

· 研究论文 ·

烟嘧磺隆在土壤中的吸附及与土壤性质的相关性研究

张 伟¹, 王进军^{*}, 张忠明², 秦 蓁²

(1. 西南大学 植物保护学院, 重庆 400716; 2 四川省农药检定所, 四川 成都 610041)

摘 要: 采用平衡振荡法研究了烟嘧磺隆在 8 种不同类型土壤中的吸附, 结果表明, 其吸附过程均符合经典的 Freundlich 模型, 最大吸附常数为 6 891, 最小吸附常数为 0 798。根据土壤有机吸附常数和吸附自由能的大小对该除草剂的移动性能进行了评价, 认为其在 8 种土壤中均以物理吸附为主, 且具有中等或较高的移动性能。通过对吸附常数 K_f 与土壤有机质含量、粘土含量和 pH 值的关系进行分析, 发现土壤有机质含量、粘土含量和 pH 值在吸附过程中均属支配因素, K_f 与土壤有机质含量、粘土含量呈正相关, 而与土壤 pH 值呈负相关。

关键词: 烟嘧磺隆; 磺酰胺类除草剂; 吸附; Freundlich 模型; 土壤性质

中图分类号: S153 S481.8

文献标识码: A

文章编号: 1008-7303(2006)03-0265-07

Adsorption of Nicosulfuron on Soils and Its Correlation with Soil Properties

ZHANG Wei¹, WANG Jin-jun^{*}, ZHANG Zhong-ming², QIN Zhen²

(1. College of Plant Protection, Southwest University, Chongqing 400716 China;

2. Institute for the Control of Agrochemicals, Sichuan, Chengdu 610041, China)

Abstract The adsorption of nicosulfuron, a new sulfonylurea herbicide in eight different types of soils was investigated using the batch equilibration technique. The results showed that the adsorption isotherms of nicosulfuron in soils fitted the Freundlich equation well and the adsorption values of nicosulfuron calculated by Freundlich equation, ranged from 0 798 to 6 891. Further calculation and analysis about K_{OC} , the mean partial free energy and the free energy of adsorption of nicosulfuron on soil performed middle or higher translocation in soils. Furthermore, it was found that the K_f values increased with increasing of organic matter (OM) and clay content while decreased with increasing of the soils pH values due to the nicosulfuron characters and solution in water depending on pH. The simple linear correlations were regressed between OM, clay contents or soils pH values and the values of adsorption coefficient (K_f), indicated that OM, clay contents and the soils pH were the dominating factors influencing the nicosulfuron retention in all of the systems.

Key words nicosulfuron; sulfonylurea herbicide; adsorption; Freundlich equation; soil properties

收稿日期: 2006-04-04 修回日期: 2006-07-25.

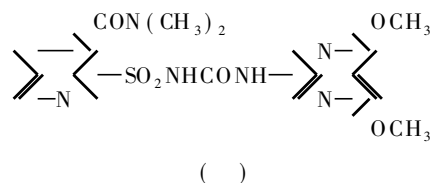
作者简介: 张伟 (1979-), 男, 博士, 主要研究方向为农药环境毒理学; * 通讯作者: 王进军 (1970-), 男, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为昆虫分子生态学和毒理学. 联系电话: 023-68250255 E-mail: jiwang7008@yahoo.com

基金项目: 教育部新世纪优秀人才支持计划 (NCET-04-0854).

农药在土壤中的吸附-解吸被认为是其在土壤-水环境中归宿的主要支配因素^[1], 该行为对农药在土壤中的降解、迁移和转化等具有重要的影响, 也是农药对地下水危害状况的一个重要评价指标。研究农药在土壤中的吸附对了解其环境行为具有重要意义。土壤有机质含量 (Organic matter content OM %)、粘粒含量 (Clay%)、阳离子交换量 (Cation exchange capacity, CEC) 和 pH 值等理化性质对吸附具有重要影响^[2-3], 而农药的溶解度和在正辛醇-水中的分配系数等自身性质也是影响其吸附的重要因素^[4]。

