

## 豆田残留除草剂氯嘧磺隆在土壤空间分布的研究

高中超<sup>1,2</sup>, 匡恩俊<sup>2</sup>, 黄春艳<sup>2</sup>, 马星竹<sup>2</sup>, 张喜林<sup>2</sup>, 周宝库<sup>2</sup>, 刘峰<sup>3</sup>

(1. 东北农业大学 资源与环境学院, 黑龙江 哈尔滨 150030; 2. 黑龙江省农业科学院 土壤肥料与环境资源研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086; 3. 黑龙江省农业科学院 科研处, 黑龙江 哈尔滨 150086)

**摘要:** 分别在有除草剂污染的豆田土壤和无除草剂污染的正茬土壤分层采集土壤样本, 在盆栽条件下种植甜菜, 鉴定农药残留。结果表明: 大豆田土壤中残留的氯嘧磺隆主要分布在 0~20 cm 土层中, 残留量随着土层深度的增加逐渐减少。其中 0~10 cm 土层植株生长到 4 叶期全部死亡, 表明该层残留农药最多; 10~20 cm 土层对甜菜生长产生严重抑制, 表现为株高降低 37%, 鲜重降低 31.7%; 20 cm 以下土层的甜菜正常生长, 该层氯嘧磺隆的残留量对下茬作物无明显影响。通过对特定指示作物甜菜苗期生长发育的研究揭示了豆田除草剂氯嘧磺隆在不同深度的分布特点, 为进一步研究消除残留除草剂药害提供科学依据。

**关键词:** 氯嘧磺隆; 残留; 土壤; 甜菜生育

中图分类号: S481+.8

文献标识码: A

文章编号: 1000-9841(2010)01-0080-04

## Soil Spatial Distribution of Residual Herbicide in Soybean Field and Its Effect on Beet Growth in Seedling Period

GAO Zhong-chao<sup>1,2</sup>, KUANG En-jun<sup>2</sup>, HUANG Chun-yan<sup>2</sup>, MA Xing-zhu<sup>2</sup>, ZHANG Xi-lin<sup>2</sup>, ZHOU Bao-ku<sup>2</sup>, LIU Feng<sup>3</sup>

(1. Resources and Environmental Sciences College, Northeast Agricultural University, Harbin 150030; 2. Soil and Fertilizer and Environmental Resource Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086; 3. Scientific Research Management Department of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, Heilongjiang, China)

**Abstract:** The experiment collected 0~40 cm soil with Chlorinuron-ethylon residue from soybean field to do the pot trial. The seedling rate, plant height, root length and weight of beet (*Beta vulgaris*) at seedling period were measured to study the spatial distribution of Chlorinuron-ethylon herbicide and its effect on other crops in soybean field. Results showed that the Chlorinuron-ethylon was mainly distributed in 0~20 cm soil, and the residual amount decreased with soil depth. The 0~20 cm soil showed significant phytotoxicity to beet, especially in 0~10 cm, the beet all died in four leaves period. Beet growth was significantly inhibited by 10~20 cm soil treatment, with plant height reduced 37%, fresh weight decreased 31.7%. Beet growth was not affected by under 20 cm soil, which indicated that the residual amount of Chlorinuron-ethylon had no significant effect on next seasonal crop. Results reveal the distribution of chlorinuron-ethylon residue in different soil depths and its effect on beet growth in seedling period, which will provide references to reduce residual phytotoxicity of herbicide.

