

# 土壤中单嘧磺隆对谷子生长及土壤微生物若干生化功能的影响

李永红<sup>1</sup>, 高玉葆<sup>2</sup>

(1. 南开大学化学学院, 天津 300071; 2. 南开大学生命科学学院, 天津 300071)

**摘要:** 采用混土的方法研究了除草剂单嘧磺隆对 4 个谷子品种生长的影响。结果表明, 选取的 4 个品种敏感性不同, 98481 最不敏感, 安 4004 最敏感。在 25 ~ 50  $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  处理后, 植株在早期(8 d) 生长受到轻微影响, 随后就完全恢复甚至超过对照。同时还测定了谷子生长 90 d 以后土壤中的微生物数量、纤维素分解能力、脱氢酶、转化酶和脲酶活性, 结果表明, 单嘧磺隆处理后土壤中真菌和放线菌数量增加, 细菌数量略有下降(最高剂量除外); 土壤转化酶活性接近或超过未处理土壤; 土壤脲酶活性也有变化, 效应与单嘧磺隆浓度有关; 单嘧磺隆促进了土壤纤维素分解能力, 抑制了脱氢酶活性, 其效应与浓度有关。

**关键词:** 单嘧磺隆; 谷子; 脱氢酶; 纤维素分解; 转化酶; 脲酶

中图分类号: X839.2 文献标识码: A 文章编号: 1672 - 2043(2004)04 - 0633 - 05

## Effects of Monosulfuron on Growth of Millet and Soil Microbial Function

LI Yong-hong<sup>1</sup>, GAO Yu-bao<sup>2</sup>

(1. College of Chemistry, Nankai University, Tianjin 300071, China; 2. College of life Science, Nankai University, Tianjin 300071, China)

**Abstract:** The effects of monosulfuron, a novel sulfonylurea herbicide invented by Nankai University, on growth of four cultivars of millet, the biochemical properties and microbial quantities of soil were investigated in a greenhouse. Monosulfuron was incorporated at 25, 50, 100, 200, 400 and 800  $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  (i. e., equivalent to the recommended field dose, 2 - fold, 4 - fold, 8 - fold, 16 - fold and 32 - fold higher concentrations). In the treatments of 25 and 50  $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , a slightly adverse effect on plant growth was observed only in the early stage of the experiment (8 days), and the growth of plants were similar to or better than control in later stage (22 days) of the experiment. Cultivars 98481 and an 4004 were considered as the most insensitive and most sensitive cultivar, respectively. Numbers of fungi and actinomycete in soil containing monosulfuron increased than control 90 days after the treatment. Slight changes of urease and invertase activities of soil containing the herbicide were also observed. Decrease in the dehydrogenase activity and increase in cellulose decomposition activity, in comparison with the untreated soil control, were found at all doses of monosulfuron as the effects showed correlativity with the dosage of monosulfuron.

**Keywords:** Monosulfuron; millet; dehydrogenase; cellulose decomposition; invertase; urease

新创制除草剂品种单嘧磺隆的结构有别于其他磺酰脲类除草剂<sup>[1]</sup>。用药 30 ~ 60  $\text{g} \cdot \text{hm}^{-2}$  时, 对双子叶杂草和大部分单子叶杂草有很好的防除效果, 尤其对华北地区的难除杂草碱茅 (*Puccinellia disants* (L.)) 防效很好<sup>[2]</sup>, 对尚无很好防治药剂的谷子田除草也有显著药效<sup>[3]</sup>。目前, 该化合物正在进行产业化。近年来, 不断有关于单嘧磺隆对小麦、玉米等作物的安全性评价研究的报道<sup>[4,5]</sup>, 但对谷子的研究尚未见报道。

农药对土壤微生物的影响一直是土壤学与环境科学领域关注的问题。有关磺酰脲类除草剂对土壤微生物活性以及功能的研究已有报道<sup>[6-10]</sup>, 但是化合物结构的细微变化就会改变其在土壤中的行为及其效应。因此对我国自主创制品种单嘧磺隆的相关研究不但可以为单嘧磺隆的风险评价和风险控制提供依据, 而且可以和其他磺酰脲类化合物互相印证, 为新品种的创制提供信息。目前仅有关于单嘧磺隆在土壤中的吸附和残留行为研究的报道<sup>[11,12]</sup>, 对其环境安全评价的研究未见报道。