磺酰脲类除草剂属内吸传导型选择性除草剂, 通过作用于植物体内的乙酰乳酸合成酶 (ALS) 来抑制植物根和幼芽的顶端生长, 具有高效、广谱、低毒等特点, 广泛用于玉米、小麦、水稻等粮食作物的阔叶杂草防治。目前, 有关磺酰脲类除草剂在土壤中环境行为的研究主要包括降解、吸附-解吸、对土壤生物与酶的影响以及对后茬作物的药害等方面^[5-9]。烟嘧磺隆 [nicosulfuron 2-(4,6-二甲氧基-2-嘧啶基氨基甲酰氨基磺酰基)-N,N-二甲基烟酰胺, 结构式如 ()] 是杜邦公司于 1987 年开发出的一种磺酰脲类除草剂, 用于作物芽后杂草防除, 属于弱酸性化合物 ($pK_a = 4.3$), 其在水中的溶解度受 pH 值影响较

大 (pH 5.0 时为 0.9 g/L, pH 8.8 时为 39.2 g/L), 在正辛醇-水中的分配系数 (K_{ow}) 较小 (pH 5.0 时为 0.44, pH 9.0 时为 0.0068), 能溶于部分有机溶剂 (甲苯中为 70 g/L, 乙腈中为 23 g/L, 丙酮中为 18 g/L)。



有关烟嘧磺隆环境行为的研究报道较少^[10]。作者研究了烟嘧磺隆在 8 种不同类型土壤中的吸附情况以及吸附性能与土壤性质的关系, 并进一步探讨了影响吸附的支配因素, 旨在为评估该除草剂对环境 and 地下水的危害风险提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 土壤样品的制备

供试土壤为紫色土、红壤、黄壤、黄褐土、沙壤、黑土、黄棕土和棕壤 8 种不同类型的土壤, 均采自大田表层 0~15 cm 耕作层。土壤经风干碾磨, 过 2 mm 筛后密封置于 -20℃ 冰箱中保存, 其基本理化性质及采集地点见表 1。

Table 1 Physical and chemical properties of the tested soils

Soil No.	Sites	Soil name	Textural classification	pH	OC ^a / (g/kg)	OM ^b / (g/kg)	Clay / (g/kg)	Sand / (g/kg)	Silt / (g/kg)	CEC ^c / (cmol/kg)
1 [#]	Chongqing	Purple soil	Sandy clay bam	7.78	8.81	15.16	281.4	323.8	394.8	23.34
2 [#]	Jiangxi	Red soil	Clay	4.26	40.20	69.15	589.3	266.8	143.9	17.75
3 [#]	Jiangxi	Yellow soil	Sand loam	5.12	21.26	36.57	478.6	436.0	85.4	19.17
4 [#]	Sichuan	Yellow brown soil	Silt ban	4.86	20.71	35.62	261.4	383.9	354.7	20.80
5 [#]	Shandong	Sand soil	Sand	5.73	1.35	2.32	170.5	627.5	202.0	21.73
6 [#]	Heilongjiang	Black soil	Sand loam	6.09	24.16	41.56	387.8	484.6	127.6	34.08
7 [#]	Shanxi	Yellow cinnamon soil	Loamy sand	7.41	12.60	21.68	204.1	683.4	112.5	13.70
8 [#]	Shandong	Brown soil	Sand loam	7.49	9.88	17.00	368.7	495.0	136.3	24.92

Note: ^aOC, Organic carbon; ^bOM, Organic matter; ^cCEC, Cation exchange capacity.

1.2 药品及试剂

烟嘧磺隆 (nicosulfuron) 标准品 [94.6%, 国家农药质量检测中心 (北京) 提供]; 乙腈为色谱纯, 其余试剂均为分析纯。

1.3 标准溶液的制备

称取 0.1060 g 烟嘧磺隆标准品置于 100 mL 容量瓶中, 用乙腈定容, 制得 1000 mg/L 的烟嘧磺隆标准母液, 经梯度稀释, 得 100、10 和 1 mg/L 溶液。称取 1.110 g CaCl₂ 置于 1 L 容量瓶中, 纯水

定容, 得 0.01 mol/L 的 CaCl₂ 水溶液。根据实验需要配成不同浓度的烟嘧磺隆 CaCl₂ 水溶液 (CaCl₂ 浓度为 0.01 mol/L) 备用。

1.4 吸附实验方法

采用美国环保署 (EPA) 推荐的平衡振荡法^[11]。称取 5.00 g 土样置于 50 mL 聚丙烯离心管中, 加入不同浓度 (分别为 0.1、0.2、1.0、2.0、4.0、8.0、12.0、20.0 mg/L) 的烟嘧磺隆 CaCl₂ 溶液 25 mL, 即水:土比 (体积:质量) = 5:1, 加

