

莠去津土壤残留对下茬黄瓜幼苗生长和生理指标的影响

张露文¹, 宋述尧^{1*}, 陈姗姗¹, 苏丽影², 孙凯³, 苏雪娇¹

(1. 吉林农业大学园艺学院, 长春 130118; 2. 方圆标志认证集团吉林有限公司, 长春 130022; 3. 吉林省农业科学院经济植物研究所, 长春 130033)

摘要:为了明确莠去津土壤残留对后茬黄瓜的影响, 本试验模拟莠去津在土壤中残留浓度(0~0.40 mg/kg)进行育苗实验。结果表明, 莠去津土壤残留在(0~0.40 mg/kg)浓度范围内对黄瓜种子出苗率影响不显著; 当处理浓度达到0.10 mg/kg时, 开始抑制黄瓜幼苗生长, 且幼苗地下部较地上部敏感, 受抑制率大。处理浓度达0.30 mg/kg时, 净光合速率较对照下降56%, 幼苗死亡率超过50%, 严重伤害幼苗生长; 处理浓度达0.40 mg/kg时, 幼苗死亡率接近100%。随着处理浓度增加, 幼苗SOD活性、POD活性、丙二醛含量、可溶性糖含量上升, 叶绿素含量、净光合速率与根系活力下降。

关键词:莠去津; 土壤残留; 黄瓜; 幼苗; 生长

中图分类号: S642.2

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2021)06-0074-04

Effects of Atrazine Soil Residue on Growth and Physiological Indexes of Cucumber Seedlings in the Next Crop

ZHANG Luwen¹, SONG Shuyao^{1*}, CHEN Shanshan¹, SU Liying², SUN Kai³, SU Xuejiao¹

(1. College of Horticulture, Jilin Agricultural University, Changchun 130118; 2. Fangyuan Mark Certification Group Jilin Co., Ltd., Changchun 130022; 3. Economic Botany Research Institute, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: In order to understand the effect of the soil residue of Atrazine on the cucumber, this test simulates the residual concentration of atrazine in the soil (0~0.40 mg/kg) for seedling experiments. The results show, the concentration of atrazine soil in the range of (0~0.40 mg/kg) has no significant effect on the emergence rate of cucumber seeds. When the treatment concentration reached 0.10 mg/kg, the growth of cucumber seedlings began to be inhibited, and the underground part of the seedlings was more sensitive than the aerial part, and the inhibition rate was larger than that. When the concentration reached 0.30 mg/kg, the net photosynthetic rate decreased by 56% compared with the control, and the seedling mortality rate exceeded 50%, which seriously damaged the growth of seedlings. When the treatment concentration reached 0.40 mg/kg, the seedling mortality rate was close to 100%. With the increase of treatment concentration, the SOD activity, POD activity, malondialdehyde content and soluble sugar content of seedlings increased, chlorophyll content, net photosynthetic rate and root activity decreased.

Key words: Atrazine; Soil residue; Cucumber; Seedling; Growth

莠去津(Atrazine)化学名称为2-氯-4-乙氨基-6-异丙氨基-1,3,5-三嗪,又名阿特拉津,是一种选择内吸传导型苗前、苗后除草剂^[1],用于玉米、高粱、甘蔗、果园和林地等的除草。莠去津在土壤中降解时间长,半衰期可达28~440 d,且中间

产物毒性大,易在土壤中迁移^[2]。莠去津在有机质含量高的土壤中易与重金属结合,结合残留量高达54%^[3]。莠去津施入土壤后一年内能降解约90%,但在之后的2~3年依旧可以检测到残留^[4]。近年来,随着农业产业结构的调整,蔬菜产业发展不断扩大,部分产区正在由城郊向粮食产区扩展。而莠去津多年投入使用,其土壤残留严重影响后茬蔬菜作物的生长,造成减产甚至绝收。