本研究选择 4 个谷子品种为材料, 探讨了土壤中

收稿日期: 2003 - 10 - 17

作者简介: 李永红(1971—), 女, 博士, 主要从事农药生物学方面研究。E-mail: bioassay@nankai.edu.cn

单啞磺隆对植株生长、土壤微生物数量以及若干土壤生物化学功能的影响,为单啞磺隆的风险评价提供科学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 供试药剂

单啞磺隆: N - [2' - (4' - 甲基) 啞啞基] - 2 - 硝基苯磺酰脲, 99.6%, 由国家农药工程中心(天津)提供。

### 1.2 作物种子

谷子品种为安 4004、96306、98481(由河北省谷子研究所提供)、9050(由山东省谷子研究所提供)。

### 1.3 土壤

采自河北省石家庄市城郊附近农田表层 0 ~ 20 cm 的土壤,轻粘土,土壤 pH7.7(水土比为 1:2.5),阳离子代换量  $10.64 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 比重  $2.555 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , 全氮  $8.02\%$ , 碱解氮  $122.64 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 速效钾  $65.33 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 速效磷  $8.57 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 有机质  $3.84\%$ , 颗粒组成:沙粒 10%、粉粒 68%、粘粒 22%。

### 1.4 处理方法

采用毒土法。过 1 mm 筛孔的风干土 28 kg 分为 7 份,分别加入定量的单啞磺隆溶液(适量单啞磺隆分别加入 20  $\mu\text{L}$  二甲基甲酰胺和 0.5 mg Tween 20,以蒸馏水定容至 500 mL),制备成浓度为 0、25、50、100、200、400 和 800  $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  的毒土,摊开,于通风阴凉处快速风干备用。在 300 mL 的塑料杯中加入 200 g 毒土,灌水 70 mL 后,播种干种子,覆土 0.5 cm,在温室中培养 8 d 和 22 d 后随机调查植株高度(基部至最长叶片末端)和地上部鲜重。每个处理重复 3 次。数据经方差分析检验差异显著性,平均值计算抑制百分率用于描述处理组植物生长受抑制情况。敏感品种安 4004 培养 90 d 后收集土壤样品,细心分拣去除植物根系等,过筛混匀,冷藏保存备用。同一处理的每个重复分别取 5 g 土壤混匀后测定土壤微生物数量。

### 1.5 土壤微生物数量

采用稀释平板法测定土壤中细菌、真菌和放线菌数量。细菌采用牛肉膏蛋白胨琼脂培养基,放线菌采用高氏 1 号培养基,真菌采用察氏培养基<sup>[13]</sup>。土壤样品经无菌水(水土比 10:1)制备土壤悬液,逐级稀释后采用涂布法接种,27  $\text{C} \pm 1.0 \text{ C}$  恒温箱培养一定时间(细菌 3 d,真菌 5 d,放线菌 7 d)记菌落数。

### 1.6 土壤脱氢酶活性<sup>[14]</sup>

在 0.5 g 土壤中,加入 0.25 mL 0.5% (m/v)葡萄

糖溶液和 0.1 mL 3% (m/v) TTC 溶液,27  $\text{C} \pm 1.0 \text{ C}$  反应 18 h。加入 5 mL 甲醇,剧烈震荡 5 min,4 000  $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$  离心 5 min。上清液于波长 485 nm 处测定吸光度。以每 g 烘干土产生的三苯基甲脘的  $\mu\text{g}$  数表示土壤脱氢酶活性。

### 1.7 土壤转化酶活性

参照文献方法[13],略加改动,葡萄糖测定采用二硝基水杨酸(DNS)法。简述如下:反应在 10 mL 具刻度试管中进行。1 g 土壤样品中加入 2 mL 蒸馏水,混匀,加入 0.2 mL 甲苯处理 15 min。而后,加入 3 mL 溶于 0.2 mol  $\cdot \text{L}^{-1}$ 、pH5.5 的磷酸缓冲液的 5% 蔗糖溶液,混匀,封口膜封口后于 37  $\text{C} \pm 0.5 \text{ C}$  温箱反应。设不加土壤和加蔗糖的对照处理。反应 21 h 后,加入 38  $\text{C}$  蒸馏水至 10 mL,混匀后继续培养 1 h。取上清液 1 mL 加入 DNS 试剂 1 mL,沸水浴 5 min 以后流水冲洗降温,定容至 10 mL,于 540 nm 测定吸光度。以每 g 烘干土产生的葡萄糖的 mg 数表示土壤转化酶活性。