塞后于 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ 下水浴恒温振荡 24 h, 然后于 $4\ 500\ \text{r/min}$ 离心 10 min, 上清液过 $0.45\ \mu\text{m}$ 水性滤膜后经 HPLC 分析测定。由吸附前后溶液浓度变化值计算出土壤对烟嘧磺隆的吸附量。实验设 3 次重复, 以不加土壤振荡为空白对照。

1.5 HPLC 分析条件

Waters 2695-2696 高效液相色谱系统 (带 Empower software 工作站)。色谱条件: Rp18 symmetry shield ODS 色谱柱 (带 SB-phenyl 预柱), $150\ \text{mm} \times 3.9\ \text{mm}$ (i. d.), 粒度 $5\ \mu\text{m}$; 流动相为乙腈-水 (含体积分数为 0.1% 的乙酸) = 30 : 70 (体积比); 流速 $1.0\ \text{mL/min}$; 检测波长 $240\ \text{nm}$; 进样量为 $10\ \mu\text{L}$; 色谱工作温度 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ 。在此条件下, 烟嘧磺隆的保留时间为 $6.58\ \text{min}$ 。

1.6 数据分析

采用 SPSS 统计分析软件对数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 烟嘧磺隆吸附等温线

预备实验表明, 烟嘧磺隆在土壤中数小时后即可达到吸附平衡 (见图 1)。烟嘧磺隆与土壤溶液接触振荡 24 h 后, 将吸附已达平衡的分离液及烟嘧磺隆空白对照液经 HPLC 分离、DAD 检测器定性分析, 结果未发现其在吸附过程中因微生物分解、水解或光解等而有降解产物生成。因此, 处理前后溶液中烟嘧磺隆的减少可以认为主要是由于土壤对除草剂的吸附造成的。

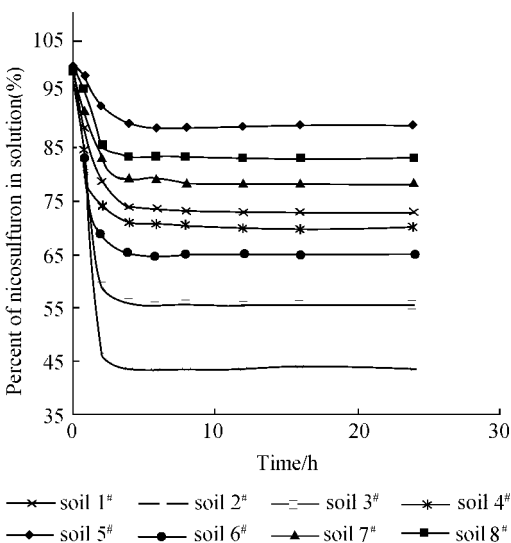


Fig. 1 Adsorption kinetics of nicosulfuron in soil-water compartment at $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$

采用如下线性模型和 Freundlich 模型^[12]对不同平衡浓度时土壤对烟嘧磺隆的吸附数据进行分析:

$$\text{线性模型: } C_s = KC_e + C_0 \quad (1)$$

$$\text{Freundlich 模型: } C_s = K_f C_e^{1/n} \quad (2)$$

式中, C_s 为土壤所吸附的药液浓度 (mg/kg); K (mL/g) 和 K_f ($\text{mg}^{1-n} \cdot \text{L}^n \cdot \text{kg}^{-1}$) 分别为两种模型的吸附常数; C_e 为吸附平衡时水相中的药液浓度 (mg/L); C_0 为初始浓度 (即吸附前水相中的药液浓度, mg/kg); n 为经验常数, 反映吸附剂表面的非均匀性。

烟嘧磺隆在 8 种土壤中的吸附线性模型和 Freundlich 模型参数见表 2。从中可知, 线性模型吸附常数 K 在 $0.331 \sim 3.489$ 之间, 8 种土壤的吸附能力强弱顺序为: $2^\# > 3^\# > 6^\# > 4^\# > 8^\# > 7^\# > 1^\# > 5^\#$; Freundlich 模型吸附常数 K_f 在 $0.798 \sim 6.89$ 之间, 8 种土壤吸附能力顺序为: $2^\# > 3^\# > 6^\# > 4^\# > 1^\# > 7^\# > 8^\# > 5^\#$ 。一般认为吸附常数 K 或 K_f 代表着土壤吸附能力的强弱。吸附常数越大, 意味着土壤对农药的吸附能力越强, 移动性就越弱; 反之, 土壤吸附能力越弱, 移动性就越强。通过两种模型获得的 8 种土壤对烟嘧磺隆的吸附能力强弱顺序虽然存在一定差异, 但吸附能力最强的均为 $2^\#$ 土壤, 最弱的均为 $5^\#$ 土壤。

