

费云燕,盖钧镒,赵团结. 南京大豆田间耐草甘膦杂草的种类与特性鉴定[J]. 江苏农业科学,2016,44(11):154-156.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.11.046

南京大豆田间耐草甘膦杂草的种类与特性鉴定

费云燕, 盖钧镒, 赵团结

[南京农业大学大豆研究所/国家大豆改良中心/农业部大豆生物学与遗传育种重点实验室(综合)/
作物遗传与种质创新国家重点实验室,江苏南京 210095]

摘要:抗草甘膦杂草对农业生产的经济及生态效益均有潜在的不利影响,我国相关研究较少,其种类分布及形成规律有待研究。对南京农业大学江浦农学站大豆试验地田间杂草对除草剂草甘膦耐性反应特点进行田间及室内形态鉴定。结果表明:有14种杂草对草甘膦存在耐性,耐性杂草各具特点,具有粗壮根茎、蜡质叶片等特性,其中铁苋菜等杂草种群大,不同个体存在从死亡到生长正常的不同变异;耐草甘膦紫菀植株衍生后代室内鉴定并不耐草甘膦,其田间抗药性可能与植株形态有关。说明杂草可通过植株形态、内在遗传基础等应对除草剂草甘膦的逆境。一些耐性杂草种群个体间的抗性反应存在明显变异,长期选择下可能成为抗性杂草。耐性杂草苗期抗性最弱,是杂草防除最佳时期。

关键词:草甘膦;耐性杂草;适应机制;防治策略;种类;特性;鉴定

中图分类号: S451.22⁺4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)11-0154-03

杂草作为一种生命力极强的生物,不仅与作物竞争各种水、肥、热等资源,还可能因携带各种病菌甚至有害物质而使作物受害^[1-4],其每年给全球造成的经济损失达上千亿美元^[5]。草甘膦作为灭杀性、广谱性有机磷类除草剂,几乎可以控制所有的杂草,尤其对恶性杂草有很好的防除效果。转基因作物的大量种植使其进一步成为最为广泛的除草剂^[6-8],但近年来大量使用,使抗草甘膦杂草不断出现,黑麦草、白酒草、藜(*Chenopodium album* L.)等抗性杂草进化出各种不同的适应方式应对草甘膦逆境。抗性杂草不断出现会导致更多除草剂的使用,形成恶性循环,污染环境,有些杂草可能还需要额外的人工除草,造成农业投入增加,成为农业生产中不可忽视的问题。虽然我国还没有种植抗草甘膦作物,

但一些免耕地、茶园等普遍大量使用草甘膦进行杂草防除^[9],因此了解我国农田杂草对草甘膦的抗耐性有助于更好地防治杂草、提高农业生产效率。南京地处长江中下游,该地杂草种类繁多,吴加军研究发现该地有野麦草、马唐、芦苇等161种植物对草甘膦有耐性^[9]。本试验在对南京地区水稻—小麦—大豆轮作农田耕作系统中田间(路边)杂草对草甘膦耐性调查鉴定基础上,进一步研究草甘膦处理下具有抗性的杂草铁苋菜、紫菀的生长与繁育特点,为深入了解抗性杂草产生机制和制定草甘膦有效使用规程提供参考。

1 材料与方法

1.1 南京地区水旱轮作农田系统耐草甘膦杂草的鉴定

2012年5、8月分别对南京农业大学江浦农场(32.05°N、118.62°E)大豆试验田路边的杂草进行草甘膦喷洒处理。使用的药剂为41%草甘膦异丙胺盐水剂(商品名为草甘膦),按推荐浓度3 L/hm²,采用手持式喷雾器进行处理,处理总面积约2 000 m²。喷雾时多数杂草处于营养生长期,施药1周后对整个处理区域进行全面调查,施药2周后进行复查。记录杂草存活情况及植株形态,叶片绿色、植株基本正常的定为存活,种群中有10%以上存活的为耐性杂草。对存活杂草进行拍照记录,根据图片和记录的特征特性利用《江苏植物志》和

收稿日期:2015-10-08

基金项目:转基因生物新品种培育重大专项(编号:2014ZX08004001-010);长江学者和创新团队发展计划(编号:PCSIRT13073);江苏省现代作物生产协同创新中心项目(编号:JCIC-MCP)。

作者简介:费云燕(1987—),女,江苏江阴人,博士研究生,主要从事分子遗传育种研究。E-mail:2010101158@njau.edu.cn。

通信作者:赵团结,教授,主要从事大豆遗传育种研究。E-mail:tjzhao@njau.edu.cn。

[4]张楠,赵卫星,孙治强,等. 抑杀南方根结线虫的植物活性提取液的筛选[J]. 甘肃农业大学学报,2008,43(4):87-90.