### 1.8 土壤脲酶活性

氨态氮选择靛酚蓝法测定。参照文献方法[13],略作改动。简述如下:0.5 g 土壤样品加入 0.1 mL 甲苯处理 15 min 后,加入 0.5 mL 10% 尿素溶液和 1 mL 0.2 mol  $\cdot \text{L}^{-1}$  pH6.7 的磷酸缓冲液,混匀后封口膜封口,37  $\text{C} \pm 0.5 \text{ C}$  温箱反应。设不加土壤和加尿素的对照。反应 15 h 后,加入 38  $\text{C}$  蒸馏水至 5 mL,混匀后过滤,取上清液 1 mL 测定其中氨的量。

### 1.9 纤维素分解速率

采用埋片法<sup>[13]</sup>,略作改动。简述如下:60 g 土壤样品中埋入处理好的布条,30  $\text{C} \pm 1.0 \text{ C}$  培养 10 d。以布片分解率表示土壤纤维素的分解速率。

## 2 结果与分析

### 2.1 单啞磺隆对谷子生长的影响

土壤中含有单啞磺隆不影响谷子出苗,播种 3 d 后即全部出苗,长势整齐。在处理后的第 8 d 和 22 d 分别调查了谷子的株高和鲜重,结果见表 1。

播种后 8 d 时 4 个品种之间长势有差异,98481 株高已达 5.5 cm,而 9050 个体株高为 4.1 cm。已经明显观察到高浓度单啞磺隆对植株生长的影响:对照组和较低剂量组(25 ~ 50  $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) 植株处于 2 叶 1 心期至 3 叶期,长势良好;较高剂量组(100 ~ 200  $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) 植株处于 2 叶期至 2 叶 1 心期;高剂量组(400 ~ 800  $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) 植株处于立针期至 1 叶 1 心

表 1 单啞磺隆对谷子生长的影响

Table 1 Effects of Monosulfuron on growth of *Panicum miliaceum*

谷子品种		处理剂量/ $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$						
		0	25	50	100	200	400	800
安 4004	8d 株高/cm	5.0±0.1	4.6±0.2*	4.5±0.3*	3.3±0.6**	1.7±0.2**	0.8±0.1**	0.6±0.1**
	鲜重/mg	19.7±1.9	18.0±0.5**	17.7±0.6**	14.4±1.0**	9.0±1.0**	3.7±0.6**	1.5±0.5**
	22d 株高/cm	9.4±1.6	9.5±1.2	9.7±1.3	7.0±1.6**	2.7±1.5**	1.1±0.4**	0.7±0.1**
96306	鲜重/mg	44.2±1.9	45.4±1.1	47.6±4.5	38.3±1.6**	19.3±1.5**	8.0±0.3**	1.7±0.1**
	8d 株高/cm	5.3±0.2	4.6±0.6**	4.6±0.3**	4.0±0.1**	3.3±0.3**	1.7±0.1**	1.1±0.1**
	鲜重/mg	17.1±0.3	15.4±0.8**	15.5±1.1**	14.4±0.4**	14.2±0.7**	7.3±0.4**	4.1±0.2**
98481	22d 株高/cm	12.5±1.6	12.6±1.3	11.7±1.3	9.9±0.5**	6.5±1.5**	2.1±0.4**	1.5±0.2**
	鲜重/mg	55.5±3.8	53.0±1.3	47.8±1.0**	43.8±0.5**	33.2±1.5**	15.0±0.2**	7.5±0.2**
	8d 株高/cm	5.51±0.08	5.03±0.21**	5.15±0.30**	4.5±0.16**	3.88±0.35**	2.26±0.14**	0.8±0.19**
9050	鲜重/mg	18.2±0.3	16.5±0.9*	16.5±0.9*	15.2±0.8**	14.2±0.3**	8.0±0.6**	3.8±0.8**
	22d 株高/cm	10.7±1.4	10.4±1.5	11.5±1.1	10.6±1.1	9.4±1.2*	4.0±0.9**	1.3±0.4**
	鲜重/mg	43.5±3.2	42.1±1.5	41.5±2.1	43.1±1.1	44.6±1.2	26.2±0.7**	8.6±1.8**
9050	8d 株高/cm	4.1±0.2	3.7±0.2**	3.7±0.2**	3.2±0.1**	2.2±0.4**	1.4±0.1**	1.0±0.1**
	鲜重/mg	14.9±0.7	19.3±1.4	13.7±1.0	11.3±0.2**	9.6±1.4**	6.2±0.8**	4.2±0.7**
	22d 株高/cm	10.0±2.1	10.1±0.8	10.9±1.2**	8.4±0.9**	4.8±1.4**	2.1±0.9**	1.2±0.2**
	鲜重/mg	57.5±2.1	86.1±0.9	53.0±2.8	36.7±0.9**	22.7±1.4**	14.0±0.9**	5.7±0.2**