烟嘧磺隆在 8 种土壤中的吸附数据用线性模型拟合后的 r 值在 $0.914 \sim 0.999$ 之间, 用 Freundlich 模型拟合后的 r 值在 $0.963 \sim 0.999$ 之间。可以看出, 两种模型均可较好地描述烟嘧磺隆在土壤中的吸附, 但是 Freundlich 模型拟合的 r 平均值较高, 且 $8^\#$ 土的 C_0 为负值, 故用 Freundlich 模型描述其吸附性能更为合理。

烟嘧磺隆在 8 种土壤中的吸附等温线见图 2, 其结果均能很好地与 Freundlich 模型相吻合。同时由表 2 可知, 该经验常数 $1/n$ 均小于 1, 其吸附等温线均属于 L 型, 表明烟嘧磺隆在较低浓度下与土壤有较强的亲和力, 而随着浓度的增加, 其亲和力降低。

2.2 土壤有机吸附常数 (K_{oc})

K_{oc} 是评价非离子型化合物在土壤中移动性的一个关键因子, 一般通过分配系数 (K_d) 和土壤有机碳含量的比值来进行计算。参照 Morita 等^[6]的方法, 以初始浓度为 $4.0\ \text{mg/L}$ 时烟嘧磺隆在水-土壤系统中的分配比例, 按 (3) 式计算 K_d 值, 按 (4) 式计算 K_{oc} 值。

Table 2 Comparison of the Linear and Freundlich models for adsorption of nicosulfuron in soils

SoilNo.	Linear model			Freundlich model		
	$K_f / (\text{mL/g})$	$C_0 / (\text{mg/kg})$	r	$K_f / (\text{m g}^{1-n} \cdot \text{L}^n \cdot \text{kg}^{-1})$	$1/n$	r
1 [#]	0.499 ± 0.090	1.835 ± 0.708	0.914	1.827 ± 0.266	0.679 ± 0.078	0.963
2 [#]	3.489 ± 0.410	3.643 ± 2.021	0.961	6.891 ± 0.298	0.785 ± 0.023	0.998
3 [#]	2.753 ± 0.260	2.069 ± 1.436	0.974	3.850 ± 0.199	0.956 ± 0.030	0.997
4 [#]	1.600 ± 0.077	1.106 ± 0.505	0.993	2.711 ± 0.049	0.808 ± 0.010	0.999
5 [#]	0.331 ± 0.044	0.303 ± 0.180	0.951	0.798 ± 0.042	0.624 ± 0.044	0.992
6 [#]	2.004 ± 0.039	0.564 ± 0.244	0.999	2.790 ± 0.129	0.842 ± 0.025	0.997
7 [#]	0.989 ± 0.023	0.191 ± 0.171	0.998	1.475 ± 0.105	0.795 ± 0.039	0.993
8 [#]	1.124 ± 0.024	-0.164 ± 0.175	0.999	1.157 ± 0.668	0.947 ± 0.032	0.997