[5]苏秀荣,谢宁,张纪龙,等. 银胶菊叶和花提取物对南方根结线虫的毒杀活性比较[J]. 植物资源与环境学报,2012,21(1):77-82.

[6]张敏,苏康宇,刘晟,等. 中草药提取液对黄瓜苗期杀根结线虫的活性研究[J]. 安徽农业科学,2010,38(23):12785-12789.

[7]Cayuela M L, Millner P D, Meyer S L F, et al. Potential of olive mill waste and compost as biobased pesticides against weeds, fungi, and nematodes[J]. Science of the Total Environment, 2008, 399(1): 11-18.

[8]朱开建,王博,方文珍,等. 堆肥浸提物和堆肥茶抑制爪哇根结

线虫的盆栽试验[J]. 长江大学学报:自然科学版,2006,3(1): 116-118,122.

[9]漆永红,曹素芳,吕和平,等. 不同药剂对南方根结线虫卵孵化及2龄幼虫活性的影响[J]. 西北农业学报,2011,20(9):184-189.

[10]方治,彭德良,李建洪. 3株真菌发酵液对番茄根结线虫的防治效果[J]. 华中农业大学学报,2010,29(4):440-443.

[11]Zucconi F, Pera A, Forte M, et al. Evaluating toxicity of immature compost[J]. Biocycle, 1981, 22(2):54-57.

[12]谷将. 牛粪木渣高温堆肥发芽指数的研究[J]. 农业装备技术,2006,32(4):41-42.

中国杂草信息系统网 (<http://weed.njau.edu.cn/>) 的信息对杂草进行对比鉴定。

1.2 铁苋菜群体对草甘膦的耐性差异的鉴定

铁苋菜种群对除草剂草甘膦的抗性表现出差异,按参考文献[5]的耐性分级标准对其耐性的差异表现进一步进行观察记录。同时对处于苗期、花期的铁苋菜用 41% 草甘膦以 3 L/hm² 的浓度喷洒处理,处理后每隔 1 周进行观察记录,特性观察包括植株生育期、形态(茎、叶、花果是否正常),以期确定为杂草处理适宜时期提供依据。

1.3 耐性紫菀植株后代对草甘膦处理的反应

紫菀(*Aster tataricus* L.)被鉴定为对草甘膦耐性较好的物种。2012 年秋收获经草甘膦处理后存活的紫菀植株的种子,冬季在实验室培养箱中种植,幼苗用于草甘膦耐性鉴定。种植方式为:将种子撒于含有蛭石:营养土为 1:1 的塑料花盆中,于温室中进行种子萌芽,待小苗 2 张叶时将相同大小的植株移至相同大小的花盆中,每盆 1 株。植株生长至 6~8 张叶时,利用手持式喷雾器进行不同浓度(0、50、100、150、200、250、300、350、400 mg/L)的 41% 草甘膦喷洒,每种浓度 6 个重复,喷洒后确保植株的叶片不接触清水,浇水主要以渗透的方式进行。药剂处理 1 周后进行植株生长状态的观察,2~3 周后复查记录。试验 3 次重复。

2 结果与分析

2.1 耐草甘膦杂草的鉴定

大豆田埂上常见的杂草有狗尾草[*Setaria viridis* (L.) Beauv.]、鸭跖草(*Commelina communis* L.)、猪殃殃(*Galium aparine* L.)、繁缕[*Stellaria media* (L.) Cyr.]、酸模叶蓼(*Polygonum lapathifolium* L.)、铁苋菜(*Acalypha australis* L.)、泽漆(*Euphorbia helioscopia* L.)、藜、苍耳(*Xanthium sibiricum* Patr. ex Widder)、反枝苋(*Amaranthus retroflexus* L.)、空心莲子草[*Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb.]、小苜蓿[*Medicago minima* (L.) Grufberg]、飞蓬[*Erigeron speciosus* (Lindl.) DC.]等 30 余种。

