

除草剂污染堆肥用量对番茄生长的影响

常瑞雪¹ 王智中¹ 韩雪¹ 李彦明^{1*} Frederick C MICHEL²

(1. 中国农业大学 资源与环境学院环境科学与工程系,北京 100193;

2. 俄亥俄州立大学 食品、农业与生物工程系,美国 韦斯特 4469)

摘要 为降低有机肥料使用过程中痕量除草剂对农业安全生产的风险,采用市售基质、普通堆肥和受除草剂污染的堆肥为试材,设置4个处理(无污染堆肥、二氯吡啶酸污染堆肥、氟乐灵污染堆肥和环丙嘧啶酸污染堆肥),在0.5%、10%和20%不同堆肥用量条件下,以番茄的出苗率和播种后45 d时植株的株高、叶片面积、茎粗、植株干质量、根长和壮苗指数为评价指标判断除草剂污染堆肥对番茄种子萌发及植株生长的影响。结果表明,除草剂污染堆肥对番茄种子的萌发及生长都有一定的抑制作用,随污染堆肥用量的增加抑制作用增加,且对作物产物抑制作用的污染堆肥用量及抑制作用大小因除草剂种类而异,二氯吡啶酸污染堆肥对番茄生长的影响最大。植物生长指标茎粗、植物干质量和根长较株高和叶面积而言,对除草剂污染更敏感。

关键词 番茄;除草剂;堆肥;生物有效性

中图分类号 X 592

文章编号 1007-4333(2015)01-0086-04

文献标志码 A

Influence of herbicide-contaminated compost on tomato

CHANG Rui-xue¹, WANG Zhi-zhong¹, HAN Xue¹, LI Yan-ming^{1*}, Frederick C MICHEL²

(1. College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China;

2. Department of Food, Agriculture and Biological Engineering, Ohio State University, Wooster 44691, OH, USA)

Abstract Herbicides residue in organic fertilizer has been considered as a serious threat to crop. In order to reduce the risks, we set up a test with 4 treatments of non-polluted compost (A1), clopyralid-polluted compost (A2), trifluralin-polluted compost (A3) and imiprelis-polluted compost (A4) at usage rates of 0.5%, 10% and 20% respectively. The aim was to survey the effects of the compost on germination rate, height, internode length, stem diameter, dry weight, root length, seedling index of 45 days tomato. The results showed that both tomato germination and growth rate were inhibited by the herbicide-polluted composts, depending on the herbicides. The inhibitory effect increased with increasing dose rate. Clopyralid-polluted compost had the most significant inhibitory effect. Stem diameter, plant dry weight and root length were more sensitive to herbicide pollution compared to plant height and leaf area.

Key words tomato; herbicide; compost; bioavailability

截止2009年底,我国耕地面积为1.22亿 hm^2 ,其中0.89亿 hm^2 存在杂草问题,应用化学除草的面积更是高达0.91亿 hm^2 [¹].化学除草不仅除草速度快,效果好,且节省人力,既适应了农村劳动力大幅度减少的情况,还可一定程度上提高作物产量,因此发挥着越来越重要的作用。由统计数据可知,我国2013年化学除草剂原药产量为179.98万t,占农药总产量的56.43%,且仍有逐年增加的趋势。

但化学除草剂作为农药类物质,当残留量超出环境降解能力的时候,必会导致后续的安全问题。且由于除草剂多为内吸式,非靶标植物吸收后极易残留于植物体内[²⁻⁴],不仅会破坏其内部结构和生理平衡及严重时导致植物死亡,还可能沿食物链进入动物体内甚至是粪便中[⁵⁻⁷],更可能及严重时因原料除草剂污染造成堆肥的除草剂污染问题,因此存在巨大安全隐患。现广泛使用的高效除草剂每公顷只需

收稿日期:2014-04-19

基金项目:“十二五”科技支撑计划项目(2012BAD14B01);公益性行业(农业)科研专项(201303079)