**Key words:** Chlorinuron-ethylon; Residual; Soil; Beet growth

黑龙江省是我国大豆的主要生产基地,也是大豆种植比例最高、种植面积最大的省份。黑龙江省北部黑河地区的北安市和五大连池市大豆种植比例高达 75% 和 82%, 连作现象普遍, 由此导致大豆生产产生以下严重问题: 一是连作障碍发生严重<sup>[1-2]</sup>, 造成减产和产量波动; 二是大量使用化学除草剂, 特别是多年重茬大豆田连续使用磺酰脲类、咪唑啉酮

类等长残留除草剂, 不仅造成严重的环境污染, 也制约了农作物科学的轮作和产业结构调整, 经常发生后茬作物因残留药害而减产甚至绝产的现象。

农药磺酰脲类除草剂用量少、高效、广谱、低毒、高选择性, 施入土壤后可以转移入其它环境介质, 也可以在生物和非生物作用下降解或转化。影响长残效磺酰脲类除草剂降解速度的环境因素很多, 主要

收稿日期: 2009-03-11

基金项目: 黑龙江省农业科技新工程重点资助项目(HNK2008); 引进国际先进农业科学技术计划资助项目(GKZ20082); 黑龙江省博士后基金资助项目(LBH-Z05234)。

第一作者简介: 高中超(1977-), 在职硕士, 研究方向为土壤环境与植物营养研究。E-mail: gaozhongchao0713@163.com。

通讯作者: 刘峰, 研究员。E-mail: liufengjms@163.com。

有土壤质地<sup>[3]</sup>、土壤 pH 值<sup>[3-5]</sup>、土壤温湿度<sup>[6-9]</sup>、光照<sup>[10-11]</sup>、土壤中微生物<sup>[12-15]</sup>等,目前对除草剂的环境因素影响研究较多,但是,对农业生产实践中如何降低残留危害的具体应用技术等还没有系统的研究报道。该文研究明确了残留除草剂氯嘧磺隆在土壤中残留的空间分布特点,为探索缓解长残留除草剂对后茬作物药害途径提供科学依据。

表 1 供试土壤特性

Table 1 Characteristic of soil

土壤层次 Soil level/cm	全氮 Total N /g · kg <sup>-1</sup>	全磷 Total P /g · kg <sup>-1</sup>	全钾 Total /kg · kg <sup>-1</sup>	速效氮 Alkaline N /mg · kg <sup>-1</sup>	速效磷 Alkaline P /mg · kg <sup>-1</sup>	速效钾 Alkaline K /mg · kg <sup>-1</sup>	有机质 Organic matter /g · kg <sup>-1</sup>	pH
0 ~ 10	2.65	0.72	17.73	217.7	40.0	121.4	38.0	5.66
10 ~ 20	2.53	0.64	18.01	196.0	19.4	107.0	37.0	6.12
20 ~ 30	2.36	0.53	16.59	187.3	5.3	76.3	35.2	6.34
30 ~ 40	2.02	0.50	17.87	189.7	2.7	79.8	31.1	6.44

土壤,CK)地块采取土壤样本。每块地按照对角线法取样,每块地取 10 点,每点分层取样,每层土壤取 2 kg,采样深度分别为 0 ~ 10 cm,10 ~ 20 cm,20 ~ 30 cm,30 ~ 40 cm。将采取的土壤样本装入塑料袋带回室内待用。

### 1.2 试验设计

试验于 2008 年 9 月在黑龙江省农业科学院温室内进行。将风干后的土壤样本分别装在直径 10 cm,高 10 cm 的塑料钵中进行盆栽试验。共设 0 ~ 10 cm,10 ~ 20 cm,20 ~ 30 cm 和 30 ~ 40 cm,4 个层次含有残留除草剂的土壤处理,分别以各层次无残留除草剂的土壤为对照,每个处理 10 次重复。指示作物为甜菜,品种为 ZD202。每钵播种 7 粒单胚种子。试验在保证土壤水分供应充足、一致的条件下进行。

分别在甜菜的 2 叶期和 4 叶期测其株高、根长、鲜重及成活率等。

表 2 甜菜苗期成活率

Table 2 Survival rates of beet at seedling period

生育期 Growth period	有残留土壤 Soil with residual herbicide				对照 Soil without residual herbicide			
	0 ~ 10 cm	10 ~ 20 cm	20 ~ 30 cm	30 ~ 40 cm	0 ~ 10 cm	10 ~ 20 cm	20 ~ 30 cm	30 ~ 40 cm
幼苗期 Sprout period	52	63	66	63	66	63	66	67
2 叶期 Two leaves period	38	57	64	62	66	63	64	66
4 叶期 Four leaves period	0	55	63	62	66	63	64	66

