

莠去津乙草胺和甲磺隆 3 种除草剂 对青菜危害的生物测试

陈良燕, 林玉锁

(国家环保总局南京环境科学研究所, 国家环境保护农药环境评价与污染控制重点实验室, 江苏 南京 210042)

摘 要: 应用叶面喷雾法和土培法进行了莠去津、乙草胺、甲磺隆 3 种除草剂对青菜危害的生物测试。结果表明, 3 种除草剂对青菜产生危害的剂量不同, 危害症状也显著不同。将此结果应用于农药环境污染事故的调查与诊断工作中, 对污染因子进行了初步的分析和判定。

关键词: 莠去津; 乙草胺; 甲磺隆; 生物测试

中图分类号: S482.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000 – 0267(2001)02 – 0111 – 04

Bioassay on Injure of Greengrocery by 3 Herbicides——Atrazine, Acetochlor and Metsulfuron-methyl

CHEN Liang-yan, LIN Yu-suo

(Nanjing Institute of Environmental Science, NEPA, Nanjing 210042 China)

Abstract: A bioassay using three types of herbicides —atrazine, acetochlor and metsulfuron – methyl on greengrocery was conducted, by both of spraying and soil incubation. The results showed that injured doses and hazard symptoms for the herbicides were significantly different. In the investigation, it was indicated that the bioassay method may provide an opportunity for diagnoses of pesticides pollution accident, for analyzing and determining the pollution substances.

Keywords: Atrazine; Acetochlor; Metsulfuron – methyl; bioassay

生物测试 (bioassay) 也称生物检测, 是利用生物受到污染物质的毒害所产生的生理机能的变化测试污染状况的方法。生物测试能直观地反映环境中污染因子对特定生物的危害效应, 能综合反映污染状况, 可测定环境中单因子污染和复合污染的危害, 是国内外广泛采用的一种监测方法^[1]。在环境污染事故的调查与诊断中, 生物测试方法的应用可对污染因子的分析、判定和验证起到重要的作用^[2]。

莠去津是一种均三氮苯类灭生性除草剂, 主要通过植物的根系吸收, 对大部分一年生双子叶杂草具有很好的防治作用。其作用机理是抑制杂草的光合作用和蒸腾作用, 使植物叶片失绿, 干枯, 死亡。乙草胺属酰胺类除草剂, 生物活性较高, 通过抑制植物的幼芽或根的生长, 使幼芽严重矮化而最终死亡。甲磺隆是磺酰脲类化合物, 是一种生物活性极高的超高效广谱除草剂, 通过植物根和茎叶的吸收, 在植物体内迅速传导、扩展, 主要在生长分裂旺盛的分生组织中发挥除草作用。通过抑制乙酰乳酸合成酶, 阻断

收稿日期: 2000 – 03 – 24

作者简介: 陈良燕 (1970—), 女, 助理研究员, 主要从事农用化学品生态毒理学研究和污染控制技术研究工作。

一些氨基酸的合成, 导致细胞分裂和植物生长受抑制^[3、4]。以上 3 种除草剂由于其生物活性、作用方式的不同, 对农作物造成危害的剂量不同, 所产生的危害症状也有区别。

本研究以青菜为受试作物, 在实验室内模拟自然条件进行了 3 种除草剂对青菜的危害剂量和危害症状的研究, 并对污染事故发生现场的受污染的地下水进行了生物测试, 为农药环境污染事故中污染因子的初步分析和判定提供一定的科学依据。

