plant damage and yield reduction. In this study, 346 soybean accessions mainly from northeast China were planted in the greenhouse, and the post-emergence herbicide fomesafen were applied by spraying 2× recommended application dose to V2 stage soybean seedlings, and the tolerance of each soybean accession to fomesafen was evaluated according to the leaf damage index. The results showed that all soybean accessions exhibited leaf damage symptoms when overdose fomesafen was applied, and the damage index was between 11.30 and 73.33, with an average value of 36.68. No high-resistance accession was found in the test panel, and 18 resistant accessions were found, accounting for 5.2% of all tested accessions. Soybean germplasms from Jilin province were more tolerant to fomesafen than those from Heilongjiang and Liaoning provinces, and the breeding varieties (lines) were more tolerant to fomesafen than that of landraces. Correlation analysis showed that the herbicide damage index was positively correlated with seed color, growth habit, seed coat color, protein content, and negatively correlated with leaf shape and fat content. This study can provide plant materials for the genetic and molecular mechanism of resistance to fomesafen, and also useful information for safe soybean production and rational herbicide application in soybean field.

Key words: Soybean; Fomesafen; Herbicide; Tolerance

大豆(*Glycine max*)作为全球重要的粮食和油料作物, 其生产过程中常常受到杂草的竞争压

力。化学除草是现代农业生产中常用的杂草管理手段之一。氟磺胺草醚(fomesafen)是一种广谱的选择性除草剂, 常用作大豆和花生田的苗后除草。也可用于绿豆和红小豆苗后除草^[1]。主要用来防除阔叶杂草, 对禾本科杂草也有一定防效^[2]。尽管对大豆相对安全, 但取决于施药时的大豆苗龄和除草剂的使用浓度。氟磺胺草醚在大豆苗后真叶期到1片复叶期, 每公顷用药有效成分250 g

收稿日期: 2024-03-06

基金项目: 农业生物育种重大项目(2023ZD040610904)

作者简介: 吴 律(1990-), 男, 研究实习员, 硕士, 主要从事植物新品种测试与鉴定工作。

通信作者: 姜晓莉, 女, 硕士, 研究员, E-mail: jxl1990@sohu.com

王玉民, 男, 博士, 研究员, E-mail: wangym@cjaas.com

以下对大豆安全。但在高温(气温 28 ℃)低湿(空气相对湿度 65% 以下)干旱条件下即使是推荐剂量也可能对大豆幼苗产生一定影响^[3]。过量喷施氟磺胺草醚可能会引起严重的药害,但在实际生产上,农民为了追求除草效果施用剂量较大,药害时常发生。尤其是遇到不利气候因素,药害会比较严重,还需要喷施解毒剂来降低药害影响。此外,氟磺胺草醚在土壤中降解缓慢,过量施用容易引起后茬作物药害,可能会导致叶片枯死或其他生长问题。郭玉莲等^[4]发现不同玉米品种对氟磺胺草醚的敏感性存在差异。爆裂玉米品种东农 888 最为敏感,吉单 27 耐药性最强。高世杰等^[5]采用土培法研究了不同浓度氟磺胺草醚对玉米、向日葵和高粱的抑制作用,结果发现向日葵和高粱对氟磺胺草醚过于敏感,并建立了氟磺胺草醚玉米生物测定方法—玉米株高法。

大豆对除草剂的耐药性研究主要包括阿特拉津、草甘膦等。王斌等^[6]开展了耐草甘膦大豆种质资源筛选,获得了耐草甘膦大豆品系 5 份,为抗草甘膦大豆育种提供了可能。樊翠芹等^[7]研究表明,不同类型大豆种质材料对草甘膦的敏感性存在差异,夏播大豆中耐药性种质比例较高,野生大豆对草甘膦敏感,从 1 365 份大豆种质中筛选出 58 份耐药性良好(2 级)的资源。这些研究为非转基因大豆抗草甘膦育种提供了资源。国内外关于大豆对氟磺胺草醚的耐受性研究较少,Williams 等^[8]研究了 128 个菜用大豆品种对苯达松、氟磺胺草醚、甲基咪草烟、利谷隆和砒啶啉草酮的耐受性,在喷施 2 倍注册剂量氟磺胺草醚的试验中,只观察到较低水平的药害,平均为 12%。且所有粒用大豆和菜用大豆药害情况相近。陈未等^[9]研究表明 1 倍浓度(225 g/hm²)氟磺胺草醚对春大豆不产生药害作用,对春大豆(苏 C1008)单株荚数没有显著影响,使夏大豆(苏 18)单株荚数显著增加 32.3%;但 2 倍浓度(450 g/hm²)会使春大豆鲜豆荚减产 12.2%,对夏大豆豆荚鲜质量的影响不显著。建议氟磺胺草醚的施用量为春大豆 225 g/hm²,夏大豆可放宽至 450 g/hm²。周聪等^[10]研究表明,施用氟磺胺草醚剂量超过 450 g/hm²时会破坏大豆苗期叶片的光合作用,导致大豆生物量下降。