### 2.3 不同深度土壤对甜菜苗期株高和根长的影响

甜菜株高调查结果如表 3 所示,甜菜的株高与土壤中除草剂氯嘧磺隆的残留量密切相关。施除草剂 0 ~ 10 cm 土壤处理甜菜受药害严重,在 4 叶期已

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

在黑龙江省嫩江县海江镇中心村大豆田进行土壤调查取样,土壤为黑土,土壤理化性质如表 1。分别在连续 3 a 种植大豆地块并施过长残留除草剂(有残留土壤,HRS)和邻近的正茬大豆田(无残留

## 2 结果与分析

### 2.1 不同深度土壤对甜菜出苗率的影响

从图 1 看出,施除草剂不同深度土壤处理相比较,0 ~ 10 cm 处理出苗率最低,为 74.3%,与其它土层达到显著差异( $P=0.0148$ )水平,而其它各层次土壤处理对甜菜出苗率的影响较小;对照各层次土壤处理间甜菜出苗率差异不显著(LSD 法多重比较  $P=0.6701$ )。施除草剂的 0 ~ 10 cm 土层土壤,对甜菜出苗率的影响达到极显著水平( $P=0.0058$ )。

### 2.2 不同深度土壤对甜菜苗期成活率的影响

表 2 结果表明,甜菜苗期成活率与不同深度土壤处理有关。施除草剂土壤土层深度越深,苗期成活率越高,20 cm 以下施除草剂土壤对甜菜苗的成活率与对照的相同土层差异不明显,表明随着土壤深度的加深,除草剂残留痕量大大降低,对甜菜苗的生长发育影响变小。

经全部凋萎枯死,10 ~ 20 cm 土层受药害影响植株矮小。调查发现对照的不同土层之间,株高存在规律性差异,即越向下层土壤,植株高度越大。为消除不同土层之间的差异,对数据进行标准化处理,引进株

高系数的概念。株高系数 = 施除草剂的株高/对照的株高,株高系数的理论值为“小于或等于1”。数值越小,表明植株生育受药害越严重。株高系数表明,

施除草剂土壤的0~20 cm 土层受药害影响大,并随着生长进程有不断增大的趋势。如10~20 cm 土层,2叶期株高系数为1.02,到4叶期下降到0.63。

表3 甜菜苗期株高

Table 3 Height of beet at seedling period

生育期 Growth period	处理 Treatment	土层深度 Soil depth/cm			
		0~10	10~20	20~30	30~40
2叶期 Two leaves period	有残留土壤 Soil with residual herbicide	2.88	2.96	3.76	3.38
	对照 Soil without residual herbicide	3.94	2.9	2.78	2.72
4叶期 Four leaves period	有残留土壤 Soil with residual herbicide	死亡	5.66	7.26	8.22
	对照 Soil without residual herbicide	10.48	8.94	8.12	7.42

甜菜根长调查结果同株高的趋势基本一致(表4),施除草剂土壤的各土层在2叶期以前根系伸展良好,即使是0~10 cm 土层的根长系数也

达到0.73。但进入4叶期后,土壤0~10cm 土层甜菜全部受药害死亡,而其它各个土层对根长影响不明显。

表4 甜菜苗期根长

Table 4 Root length of beet at seedling period

生育期 Growth period	处理 Treatment	土层深度 Soil depth/cm			
		0~10	10~20	20~30	30~40
2叶期 Two leaves period	有残留土壤 Soil with residual herbicide	2.56	3.16	3.76	3.6
	对照 Soil not with residual herbicide	4.04	3.52	3.52	3.38
4叶期 Four leaves period	有残留土壤 Soil with residual herbicide	死亡	4.6	3.98	3.82
	对照 Soil without residual herbicide	4.7	4.8	4.26	3.48