1 试验材料

1.1 供试农药

甲磺隆 90% 原粉: 江苏省激素研究所提供。以甲醇溶解配制成母液, 以蒸馏水稀释成一定浓度供试验用。

乙草胺 50% 乳油: 河北省宣化农药厂提供。以蒸馏水稀释成所需浓度供试验用。

莠去津 50% 原粉: 河北省宣化农药厂提供。以甲醇溶解配制成母液, 以蒸馏水稀释成一定浓度供试验用。

1.2 供试作物

青菜种:“青邦油菜”,唐山市荷花坑种子繁育站出品,污染事故发生地区常见品种。

1.3 试验土壤

采自某农药厂附近未受污染的砂性土壤,风干,粉碎,过 20 目筛备用。

1.4 试验水样

采自某农药厂附近受污染的地下水,可疑污染物为莠去津、乙草胺和甲磺隆中的 1 种或几种。同时采集该农药厂附近未受污染的地下水样作对照水样。

2 试验方法

2.1 3 种除草剂通过叶面吸收途径对青菜的危害试验

直径 13 cm、高 5 cm 的塑料盆内装入 500 g 试验土壤,土层高 3 cm。加入 150 mL 自来水,水:土(m/m) = 3:10,使土壤均匀湿润。每盆播种经筛选过的青菜种 20 粒,置自然光照下培养,试验温度为室温($15\text{ }^{\circ}\text{C}$ — $25\text{ }^{\circ}\text{C}$)。待青菜种发芽、出苗后,选择 10 株生长良好、株高一致的青菜苗作为试验对象,其余的除去。供试青菜长出 2 片真叶,株高 6—7 cm 时开始用药。以不同浓度的除草剂药液喷雾于青菜的叶面上,至叶面挂珠但不掉落时停止喷药。喷药时不使药液进入土壤。

受试青菜喷雾药液量 $4\text{ mL}\cdot\text{盆}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$,每日用药 1 次,连续用药 7 d。每种除草剂的不同浓度组均设 2 个平行样,并同时设置不用药的对照组。受试青菜每天早、晚各浇水 1 次,保持一定的土壤含水量。每日观察受试青菜叶片的生长情况,注意鉴别受害症状。

3 种除草剂喷雾的药液浓度分别如下:莠去津 0.5 、 1.0 、 5.0 、 $10\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$;乙草胺 1.0 、 5.0 、 $10\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$;甲磺隆 10 、 $100\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

2.2 3 种除草剂通过土壤吸收途径对青菜的危害试验

直径 13 cm、高 5 cm 的塑料盆内装入 500 g 试验土壤,土层深 3 cm。用 3 种除草剂不同浓度的药液各 150 mL,分别均匀地加入试验土壤中,水:土(m/m) = 3:10,使土壤含有不同浓度的除草剂。每盆播种经筛选过的青菜种 20 粒,置自然光照下培养,试验温度为室温($15\text{ }^{\circ}\text{C}$ — $25\text{ }^{\circ}\text{C}$)。每浓度组均设 2 个平行样,同时设置不加药的对照组。试验青菜每天早、晚各浇水 1 次,保持一定的土壤含水量。每日观察、记录青菜的生长情况,对受害症状进行鉴别、描述。

3 种除草剂的土壤浓度分别如下:莠去津 0.1 、

0.5 、 1.0 、 5.0 、 $10\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$;乙草胺 0.01 、 0.1 、 1.0 、 $10\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$;甲磺隆 0.1 、 1.0 、 10 、 50 、 $100\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

2.3 受污染地下水样的生物测试

以青菜为试验生物,待青菜长出 2 片真叶,株高 6—7 cm 时开始用某农药厂附近受污染的地下水样浇灌。灌水量 50 — $60\text{ mL}\cdot\text{d}^{-1}$,连续灌水 7 d。同时以该农药厂附近未受污染的地下水样浇灌青菜作为对照组,处理组及对照组均设 2 平行。置于自然光照下培养,试验温度为室温($15\text{ }^{\circ}\text{C}$ — $25\text{ }^{\circ}\text{C}$)。每日观察青菜的生长情况,对受害症状进行比较和鉴别。

3 结果与讨论

3.1 3 种除草剂通过叶面吸收途径对青菜的危害

3.1.1 莠去津对青菜的危害

以 0.5 、 1.0 、 5.0 、 $10\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 不同浓度莠去津药液对已长出 2 片真叶,株高 5—7 cm 的青菜进行叶面喷雾,连续用药到第 7 d 时可以观察到: $10\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 最高浓度组叶片失绿变黄,少数叶片的叶尖开始干枯。 $5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 处理组的叶片也开始失绿变黄,但未见干枯的叶片。停药后继续观察 2 d, $10\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 组大部分叶片失绿,从叶尖开始干枯,叶的边缘绿色褪去,并逐渐向整个叶片扩展,最后整个植株枯萎死亡。有的叶片上出现了不规则的坏死伤斑。与叶片同时暴露的茎部也出现枯萎的现象。 $5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 处理组也出现了同样的症状,程度较 $10\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 组轻些。 $1.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 处理组叶片绿色变浅,出现少量的枯叶,长势不好。 $0.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 处理组青菜叶片绿色与对照组无明显差异,且生长旺盛,未观察到明显的异常现象。