注: \*\*  $P > 0.05$ ; \*  $P > 0.01$ 。

期。从株高和鲜重来看,所有浓度单啞磺隆对 4 个品种的生长都有影响,其中较低剂量组(25~50  $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )植株的生长抑制率(株高和鲜重)不超过 10%;较高剂量组(100~200  $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )植株生长抑制率介于 20%~40%(安 4004 除外,200  $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  的抑制率为 60%左右);高剂量组(400~800  $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )植株生长抑制率超过 50%,安 4004 甚至超过 80%。

播种 22 d 后可以观察到显著的药害症状。植株生长异常现象包括叶片褪绿(由基部向末端延伸、新生叶片药害显著)、节间缩短、茎基部膨大、叶片数量增加、株高和鲜重受抑制等。敏感品系安 4004 经 400  $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  单啞磺隆处理后部分个体已经死亡。对照组个体长势很好,3 叶至 4 叶;25~50  $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  单啞磺隆处理组植株生长正常或好于对照;100  $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  处理组中,安 4004 和 96306 株高抑制率超过 20%,98481 和 9050 生长受到轻微抑制,抑制率不超过 10%;200  $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  处理组中,98481 株高抑制率仅为 11.4%且鲜重无抑制,其他 3 个品种生长抑制严重,抑制率超过 40%,植株节间缩短、5 叶,成莲座状;800  $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  处理组植株多死亡,残余个体新叶短小或无新叶,发育停止在 2 叶或 2 叶一心期。

## 2.2 单啞磺隆对土壤微生物数量及若干生化功能的影响

为了了解单啞磺隆对土壤微生物数量及一些生化功能的影响,敏感品系安 4004 继续培养,自 30 d 后每两周浇灌 1 次 Hogland 营养液。不管植株存活与

否统一管理,保持植物正常生长。至 90 d 时,植物已经结实。其中 400 和 800  $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  处理组植株全部死亡。

### 2.2.1 单啞磺隆对土壤微生物数量的影响

处理 90 d 后空白对照、25、100 和 800  $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  4 个处理土壤样本的微生物数量见表 2。与对照组相比,单啞磺隆处理后土壤中真菌和放线菌的数量增加;25 和 100  $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  单啞磺隆处理后土壤中细菌的数量减少,但是 800  $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  单啞磺隆处理后土壤中细菌数量增加。

### 2.2.2 单啞磺隆对土壤若干生化功能的影响

对照组土壤纤维素分解率不足 1%,处理组均超过 1%,400 和 800  $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  剂量组的土壤纤维素分解率更是高达 4%,见图 1。相关分析结果显示,土壤纤维素分解速率与土壤单啞磺隆添加浓度呈正相关( $r = 0.84$ )。

对照组土壤脱氢酶活性为 74.32  $\mu\text{g}$  三苯基甲腈  $\cdot \text{g}^{-1}$  干土,单啞磺隆处理组脱氢酶活性介于 41.6~51.6  $\mu\text{g}$  三苯基甲腈  $\cdot \text{g}^{-1}$  干土之间,显著低于对照