#### 2.4 不同深度土壤对甜菜苗鲜重的影响

不同土层甜菜植株鲜重调查结果如表5,对照土壤由于不同土层之间存在肥力差异,土层位置越往下,植株鲜重越低,其中0~10 cm 与其它层次土壤处理差异达到极显著水平( $P=0.0098$ ),而10~20 cm、20~30 cm、30~40 cm 土层间差异不显著( $P=0.1350$ );与施除草剂土壤相比,随着土层深度的增加,相同土层植株鲜重差距逐渐缩小。施除草剂土壤的0~10 cm 土层甜菜植株全部死亡;10~20 cm、20~30 cm 土层甜菜苗的鲜重也只有同层次对照的处理的68.3%、26.5%,而30~40 cm 土层,施除草剂土

壤和对照相比,其鲜重差异不明显。30 cm 以下土层农药残留痕量已不影响甜菜期的生长发育,属于安全土层。

表5 甜菜苗期植株鲜重

Table 5 Fresh weight of beet at seedling period

时期 Growth period	土层深度 Soil depth/cm	鲜重平均值 Average of fresh weight/g · pot <sup>-1</sup>	
		有残留土壤 Soil with residual herbicide	对照 Soil without residual herbicide
2叶期 Two leaves period	0~10	0.16	0.69
	10~20	0.34	0.52
	20~30	0.31	0.38
	30~40	0.29	0.25
4叶期 Four leaves period	0~10	0	1.78
	10~20	0.38	1.53
	20~30	0.95	1.39
	30~40	1.11	1.01

### 3 结论与讨论

对大豆田残留除草剂氯嘧磺隆的空间分布特点研究发现,残留的氯嘧磺隆在土壤中主要分布在0~20 cm 土层内,向下逐渐减少。其中表层0~10 cm 残留药害十分严重,在4叶期时植株全部死亡。10~20 cm 土层种植甜菜后,药害较明显,但对植株的成活率影响较小;20 cm 以下土层残留量小,对敏感作物甜菜生育影响较小,为安全土层。结果表明,残留除草剂主要存在于20 cm 土层以内。因此,将0~20 cm 土层与其下面的心土层进行置换,可以起到减缓残留除草剂药害的效果。同时进一步研究农药层位于不同深度对敏感作物的生长发育影响,找出合适的置换深度,避开残留除草剂对作物敏感时期(苗期)生长发育的影响,为可持续农业生产提供科学依据。

黑龙江省属于世界三大黑土带,黑土层深厚,具备了土层置换的客观条件。但从研究结果看出,上下层之间全量养分虽然变化不大,但速效养分差异明显,对作物生长发育会产生不同程度的影响。因此在将肥沃的表土与心土层置换时,应考虑适当增

加肥料施用量以弥补养分不足,特别是应适当增加磷、钾肥用量。笔者通过长期生产调查认为,不论是连作障碍还是残留除草剂对后茬作物的药害,都是由于表层土壤受到污染所致,这里所说的“污染”,既包括残留除草剂的“化学污染”,也包含大豆产生自我毒害物质所造成的“生物污染”。农田土壤的耙、耕、翻等田间作业深度一般不超过 20 cm,使表层土壤与除草剂得到混合,所以 20 cm 以下才是除草剂正常的淋溶现象,但其痕量少不至于影响到甜菜苗期生长发育。

