

◆ 专论:除草剂(特约稿) ◆

除草剂药害的产生与控制

纪明山

(沈阳农业大学植物保护学院, 沈阳 110866)

摘要:除草剂施用过量、施用时期不当、间隔期不够、气象条件不利等可导致直接药害;蒸气压较高、雾滴过小、风力过大等可导致飘移药害;残留期长、土壤黏重、间隔期不足等可导致残留药害。分析了不同作用机理的除草剂所产生的特异性药害症状,提出了除草剂科学安全使用、添加安全剂、喷施植物生长调节剂和叶面肥、果断毁种等预防和缓解除草剂药害的有效措施。

关键词:除草剂;药害症状;产生原因;药害控制

中图分类号:S 482.4 文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1671-5284.2024.03.003

Occurrence and control of herbicide phytotoxicity

Ji Mingshan

(College of Plant Protection, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China)

Abstract: Excessive application, improper application period, insufficient interval and unfavorable meteorological conditions can lead to direct herbicide phytotoxicity. High vapor pressure, small mist droplet, and strong wind can lead to drifting phytotoxicity. Long residual period, soil viscosity, insufficient interval, etc. can lead to herbicide residual phytotoxicity. The specific toxic symptoms of herbicides with different mechanisms of action were analyzed in this paper. The effective measures to prevent and alleviate herbicide phytotoxicity such as scientific and safe use of herbicides, addition of safety agents, spraying of plant growth regulators and foliar fertilizers, and decisive destruction of seed were put forward.

Key words: herbicide; phytotoxicity symptom; cause of phytotoxicity; phytotoxicity control

除草剂防除的靶标杂草和要保护的农作物均为植物,因其形态结构和生理机能类似,因此,除草剂与杀虫剂、杀菌剂、杀线虫剂等其他类农药相比,更容易造成药害。准确鉴定药害是预防和控制除草剂药害的基础。不同作用机理的除草剂所产生的药害症状具有特异性,可作为除草剂药害鉴定的重要依据。本文系统剖析除草剂药害产生的原因,描述了不同作用机理除草剂典型药害症状,提出了除草剂药害预防与缓解的具体控制措施。

1 除草剂药害产生原因

按照产生方式不同,除草剂药害可分为直接药害和间接药害。除草剂对当地当茬农作物造成的伤害称作直接药害。除草剂间接药害因产生原因不同,

分为飘移药害和残留药害。除草剂飘移而导致邻地敏感作物药害称作飘移药害。除草剂在土壤中残留期长而导致的下茬敏感作物药害称作残留药害。

1.1 除草剂直接药害产生原因

农业生产过程中常见的除草剂直接药害有:乙草胺对玉米的药害、麦草畏对小麦的药害、二氯喹啉酸对水稻的药害、氟磺胺草醚对大豆的药害等。此类药害产生的主要原因包括施用过量、施用时期不当、间隔期不够、气象条件不利等。

玉米田和大豆田播后苗前土壤处理除草剂加大用量的现象尤为突出,施用剂量往往在登记推荐高剂量的1倍以上。如25%氟磺胺草醚水剂推荐剂量为1 000~2 000 mL/hm²,但东北大豆田实际使用剂量在2 000~3 000 mL/hm²;38%莠去津悬浮剂推荐

收稿日期:2024-04-08

作者简介:纪明山(1966—),男,河北任丘人,博士,教授,主要研究方向为农药药理学。E-mail:jimingshan@163.com

剂量为3 000~3 750 g/hm²,春玉米田通常使用剂量为12 000~15 000 g/hm²,是推荐剂量的4倍以上^[1]。

作物生长期不同,对生长素模拟物类除草剂的敏感性也不同。玉米6叶期后施药,会导致茎部变扁弯曲,脆而易折,雄穗难以抽出,果穗缺粒。小麦3叶期前、拔节后至开花期喷施麦草畏易产生药害,导致麦穗、叶片卷曲,影响抽穗。水稻秧苗3叶期前使用二氯喹啉酸,易造成稻苗心叶卷曲呈葱管状直立,分蘖迟缓,心叶变窄并扭曲畸形。