莠去津占整个东北地区玉米田除草剂施用面积的80%以上^[5],使用时间最长的地区已达30余

收稿日期: 2019-12-10

基金项目: 吉林省现代农业产业技术体系建设专项(2013026)

作者简介: 张露文(1994-),女,在读硕士,研究方向: 设施园艺工程及蔬菜生态生理。

通讯作者: 宋述尧,男,硕士,教授, E-mail: sysongjlau@126.com

年,在玉米种植区耕层土壤中残留量最大已达0.431 mg/kg^[6],极易对后茬作物大白菜、甜瓜、油菜、甘蓝、番茄等蔬菜产生药害^[7]。生产上经常发生此类事故,严重影响蔬菜产业的发展。研究表明,当残留量超过0.1 mg/kg时,将影响敏感作物生长^[8];作物受药害后叶片变黄褐色^[9]、叶子畸形^[10]、植株矮化、枯萎^[11]、死亡^[12]。目前关于莠去津在土壤中残留行为已有一些报道,但在莠去津土壤残留对下茬作物产生药害的生理机制报道较少,缺乏深入研究。因此,本试验拟采取人工模拟莠去津土壤残留条件,旨在探讨其土壤残留对黄瓜幼苗生长发育以及相关生理指标的影响,为生产上安全使用莠去津及合理安排下茬作物提供科学依据。

1 材料方法

1.1 试验材料

试验于2019年在本校设施农业基地进行。供试黄瓜(*Cucumis sativus* L.)品种为‘吉杂16号’。供试药剂为38%莠去津悬浮剂(济南科赛基农化工有限公司)。试验采用的育苗基质配方为田园土:草炭=1:1(V/V),基质中有机质含量26.14 g/kg,pH值6.19。

1.2 试验方法

莠去津设6种处理浓度:0.00(CK)、0.05、0.10、0.20、0.30、0.40 mg/kg。采用规格为10 cm×10 cm的塑料营养钵作为育苗容器。加入育苗基质后,将已萌发的黄瓜种子播种到营养钵内,每个营养钵播1粒,播种后每个营养钵分别加入60 mL不同浓度的莠去津药液。每个处理80株,3次重复,完全随机排列,于温室(27±5)℃培养。

1.3 测定项目与方法

处理3 d后,计算出苗率。出苗后每隔4 d计算幼苗死亡率,直至幼苗的死亡率恒定。处理16 d后,每处理随机取样9株,测定黄瓜幼苗的株高、茎粗、叶面积和地上、下部鲜重,并计算莠去津土

壤残留量对黄瓜幼苗生长的抑制率。将幼苗放入烘箱105℃杀青15 min,80℃烘72 h至恒重后称地上、下部干重量。

出苗率(%)=每处理出苗数/每处理种子总数×100

幼苗死亡率(%)=每处理幼苗死亡数量/每处理幼苗总数×100

抑制率(%)=(对照平均值-处理的平均值)/对照的平均值×100

采用LI-6400型光合仪于晴天9:00~11:00测定幼苗的净光合速率(Pn)。叶绿素总量测定采用乙醇丙酮(1:1,V/V)浸泡法。SOD活性采用氮蓝四唑法、POD活性采用愈创木酚法、丙二醛含量采用硫代巴比妥酸法、可溶性糖采用蒽酮法、根系活力采用TTC法^[13]。

1.4 数据分析

采用Microsoft Excel 2007软件对数据进行统计分析,用DPS 7.05软件进行单因素方差分析,求出莠去津土壤残留剂量对黄瓜幼苗生长指标抑制作用的回归方程、相关系数、ID₁₀(抑制率10%)和ID₅₀(抑制率50%)值。