为确保氟磺胺草醚的施用安全,减少对大豆生产潜在的负面影响,本研究通过对不同大豆种质资源在苗期喷施氟磺胺草醚,观察幼苗叶片的受害情况,对大豆种质资源苗期对氟磺胺草醚的耐受性进行评价,有助于筛选出耐药性存在差异

的大豆资源,为耐药性遗传和分子机制研究提供资源,也可为大豆安全生产提供参考。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

本试验以 346 份大豆种质为试验材料,所有材料由国家种质资源库和吉林省农业科学院大豆研究所提供,主要来源于东北地区(表 1)。

表 1 供试大豆种质资源来源分类 份

材料来源	材料数量	育成品种(系)	地方品种
黑龙江	120	68	52
吉林	157	68	89
辽宁	60	23	37
内蒙古	7	1	6
其他	2	1	1
总计	346	161	185

1.2 试验设计

试验在吉林省农业科学院公主岭院区进行,试验材料种植于安普温室内,采用随机区组设计,每份材料种植 4 盆(4 次重复)。每盆播种 20 粒,出苗后间苗,保留 15 株。当第一片三出复叶完全展开时(V2 期),参照陈未等^[9]的 2 倍剂量(450 g/hm²),喷施选择性除草剂氟磺胺草醚(25% 水剂,辽宁省大连瑞泽农药股份有限公司),对照组喷施清水。喷药后 7 d 调查真叶和第一片三出复叶受药害情况。

1.3 药害分级和耐受性评价标准

参考 Williams 等^[8]的分级标准并进行了修改。根据叶片退绿和药害枯斑占整个叶面的百分比估算,0 级:叶片表面无退绿和枯斑坏死,无药害;1 级:叶面有少量退绿和枯斑,占叶片面积少于 20%;3 级:叶面有退绿和枯斑,占叶片面积的 20.1%~35%;5 级:叶面有较多退绿和枯斑,占叶片面积的 35.1%~50%;7 级:叶面有大量退绿和枯斑,占叶片面积的 50.1%~70%;9 级:叶面有大量退绿和枯斑,几乎布满整个叶片,占叶片面积的 70% 以上。药害指数计算公式为:

$$HI = \frac{\sum(s \times n)}{N \times S} \times 100$$

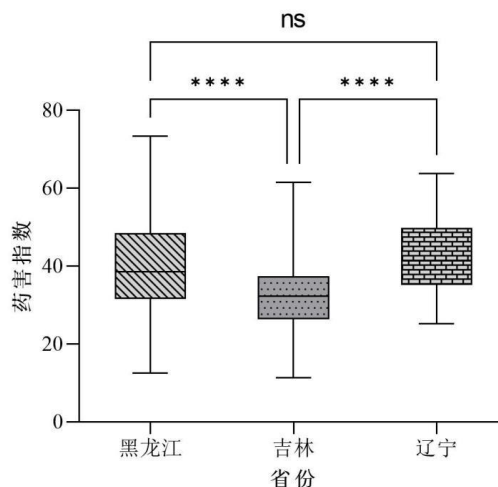
其中:HI 为药害指数;s 为药害级别的代表数值;n 为药害级别的植株数,单位为株;N 为调查总株数,单位为株;S 为最高药害级别的代表数值。

将大豆对氟磺胺草醚的耐受性分 6 级,评价分别为:药害指数 0~10.0 为高耐(HT),10.1~20.0 为耐(T),20.1~35.0 为中耐(MT),35.1~50.0 为中敏(MS),50.1~70.0 为敏感(S),70.1~100 为高敏(HS)。