第一作者:常瑞雪,博士研究生,E-mail:changrui.xue@163.com

通讯作者:李彦明,副教授,博士,主要从事废弃物处理与资源化研究,E-mail:liyiming@cau.edu.cn

10~15 g 即可达到防除杂草的效果,因此在除草剂污染堆肥跨作物体系施用,极易对除草剂敏感作物产生危害。2000—2001 年美国宾夕法尼亚和华盛顿州发生的除草剂污染堆肥导致植物生长异常事件,即因宾夕法尼亚州堆肥样品中含有 0.032~0.055 mg/kg 二氯吡啶酸,华盛顿堆肥样品中含有 0.028~0.05 mg/kg 的毒莠定引起的^[8-11]。国内外学者^[6,12-13]对堆肥过程中去除有机污染物的研究结果已表明堆肥过程可有效去除原材料中的部分有机污染物,只是剩余除草剂对敏感作物的生物有效性还不能确定,且另有研究证实堆肥中除草剂提取不彻底,检测结果不准确^[7,14-15],残存除草剂或代谢产物对敏感作物生长产生影响^[16]。因此为确定除草剂污染堆肥对敏感作物生长的影响,并进一步确定敏感作物的堆肥添加阈值,减少除草剂污染堆肥跨作物体系使用的风险,通过施用堆肥的基质集中育苗的方式,研究除草剂污染堆肥的添加量对番茄萌芽及生长的影响。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

试验安排在中国农业大学(西校区)268 温室中进行。试验所用堆肥取自美国俄亥俄州立大学食品、农业与生物工程系韦斯特分校生物制品与能源研究中心的堆肥试验工厂,由韦斯特分校校园内的草坪修剪废草和落叶通过条剁堆肥发酵超过 180 d 得到;供试的 3 种除草剂二氯吡啶酸(Clopyralid)、氟乐灵(Trifluralin)和环丙嘧啶酸(Imprelis)由美国俄亥俄州立大学食品、农业与生物工程系韦斯特分校生物制品与能源研究中心提供;试验所用基质购自北京中蔬大森林花卉市场,供试作物为番茄。

1.2 试验方案

设置无污染堆肥处理 A1 和 3 种除草剂污染堆肥处理 A2、A3 和 A4,除草剂含量按照除草剂推荐使用量设置浓度(二氯吡啶酸 0.005 mg/kg;氟乐灵 0.1 mg/kg;环丙嘧啶酸 0.01 mg/kg)。分别按照不同比例(0、5%、10% 和 20%)和市售基质进行混配,即添加的堆肥质量占混合物料总质量(DW)的比值,每个处理设置 4 个重复。

1.3 生长管理与数据采集

将基质与除草剂污染堆肥按照方案中的处理设置添加比例混匀后,置于 500 mL 的底部密封无渗漏的花盆中,保证每盆重量相等,含水率相同,为

60%。放置 24 h,每盆播入 5 粒番茄种子,采用称重法管理水分,第 14 天定植,每盆保留 3 株幼苗,生长期为 45 d。

自播种后第 3 天开始统计所有处理的出苗数和出苗时间,出苗稳定后计算出苗率。生长期按照差重法进行水分管理,至第 45 天记录番茄的株高和茎粗等指标,并进行收获。将番茄植株地上部和地下部用水洗净擦干,测定地上部和地下部鲜重以及植株根长;将植株置于烘箱 55 °C 烘干 24 h 后测定地上部和地下部干质量,二者求和即为植株干质量。叶面积参照裴孝伯等^[17]的方法进行计算,壮苗指数参照韩素芹等^[18]的方法进行计算。

$$\text{叶面积} = 0.7430 \times (\text{叶长} \times \text{叶宽})$$

$$\text{壮苗指数} = [\text{茎粗}(\text{mm}) / \text{株高}(\text{cm}) + \text{地下部干重}(\text{g}) / \text{地上部干重}(\text{g})] \times \text{植株干重}(\text{g}) \quad [18]$$