2 结果与分析

2.1 莠去津土壤残留对黄瓜种子出苗率、死亡率的影响

从表1可以看出,各处理之间黄瓜出苗率差异不显著,表明莠去津土壤残留在本试验处理浓度范围内对出苗影响不大。处理后7 d,残留量为0.40 mg/kg处理开始出现死苗,处理后12 d,残留量0.20~0.40 mg/kg处理出现死苗,处理后24 d,残留量0.40、0.30 mg/kg处理死亡率达97.78%、52.22%;27 d各处理不再继续死苗,死苗率恒定,死苗率与处理浓度呈正相关。而0、0.05 mg/kg处理在整个试验期间生长良好,未出现死苗。0.10 mg/kg处理在整个试验期间死苗率低于2.22%,与对照差异不显著。

表1 莠去津土壤残留对黄瓜出苗率、死亡率的影响

莠去津土壤 残留量(mg/kg)	出苗率 (%)	死亡率(%)					
		处理后7 d	处理后12 d	处理后16 d	处理后20 d	处理后24 d	处理后27 d
0.00	97.78a	0.00a	0.00b	0.00c	0.00d	0.00d	0.00d
0.05	96.67a	0.00a	0.00b	0.00c	0.00d	0.00d	0.00d
0.10	97.78a	0.00a	0.00b	1.11c	2.22d	2.22d	2.22d
0.20	94.44a	0.00a	1.11b	13.33b	14.44c	17.78c	17.78c
0.30	96.67a	0.00a	2.22b	15.56b	25.56b	52.22b	52.22b
0.40	97.78a	2.22a	23.33a	35.56a	64.44a	97.78a	97.78a

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著(α=0.05),下同

2.2 莠去津土壤残留对黄瓜幼苗生长的影响

莠去津处理 20 d 后, 0.05 mg/kg 处理黄瓜株高, 叶面积, 地上、下部干、鲜重均与 CK 无显著差异, 当处理浓度大于 0.10 mg/kg 时与对照达到显著性差异, 这一结果表明莠去津抑制黄瓜幼苗生长的起始浓度为 0.10 mg/kg; 随着模拟残留量的增

大, 幼苗生长量指标均逐渐减小, 受抑制增强。黄瓜的地下部干、鲜重在 0.40 mg/kg 处理达到最大抑制率 72.00%、70.06%。且黄瓜的根冠比随莠去津残留量增大而减小。黄瓜幼苗地下部受抑制程度大于地上部(表 2)。

表 2 莠去津土壤残留对黄瓜幼苗生长的影响

莠去津土壤 残留量(mg/kg)	株高 (cm)	茎粗 (mm)	叶面积 (cm ²)	地上部鲜重 (g)	地下部鲜重 (g)	地上部干重 (g)	地下部干重 (g)	根冠比
0.00	10.19a	4.72a	82.25a	3.25a	1.89a	0.283a	0.072a	0.253a
0.05	9.70ab	4.41b	81.68a	3.05a	1.77ab	0.269a	0.065ab	0.244a
0.10	8.83bc	4.09c	74.73b	2.71b	1.61b	0.233b	0.058b	0.248ab
0.20	8.50c	3.89c	67.23c	2.39c	1.25c	0.203b	0.045c	0.219bc
0.30	7.47d	3.35d	64.75cd	1.57d	0.79d	0.133c	0.028d	0.209c
0.40	6.93d	3.09e	62.28d	1.22e	0.57e	0.103c	0.020d	0.196c

2.3 莠去津土壤残留对黄瓜幼苗生长抑制作用回归分析

以 x 代表土壤莠去津残留量, y 代表各生长指标受抑制率, 进行莠去津土壤残留量对幼苗生长指标受抑制率的回归分析。由表 3 可知, 当黄瓜幼苗各指标抑制率达 10% 时, 土壤莠去津残留量在 0.053~0.173 mg/kg 范围内; 受抑制率达 50% 时, 残留量在 0.266~0.740 mg/kg 范围内。土壤莠去津