3.1.2 乙草胺对青菜的危害

以 1.0 、 5.0 、 $10\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 不同浓度乙草胺药液对青菜叶面进行喷雾,连续用药 7 d。各浓度处理组均未出现失绿、枯萎现象,与对照组相比,各处理组受试青菜生长良好,未观察到明显异常现象。

3.1.3 甲磺隆对青菜的危害

以 1.0 、 10 、 $100\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 不同浓度甲磺隆药液对青菜叶面进行喷雾,连续用药 7 d 后可观察到: $100\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 处理组的叶片皱缩,凸凹不平,有失绿斑出现,新叶症状更严重。刚长出的幼叶呈现黄色,且植株较对照组矮小,生长减缓。 $10\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 处理组的叶片也出现了皱缩现象,但程度较 $10\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 处理轻,失绿斑不明显,但植株高度较对照组矮小,生长减缓。 $1.0\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 处理组用药后生长比较正常,叶片上无明显受害症状,与对照组相比生长情况无明显异

常。

莠去津喷雾于青菜叶片，在 $5\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 及以上的浓度，可以在暴露后的较短时间内使受试青菜枯萎、死亡。受试青菜从开始出现危害症状直到完全枯萎，其时间间隔较短。与叶片同时暴露的茎部也出现相同的症状。

3.1.4 讨论

莠去津、乙草胺和甲磺隆 3 种除草剂通过叶片吸收途径对青菜的生长影响有明显的差异,见表 1。从叶片的受害症状和受害浓度可将三者加以区别。

表 1 3 种除草剂对青菜的危害剂量及危害症状

Table 1 Symptoms and injure of harmful dosages for 3 herbicides on greengrocery			
除草剂	暴露方式	处理浓度	受害症状及受害过程
莠去津	叶面吸收	$0.5\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$	叶片形态、颜色与对照无明显差异,生长旺盛,未观察到明显的受害症状
		$1.0\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$	叶片绿色变浅,出现少量的枯叶,长势不好
		$\geq 5.0\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$	大部分叶片失绿,从叶尖开始干枯,叶的边缘褪色,有的出现不规则的坏死伤斑,并逐渐向整个叶片扩展,使植株枯萎死亡
	根系吸收	$0.1\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	植株较对照组矮小,有部分叶片干枯
		$0.5\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	真叶未长出,子叶失绿变黄,叶尖干枯并逐渐向整个叶片扩展,部分植株逐渐死亡
		$\geq 1.0\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	症状同 $0.5\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理组,程度较之严重,植株全部死亡
乙草胺	叶面吸收	$10\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$	未出现明显受害症状
		$0.01\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$	叶片颜色、形态与对照无差异,但株高略矮
	根系吸收	$0.1\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$	株高矮,生长慢,叶片绿色变浅,叶脉清晰,呈深绿色,有的叶片发黄
		$1.0\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$	只长出很小的真叶,生长缓慢,植株矮小,子叶绿色变深,真叶叶片失绿、变黄,叶脉呈深绿色,清晰可见,少数植株死亡
		$10\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$	大部分植株死亡,少数存活者停止生长,植株矮小
		$1.0\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$	叶片无明显受害症状,但株高较对照组略矮
甲磺隆	叶面吸收	$10\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$	叶片皱缩,出现失绿斑,但程度较轻,植株较对照组矮小
		$100\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$	叶片皱缩,凹凸不平,出现失绿斑,刚长出的新叶呈黄色,植株矮小,生长缓慢
		$0.1\text{ }\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	少数真叶绿色变浅,叶片形态基本正常,但株高小于对照组
	根系吸收	$1.0\text{ }\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	大部分真叶失绿变黄,新叶受害严重,株高较对照组明显矮小,主根短,侧根不生长,呈“鸡爪”状
		$\geq 10\text{ }\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	不长真叶,子叶绿色变深,叶片变厚,植株严重矮化,从两片叶子中心开始褪绿变黄,逐渐向子叶的尖端扩展,植株逐渐失绿死亡

