

用均衡试验法测定土壤吸附参数^{*}

魏新平^{xp}, 王文焰, 王全九

o 西安理工大学，西安 Δx_{AE})

摘 要 用均衡试验法测定了 B 种土壤的吸附量、分布系数、阻滞因子。结果表明, 土壤阻滞因子、分布系数受土壤初始浓度、土壤质地影响大。一般来说, 分布系数 Ω, K_{oc} 之间, 阻滞因子 q, K_{av} 之间。均衡试验法物理概念明确, 试验简单、易操作, 测定结果可靠, 是用数学模型研究溶质运移问题所必需的基础实验。

关键词 H 均衡试验法;阻滞因子;分布系数

中图分类号 $H E z$ 文献标识码 E 文章编号 $H r a a v - w y \Gamma \Delta x Z Z Z p w A - w \Gamma y - w$

随着近代土壤物理学及电算技术的迅猛发展,当前在溶质运移的定量研究中,愈来愈多地采用数学模型的方法来研究和掌握化肥、农药在非饱和土壤中的迁移过程。为此,正确地确定数学模型中所必需的参数,如溶质运移控制方程——对流扩散方程的阻滞因子、分布系数、吸附量等就成为一项必须的工作。它对于研究化肥、农药对地下水的污染,区域水盐运动规律,污水处理及再利用技术来说,具有重要的意义。

在物理化学及土壤学中,常用静式实验测定法确定离子吸附量,然而,大量的研究表明,静式实验的测定结果,比渗透条件下的实验结果明显偏高。这是因为,静式试验中,土壤颗粒的全部表面均与溶液相互作用,而在渗透条件下,土样是不搅动的,吸附作用仅在颗粒与溶液接触的那部分表面进行,故均衡法更符合实际情况。为此,本文用均衡试验的方法测定了土壤离子的吸附参数:吸附量、分析系数和阻滞因子。

测定方法与原理

均衡试验方法装置见图 x 。把初始浓度为 Π_w 的一定体积的溶液缓缓地倒入容器

xu 小土柱 Θ yu 注入溶液

 z_u 供土样毛细饱和的容器

Au 滤出液^① Bu 多孔板

图 x 均衡试验法示意图

$\approx$ ，以毛细上升的形式饱和样品，要避免溶液自容器 $\approx$ 的液面及样品表面蒸发，测定饱和土样的溶液体积，土样饱和后，慢慢一滴滴地使溶液从上而下渗过原状土，底部装一过滤器，加一个漏斗收集滤出液 δ_{χ} ，测定其浓度 Π_{χ} ，开始时，由于吸附作用而使 $\Pi_{\chi} I \Pi_w$ ，以后其差别逐渐缩小，到 $\Pi_{\chi} K \Pi_w$ 时，试验结束。这样，可根据均衡关系换算被吸附组分的量 ξH

* 甘肃省自然科学基金资助项目

xp 工作单位H甘肃农业大学

收稿日期 $HxZZE-xw-yx$

$$s \xi K \frac{\Pi_w \delta_w t \sum_{\alpha K x}^{\omega} \Pi_x \delta_x}{\delta} \times x \alpha \alpha w \quad o \mid v v v p o x p$$

式中 $H \xi$ ——吸附量, $\mid v v v \Theta$
 δ ——原状土样重 $s \Theta$
 δ_w ——由下而上耗于饱和土样的溶液
体积, $\mid \partial$;
 δ_x ——滤出液体积, $\mid \partial$;
 Π_w, Π_x ——某组分的浓度, $\mid v v \partial$ 。

另一方面,考虑溶质吸附作用时,非饱和
土壤溶质运移的基本方程为 H^*

$$\frac{\partial \pi}{\partial s} r \rho \frac{\partial s \xi}{\partial s} K \frac{\partial}{\partial t} \left(P \frac{\partial \pi}{\partial t} \right) t \quad \frac{\partial s \pi}{\partial t} \quad o y p$$

如果在稳态流条件 $\frac{\partial}{\partial s} K w$,则(y) 式改变为 H

$$\frac{\partial \pi}{\partial s} r \frac{\rho}{\theta} \frac{\partial s \xi}{\partial s} K \frac{\partial}{\partial t} \frac{\pi}{\partial t} t \quad \frac{\partial \pi}{\partial t} \quad o z p$$