残留量为 0.053、0.065 mg/kg 时, 黄瓜幼苗地下部干、鲜重受抑制率达 10%, 残留量在 0.266、0.280 mg/kg 时, 地下部干、鲜重受抑制率达 50%, 同时小于其他各指标。残留量达到 0.173、0.740 mg/kg 时, 株高受抑制率达 10% 和 50%, 均大于其他各指标。当土壤莠去津残留量相同时, 黄瓜幼苗的地下部最先受到影响, 且较地上部影响大, 其次是叶面积、茎粗, 对株高抑制作用最小。

表 3 莠去津土壤残留量对黄瓜幼苗生长抑制作用回归分析

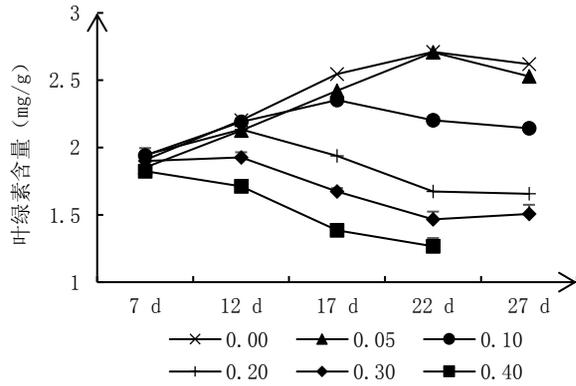
生长指标	抑制率回归方程	相关系数	R ²	ID ₁₀ (mg/kg)	ID ₅₀ (mg/kg)
株高	$y=70.6233x-2.2419$	0.9870	0.9743	0.173	0.740
茎粗	$y=88.8488x+0.3438$	0.9967	0.9935	0.109	0.559
叶面积	$y=151.9695x-2.1026$	0.9965	0.9929	0.080	0.343
地上部鲜重	$y=161.4866x-1.1150$	0.9928	0.9856	0.069	0.317
地下部鲜重	$y=185.5248x-2.0219$	0.9954	0.9907	0.065	0.280
地上部干重	$y=166.0412x-1.1592$	0.9930	0.9860	0.067	0.308
地下部干重	$y=187.3965x+0.1242$	0.9960	0.9921	0.053	0.266

2.4 莠去津土壤残留对黄瓜幼苗叶绿素含量的影响

由图 1 可知, 处理后 7 d, 各处理叶绿素含量无显著差异。处理后 12 d, 0.20、0.30、0.40 mg/kg 处理叶绿素含量均低于对照组; 处理后 17 d, 0.10 mg/kg 处理叶绿素含量较对照下降 7.84%, 幼苗出现死亡。处理后 12~22 d, 0.20、0.30、0.40 mg/kg 处理叶绿素含量大幅度下降, 处理期间浓度为 0.05 mg/kg 与对照无明显差异, 除 0.40 mg/kg 处理, 各处理至 27 d 时叶绿素含量趋于平稳。

2.5 莠去津土壤残留对黄瓜叶片净光合速率的影响

如图 2 所示, 浓度 0.40 mg/kg 处理的净光合速率, 在处理 7 d 较对照下降 12.28%, 幼苗出现死亡; 处理后 12 d, 除 0.05 mg/kg 处理其余净光合速率均低于对照组; 处理后 17 d, 0.10 mg/kg 处理净光合速率较对照下降 20.61%; 从处理 22 d 开始, 一直到处理后 27 d, 0.20、0.30 mg/kg 处理的净光合速率趋于稳定且有回升趋势。0.40 mg/kg 处理的净光合速率至处理后 22 d 一直呈下降趋势。