而在相同处理浓度下,乙草胺未对受试青菜造成明显危害,以 $10\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 乙草胺药液对青菜叶片连续喷雾 7 d,受试青菜未表现出明显的受害症状。因此,通过叶面吸收途径进入植物体内时,青菜对莠去津的敏感性大于乙草胺。

通过叶面吸收途径,甲磺隆在一定浓度下也会对青菜产生危害,出现明显症状的浓度为 $10\text{ }\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 及以上浓度,比莠去津的危害浓度低 2 个数量级。其症状与莠去津所造成的症状有明显的不同:甲磺隆不会导致受试青菜的叶片迅速死亡,而是使叶片皱缩,凹凸不平,出现失绿斑,不同于莠去津所造成的使暴露叶片整体失绿、变黄,继而枯萎的现象。

3.2 3 种除草剂通过根系吸收途径对青菜的危害

3.2.1 莠去津对青菜的危害

0.1 、 0.5 、 1.0 、 5.0 、 $10\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 不同浓度的莠去津土壤处理组对青菜的危害表现出剂量 - 反应关系和时间 - 反应关系。播种后的第 8 d,青菜已长出子叶,株高约 2 cm, $10\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理组的受试青菜子叶枯萎, $5\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理组也出现枯萎现象,但程度较轻。而 $1.0\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 及以下处理组的受试青菜生长正常。

随时间延续, $10\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 及 $5\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理组受害症状加重,枯萎叶片增多,且植株生长缓慢。 0.1 、 0.5 及 $1.0\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理组也表现出不同程度的受害症状。至播种后的第 21 d, 10 、 5.0 、 1.0 及 $0.5\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理组青菜的真叶未长出,子叶失绿变黄,叶尖干枯并逐渐向整个叶片扩展,植株逐渐死亡; $0.1\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理组受试青菜能够长出真叶,但植株较对照组矮小,部分叶片干枯。

3.2.2 乙草胺对青菜的危害

乙草胺对青菜的危害有剂量 - 反应关系和时间 - 反应关系。播种后第 7 d, $10\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理组的青菜出现“倒伏”现象,并逐渐死亡,即从茎的中部折断,植株倾倒。但在危害症状出现的初期,叶片和茎部均呈现正常的绿色,无失绿、枯萎现象。 $1.0\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理组部分植株也出现了同样的症状,但程度较轻。同时, 0.1 及 $0.01\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理组青菜生长正常。随时间的延续,危害症状逐渐加重。至第 21 d, $0.01\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理组与对照组相比较,叶片颜色、形态与对照组无明显差异,但株高略矮; $0.1\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理组株高较对照组矮小,生长慢,部分叶片绿色变浅,叶脉的绿色突出。 $1.0\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理组只长出很小的真叶,生

长缓慢,株高仅为 3—4 cm(对照组 12 cm 左右)。子叶绿色变深,真叶叶片失绿、变黄,叶脉绿色突出,少数植株死亡。 $10\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理组大部分植株死亡,少数存活者停止生长,株高仅 2 cm 左右。

3.2.3 甲磺隆对青菜的危害

甲磺隆对青菜生长的危害也表现出剂量—反应关系和时间—反应关系。在不同浓度甲磺隆处理的土壤中播种青菜,播种后第 7 d 可以观察到, $10\text{ }\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 及以上处理组的受试青菜只长出很小的子叶即停止生长,株高仅 1—2 cm(对照组株高 4—5 cm); $1\text{ }\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理组较对照矮小;而 $0.1\text{ }\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理组受害症状不明显,生长状况较好。

以后,随暴露时间的延续,各处理组的受害症状逐渐加重。至第 21 d, $0.1\text{ }\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理组已长出 1—2 片真叶,有少数真叶绿色变浅,叶片形态基本正常,大部分植株高度可达 6—7 cm(对照组株高 12 cm 左右),该处理组受害程度最轻。 $1.0\text{ }\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 处理组也可长出 1—2 片真叶,但大部分真叶失绿变黄,新叶受害尤其严重。该处理组的株高 4—5 cm,明显矮于对照组。 $10\text{ }\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 及以上浓度组不长真叶,子叶绿色变深,叶片变厚,植株严重矮化,仅 1—2 cm 左右,且受害植株从两片子叶中心开始褪绿变黄,逐渐向子叶的尖端扩展。继续观察 10 d,可见部分受害严重的植株失绿、变黄,随后逐渐死亡。