除草剂草甘膦处理后有存活植株的多年生杂草共有 5 种,包括麦冬[*Ophiopogon japonicus* (Thunb.) Ker Gawl.]、乌菟莓[*Cayratia japonica* (Thunb.) Gagnep.]、刺儿菜[*Cirsium setosum* (Willd.) Bess. ex M. Bieb.]、艾蒿(*Artemisia argyi* H. Lévl. & Vaniot)、酢浆草(*Oxalis corniculata* L.)(表 1)。在对草甘膦的耐性上,麦冬、乌菟莓具有较好的表现,损伤较小或几乎无损伤迹象,草甘膦对其他杂草都造成了一定的伤害,刺儿菜生长点枯萎,艾蒿、酢浆草、野老鹳草、波斯婆婆纳(*Veronica persica* Poir.)叶片都有不同程度的变黄现象。这些杂草虽对草甘膦有不同程度表现,但都能够存活与生长。此外,野老鹳草(*Geranium carolinianum* L.)、小飞蓬[*Conyza canadensis* (L.) Cronq.]、波斯婆婆纳、酸模(*Rumex acetosa* L.)、裂叶牵牛[*Pharbitis nil* (L.) Choisy.]、小苜蓿、铁苋菜、鸭跖草(*Commelina communis* L.)、紫菀 9 种一年生杂草对除草剂草甘膦也有耐性(表 1)。其中,小飞蓬、铁苋菜和紫菀对草甘膦具有较好的耐性,并且个体间呈现明显的抗性和敏感类型的分离;其他杂草受草甘膦影响较严重,其中鸭跖草和小苜蓿最为明显,叶片枯萎程度严重,但仍存活。

表 1 草甘膦处理后出现耐性植株的杂草种类

杂草名称	科名	生活史	传粉特点
麦冬	百合科	多年生	异花
乌菟莓	葡萄科	多年生	异花
刺儿菜	菊科	多年生	异花
艾蒿	菊科	多年生	异花
酢浆草	酢浆草科	多年生	异花
野生老鹳草	牻牛儿苗科	2 年生	异花
小飞蓬	菊科	1 年生	异花
波斯婆婆纳	玄参科	1 年生	异花
酸模	蓼科	1 年生	异花/自花
裂叶牵牛	旋花科	1 年生	异花
小苜蓿	豆科	1 年生	自花
铁苋菜	大戟科	1 年生	异花
紫菀	菊科	1 年生	异花
鸭跖草	鸭跖草科	1 年生	异花

本研究表明,所发现的耐性杂草多为优势种,存在大量个体,并且以异花授粉为主,这有利于这些物种产生抗性变异个体并适应草甘膦逆境。一些物种(如麦冬、刺儿菜)具有蜡质层表面,使得草甘膦无法进入植物茎叶组织内部,表现出避害性而使植物存活;其生长点茎叶幼嫩组织的蜡质层并不明显,草甘膦处理可使这些组织受到较为严重的损伤。有些物种(如紫菀、飞蓬、艾蒿等)的根茎十分粗壮,这可能是有效减缓由草甘膦除草剂带来不良效应的有利组织结构。此外,越冬性杂草可能具备某些其他的特征,对除草剂的抵御能力会比夏秋季杂草更好。综上,耐性杂草在植株形态结构、繁育特点等方面具有适应草甘膦逆境的特点。

2.2 耐性杂草铁苋菜对草甘膦的反应特点

铁苋菜为大戟科植物,是本地优势杂草种类之一。以其为代表进一步进行抗性反应鉴定除草剂草甘膦处理后,植株表现出正常存活到死亡的不同反应,将其分为 4 类:高抗,表现为植株茎叶无不良表型;中抗,植株的叶片为正常绿色,但出现下垂,并且叶边缘向内卷缩;中感,叶片失绿变黄,下垂及卷缩严重,但植株未枯萎;高感,植株则枯萎死亡。这些变异反映了铁苋菜种群不同个体对除草剂的抗性反应。