同一种作物应用两类农药时,施药期间隔太短也能引起药害。水稻施用敌稗后,在较短时间内又施用有机磷类或氨基甲酸酯类杀虫剂,如三唑磷、马拉硫磷、甲萘威等,水稻丧失对敌稗的解毒能力,从而不能迅速恢复光合作用而发生药害。施用杀线虫剂苯线磷处理土壤后再施用氟乐灵,可导致大豆产生药害。砒嘧磺隆与有机磷类杀虫剂短期连用,可加重砒嘧磺隆对玉米的药害^[2]。

气温急剧变化时更容易导致药害^[3]。在低温时施用噁草酮会使水稻秧苗产生轻微药害。寒流前后麦田使用绿麦隆,由于作物受到冻害从而加剧药害的发生。施用乙草胺后,当土壤过湿和遇低温时,会导致大豆幼苗产生药害。高温时施用西草净,水稻易产生药害。氟磺胺草醚在高温干旱时施用,会造成大豆叶片产生枯斑,严重时暂时萎蔫。

1.2 除草剂飘移药害产生原因

一些蒸气压较高(>0.133 3 Pa)、挥发性较强的除草剂品种,如2,4-滴丁酯、2甲4氯钠、麦草畏、氟乐灵、禾草敌、异噁草松等,在喷施过程中由于形成的雾滴过小(<100 μm)、温度过高(>28℃)、空气相对湿度过低(<65%)、风力过大(>3级)、光照过强、喷头位置距地面或叶面过高(>60 cm)、液泵压力过大等,均易造成除草剂挥发与飘移,可对邻近及下风向敏感作物或树木造成飘移药害^[4]。

2,4-滴丁酯飘移药害最为严重与突出,土壤处理喷施药液时,其雾滴可飘移2 000 m左右^[5]。西瓜、棉花、五味子、葡萄、苹果树、槐树等均发生过大面积2,4-滴丁酯飘移药害。麦草畏茎叶处理防除小麦田杂草时,小雾滴会随风飘移到附近敏感作物,尤其是阔叶作物,如烟草、向日葵、棉花、番茄、黄瓜、莴苣、马铃薯、苜蓿、葡萄、花生、豌豆、胡萝卜、西瓜及果树等,造成不同程度的飘移药害^[6]。地面喷施氟乐灵、禾草敌,其雾滴飘移距离可达500 m;若采用航空无人机喷雾,雾滴飘移距离则更远。异噁草松雾滴飘移,可导致杨树、柳树产生药害,严重者可导

致树木死亡^[7]。

选择性除草剂氟氟草酯、精喹禾灵、精吡氟禾草灵、高效氟吡甲禾灵、烯禾啶、砒嘧磺隆、烟嘧磺隆、咪唑乙烟酸、三氟羧草醚、乳氟禾草灵、溴苯腈、氯氟吡氧乙酸、二氯喹啉酸、硝磺草酮等,以及灭生性除草剂草甘膦、草铵膦、敌草快,尽管不易挥发,但喷施过程中风力大时,也会对邻近敏感作物造成飘移药害。如水稻田采用植保无人机喷施氟氟草酯,会对邻近玉米造成飘移药害;玉米田茎叶喷施硝磺草酮,会对春小麦造成飘移药害;草甘膦用于稻田田埂除草时,风大使雾滴飘移到水稻上造成药害。

1.3 除草剂残留药害产生原因

长残留除草剂对后茬敏感作物造成的伤害称作除草剂残留药害。生产上常用的长残留除草剂品种包括莠去津、噻草酮、氯嘧磺隆、咪唑乙烟酸、唑嘧磺草胺、氟磺胺草醚、异噁草松、二氯喹啉酸等。