2 结果与分析

2.1 大豆资源对氟磺胺草醚的耐受性表现

在施用2倍剂量苗后除草剂氟磺胺草醚的条件下,346份大豆材料的幼苗叶片均发生不同程度的药害,药害指数在11.30~73.33之间(图1),平均值为36.68,中位数为35.19。耐药性评价结果表明,供试材料中未发现高耐材料;表现耐(T)的材料有18份,包括来自黑龙江省和吉林省的材料各9份,占供试材料的5.2%;表现中耐(MT)的材料有153份,占供试材料的44.2%;表现中敏(MS)的材料131份,占供试材料的37.8%;表现敏感(S)的材料42份,占供试材料的12.1%;表现高敏(HS)的材料2份,占供试材料的0.5%(表2)。



注:“****”表示差异显著,“ns”表示差异不显著

图1 来自黑龙江、吉林和辽宁材料的耐药性均值比较

表2 不同省份来源大豆资源对氟磺胺草醚耐受性表现

材料来源	T		MT		MS		S		HS	
	份数	比例/%	份数	比例/%	份数	比例/%	份数	比例/%	份数	比例/%
黑龙江	9	7.5	39	32.5	49	40.8	21	17.5	2	1.6
吉林	9	5.7	94	59.8	48	30.5	6	3.8		
辽宁			13	21.6	33	55.0	14	23.3		
内蒙			7	100.0						
北京					1	100.0				
山西							1	100.0		
合计	18	5.2	153	44.2	131	37.8	42	12.1	2	0.5

2.2 不同省份资源对氟磺胺草醚的耐药性比较

从表2可以看出,来源于黑龙江省120份大豆资源中,有9份材料表现为耐,占7.5%;39份材料表现为中耐,占32.5%。来源于吉林省157份大豆资源中,有9份材料表现为耐,占5.7%;94份材料表现为中耐,占59.8%。来源于辽宁省的60份大豆资源中,有13份材料表现为中耐,占21.6%;来自内蒙古自治区7份大豆资源中,均表现为中耐;另外,还有1份来自北京和1份来自山西的资源分别表现为中敏和敏感。来自黑龙江、吉林和辽宁三省材料的药害指数平均值分别为39.47,32.39和42.70,方差分析结果表明,来自吉林省的大豆资源对氟磺胺草醚的耐受性显著高于来自黑龙江省和辽宁省的材料;来自黑龙江省的材料的耐药性好于来自辽宁省的材料,但差异不显著(图1)。由于来自内蒙古、山西和北京的材料样本量较小,本研究未进行比较。

2.3 不同类型大豆种质对氟磺胺草醚的耐受性

从表3可以看出,在供试的346份大豆资源中,包括育成品种(系)161份,平均药害指数为35.19,地方品种185份,平均药害指数为37.97。

方差分析结果显示,育成品种(系)的药害指数显著低于地方品种的药害指数($P=0.026$)。进一步对来源于黑龙江、吉林和辽宁的材料进行分析,在来源于黑龙江的120份大豆资源中,育成品种(系)68份,平均药害指数为37.34,地方品种52份,平均药害指数为42.25。方差分析结果显示育成品种(系)的药害指数显著低于地方品种的药害指数($P=0.042$)。来源于吉林省157份大豆资源中,育成品种(系)68份,平均药害指数为32.35,地方品种89份,平均药害指数为32.42。差异不显著($P=0.963$)。来源于辽宁省的60份大豆资源中,育成品种(系)23份,平均药害指数为36.99,地方品种37份,平均药害指数为46.25。方差分析结果显示育成品种(系)的药害指数极显著低于地方品种的药害指数($P<0.001$)。

2.4 氟磺胺草醚耐受性与农艺性状的相关性分析

查阅栽培大豆资源目录,调取346份大豆资源的粒色、生长习性、茸毛色、叶形、蛋白质含量和脂肪含量等数据。经赋值后与药害指数进行相关性分析。结果表明:药害指数与粒色、生长

表3 不同类型大豆种质对氟磺胺草醚的耐受性和方差分析

来源	类型	数量	平均药害指数	标准差	变异来源	平方和	自由度	均方	F值	显著性P值
黑龙江	地方品种	68	42.25	11.67	组间	712.194	1	712.194	4.207	0.042
	育成品系	52	37.34	13.94	组内	19 976.151	118	169.289		
吉林	地方品种	89	32.42	9.16	组间	0.174	1	0.174	0.002	0.963
	育成品系	68	32.35	8.80	组内	12 437.818	155	80.244		
辽宁	地方品种	37	46.25	7.49	组间	1 216.879	1	1 216.879	13.927	0.000
	育成品系	23	36.99	10.32	组内	5 067.780	58	87.376		
全部	地方品种	185	37.97	11.46	组间	664.645	1	664.645	5.007	0.026
	育成品系	161	35.19	11.58	组内	45 664.168	344	132.745		