试验数据采用 Excel 和 SPSS 10.1 软件进行处理。

2 结果与分析

2.1 不同堆肥处理对番茄出苗率的影响

农业生产中,作物的出苗情况是影响作物产量的关键因素之一。而评价堆肥或有机肥料对植物生长抑制和生物毒性也将作物的出苗率作为重要指标。不同处理番茄发芽率随堆肥用量增加的变化趋势如图 1 所示。处理 A1 添加无污染堆肥,发芽率随堆肥添加比例的增加逐渐增加,最高发芽率为 95%。处理 A2、A3 和 A4 的发芽率都受到除草剂污染堆肥的抑制作用,在添加比例为 20% 时达到最小值。且处理 A2 自堆肥添加比例 10% 开始降低,发芽率最低为 70%;处理 A3 自堆肥添加比例 0% 开始降低,最小值达 45%;处理 A4 则从堆肥添加比例 5% 开始降低,最小值达 65%。由此可见,除草剂污染堆肥对番茄种子的萌发有一定的抑制作用,不同种类除草剂对番茄发芽的抑制作用大小不同,且不同除草剂污染堆肥对其产生抑制作用的添加量也有一定差别。

2.2 不同堆肥处理对番茄主要生长指标的影响

番茄幼苗的株高、茎粗、叶片面积及植株干质量分别从不同方面反映了幼苗的生长状况。观察表 1 中所列植物生长指标可知,处理 A1 番茄植株的株高、叶片面积、茎粗和生物量均高于添加除草剂污染堆肥的处理;不添加堆肥时株高、叶面积均小于其他处理,茎粗、生物量及根长则大于除草剂污染堆肥添加量为 10% 和 20% 的处理;对于番茄生长来说,相

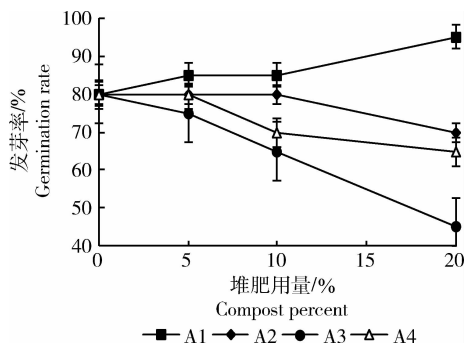


图1 不同堆肥处理对番茄出苗率的影响

Fig. 1 Influence of compost addition on tomato germination

同施用水平下除草剂二氯吡啶酸污染的堆肥对其生长的影响较其他2种除草剂更大。

对于单一生长指标,添加除草剂污染堆肥的处理番茄的生长明显受到堆肥添加量的影响。如表1

所示,添加5%氟乐灵污染堆肥的处理番茄株高高于其他,且部分差异已经达到显著水平,最高值为14.52 cm;添加环丙嘧啶酸污染堆肥5%和10%的处理叶片面积高于其它,最大值为1.47 cm²,但差异不显著;对比不同处理不同污染堆肥添加量下的生物量和根长发现,环丙嘧啶酸污染堆肥添加比例为5%和10%的处理,和添加氟乐灵污染堆肥比例为5%的处理生物量和根长均优于其他处理,且部分达到显著水平。

综合上述单一指标及总体效果的分析结果,添加堆肥有助于植物生长,但除草剂污染堆肥则会抑制作物生长,且随添加比例的增加抑制作用逐渐增加,抑制作用因除草剂种类而异,二氯吡啶酸污染堆肥对番茄生长的影响最大。茎粗、植物干质量和根长较株高和叶面积而言,对除草剂更敏感。