3.2.4 讨论

莠去津、乙草胺及甲磺隆 3 种除草剂通过根系吸收途径对青菜的危害效应有明显的不同,见表 1 所列。可从危害症状和危害剂量两个方面加以说明。

土壤中莠去津含量达 $0.1\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时就可对青菜造成危害,浓度越大,危害越严重。其危害症状主要表现为:经暴露的受试作物在较短时间内失绿,叶尖干枯,有些叶片出现不规则的伤斑,并逐渐扩展到整个叶片,造成植株枯萎、死亡。受试青菜从开始出现伤害症状直到作物完全枯萎,其时间间隔很短,在 1—2 d 内即可完成。

土壤施用乙草胺达 $0.1\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时就可对青菜造成危害,且危害程度随浓度的增加而增强。土壤中高浓度乙草胺($5\text{—}10\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)可使受试青菜茎部折断,植株倒伏,植株逐渐死亡;低浓度的乙草胺($0.1\text{—}1.0\text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)抑制青菜生长,使植株矮化,可使青菜叶片的绿色变浅,受害叶片的叶脉相对于叶片的其它部位颜色较深。但乙草胺对青菜产生危害后,不会导致青菜茎、叶的干枯,这与莠去津所产生的危害症状有明显的不同。

在甲磺隆对青菜的药害试验中,土壤施用 $1.0\text{ }\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 甲磺隆即可对青菜的生长产生危害,比莠去津、乙草胺的危害浓度低 2 个数量级。随浓度增高,危害程度愈严重;随暴露时间延长,危害症状愈明显。其危害的典型症状是抑制植物生长,高浓度暴露下,青菜的真叶不能长出,生长点失绿、坏死,并逐渐向整个叶片蔓延,使青菜生长停止;低浓度暴露下,青菜可以长出真叶,但新叶失绿、变黄,生长缓慢,植株矮化。甲磺隆对受试作物的根系也产生危害,抑制主根及侧根的生长,导致主根、侧根短小,数量减少,与莠去津、乙草胺的危害症状有明显的区别。

3.3 生物测试结果在农药环境污染事故调查诊断中的应用

由于这 3 种除草剂对青菜的危害剂量、危害症状及出现症状的过程有明显不同,在农药环境污染事故诊断中,可对莠去津、乙草胺及甲磺隆对作物的危害作出判断和鉴定。

以某农药厂附近受污染的地下水样对青菜进行浇灌,至第 7 d,累计浇灌量达 $400\text{ mL} \cdot \text{盆}^{-1}$ 时,可以观察到受试青菜叶片褪绿变黄,叶脉的绿色较叶片深,清晰可见。叶片伸展,无异常卷曲。继续浇灌至第 14 d,累计浇水量 $800\text{ mL} \cdot \text{盆}^{-1}$,除以上症状外,污染水样浇灌的处理组青菜株高略矮于对照组。

对照 3 种除草剂对青菜的危害症状,可以初步判定以地下水样浇灌的青菜受害不是莠去津引起,因此,青菜受害因子可以排除莠去津,但不能排除乙草胺和甲磺隆,要进一步确定致害污染物还需对受污染的地下水中污染因子进行综合分析和判定。

需指出的是,生物测试方法在实际应用中存在一定的局限,这是因为影响其结果的因素较多,尤其是当受试环境样品中杂质多、成分复杂时,生物测试的结果会受到很大影响,污染因子的分析与判定也比较困难。因此,在污染事故诊断中,应结合其它方法^[5](如污染源调查、污染途径分析、现场监测等)进行综合分析和判定,才能得出科学的结论。

参考文献:

- [1] 张志杰. 环境生物监测[M]. 北京:冶金工业出版社,1990. 169—170.
- [2] 林玉锁,徐亦钢,石利利,等. 农药环境污染事故调查诊断方法研究[J]. 污染防治技术,1998, 11(3): 137—140, 144.
- [3] 农业部农药检定所. 新编农药手册[M]. 北京:农业出版社,1989. 522—524.
- [4] 苏少泉. 除草剂概论[M]. 北京:科学出版社,1989. 146—149, 213—216, 312—319.
- [5] 林玉锁. 环境污染事故调查诊断中的因果关系分析[J]. 环境导报,1998, (6): 4—6.