莠去津在中性和碱性土壤中降解较慢,是典型的长残留除草剂。玉米田施用2 000 g/hm²(有效成分用量)莠去津后,倒茬种植水稻、大豆、花生、甜菜、马铃薯等作物,均会出现药害。施用420~1 120 g/hm²(有效成分用量)噻草酮后,4个月内种植芦笋、玉米、小麦、禾本科牧草、马铃薯、番茄、苜蓿、大豆等不安全;8个月内种植大麦、水稻、棉花、豌豆不安全;18个月内种植甜菜、洋葱和其他块根作物不安全。施用15 g/hm²(有效成分用量)氯嘧磺隆,第2年种植高粱、水稻不安全;第4年种植甜菜、亚麻、葫芦科作物、十字花科作物、茄科作物、伞形科作物不安全。异噁草松有效成分施用量560~1 400 g/hm²,9个月内种植棉花、玉米、水稻、菜豆、豌豆、花生、甘薯、甜菜、葫芦科作物、茄科作物不安全;12个月内种植甘蓝、小麦不安全。咪唑乙烟酸在酸性土壤中降解缓慢,在有效成分施用量70 g/hm²,4个月内种植小麦、黑麦、菜豆、豌豆、苜蓿不安全;8个月内种植玉米不安全;10个月内种植烟草、大麦不安全;18个月内种植莴苣、棉花、红花、燕麦、甜玉米、高粱不安全;26个月内种植亚麻、马铃薯不安全;40个月内种植甜菜不安全^[8-9]。唑嘧磺草胺在酸性土壤中降解缓慢,有效成分施用量48~60 g/hm²,第2年种植向日葵、马铃薯、高粱等不安全;第3年种植甜菜、油菜、亚麻、棉花不安全。氟磺胺草醚有效成分施用量200~400 g/hm²,4个月内种植小麦不安全;10个月内种植玉米、水稻、花生、棉花不安全;18个月内种植甜菜、向日葵、高粱不安全^[10]。二氯喹啉酸有效成

分用量300~400 g/hm²,第2年种植茄子、烟草不安全;第3年种植番茄、胡萝卜不安全^[1]。

2 不同作用机理除草剂典型药害症状

不同作用机理除草剂对敏感作物所致药害典型症状明显不同^[12]。药害产生是一个循序渐进的过程,早期症状更为典型并具有特异性。寻找药害早期症状是准确鉴定药害的关键。除草剂靶标杂草的中毒症状与敏感作物的药害症状高度相似,认真观察归纳总结各类除草剂靶标杂草的中毒过程及各阶段的症状,有利于作物药害的鉴定。

乙酰辅酶A羧化酶抑制剂类除草剂,代表品种精喹禾灵。禾本科植物受害后,根、茎、叶停止生长,生长点和茎节间分生组织变褐,心叶和其他叶片逐渐变成紫色或黄色并逐渐坏死,心叶极易拔出,随后枯萎死亡,一般无触杀性药斑。

乙酰乳酸合成酶抑制剂类除草剂,代表品种烟嘧磺隆。禾本科植物受害后,幼嫩新叶褪绿变黄,植株矮缩,叶鞘包卷部位变扁,明脉;受害严重者,出现从生长点开始逐渐死亡等症状。阔叶植物受害症状为心叶变黄,叶皱缩,叶脉、茎秆等输导组织变褐色,茎脆易折,严重时生长点坏死,10~15 d后可长出分枝,贪青晚熟,造成严重减产。

微管组装抑制剂类除草剂,代表品种二甲戊灵。其通常不影响种子发芽。药剂被禾本科植物的胚芽鞘吸收,集中于芽端,受害后造成幼芽生长停滞,幼根短粗,根尖畸形膨大。被阔叶植物的下胚轴吸收,集中于根部,导致胚轴膨胀,主根短粗,侧根减少。

生长素模拟物类除草剂,代表品种2,4-滴异辛酯。低浓度时促进细胞异常分裂和生长,破坏维管组织;高浓度时抑制细胞分裂和生长,最终导致敏感植物畸形。受害植株出现矮化,叶片皱缩,叶片、叶柄、嫩茎扭曲变形,幼根变短、变粗,毛根减少,茎基、胚轴变粗或肿大,茎节变脆易折等症状。

光合系统Ⅱ抑制剂类除草剂,代表品种莠去津。其均由根系吸收,不影响发芽,多能出土,植物在营养耗尽后死亡。植物受害后无畸形症状,根系也未表现出异常情况。土壤处理时,敏感植物首先表现为叶尖、叶缘失绿,并逐渐向叶肉扩展,进而黄化、坏死、干枯。一般先从下位叶片开始枯萎,再向上位叶片发展。莠去津、氰草津茎叶处理发生药害后,表现为触杀性失绿,阔叶植物上往往出现不规则坏死斑。温度高、湿度大,则症状发展迅速。大豆受莠去

津残留药害,首先从下部叶片开始失绿、焦枯,叶脉周边常残留绿色,下部叶片较上部叶片受害重。小麦也多从叶尖开始失绿,似火烧状。

5-烯醇丙酮酰莽草酸-3-磷酸合成酶抑制剂类除草剂,代表品种草甘膦。其在植物体内能够迅速传导。药害多因喷雾飘移产生,药害症状为整株褪绿、坏死、干枯,对非绿色部分无伤害。