### 参考文献

- [1] 王金龙. 大豆重茬减产与土壤环境变化关系的研究进展[J]. 土壤通报,2000(6):270-272. (Wang J L. Advance in studies of relationship between decreased yields of soybean resulted by repeated cultivation and changes in soil environment[J]. Chinese Journal of Soil Science,2000(6):270-272.)
- [2] 韩晓增,许艳丽. 大豆连作减产主要障碍因素的研究 II. 连作大豆土壤有害生物的障碍效应[J]. 大豆科学,1999,18(1):47-52. (Han X Z, Xu Y L. A study of main factors cause yield decrease of continuous cropping soybean II. effects of harmful organisms in soil on continuous cropping soybean[J]. Soybean Science, 1999,18(1):47-52.)
- [3] Pons N, Barriubo E. Fate of metsulfuron-methyl in soils in relation to pedo-climatic conditions[J]. Pesticide Science,1998,53:311-323.
- [4] James V. Chemistry of sulfonylurea herbicides[J]. Pesticide Science,1990,29:247-254.
- [5] Kevin L. Pesticide hydroxyl radical rate constants: measurements and estimates of their importance in a-quatic environments[J]. Environmental Toxicology and Chemistry, 2000, 19(9):2175-2180.
- [6] Samah K A, Kookana R S, Michael J D. Hydrolysis of triasulfuron, metsulfuron-methyl and chlor-sulfuron in alkaline soil and aqueous solutions[J]. Pest Management Sciences,2000,56(5):463-471.
- [7] Aadon J J, Dulka J J. Environmental fate of sulfo-meturonmethyl in aerobic soils[J]. Journal of Agricultural Food Chemistry,1985,33:596-602.
- [8] Fuesler T P, Hanafeym K. Effect of moisture on chlormuron degradation in soil[J]. Weed Sciences,1990,38:256-261.
- [9] Marucchini C, Vischetti C, Businelli M. Kinetics and degradation mechanism of chlorsulfuron in soils[J]. Agrochemical,1991,35:69-77.
- [10] Bernhard M, Berger L, Wolf E. Hydrolysis and biodegradation of sulfonylure herbicides in aqueous buffers and anaerobic water-sediment systems: assessing fate pathways using molecular descriptors[J]. Environment Toxicol and Chemistry, 1996, 15(9):1500-1508.
- [11] 程慕如,孙致远. 3种磺酰脲类除草剂的光解和水解作用[J]. 植物保护学报,2000,27(1):93-94. (Cheng M R, Sun Z Y. Photolysis and hydrolysis of three kinds of sulfonylureas herbicides[J]. Journal of Plant Protection,2000,27(1):93-94.)
- [12] Smith A E. Soil persistence of thifensulfuron-methyl (DPX-M6316) and phytotoxicity of the major degradation product[J]. Canadian Journal of Soil Sciences,1990,70:485-491.
- [13] Joshim M, Brown H M, Romesser J A. Degradation of chlorsulfuron by soil microorganism[J]. Weed Sciences,1985,33:888-893.
- [14] Kulowski K, Zirbes E L, Thede B M, et al. Microbial transformation of prosulfuron[J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 1997,45:1479-1485.
- [15] Gigliotti C, Allievi L, Salardi C, et al. Microbial ecotoxicity and persistence in soil of the herbicide bensulfuron-methyl[J]. Journal of Environment Sciences Health, 1998,33(4):381-398.

## 关于抵制学术不端行为的联合声明

近年来中国学术界有了空前的发展和繁荣。与此同时,学术界也频频出现一稿多投、抄袭剽窃、重复发表、伪造实验数据、虚假注释、不实参考文献等学术不端行为。

尽管媒体曾多次揭露报道违背学术道德、无视学术规范的不端行为,学术管理部门也相继出台了各种条例,但各种形形色色的学术不端行为依然存在。

为尊重和保护知识产权,维护正常的学术生态,促进学术事业的健康发展,黑龙江省农业科学院出版中心下属三个编辑部:《大豆科学》、《北方园艺》、《黑龙江农业科学》,共同发表如下声明:

一、从本声明公布之日起,凡向以上三个编辑部投稿的文章如出现以下任何一种情况者:一稿多投、抄袭剽窃、重复发表、伪造数据、虚假注释、不实参考文献,一经发现,立即撤稿(包括已通过终审的文章);

二、三刊将相互通报行为不端者的有关情况,并在各自刊物上对其曝光,揭露其欺骗行径,清除其不良影响;

三、凡被发现有任何一种学术不端行为者,三刊将在5年之内拒发其任何文章。

三刊发表的声明旨在抵制学术不端行为,促进学术事业健康发展,创造良好的学术氛围。

发表声明单位:

黑龙江省农业科学院编辑出版中心  
2010年01月01日