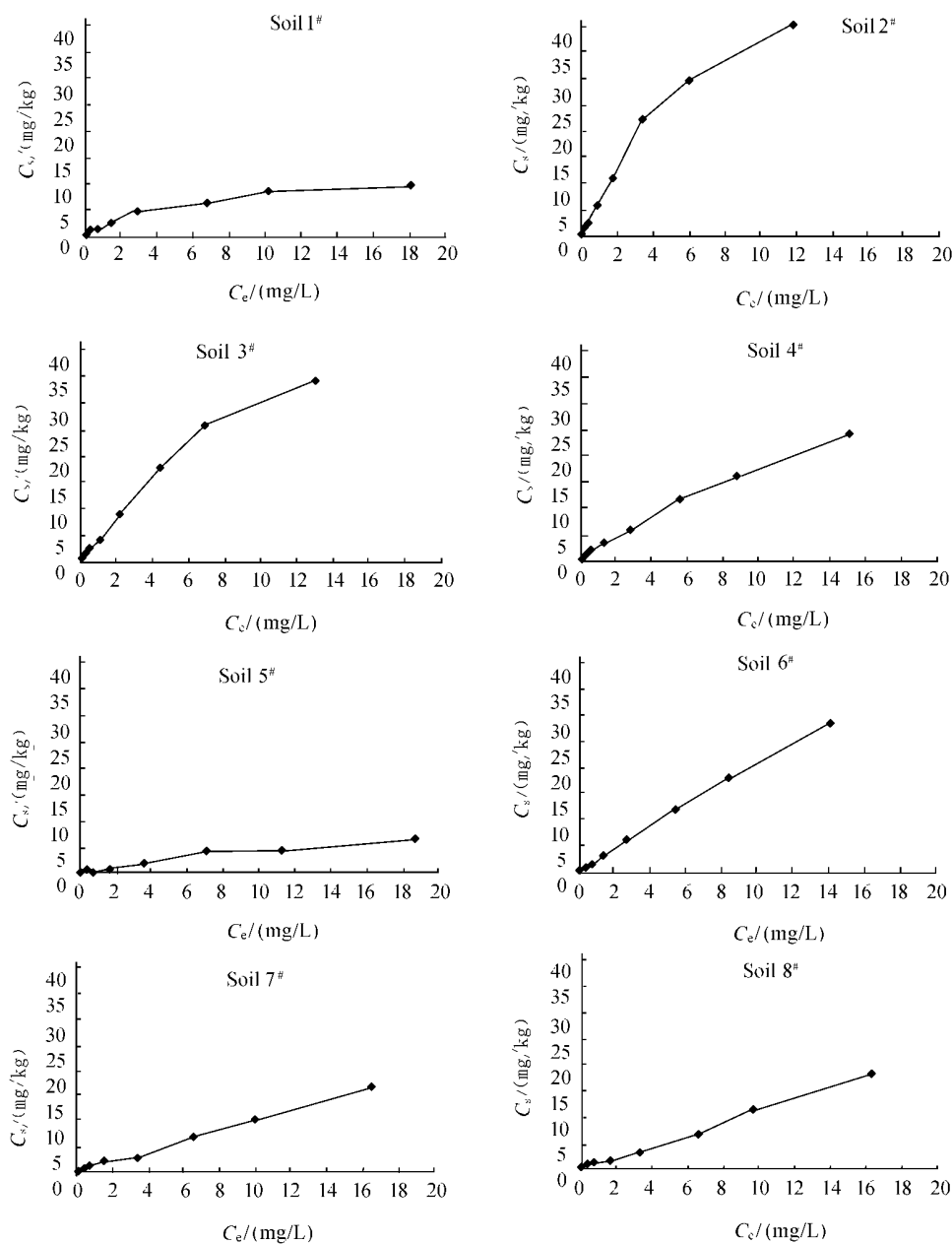


Fig. 2 Adsorption isotherms of nicosulfuron in the tested soils

$$K_d = C_s / C_e \quad (3)$$

$$K_{oc} = 100 \times K_d / OC\% \quad (4)$$

式中, K_d 为分配系数 (L/kg); K_{oc} 为土壤有机吸附常数 (L/kg); $OC\%$ 为土壤有机碳的含量。

结果见表 3。参照 McCall 等^[13] 的方法, 按 K_{oc} 值对烟嘧磺隆在土壤中的移动性能进行分类, 其在 1[#]、2[#]、3[#] 和 5[#] 土中的 K_{oc} 值在 150~500 范围内, 表明烟嘧磺隆在这 4 种土壤中具有“中等移动性”, 在 4[#]、6[#]、7[#] 和 8[#] 土中的 K_{oc} 值均小于 150 表明在这 4 种土壤中具有“较高移动性”。由此可见, 烟嘧磺隆对地下和地表水造成污染的可能性较大。

Table 3 K_{oc} values calculated for nicosulfuron adsorption

Soils	OC (%)	K_d^* / (L/kg)	K_{oc} / (L/kg)
1 [#]	0.881	1.771	201.044
2 [#]	4.020	6.292	156.527
3 [#]	2.126	4.214	198.194
4 [#]	2.071	2.078	100.328
5 [#]	0.135	0.559	414.074
6 [#]	2.416	2.286	94.636
7 [#]	1.260	0.832	66.024
8 [#]	0.988	1.005	101.680

* Measured at an initial concentration of 4.0 mg/L similar to the field concentration

2.3 吸附自由能和偏摩尔自由能

化学物质在被吸附过程中自由能的变化可以作为衡量吸附作用强弱和推动力大小的定量依据, 如偏摩尔自由能变化量越大则表明吸附作用越强。吸附自由能和偏摩尔自由能分别按公式 (5)~(7) 计算^[14-15]。

$$K_{OM} = 100K_f / OM\% \quad (5)$$

$$\Delta G = -RT \ln K_{OM} \quad (6)$$

$$-F = RT \ln(C_e / C_0) \quad (7)$$

式中, K_{OM} 为有机质吸附常数; $OM\%$ 为土壤有机质含量; ΔG 为吸附自由能 (kJ/mol); $-F$ 为偏摩尔自由能 (J/mol); R 为气体摩尔常数 ($8.314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$); T 为绝对温度 (K)。