谷氨酰胺合成酶抑制剂类除草剂,代表品种草铵膦。其易产生飘移药害。受害叶片呈现不规则黄褐色斑点,随后从中心开始白化干枯、穿孔,边缘呈黑褐色。

1-脱氧-D-木酮糖-5-磷酸盐合成酶抑制剂类除草剂,代表品种异噁草松。其可产生飘移药害和残留药害,典型症状为植物褪绿变白。敏感禾本科植物幼苗叶片中基部或全部变白,继而变淡褐色,卷曲,枯死。敏感阔叶作物幼苗真叶大部分或全部褪绿变为黄白或白色,叶脉颜色不变或稍变淡,叶面呈现绿色网纹。

原卟啉原氧化酶抑制剂类除草剂,代表品种氟磺胺草醚。其可对植物造成触杀性斑点,使局部组织坏死和干枯,但随着植株生长,药害症状逐渐消失,一般情况下不会影响最终产量。大豆田用三氟羧草醚茎叶处理,叶表面可产生灰褐色斑点,老叶和嫩叶同样受到伤害,严重时全株焦枯,但不破坏生长点,一段时间后会逐渐长出新叶,并恢复生长。氟磺胺草醚在高温干旱天气喷施,叶片产生枯斑,枯斑周围呈红褐色,未受害部分继续生长,致使叶片向上卷缩,形成帽状畸形叶,但整个植株不呈畸形。玉米、高粱受到飘移药害,叶片局部坏死、干枯,下部叶片症状更严重,心叶基本正常。

超长链脂肪酸合成抑制剂类除草剂,代表品种乙草胺。药害症状通常出现在作物芽期和幼苗期,可导致幼芽矮化、畸形或死亡。大豆受害,叶片皱缩,表面粗糙,中脉变短,单叶呈心形,或形成杯状叶,植株矮化,叶色偏淡。玉米受害,叶鞘不能正常包卷,下部叶片和上部叶片叶尖卷在一起,呈套状,难以自行分开。

光合系统Ⅰ抑制剂类除草剂,代表品种敌草快。其在植物体内不传导,只能茎叶处理。该类除草剂能迅速摧毁叶绿体,破坏膜结构,中止光合作用。药害多因喷雾飘移产生,药害症状表现为触杀性褪绿、坏死、干枯,对非绿色部分无伤害。晴天阳光充足情况下,迅速显症,但枯死仅限于着药部位。

对羟基苯基丙酮酸双氧化酶抑制剂类除草剂,

代表品种硝磺草酮。其被植物幼芽或叶片吸收后在植物体内传导,敏感作物典型药害症状为叶片褪绿、白化,直至干枯死亡。

3 除草剂药害预防与缓解措施

创制新型高效除草剂品种,普及除草剂科学安全使用技术,研制推广适合国情的精准施药机械是预防除草剂药害的基础。新除草剂应用,需秉承先试验后推广的原则。农业生产上应选用质量可靠的除草剂产品,适时、适量、均匀施用。施用长残留除草剂,应尽量在作物生长前期施用,严格控制用药量,并合理安排后茬作物。施药前一定要注意天气变化,低温、高湿、极端高温、强光、大风等条件下禁止施药。邻近有敏感作物的田块,不要施用易挥发或活性高的除草剂,以免产生飘移药害。此外,合理混用除草剂,添加桶混助剂是减少农药用量,防止药害产生的有效方法。

在预知除草剂可能对农作物产生药害的情况下,提前施用除草剂安全剂能够缓解药害。安全剂通过与除草剂竞争靶标位点,影响除草剂的吸收与迁移,以及在作物体内的代谢等,从而减轻药害。目前,已有30余种除草剂安全剂品种及其与除草剂的商品化组合物应用于农业生产,应用作物包括水稻、小麦、玉米、高粱等禾本科作物,大豆、棉花等阔叶作物^[13]。