表 2 单啞磺隆对土壤微生物数量的影响

Table 2 Effects of monosulfuron on soil microorganisms

处理剂量 / $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	细菌 /个 $\cdot \text{g}^{-1}$ 干土	真菌 /个 $\cdot \text{g}^{-1}$ 干土	放线菌 /个 $\cdot \text{g}^{-1}$ 干土
0	$2.24 \times 10^7$	$3.03 \times 10^4$	$7.51 \times 10^5$
25	$2.18 \times 10^7$	$3.85 \times 10^4$	$8.29 \times 10^5$
100	$1.62 \times 10^7$	$3.13 \times 10^4$	$10.10 \times 10^5$
800	$2.93 \times 10^7$	$3.52 \times 10^4$	$8.67 \times 10^5$

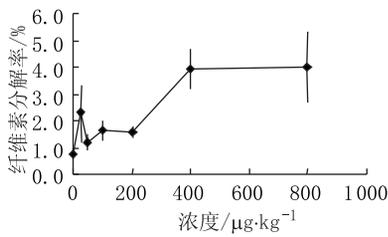


图1 单啞磺隆对土壤纤维分解能力的影响

Figure 1 Effects of monosulfuron on soil cellulose decomposition activity

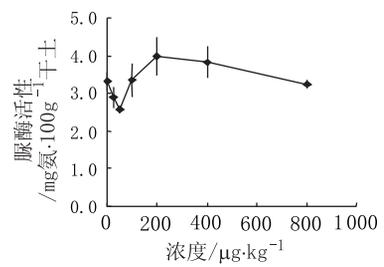


图3 单啞磺隆对土壤脲酶活性的影响

Figure 3 Effects of monosulfuron on soil urease activity

组土壤,与对照相比下降30%至44%,见图2。从剂量效应关系来看,0~200  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  范围内,随着单啞磺隆添加浓度的升高,土壤脱氢酶活性逐渐降低,单啞磺隆浓度进一步增加,土壤脱氢酶活性趋于稳定。

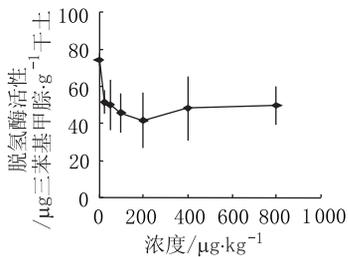


图2 单啞磺隆对土壤脱氢酶活性的影响

Figure 2 Effects of monosulfuron on soil dehydrogenase activity

部分处理组土壤脲酶活性与对照组相比差异显著,低剂量处理时(20~25  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )土壤脲酶活性有下降趋势,其中添加50  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 单啞磺隆土壤脲酶活性显著低于对照组,抑制率达23%;随着单啞磺隆浓度进一步升高,土壤脲酶活性增加,至200  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 时,土壤脲酶活性为对照土壤的120%,差异极显著;添加更高浓度的单啞磺隆后土壤脲酶活性逐步回落,至800  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 时与对照土壤无显著差异,见图3。

单啞磺隆处理后土壤中转化酶活性似有升高的趋势,处理组土壤转化酶活性接近或超过对照组,但未达到显著水平,见图4。

### 3 讨论

比较单啞磺隆对四个谷子品种生长的效应,25、50  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 剂量仅在早期影响谷子的生长,植株很快即恢复正常生长,部分品种还表现出刺激生长的情况;100  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 单啞磺隆在较长时间内影响3个品种的生长(98481除外)。400  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以上浓度单啞磺隆对谷子造成难以恢复的伤害,敏感品种如安4004可造成绝产,即便是不敏感品种也会严重减产。安4004和9050属比较敏感的品种,96306和

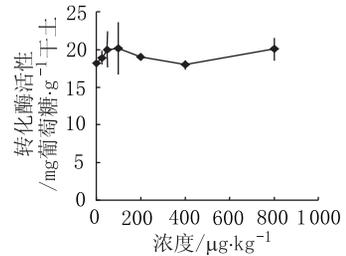


图4 单啞磺隆对土壤转化酶活性的影响

Figure 4 Effect of monosulfuron on soil invertase activity

98481属于较不敏感品种,其中98481最不敏感,仅对200  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 及以上浓度的单啞磺隆表现出生长的抑制。

试验中涉及的最低处理剂量25  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 相当于单啞磺隆田间推荐使用剂量(60  $\text{g}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,10 cm厚土层中的平均浓度为23  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ),然后依次是2、4、8、16和32倍田间使用剂量。本试验结果表明4个品种在田间推荐剂量以及2倍田间推荐剂量处理后都表现出很高的安全性,说明单啞磺隆可以在谷子田当茬及前茬安全使用。