烟嘧磺隆在 8 种土壤中的 ΔG 值见表 4 最小为 10.428 kJ/mol 最大为 14.478 kJ/mol 均小于 40 kJ/mol 表明其吸附以物理吸附为主^[16]。其 $-F$ 值见表 5, 大小顺序为: 2[#] > 3[#] > 6[#] > 4[#] > 1[#] >

8[#] > 7[#] > 5[#]。 $-F$ 值和 K_f 值总体上呈正相关 ($r = 0.973$)。

Table 4 Free energy for nicosulfuron adsorption in soils at 25°C

Soils	OM (%)	K_{OM}	ΔG / (kJ/mol)
1 [#]	1.516	121.174	11.891
2 [#]	6.951	99.653	11.407
3 [#]	3.657	105.278	11.543
4 [#]	3.562	76.109	10.739
5 [#]	0.232	343.966	14.478
6 [#]	4.156	67.132	10.428
7 [#]	2.168	68.035	10.461
8 [#]	1.700	68.059	10.462

Table 5 Mean partial molar free energy change ($-F$) values of nicosulfuron in soils at 25°C

Soils	C_e / C_0^*	$-F$ / (J/mol)
1 [#]	0.738	753.094
2 [#]	0.443	2018.219
3 [#]	0.543	1513.681
4 [#]	0.706	862.976
5 [#]	0.899	263.925
6 [#]	0.686	934.212
7 [#]	0.857	382.525
8 [#]	0.833	452.934

* Measured at an initial concentration of 4.0 mg/L.

2.4 土壤性质与烟嘧磺隆吸附的相关性

土壤理化性质是影响其吸附容量的重要因素。通过对 K_f 值与土壤理化性质的相关分析发现, K_f 与土壤有机质含量、粘粒含量及 pH 值之间显著相关, 而与 CEC 间的相关性则不明显 (表 6)。说明烟嘧磺隆在土壤中的吸附作用主要受土壤有机质含量、粘粒含量和土壤 pH 3 个因素的影响。

3 结论与讨论

3.1 磺酰胺类除草剂在土壤中的吸附

根据烟嘧磺隆具有较低的 K_{ow} 值和溶解度等理化性质, 可以推测其在 8 种土壤中具有较弱的吸附性, 实验结果也证实了这一点。同时, 本研究中, 烟嘧磺隆在土壤中的吸附特性与文献报道的其他磺酰胺类除草剂的吸附情况基本一致^[5-8, 17-21]。由于烟嘧磺隆在土壤中具有较弱的吸附性, 因此其对地下水 and 地表水造成污染的可能性较大。

Table 6 Correlation coefficients of K_f with soil properties for nicosulfuron

Properties of soil	Relationship equation between properties and K_f	r
OM	$K_f = -0.016 + 0.903OM\%$	0.946
pH	$K_f = 9.2 - 1.069pH$	0.725
C lay	$K_f = -1.444 + 0.121C\text{ lay}\%$	0.870
OM + pH	$K_f = 1.765 + 0.800OM\% - 0.267pH$	0.954
OM + C lay	$K_f = -0.636 + 0.693OM\% + 0.036C\text{ lay}\%$	0.957
pH + C lay	$K_f = 2.918 - 0.565pH + 0.094C\text{ lay}\%$	0.931
OM + pH + C lay	$K_f = 1.390 + 0.542OM\% - 0.285pH + 0.542C\text{ lay}\%$	0.980

3.2 吸附容量与土壤理化性质的相关性

农药分子与土壤-水系统间存在氢键、共价键、离子键和范德华力等, 这些作用力是产生吸附作用的主要原因, 理化性质不同的土壤其作用力存在差异^[22]。Weber等^[3]对包括磺酰脲类除草剂在内的 89种不同类型农药的吸附与土壤性质关系的系统研究发现, 农药在土壤中的吸附与土壤的某些理化性质密切相关。但 Oliver等^[23]却认为, 吡虫啉 (imidacloprid)、敌草隆 (diuron) 和噻虫啉 (thiacloprid) 在土壤中的分配系数 (K_d) 与土壤有机质含量、粘粒含量和 pH 值均无显著相关性。本研究结果则表明, 土壤有机质含量、粘粒含量和 pH 值是影响烟嘧磺隆在土壤中吸附的主要因素, 吸附常数 K_f 与土壤有机质含量、粘粒含量呈显著正相关, 而与土壤 pH 值呈负相关。