除草剂安全剂1,8-萘二甲酸酐可以保护玉米、高粱免受醚苯磺隆、苄嘧磺隆、砒嘧磺隆等多种除草剂的药害。二氯丙烯胺可以保护玉米、水稻、小麦、草坪免受乙草胺、丁草胺、异丙甲草胺、茵草敌等除草剂的药害。解草啶可缓解丙草胺对水稻的药害。解草酮可提高玉米对异丙甲草胺、精异丙甲草胺等的耐药性。解草酯可增强小麦、黑麦和黑小麦等谷物对炔草酯的耐受性。吡啶解草酯可缓解(精)噻唑禾草灵、甲基磺隆钠盐、甲基二磺隆、砒嘧磺隆对小麦的药害。双苯噻唑酸可增强玉米对烟嘧磺隆、砒嘧磺隆、硝磺草酮等的耐受性。环丙磺酰胺对磺酰脲类、氯乙酰苯胺类、环己二酮类、咪唑啉酮类等除草剂具有明显的解毒作用^[14]。

除草剂药害产生后,应按药害类型、发生程度及时采用水洗、喷施植物生长调节剂、施肥、毁种等措施缓解药害。通过茎叶吸收的灭生性除草剂如草甘膦、敌草快,因误施或飘移产生的药害,可及时采用清水喷淋的措施缓解药害。非激素类除草剂产生的药害,可茎叶喷施赤霉酸、吲哚乙酸、芸苔素内酯

复配剂,芸苔素内酯,赤霉酸,磷酸二氢钾等,通过促进作物生长,增强除草剂耐受性以缓缓解药害。如叶面喷施赤霉酸、吲哚乙酸、芸苔素内酯复配剂+磷酸二氢钾,能够有效缓解异噁草松对春小麦造成的残留药害。激素类除草剂产生的药害,可采用冲施肥料或喷施叶面肥,促进农作物尽快恢复生长。土壤施用生物炭、生石灰、微生物菌剂,通过吸附或加速降解以缓解二氯喹啉酸对烟草的残留药害^[15]。对于误用除草剂品种或施用剂量过大造成的毁灭性当茬药害,应果断采取毁种措施,以免贻误农时。

参考文献

- [1] 纪明山. 东北地区除草剂药害治理对策[C]//中国化工学会农药专业委员会. 中国化工学会农药专业委员会第十六届年会论文集. 贵阳: [出版者不详], 2014: 1-6.
- [2] MONACO T J, WELLER S C, ASHTON F M. Weed science principles and practices[M]. 4th edition. London: John Wiley & Sons Inc. 2002: 573-591.
- [3] 纪明山. 热点讲座(一) 除草剂药害及防止[J]. 新农业, 2000(2): 36-38.
- [4] 王春光. 浅析除草剂药害产生的几种原因[J]. 河南农业, 2019(28): 18.
- [5] 李伟伟, 李琰, 叶胜龙, 等. 漂移除草剂广灭灵和2,4-D高效降解菌株的筛选[J]. 东北林业大学学报, 2011, 39(11): 143-146.
- [6] NIU Z Z, YOUNG J L, JOHNSON W G, et al. Early detection of dicamba and 2,4-D herbicide drifting injuries on soybean with a new spatial-spectral algorithm based on LeafSpec, an accurate touch-based hyperspectral leaf scanner[J]. Remote Sensing, 2023, 15: 5771.
- [7] 王险峰. 异噁草松药害原因分析与处理[C]//中国植物保护学会杂草学分会. 第九届全国杂草科学大会论文摘要集. 西宁: [出版者不详], 2009: 125-128.
- [8] 苏少泉. 长残留除草剂对后茬作物安全性问题[J]. 农药, 1998, 37(12): 6-9.
- [9] 赵长山, 何付丽. 长残留性除草剂与黑龙江省农业的未来发展[J]. 东北农业大学学报, 2007, 38(1): 136-139.
- [10] 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.
- [11] 陈国奇, 田兴山, 冯莉. 南方二氯喹啉酸残留药害早期诊断和预警亟待研究[J]. 杂草科学, 2014, 32(1): 96-100.
- [12] 邢岩, 耿贺利. 除草剂药害图鉴[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2003.
- [13] 唐剑峰, 吴建挺, 袁雪. 除草剂安全剂的研究进展概况[J]. 世界农药, 2021, 43(2): 6-14.
- [14] 贾玲, 付颖, 叶非. 除草剂安全剂研究与应用进展[J]. 世界农药, 2023, 45(1): 13-28.
- [15] 杨森, 黄化刚, 龙友华, 等. 除草剂土壤残留致烟草药害及其修复技术[J]. 山地农业生物学报, 2017, 36(3): 61-67.

(编辑: 顾林玲)