除草剂进入土壤以后,一方面可以杀死杂草提高作物产量,另一方面也会影响土壤中的生命活动和化学过程。目前多采用土壤培养法或田间试验法来研究化合物对土壤的影响,本文采用的是温室盆栽试验法,既可以兼顾作物、土壤和除草剂的相互作用,也可以避免田间试验的条件多变和试验困难,不失为一种好的模拟实验,可以作为其他方法的补充。

土壤中的酶是土壤新陈代谢的重要因素,和微生物细胞一起推动物质转化,特别是在有机残体的分解和某些无机化合物转化的开始阶段,以及不利于微生物繁殖的条件下有很重要的作用。本文采用土壤微生物数量、土壤纤维素分解、土壤脱氢酶、脲酶和转化酶等5个指标,评价了单啞磺隆使用一定时间后的影响。

为了确定单啞磺隆对土壤微生物数量有无不良影响,选择敏感品系安4004的栽培土壤样本,测定了空白对照、植株正常生长(25  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、生长严重受

到影响 ( $100 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) 以及植物全部死亡 ( $800 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) 等 4 种情况下的土壤微生物数量。细菌、放线菌和真菌 3 个类群的变化不尽相同,这说明单啞磺隆对土壤微生物不同类群的作用不同,细菌是比较敏感的类群。在推荐剂量单啞磺隆进入土壤 3 个月以后,土壤真菌、放线菌数量增加,细菌数量略微降低。

纤维素分解作用被视为自然界碳素循环的基础。已有研究表明除草剂二甲戊乐灵可以刺激土壤纤维素分解速率,并把其刺激作用的根源归结为直接被一些分解纤维素能力较强的丝状真菌和芽孢杆菌及其伴生菌作为营养物质所利用,从而刺激其生长和活性<sup>[15]</sup>。本文的试验结果表明,单啞磺隆可以增强土壤的纤维素分解能力,但它对纤维素分解的促进作用机理尚需进一步研究。

脱氢酶能催化有机物质的氧化反应,可以来源于所有的生物类群,因此土壤中的脱氢酶活性也可以侧面反映土壤中微生物生物量。Perucci(1999) 研究发现玉啞磺隆 (rimsulfuron) 在 3 个剂量 (玉米田间使用剂量、10 倍和 100 倍剂量)、3 种温度 ( $10 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  和  $40 \text{ }^\circ\text{C}$ ) 以及 2 种土壤湿度 (33% 和 75% 的田间持水量) 条件下抑制土壤脱氢酶活性<sup>[7]</sup>, 高温、高剂量、高湿度抑制更显著,抑制率接近 20%。随培养时间延长,土壤脱氢酶活性抑制率逐渐降低。本试验发现处理 90 d 后,在试验的浓度范围内 (田间推荐剂量至 32 倍剂量),单啞磺隆显著抑制土壤脱氢酶的活性,且抑制率高达 30% ~ 44%。本实验涉及了植物、化合物和土壤三者之间的关系,相互作用关系更复杂。结合土壤微生物数量和植物生物量研究结果,可以看出脱氢酶的活性与土壤中细菌数量和植物生长状况有关。

脲酶是土壤中惟一能直接水解尿素的酶,在氮肥利用和土壤氮素代谢方面都有很重要的意义。国内已有农药对土壤脲酶影响的报道<sup>[15、16]</sup>。朱鲁生等报道  $1 \sim 10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  二甲戊乐灵处理土壤 (棕壤) 后,土壤脲酶的活性在处理 3 d 内开始表现为抑制作用,其抑制程度及持续时间与处理浓度成正比,而后表现出逐渐增强的刺激作用,持续到 6 d 以后逐渐减缓并恢复的正常水平<sup>[15]</sup>。和文祥等(2002)研究了杀虫双 (0.1, 0.5, 1.0, 10, 50  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) 对南方红壤和北方垆土土壤脲酶活性的影响,发现土壤脲酶显著受杀虫双的抑制,随杀虫双浓度增加土壤脲酶活性降低<sup>[16]</sup>。本试验结果表明添加单啞磺隆 90 d 后,对土壤脲酶活性有着较低剂量抑制、较高剂量刺激、更高剂量无影响的作用,尚未见类似报道。这可能因为本试验表征的是