腐殖酸是土壤有机质中最重要的组成部分, 其分子内含有大量的羟基、羧基、酚羟基、醌基等活性官能团, 能与农药分子产生各种作用力, 且腐殖酸具有网状结构, 是土壤主要的吸附中心^[24]。蒙脱石、伊利石、高岭石等粘土矿物是土壤粘粒的主要成分, 这些矿物颗粒表面具有大量的电荷和较大的表面积, 具有很强的吸附作用。由于磺酰脲类除草剂具有特殊的磺酰脲桥结构, 其 $-NH$ 常发生电离产生 H^+ , 导致此类除草剂呈弱酸性。烟嘧磺隆是一元弱酸性化合物, 当土壤 pH 值增加时, 其分子电离为阴离子的数量就会增加, 与同样带负电荷的土壤胶体间的排斥作用增强, 在土壤中的吸附就会减弱。此外, 烟嘧磺隆在水中的溶解度随 pH 值的变化而不同, 低 pH 值的土壤-水系统能使其溶解度降低, 从而增加了土壤胶体表面疏水基团对烟嘧磺隆的吸附。土壤有机质含量、粘粒含量和 pH 值对烟嘧磺隆吸附的影响并不是孤立的, 如 8[#]和 7[#]土壤 pH 值相近, 8[#]的粘粒含量高于 7[#], 但有机质含量低于 7[#], 从而使 8[#]土壤的 K_f 值小于 7[#]。同时, 根据表 1 和表 2 对烟嘧磺隆

在 1[#]和 8[#]土壤中的 K_f 与对应有有机质含量、粘粒含量及 pH 值的相关性比较中发现, 1[#]具有相对较高的 pH 值和相对较低的有机质含量和粘粒含量, 但却有较高的 K_f 值, 其是否存在其他的吸附机理还有待进一步研究。

3.3 结论

烟嘧磺隆在土壤中的吸附等温线符合 Freundlich 模型, 不同类型土壤对烟嘧磺隆的吸附容量存在差异, 且与土壤理化性质密切相关。相关回归结果表明, K_f 与土壤有机质含量、粘粒含量呈正相关, 与土壤 pH 值呈负相关。对吸附自由能和偏摩尔自由能的计算结果表明, 烟嘧磺隆在 8 种土壤中的吸附以物理作用为主, 其偏摩尔自由能与吸附常数呈正相关。

参考文献:

- [1] LIU Weiping (刘维屏), JI Jin (季谨). 农药在土壤-水环境中归宿的主要支配因素——吸附和脱附 [J]. *China Environ Sci (中国环境科学)*, 1996, 16(1): 25-30
- [2] Oliver D P, Baklock J A, Kookana R S, et al. The effect of landuse on soil organic carbon chemistry and sorption of pesticides and metabolites [J]. *Chemosphere*, 2005, 60(4): 531-541.
- [3] Weber J B, Wilkerson G G, Reinhardt C F. Calculating pesticide sorption coefficient using selected soil properties [J]. *Chemosphere*, 2004, 55(2): 157-166.
- [4] Singh G, Spencer W F, Clah M M, et al. Sorption behaviour of S-triazine and thiocarbamate herbicides on soil [J]. *J Environ Qual* 1990, 19(1): 520-525
- [5] Álvarez-Benedí J, Cartón A, Fernández J C. Sorption of tribenuron-methyl, chlorosulfuron and imazethabenz-methyl by soils [J]. *J Agric Food Chem*, 1998, 46(7): 2840-2844.
- [6] Morricca P, Barbato F, Giodano A, et al. Adsorption and desorption of imazosulfuron by soil [J]. *J Agric Food Chem*, 2000, 48(12): 6132-6137.
- [7] Pusino A, Fiori M G, Braschi I, et al. Adsorption and desorption of triasulfuron by soil [J]. *J Agric Food Chem*,