注:处理后27 d,0.40 mg/kg处理死亡率达97.78%,遂无法测量,下同

图1 莠去津土壤残留对黄瓜幼苗叶绿素含量的影响

2.6 莠去津土壤残留对黄瓜幼苗生理指标的影响

表4显示,黄瓜幼苗的POD酶活性、丙二醛(MDA)含量、可溶性糖含量和根系活力均在处理浓度为0.10 mg/kg时显著大于对照;而SOD酶活

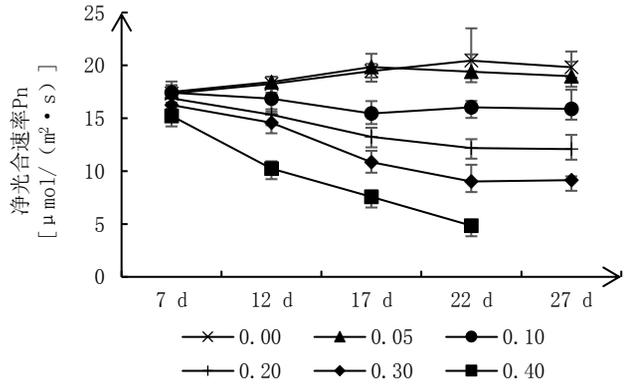


图2 莠去津土壤残留对黄瓜叶片净光合速率的影响

性在浓度为0.20 mg/kg时显著大于对照。随着残留量增大,除根系活力外,均呈上升趋势,0.40 mg/kg时达到最大值;根系活力则呈下降趋势,0.40 mg/kg时达到最小值,比对照下降65.11%。

表4 莠去津土壤残留对黄瓜生理指标的影响

莠去津土壤残留量(mg/kg)	SOD(U/g)	POD[U/(g·min)]	MDA(nmol/g)	可溶性糖(mg/g)	根系活力[μg/(g·h)]
0.0	116.03d	38.37e	4.65e	3.98e	77.49a
0.05	126.75d	39.07e	5.79de	4.59de	71.96ab
0.10	131.52cd	43.93d	6.02d	5.65d	66.04b
0.20	145.28bc	51.46c	10.62c	9.16c	51.43c
0.30	158.26ab	58.17b	14.47b	11.10b	40.65d
0.40	168.34a	66.1a	17.21a	12.88a	27.04e

3 讨论

本试验结果表明,在0~0.40 mg/kg浓度范围内,土壤莠去津残留量对黄瓜种子的出苗率影响不显著(表1),一直到处理后第7天,较高处理浓度0.40 mg/kg才出现死苗,这可能与种子发芽出苗阶段主要依靠自身贮存的营养有关,且是一个相对封闭的生理过程。也可能与出苗速度快有关。然而也有研究表明,莠去津处理会影响西葫芦^[14]、西瓜^[15]、玉米^[16]种子萌发,抑制大豆种子出苗^[17],造成这种差异原因可能与不同种子萌发条件不同有关。

本试验通过回归分析得出黄瓜幼苗各生长指标受抑制率相同(10%、50%)时,抑制幼苗地下部干、鲜重的土壤莠去津残留量小于其他各指标,因此黄瓜幼苗受到土壤莠去津残留药害时,地下部先受到抑制,而后影响地上部;且黄瓜幼苗的根系活力随处理浓度增大而减小,受抑制率最高可达65.11%。因此,黄瓜幼苗的地下部较地上部更敏感。这与小麦^[18]研究结果一致,小麦幼苗在土壤莠去津的胁迫下,其地下部伤害较地上部

大,原因是地下部分直接接触农药,敏感度高。

本试验处理浓度大于0.20 mg/kg的各处理,黄瓜幼苗生长,地上、下部鲜重抑制率超过50%时,叶绿素含量与净光合速率受抑制率分别达36.64%、39.11%。产生这种伤害的主要原因在于植株受到土壤中残留莠去津的胁迫后,莠去津由木质部迅速向上传导至叶部,从叶绿体PS II反应中心的膜蛋白上取代质体醌QB与蛋白的结合,阻止叶绿体PS II反应中心的电子传递,使能量传递中断并干扰、抑制其光合作用^[19]。这在辣椒^[20]、大豆和番茄^[21]都有相似报道,当残留浓度超过0.20 mg/kg时,辣椒最大光化学效率下降10%,导致单株鲜质量受抑制50%。