表1 播种后45 d不同堆肥处理番茄的主要生长指标

Table 1 Growth index of different treatment with different compost addition

处理 Treatments	堆肥用量/% Compost percent	株高/cm plant height	茎粗/cm Stem diameter	叶面积/cm ² Leaf area	根长/cm Root length	植物干物质/mg Plant dry matter
A1	0	7.68 ab	2.50 bc	0.60 a	9.67 bcd	105.46 abc
	5	12.66 cd	3.26 cd	1.37 ab	12.38 cd	205.02 d
	10	13.23 cd	3.28 cd	1.59 b	12.55 cd	214.99 d
	20	13.14 d	3.68 d	1.44 ab	13.60 d	221.32 e
A2	0	7.68 ab	2.50 bc	0.60 a	9.67 bcd	105.46 abc
	5	10.40 bcd	2.66 bc	1.36 ab	9.83 bcd	179.64 cd
	10	9.09 abc	2.03 b	0.77 a	8.08 abc	125.23 abc
	20	4.75 a	1.37 a	0.43 a	4.70 a	58.20 a
A3	0	7.68 ab	2.50 bc	0.60 a	9.67 bcd	105.46 abc
	5	14.52 d	2.71 c	1.25 ab	11.63 bcd	176.85 cd
	10	11.89 bcd	2.69 bc	0.93 ab	9.25 bcd	132.64 bcd
	20	9.36 bc	2.57 bc	0.70 a	7.60ab	90.58 ab
A4	0	7.68 ab	2.50 bc	0.60 a	9.67 bcd	105.46 abc
	5	11.05 bcd	2.81 c	1.38 ab	11.08 bcd	191.54 d
	10	11.18 bcd	2.99 c	1.47 ab	10.90 bcd	189.29 d
	20	7.75 ab	2.75 bc	0.79 a	10.55 bcd	126.37 abcd

注:表中同列数据后相同字母表示在0.05水平上无显著差异(SPSS)。

Note: Values followed by the same letters in each column are not significantly different at 0.05 level from each other to SPSS Test.

2.3 不同堆肥处理对番茄壮苗指数的影响

壮苗指数是综合反映番茄幼苗生长的健壮程度的重要指标之一。堆肥中除草剂污染对番茄壮苗指数的影响如图2所示,添加无污染堆肥的处理A1壮苗指数随堆肥用量的增加逐渐增加,添加比例为20%时达到最大值,最大值为0.88。与之对比,其

他处理随除草剂污染堆肥的添加比例的增加,壮苗指数先提高后降低。3种除草剂对壮苗指数的影响不同,环丙嘧啶酸污染堆肥影响最小,添加后壮苗指数虽比添加无污染堆肥时小,但仍高于不添加堆肥的壮苗指数。处理A2和A3对壮苗指数影响较大,且二者之间差别不大,堆肥用量大于等于10%时,

壮苗指数低于不添加堆肥的壮苗指数。因此,除草剂污染堆肥对番茄生长的影响大小受除草剂种类和堆肥添加量的影响,但相比较无污染堆肥,除草剂污染堆肥的使用会降低番茄幼苗的健壮程度,导致幼苗纤弱细长,影响其生长发育。

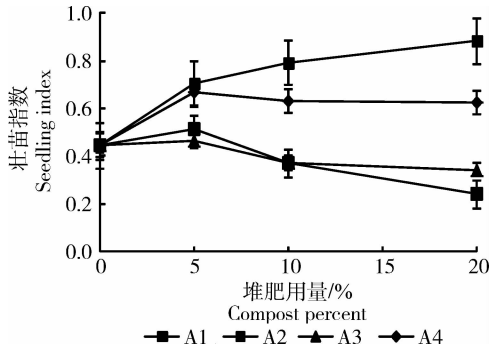


图2 不同堆肥处理对番茄壮苗指数的影响

Fig. 2 Influence of compost addition on tomato seedling index

3 结论

化学除草因其高效、省时省力而得到广泛应用,但有机肥中除草剂的残留问题不可忽视。本试验选择几种广泛应用的除草剂,设置不同除草剂污染堆肥的浓度,探究有机肥中的除草剂残留对敏感作物番茄生长的影响。通过分析番茄出芽率、株高、叶面积、茎粗、生物量、根长及壮苗指数等指标,得出如下结论:除草剂污染堆肥对番茄种子的萌发及生长都有一定的抑制作用,且随污染堆肥用量的增加抑制作用增加。对番茄产生抑制作用的除草剂污染堆肥用量及抑制作用大小因除草剂种类而异,同等使用水平下,二氯吡啶酸污染堆肥对番茄生长的影响最大。对于番茄来说,植物生长指标茎粗、植物干质量和根长较株高和叶面积而言,对堆肥中的除草剂更敏感。