- 2003, 51(18): 5350-5354.
- [8] Pusino A, Pinna V M, Gessa C. Azin sulfuron sorption-desorption on soil[J]. J Agric Food Chem, 2004, 52(11): 3462-3466.
- [9] Ismail B S, Yapp K F, Omar O. Effects of metsulfuron methyl on amylase, urease and protease activities in two soils[J]. Aust J Soil Res, 36(3): 449-456.
- [10] Poppell C A, Hayes R M, Mueller T C. Dissipation of nicosulfuron and rimsulfuron in surface soil[J]. J Agric Food Chem, 2002, 50(16): 4581-4585.
- [11] US EPA. Guidelines for registering pesticides in the United States [J]. Fed Regist, 1975, 40(123): 26881.
- [12] LIK e-bin(李克斌), LIU W ei-ping(刘维屏), ZHOU Y ing(周瑛), et al 灭草松在土壤中吸附的支配因素 [J]. Environ Sci (环境科学), 2003, 24(1): 126-130.
- [13] McCall P J, Laskowski D A, Swann R L. Test protocols for environmental fate and movement of toxicants[J]. Proc Symp AOAC, 1980, 89-109.
- [14] YANG Ke-wu(杨克武), AN Feng-chun(安凤春), MO Han-hong(莫汉宏). 单甲脞在土壤中的吸附 [J]. Environ Chem (环境化学), 1995, 14(5): 431-435.
- [15] Rea J E, Copper C S, Parker A, et al. Pesticide sorption onto aquifer sediments[J]. J Geochem Exploration, 1998, 64(2): 263-276.
- [16] Carter M C, Kilduff J E, Weber W J Jr. Site energy distribution analysis of preloaded adsorbents[J]. Environ Sci Tech, 1995, 29(7): 1773-1780.
- [17] SI Y ou-bin(司友斌), ZHOU J ing(周静), WANG X ing-xiang(王兴祥), et al 除草剂苄嘧磺隆在土壤中的吸附 [J]. Environ Sci(环境科学), 2003, 24(3): 122-125.
- [18] Pinna M V, Pusino A, Gessa C. Sorption and degradation of azin sulfuron on iron()-rich soil colloids[J]. J Agric Food Chem, 2004, 52(26): 8081-8085.
- [19] Gonzalez J M, Ljerka U. Adsorption and desorption of nicosulfuron in soils[J]. J Environ Qual, 1996, 25(6): 1186-1192.
- [20] Tom as B. M etsulfuron methyl sorption-desorption in field moist soils[J]. J Agric Food Chem, 2003, 51(12): 3598-3603.
- [21] Hyun S, Lee L S. Factors controlling sorption of pro sulfuron by variable-charge soils and model sorbents[J]. J Environ Qual, 2004, 33(4): 1354-1361.
- [22] Coquet Y. Variation of pesticides sorption isotherm in soil at the catchment scale[J]. Pest Manage Sci, 2002, 58(1): 69-78.
- [23] Oliver D P, Kookana R S, Quintana B. Sorption of pesticides in tropical and temperate soils from Australia and the Philippines [J]. J Agric Food Chem, 2005, 53(16): 6420-6425.
- [24] Sensi N. Binding mechanisms of pesticides to soil humic substances[J]. Sci of the Total Environ, 1992, 123-124: 63-76.

(Ed. TANG J)

《安徽农学通报》地址变更启事

《安徽农学通报》是由安徽省农学会主办,安徽省作物学会协办的综合性农业科技期刊(月刊),是《中国期刊网》、《中国学术期刊(光盘版)》、《中文科技期刊数据库》、《中国核心期刊(遴选)数据库》全文收录期刊,以文字版和电子版两种形式向国内外公开发行人,国际刊号:ISSN 1007-7731,国内刊号:CN 34-1148/S。是国家职称评定认定学术期刊,融学术性、指导性、实用性于一体,既刊登作物栽培与育种、植物保护、土壤肥料、园艺、蚕桑、茶园、畜牧、水产及其他农业科学的硬科学研究报告、综述、研究简报和实用技术,也发表农业经济、农业科技管理、农业发展战略、农产品加工及农业产业化等方面的研究论文、调查报告和对策性文章,是农业推广领域唯一的科技杂志。邮政发行,邮发代号 26-146 编辑部不再办理征定工作。

编辑部地址变更如下:

投稿地址:合肥市美菱大道 421 号省农委 《安徽农学通报》编辑部

邮 编: 230001

联系电话: 0551-2675980 3214796(小灵通), 传 真: 0551-2632455

投稿电子邮箱: nxth_x@yahoo.com, cn_ahnxth_x@163.com; ahnxth2006@126.com

网 址: <http://ahnh.chinajournal.net.cn>