本试验得出黄瓜幼苗的安全临界浓度为0.10 mg/kg,超过此浓度时抑制幼苗生长,且随着浓度增加,抑制作用增强,浓度达0.30 mg/kg时,死苗率超过50%,严重伤害幼苗生长,处理浓度达0.40 mg/kg时,幼苗死亡率接近100%。这与在油菜、甘蓝^[7]和甜瓜^[8]上研究结果相一致。

(下转第113页)

下降,小麦即将取代水稻成为安徽省第一大粮食作物。(4)安徽省粮食生产空间分异明显,以长江为界,长江以北地区粮食贡献率高,长江沿线及长江以南地区粮食贡献率普遍偏低。(5)安徽省粮食产量波动系数只有15%年份属于正常水平,粮食安全问题严峻,但以人均粮食占有量为指标,安徽省粮食安全程度则较高。

参考文献:

- [1] 许世卫,王禹,潘月红,等.全球主要粮食生产与贸易格局演变分析及展望[J].农业展望,2018,14(3):73-87.
- [2] 江雪,叶生英,侯勃伟.中国粮食安全问题思考[J].农村经济与科技,2019,30(7):14-15.
- [3] 巫琦玲,张葵.基于回归分析的粮食产量影响因素分析[J].粮食科技与经济,2017,42(6):35-37,45.
- [4] Verburg P H, Soepboer W, Veldkamp A, et al. Modeling the spatial dynamics of regional land use: The CLUE-S model[J]. Environmental Management, 2002, 30(3): 391-405.
- [5] Harry H K, Ingmar R P. A generalized moments estimator for the autoregressive parameter in a spatial model[J]. International Economic Review, 2010, 40(2): 509-533.
- [6] 孟凡钢,饶德民,赵婧,等.不同基因型大豆品种对肥料的响应研究[J].东北农业科学,2018,43(6):9-12.
- [7] 杨春刚,郭桂珍,周广春,等.优良食味超级稻新品种“吉粳511”选育与推广应用[J].东北农业科学,2017,42(6):4-7.
- [8] 马巍,侯立刚,齐春艳,等.播期对不同生育类型水稻生长发育进程及产量的影响[J].东北农业科学,2016,41(6):5-10.
- [9] 袁惊柱,姜太碧.我国粮食新品种的增收效应及影响因素—以小麦新品种“川麦42”为例[J].农村经济,2012(2):52-55.
- [10] 韩媛芬,范变娥.论种子工作对西安粮食生产的贡献[J].中

国种业,2011(7):27-28.

- [11] 陈诗波.科技创新保障粮食安全的新思考—中美贸易摩擦背景下中国粮食增产增效的路径选择[J].中国农学通报,2018,34(27):1-7.
- [12] 刘英基.知识资本对粮食科技进步贡献率的影响[J].华南农业大学学报(社会科学版),2017,16(4):107-115.
- [13] 胡慧芝,王建力,王勇,等.1990~2015年长江流域县域粮食生产与粮食安全时空格局演变及影响因素分析[J].长江流域资源与环境,2019,28(2):359-367.
- [14] 张志高,邱双娟,张凯昭,等.河南省粮食生产格局演变及增产贡献研究[J].南方农业,2018,12(31):1-4.
- [15] 房建方.时间序列分段线性表示及定性趋势分析方法的研究[D].兰州:兰州理工大学,2013.
- [16] 李文明,唐成,谢颜.基于指标评价体系视角的我国粮食安全状况研究[J].农业经济问题,2010,31(9):26-31,110-111.
- [17] 丁金梅,杨奎,马彩虹,等.中国粮食产量时空格局演变研究[J].干旱区地理,2017,40(6):1290-1297.
- [18] 程亨华,肖春阳.中国粮食安全及其主要指标研究[J].财贸经济,2002(12):70-73.
- [19] 吴海中,王华权.2003~2016年安徽省主要粮食作物生产时空演变分析[J].贵州师范学院学报,2018,34(6):33-38.
- [20] 陶世奇,陶群山.粮食产量波动及原因分析—以安徽为例[J].湖北经济学院学报(人文社会科学版),2017,14(6):43-45,51.
- [21] 邬舒静.安徽省粮食产量的影响因素研究[J].江西农业学报,2016,28(10):116-119,125.
- [22] 张利国.中国区域粮食安全演变:1949-2008[J].经济地理,2011,31(5):833-838.