进一步对铁苋菜不同生育期的植株进行处理。结果表明,苗期处理时对耐性植株生长的影响最大,虽然植株仍能存活,但幼苗矮小,叶片皱缩,生长缓慢,后期难以恢复到正常个体形态,多数个体无法在生长季节正常开花或结实,这在很大程度上可以减少来年杂草的量;花期进行草甘膦处理后,抗性植株节间缩短,叶片皱缩,开花期延迟,开花大量减少,总体生长情况优于苗期处理。总体来说,草甘膦除草剂的使用可以减少铁苋菜个体数量,但仍有一些个体能存活和结实,如果经过多代选择,可能会形成抗性杂草。

2.3 耐性紫菀后代对草甘膦处理的反应

在室内对紫菀抗性植株衍生后代进行实验室的抗性鉴定。植物培养种于花盆中后,失去原本粗壮根茎,未表现出其在野外粗壮根茎的表型优势特点(图 1),50 mg/L 除草剂草甘膦处理后植株已表现出严重的损伤,仍有少量嫩叶呈绿色,但无法恢复良好的生长;当草甘膦浓度达 100 mg/L 时叶片几乎完全枯黄但未完全枯萎;当浓度达 150 mg/L 及以上时,苗完全

枯萎死亡,植株未能表现出除草剂的抗性(图1),这说明该植物在田间对草甘膦的耐性可能只拥有表型层面上的耐性体现。

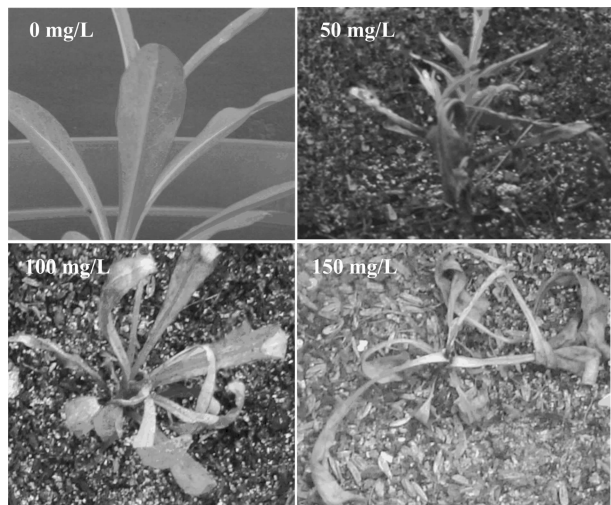


图1 不同浓度草甘膦处理后紫菀植株的表现

3 结论与讨论

3.1 南京地区耐草甘膦的杂草种类

在美国、澳大利亚等国家,由于抗草甘膦作物的大量种植,草甘膦被广泛使用,抗草甘膦的杂草逐年增加,目前严格意义上的杂草已有黑麦草属、白酒草属、藜属、豚草属、鬼针草等31种(<http://weedsociety.org/summary/moa.aspx?MOAID=12>)。虽然该网站上公布的我国抗草甘膦杂草只有飞蓬,但国外抗性杂草现状也提醒在我国应重视可能的杂草抗性。本研究发现,南京地区水旱轮作农田系统中有14种杂草在除草剂草甘膦处理后有许多植株仍能较好的存活。本研究中,铁苋菜、小飞蓬、麦冬属于高度耐受杂草,紫菀、乌藜等为中度耐受杂草,其他种为一般耐受杂草。本试验所用试验点近年来常使用除草剂草甘膦除草,某些杂草在草甘膦逆境压力下,可能产生一定的变异以抵御草甘膦。本研究结果表明,目前田间鉴定的耐性杂草可能大部分只是停留在表型的耐性上,还未进化成生理或基因层面的抗性,因此很多杂草还不能严格意义上称为抗性杂草。然而每一种存活的杂草在长期非致死性的逆境下,个体很容易产生可遗传的抗性,进化为抗性杂草。本研究可为我国草甘膦的合理使用、杂草的防治提供参考。

3.2 抗草甘膦杂草的适应机制

杂草可以通过不同方式应对各种自然和人工产生逆境,大致包括形态生理方面的避害和直接对逆境因子的抗耐性。对于草甘膦带来的不良效应,抗性植株可能利用液泡等结构滞留草甘膦以防止转移至植物全株;或者一系列微效基因发挥抗性作用;靶标基因本身的抗性或其过表达或突变也能帮助减轻药物影响;植物本身也可能拥有氧化或分解草甘膦的酶类(如草甘膦氧化还原酶、磷酸转移酶、*N*-乙酰转移酶)等^[10-12]。本研究结果表明,目前鉴定的大部分杂草可能还未达到此程度的抗性,小飞蓬、铁苋菜等杂草种群对草甘膦的耐性存在明显分化,由于这些物种均为异交繁育,种子繁殖系数也高,如长期应用草甘膦进行防除,可能会加快抗性杂草的形成。同时植物易产生多种除草剂的抗性,造成农业生产的困