植物、土壤和除草剂相互作用一定时间之后的结果。

转化酶存在于所有土壤中,能催化蔗糖分子中果糖残基内的  $\beta$ -葡萄糖苷碳原子的化学键裂解,使蔗糖水解成葡萄糖和果糖。土壤转化酶活性与土壤中的腐殖质、水溶性有机质和粘粒的含量以及微生物的数量及其活动呈正相关,是用来表征土壤的熟化程度和肥力水平的常用指标。杀虫双对土壤转化酶活性有低剂量刺激、高剂量抑制的作用<sup>[16]</sup>。单啞磺隆处理组土壤转化酶活性接近或超过对照组土壤,说明在使用单啞磺隆一定时间后土壤中转化酶活性不会受到不良影响。

#### 参考文献:

- [1] 李正名,贾国峰,王玲秀,等. 中国专利[51]Int. CL6, C07D 239/69, CN1106393A, 1995-08-09.
- [2] Gao F W, Chen J P, Meng H S, et al. Chemical control of weeping alkaligrass by Monosulfuron 10% WP in winter wheat fields[A]. Ni H W, You Z G. The Proceeding of the 18<sup>th</sup> Asia - Pacific Weed Science Society Conference[C]. Beijing: Standards Press of China, 2001. 637 - 641.
- [3] 陈建宇,王海英,范志金,等. 单啞磺隆稳定性的研究[J]. 四川师范大学学报(自然科学版),2002,25(3):313 - 315.
- [4] 李永红,范志金,钱传范,等. 单啞磺隆对不同小麦品种的耐药性研究[J],农药,2002,41(1):32 - 33.
- [5] 刘焕禄,刘亦学,刘晓琳,等. 小麦、玉米不同品种对单啞磺隆的敏感性研究[J]. 天津农业科学,2001,7(3):20 - 23.
- [6] 徐建民,黄昌勇,安曼,等. 磺酰脲类除草剂对土壤质量生物学指标的影响[J]. 中国环境科学,2000,20(6):491 - 494.
- [7] Piero Perucci, Costantino Vischetti, Fabrizio Battistoni Rimsulfuron in a silty clay loam soil: effects upon microbiological and biochemical properties under varying microcosm conditions[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 1999, 31: 195 - 204.
- [8] Perucci P, Dumontet S, Bufo, SA et al. Effects of organic amendment and herbicide treatment on soil microbial biomass[J]. *Biol Fertil Soils*, 2000, 32: 17 - 23.
- [9] EL - Ghamry AM, Xu, JM Huang CY, et al. Microbial response to Bensulfuron - methyl treatment in soil[J]. *J Agric Food Chem*, 2002, 50(1): 136 - 139.
- [10] Tina S Boldt, Carsten S. Jacobsen. Different toxic effects of the sulfonurea herbicides metsulfuron methyl, chlorsulfuron and thifensulfuron methyl on fluorescent pseudomonads isolated from an agricultural soil [J]. *FEMS Microbiology Letters*, 1998, 161: 29 - 35.
- [11] 胡继业,范志金,钱传范. 新磺酰脲类除草剂单啞磺隆的 HPLC 分析及其在土壤中的吸附性能研究[J]. 农业环境保护,2001,20(1):12 - 14.
- [12] 胡继业,钱传范,范志金. 单啞磺隆在土壤中的残留分析和消解动态[J]. 农药学学报,2000,2(4):60 - 65.
- [13] 中国科学院南京土壤研究所微生物室编著. 土壤微生物研究法 [M]. 北京:科学出版社,1985.
- [14] Carbonell G, Pablos MV, Garcia P, Ramos C, et al. Rapid and cost - effective multiparameter toxicity tests for soil microorganisms[J]. *The Science of the Total Environment*, 2000, 247: 143 - 150.
- [15] 朱鲁生,王军,林爱军,张俊,张秉强. 二甲戊乐灵的土壤微生物生态效应[J]. 环境科学,2002,23(3):88 - 91.
- [16] 和文祥,蒋新,余贵芬,卜永荣. 杀虫双对土壤脲酶影响的研究 [J]. 土壤与环境,2002,11(1):1 - 5.