习性、茸毛色、蛋白质含量呈显著正相关,相关系数分别为0.173、0.111、0.225、0.287;与叶形和脂肪含量呈显著负相关,相关系数分别为-0.280和-0.197(表4)。

表4 药害指数与农艺性状相关性分析

	粒色	生长习性	茸毛色	叶形	蛋白质含量	脂肪含量
生长习性	-0.158**					
茸毛色	0.484**	-0.150**				
叶形	-0.067	0.060	0.115*			
蛋白质含量	0.163**	-0.073	0.249**	0.030		
脂肪含量	-0.324**	0.159**	-0.360**	-0.079	-0.601**	
药害指数	0.173**	0.111*	0.225**	-0.280**	0.287**	-0.197**

注:“*”,“**”分别表示在0.05和0.01水平上显著相关和极显著相关

2.5 对氟磺胺草醚表现耐药性和高度敏感的资源 条件下,从346份资源中鉴定出耐药性的种质资源由表5可知,在喷施2倍用量氟磺胺草醚的条 18份,包括来自吉林和黑龙江的材料各9份。来

表5 对2倍用量氟磺胺草醚表现耐药性和高敏的材料

统一编号	品种	来源	类型	药害指数	耐受性
ZDD00394	哈2号	吉林	地方品种	11.30	T
ZDD00034	丰收10号	黑龙江	育成品种	12.59	T
ZDD00379	小金黄2号	吉林	育成品种	13.70	T
ZDD00380	黄宝珠	吉林	育成品种	13.70	T
ZDD00395	哈3号	吉林	地方品种	14.63	T
ZDD00371	中胜1号	吉林	育成品种	14.81	T
ZDD00036	丰收12	黑龙江	育成品种	15.93	T
ZDD00031	丰收7号	黑龙江	育成品种	16.30	T
ZDD00035	丰收11	黑龙江	育成品种	16.30	T
ZDD00057	合丰17	黑龙江	育成品种	16.30	T
ZDD00521	黄金塔	吉林	地方品种	17.04	T
ZDD17789	克系209	黑龙江	育成品种	17.41	T
ZDD00044	黑河54	黑龙江	育成品种	18.15	T
ZDD17805	平顶香	吉林	地方品种	18.52	T
ZDD17876	通农8号	吉林	育成品种	18.52	T
ZDD00005	黑农4号	黑龙江	育成品种	18.89	T
ZDD00372	怀远1号	吉林	育成品种	18.89	T
ZDD00037	丰收13	黑龙江	育成品种	20.00	T
ZDD06856	黑河小黄豆	黑龙江	地方品种	72.22	HS
ZDD06886	四粒黄	黑龙江	地方品种	73.33	HS

自吉林的9份材料,包括5份育成品种和4份地方品种,来自黑龙江的9份材料全部为育成品种。另外,鉴定出2份对氟磺胺草醚高度敏感的资源,为来自黑龙江的黑河小黄豆和四粒黄。这些材料可用于大豆对氟磺胺草醚的耐受性遗传和分子机制等基础研究,也可为东北地区大豆耐氟磺胺草醚育种提供基础材料。

3 讨论与结论

3.1 大豆对选择性除草剂的耐药性

Hulting等^[11]在温室内种植40个美国大豆品种(包括35个祖先品种和5个当代品种),采用甲磺草胺进行苗前处理,14 d后调查药害情况、测定株高和干重等指标。研究发现,不同品种对甲磺草胺的耐受性明显不同,将40个品种对甲磺草胺的耐受性分为高、中、低3类。认为品种选择可能会降低苗期早期药害影响和潜在的减产风险。本研究对346份大豆资源在苗期对2倍用量氟磺胺草醚的耐受性进行了评价,发现所有参试材料均受到不同程度的药害,并根据叶片药害等级将供试材料分成6个耐药等级,其中表现为耐药性的资源18份,仅占供试材料的5.2%。因此,在大豆生产中过量施用氟磺胺草醚可能会产生药害,当种植的大豆品种对该除草剂敏感时,可能发生严重药害,影响大豆的产量。建议对生产上的主流大豆品种针对生产上常用的除草剂进行耐药性评价,优化品种和除草剂的搭配组合,可以有效防止田间药害发生,切实保障大豆安全生产。