扰,因此对草甘膦具有耐性的杂草要及时采取措施。

3.3 应用草甘膦防除杂草的策略

草甘膦作为高效、低毒、低残留的除草剂,其可持续利用对农业生产具有重要的意义,而抗性杂草则是其发展道路上的重要阻碍,相关问题得到全球性的关注。田间杂草容易产生对外界逆境的耐性,它们可能同时结合了多种耐性机制,包括表型、生理、分子层面的作用,不同层面的耐性对自然界的影响不同,它们之间又以进化这个过程相互关联,在抗草甘膦杂草的控制上有必要对进化过程有所控制。因此,一方面,要确保杂草管理的多样性,这可以通过寻找新的除草剂类型提供更好的综合防控技术,如通过多种除草方式相结合的管理进行轮作等;另一方面,必须加强农艺专家和种植者的交流,以提出更好的有目的性的建议和信息等^[13];此外,高浓度的草甘膦在杂草发生的苗期将其彻底除去也具有防止杂草进化的作用。

参考文献:

- [1] Morsello S C, Kennedy G G. Spring temperature and precipitation affect tobacco thrips, *Frankliniella fusca*, population growth and tomatospotted wilt virus spread within patches of the winter annual weed *Stellaria media* [J]. *Entomol Exp Appl*, 2009, 130: 138–48.
- [2] 邱芳心, 杜桂萍, 刘开林, 等. 杂草抗药性及其治理策略研究进展[J]. *杂草科学*, 2015, 33(2): 1–6.
- [3] Batish D R, Lavanya K, Singh H P, et al. Phenolic allelochemicals released by *Chenopodium murale* affect the growth, nodulation and macromolecule content in chickpea and pea [J]. *Plant Growth Regul*, 2007, 51: 119–128.
- [4] 张龙平, 高园园, 刘国伟, 等. 几种除草剂组合对蒜田杂草的防除效果[J]. *杂草科学*, 2014, 32(3): 50–53.
- [5] 刘 延. 田旋花和打碗花对草甘膦的耐药性研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2008: 2.
- [6] 杨鑫浩, 李香菊. 草甘膦对耐草甘膦大豆体内莽草酸含量及产量的影响[J]. *杂草科学*, 2014, 32(1): 78–82.
- [7] Lorentz L, Beffa R, Kraehmer H. Recovery of plants and histological observations on advanced weed stages after glyphosate treatment [J]. *Weed Res*, 2011, 51: 333–343.
- [8] 杨浩娜, 柏连阳. 抗草甘膦杂草检测方法的研究进展[J]. *杂草科学*, 2014, 32(3): 30–33.
- [9] 吴加军. 不同剂型草甘膦药效评价与抗(耐)草甘膦杂草监测 [D]. 南京: 南京农业大学, 2006: 33–41.
- [10] Dinelli G, Marotti I, Bonetti A et al. Physiological and molecular insight on the mechanisms of resistance to glyphosate in *Conyza canadensis* (L.) Cronq. biotypes [J]. *Pestic Biochem Phys*, 2006, 86: 30–41.
- [11] Busi R, Neve P, Powles S. Evolved polygenic herbicide resistance in *Lolium rigidum* by low-dose herbicide selection within standing genetic variation [J]. *Evol Appl*, 2013, 6: 231–242.
- [12] Pollegioni L, Schonbrunn E, Siehl D. Molecular basis of glyphosate resistance – different approaches through protein engineering [J]. *Febs J*, 2011, 278: 2753–2766.
- [13] Givens W A, Shaw D R, Newman M E, et al. Benchmark study on glyphosate-resistant cropping systems in the United States. Part 3: grower awareness, information sources, experiences and management practices regarding glyphosate-resistant weeds [J]. *Pest Manag Sci*, 2011, 67: 758–770.