因此在应用堆肥产品进行基质育苗过程中,应重视堆肥质量,减少被除草剂污染的堆肥使用量,规避被除草剂污染的堆肥产品对番茄幼苗生长的药害风险。在此基础上,更应该解决堆肥中除草剂残留的问题,将其降解或固定,从而减少后续应用堆肥生产过程中除草剂对作物生长产生的不良影响。

参 考 文 献

[1] 张宏军,刘学,沙虎全,等.我国除草剂登记使用现状及存在问题[J].杂草科学,2011,29(1):7-11,16

[2] Sondhia S, Mishra J S. Determination of terminal residue and clodinafop propargyl in soil, wheat grains and straw[J]. Indian Journal of Weed Science, 2005, 37(3/4): 296-297

[3] 储晓刚,雍辉,凌云,等.超高效液相色谱-电喷雾串联质谱法同时测定大豆中107种除草剂残留[J].分析化学研究报告,2008,36(3):325-329

[4] Sondhia S. Terminal residues of imazethapyr in soybean grains, straw and soil[J]. Pesticide Research Journal, 2008, 20(1): 128-129

[5] Michel F C, Reddy C A, Forney L J. Microbial degradation and humification of the lawn care pesticide 2,4-dichlorophenoxyacetic acid during the composting of yard trimmings[J]. Applied And Environment Microbiology, 1995, 61(7): 2566-2571

[6] Fountoulakis M S, Makridis L, Pirounaki E K, et al. Fate and effect of linuron and metribuzin on the co-composting of green waste and sewage sludge[J]. Waste Management, 2010, 30: 41-49

[7] Lashermes G, Barriuso E, Houot S. Dissipation pathways of organic pollutants during the composting of organic wastes[J]. Chemosphere, 2012, 87: 137-143

[8] Buyuksonmez F, Rynk R, Hess T F, et al. Occurrence, degradation and fate of pesticides during composting. Part I: Composting, pesticides and pesticide degradation[J]. Compost Science & Utilization, 1999, 7(4): 66-82

[9] Buyuksonmez F, Rynk R, Hess T F, et al. Occurrence, degradation and fate of pesticides during composting. Part II: Occurrence and fate of pesticides in compost and composting systems[J]. Compost Science & Utilization, 2000, 8(1): 61-81

[10] Rynk R. Dealing with herbicide residues in compost [J]. BioCycle, 2000, 41: 9, 42-47

[11] Bezdicek D, Fauci M, Caldwell D. Persistent herbicides in compost[J]. Biocycle, 2001, 42(7): 25-28, 30

[12] Mena A, Nichani A K, Popowych Y, et al. Bovine and ovine blood mononuclear leukocytes differ markedly in innate immune responses induced by Class A and Class B CpG-oligodeoxy nucleotide[J]. Oligonucleotides, 2003, 13(4): 245-259

[13] 王玉军, 窦森, 张晓梅, 等. 堆肥对有机氯农药的挥发和降解的效果[J]. 农业工程学报, 2009, 25(12): 265-269

[14] Hartlieb N, Ertunc T, Schaeffer A, et al. Mineralization, metabolism and formation of non-extractable residues of ¹⁴C-labelled organic contaminants during pilot-scale composting of municipal biowaste [J]. Environmental Pollution, 2003, 126(1): 83-91

[15] Gweaelle Lashermes, Enrique Barriuso, Sabine Houot. Dissipation pathways of organic pollutants during the composting of organic wastes[J]. Chemosphere, 2012, 87: 137-143

[16] 王智中, 吕潇, 杜龙龙, 等. 除草剂污染堆肥用量对黄瓜生物有效性的影响[J]. 中国蔬菜, 2013, 18: 67-71

[17] 裴孝伯, 李世诚, 张福媛, 等. 温室黄瓜叶面积计算及其与株高的相关性研究[J]. 中国农学通报, 2005, 21(8): 80-82

[18] 韩素芹, 王秀峰, 魏珉, 等. 甜椒穴盘苗壮苗指数及其与苗期性状的相关性研究[J]. 山东农业大学学报: 自然科学版, 2004, 35(2): 187-190