3.2 大豆对氟磺胺草醚的耐受性机制

大豆对氟磺胺草醚的耐受性是基于谷胱甘肽转移酶的快速解毒,谷胱甘肽转移酶能够将氟磺胺草醚转化为无活性的代谢物^[12]。通过对大豆基因组数据库进行搜索,基于Wm82.a4.v1基因组数据,谷胱甘肽转移酶基因多达111个,分布在大豆基因组的20条染色体上,位点数2~14个不等。但哪个(些)位点对氟磺胺草醚的耐受性起关键作用尚不清楚。Swanrek等^[13]通过对Manokin(T)×Asgrow A4715(S)和Northrup King S59-60(T)×KS4895(S)两个杂交组合进行遗传分析,认为A4715和KS4895对甲磺草胺的敏感性受隐性单基因控制。本研究筛选出的耐药性和高度敏感材料可以配制

不同的杂交组合,进行大豆对氟磺胺草醚耐受性方面的遗传分析和分子机制方面的深入研究。

本研究对主要来源于东北地区的346份大豆种质资源在V2期喷施450 g/hm²氟磺胺草醚并进行耐药性评价。结果表明,所有资源在过量施用氟磺胺草醚的情况下幼苗叶片均有药害发生,药害指数在11.30~73.33,不同资源的耐药性存在差异,表现耐(T)的材料有18份,来源吉林省的材料对氟磺胺草醚的耐性高于来源于黑龙江省和辽宁省的材料,育成品种(系)对氟磺胺草醚的耐药性高于地方品种。

参考文献:

- [1] 王法武,杨微,李洪鑫,等. 氟磺胺草醚·烯草酮乳油对绿豆及红小豆田杂草药效试验[J]. 东北农业科学, 2017, 42(4): 30-32.
- [2] 崔勇,周惠中,董广新,等. 20% 氟磺胺草醚·精喹禾灵可分散油悬浮剂高效液相色谱分析[J]. 农药, 2015, 54(12): 897-899.
- [3] 刘友香,王险峰. 氟磺胺草醚药害原因分析与处理[J]. 现代化农业, 2010(12): 8-9.
- [4] 郭玉莲,宋伟丰,李明,等. 不同玉米品种对氟磺胺草醚的敏感性差异[J]. 东北农业大学学报, 2014, 45(11): 14-21.
- [5] 高世杰,韩玉军,蒋凌雪,等. 氟磺胺草醚的生物测定方法研究[J]. 东北农业大学学报, 2011, 42(7): 45-49.
- [6] 王斌,张庆贺,陶波,等. 耐草甘膦大豆种质资源筛选的研究[J]. 东北农业大学学报, 2012, 43(1): 25-30.
- [7] 樊翠芹,王贵启,崔海燕,等. 大豆种质资源对草甘膦的敏感性研究[J]. 河北农业科学, 2014, 18(5): 64-68.
- [8] Williams M M, Nelson R L. Vegetable Soybean Tolerance to Bentazon, Fomesafen, Imazamox, Linuron, and Sulfentrazone[J]. Weed Technology, 2014, 28(4): 601-607.
- [9] 陈未,李江叶,刘丽珠,等. 氟磺胺草醚对不同豆科作物生长及根际固氮菌的影响[J]. 农业环境科学学报, 2021, 40(10): 2076-2085, 2052.
- [10] 周聪,陈未,李江叶,等. 氟磺胺草醚对大豆苗期生长及叶绿素荧光参数的影响[J]. 东北农业科学, 2024, 49(3): 41-45.
- [11] Hulting A G, Wax L M, Nelson R L, et al. Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) cultivar tolerance to sulfentrazone[J]. Crop Protection, 2001, 20(8): 679-683.
- [12] Andrews C J, Skipsey M, Townson J K, et al. Glutathione transferase activities toward herbicides used selectively in soybean [J]. Pesticide Science, 1997, 51(2): 213-222.
- [13] Swantek J M, Sneller C H, Oliver L R. Evaluation of soybean injury from sulfentrazone and inheritance of tolerance[J]. Weed Science, 1998, 46(2): 271-277.

(责任编辑:范杰英)