(责任编辑:王丝语)

(上接第77页)

参考文献:

- [1] 化工部农药信息总站.国外农药品种手册[M].北京:化工部农药信息总站出版社,1996:754-785.
- [2] Graymore M, Stagnitti F, Allinson G. Impacts of atrazine in aquatic ecosystems[J]. Environ Intern, 2001, 26(7-8): 483-495.
- [3] 刘爱菊.阿特拉津高效降解细菌的筛选及降解特性研究[D].泰安:山东农业大学,2003.
- [4] 李博.土壤中阿特拉津环境行为及降解转化研究[J].环境科学与管理,2017,42(5):141-145.
- [5] 赵滨,卢宗志.莠去津在吉林省的应用和残留现状调查[J].东北农业科学,2018,43(3):28-31.
- [6] 于晓斌.吉林省玉米种植区耕层土壤中莠去津和乙草胺残留分布特征及风险评价[D].长春:东北师范大学,2015.
- [7] 范润珍,卢向阳,钱传范.土壤中莠去津对几种蔬菜作物的安全浓度的测定[J].农药,1999(12):33-34.
- [8] 王英姿,纪明山,黄国宏,等.土壤中莠去津对几种农作物安全临界浓度的确定[J].沈阳农业大学学报,2002(1):33-34.
- [9] 陈铁保,黄春艳,王宇,等.白菜除草剂药害产生的原因及补救措施[J].农药市场信息,2007(20):31.
- [10] 孙凯,宋述尧,温涛,等.农田除草剂飘移对蔬菜作物的危害[J].当代生态农业,2012(Z1):99-102.
- [11] 曹海涛.除草剂莠去津对下茬西瓜药害及补救措施[J].现代农业,2015(10):42.

- [12] 陈良燕,林玉锁.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[J].农业环境保护,2001(2):111-114.
- [13] 张治安,陈展宇.植物生理学实验技术[M].长春:吉林大学出版社,2008:60-62.
- [14] 张伟锋,余显茂,梁关生,等.丁草胺和莠去津对西葫芦种子萌发和幼苗光合色素含量的影响[J].仲恺农业技术学院学报,2003(3):20-24,32.
- [15] 吕双雪,梁非时,朱子成,等.莠去津和拿捕净对西瓜种子萌发及相关酶活性的影响[J].中国瓜菜,2018,31(9):17-21.
- [16] 陈延玲,米国华.不同类型除草剂对玉米种子发芽率和发芽率的影响[J].吉林农业科学,2015,40(2):78-80.
- [17] 李玉梅,王根林,刘征宇,等.生物炭对土壤中莠去津残留消减的影响[J].作物杂志,2014(2):137-141.
- [18] 周游.阿特拉津对小麦幼苗的生物毒性[D].南京:南京农业大学,2012.
- [19] John McMurry/Eric Simanek.有机化学基础(第6版)[M].北京:清华大学出版社,2008:231-232.
- [20] 杨彩宏,冯莉,田兴山.莠去津土壤残留对4种蔬菜生长及叶绿素荧光参数的影响[J].中国蔬菜,2016(3):53-59.
- [21] Frank R, Sirons G J, Anderson G W. 1983. Atrazine: the impact of persistent residues in soil on susceptible crop species[J]. Canadian Journal of Soil Science, 1983, 63(2): 315-325.

(责任编辑:王昱)