$s \xi$ 为溶质在土壤基模上的吸附量 $o \mid v v$
 $v p$, 试验研究表明, 离子吸附量与溶质浓度、
土壤质地、含水量等因素有关。溶质在非饱
和土壤中运移,在很大程度上决定于吸附、解
析过程。目前, 国内外学者提出的吸附式主
要有 I 线性等温吸附模式, 弗兰德里胥等温吸
附模式 $o T \sigma \rho \chi \varphi \quad X \sigma \varphi \sigma \mid p v$ 郎格谬尔等
温吸附模式 $o \partial \xi \nu \mid \varphi \chi \quad \chi \sigma \varphi \sigma \mid p$ 、可逆线
性吸附模式、可逆非线性吸附模式、质量传递
式等等 $\theta y \kappa$ 。其中线性等温吸附模式是最简
洁的吸附等温线, 现被广泛应用于描述土壤
对溶质的吸附量, 其表达形式为 $\theta^* x H$

$$s \xi K \Omega \rho \Pi \quad o A p$$

将(A) 代入(z) 式, 得 H

$$\rho \frac{\partial \pi}{\partial s} K \frac{\partial}{\partial t} \frac{\pi}{\partial t} t \quad \frac{\partial \pi}{\partial t} \quad o B p$$

式中 $H \rho$ ——为阻滞因子 ($\rho \sigma \xi \rho \xi \chi^2 \tau \xi \pi$
 $\sigma \rho, \rho K x + \frac{\rho}{\theta} \Omega \rho \Theta$

$\Omega \rho$ ——分布系数 $o P \chi \sigma \chi \sigma \chi^2 \pi^3 \sigma \tau \chi$
 $\pi \chi^2 \sigma p s$ 其值可由(A) 式, 经吸附试验确定 Θ
 θ ——土壤体积含水量 $\pi \mid \nu \pi \mid \nu \Theta$
 ρ ——土壤容重 $s \nu \pi \mid \nu \Theta$
 σ ——孔隙水流速, $\sigma K \nu \theta \pi \mid \nu \chi^2$;
 P ——土壤水力弥散系数 $\pi \mid \nu \chi^2 \Theta$
 θ 为 P 的近似值, 关于 P 的确定方法,
请参阅文献 $\theta z \kappa \theta A \kappa$ 。

y 实验方法与仪器

y w 仪器

$\partial \partial - x B$ 微处理离子计, $\pi w \alpha \alpha v$ 量感电
子天平, 振荡仪。

y y 样品预处理

在大田试验点, 除去表层土, 在 $w \sim B \nu$
 $\pi \mid$ 深度内取样, 现场测定干容重, 室内分析
颗粒组成, 对于粒径大于 $w \alpha \mid \mid$ 的土粒采
用筛分法, 对于粒径小于 $w \alpha \mid \mid$ 的土粒, 采
用精度较高的吸管法 $\theta B \kappa$ 。试验土样的干容重
及土壤颗粒组成分析结果见表 x 。

将土样用烘干法测其含水量并按表 x 容
重装入 $\Phi x w \pi \mid$ 的小土柱中, 以 $\partial \xi \Pi$ 为示踪
剂, 分别选取 A 种不同的初始浓度 Π_w , 并按
 x 所述方法进行实验。

z 实验结果及讨论

按上述方法, 对 B 种土样进行了试验, 并
用(x)、(A)、(I) 式分别计算吸附量、分布系
数及阻滞因子。测定计算结果见表 y 。

表 x 供试土样干容重、颗粒级配分析表

序号	土质	容重	颗 粒 组 成 $o \mid \mid, \%$									
		$\nu \pi \mid \nu$	$I x \pi w$	$I w \pi B$	$I w \pi y B$	$I w \pi \alpha$	$I w \pi \alpha B$	$I w \pi y B$	$I w \pi \alpha$	$I w \pi y B$	$I w \pi \alpha$	$I w \pi \alpha$
x	粉砂质粘土	$x \alpha E$	$Z \Gamma w \Delta$	$Z y \alpha \Gamma$	$E \Delta \alpha \Gamma$	$E A \alpha y B$	$\Delta \Delta \alpha \kappa$	$\Gamma x w A$	$z \Delta \alpha \Gamma w$	$y z \mid Z B$	$Z \mid Z \alpha$	$A \alpha A B$
y	粉砂质粘土	$x \alpha E$	$Z E \alpha \Delta w$	$Z \Delta \alpha w$	$Z B \mid \Gamma y$	$Z A \mid \Gamma y$	$E A \mid E \Delta$	$\Delta \alpha \mid E B$	$A A \alpha y$	$z w \alpha \kappa w$	$x \Gamma \mid Z B$	$x w \mid B \kappa$
z	粘壤土	$x \alpha E$	$Z Z \mid \Gamma y$	$Z E \alpha B$	$Z B \alpha Z$	$Z y \mid y y$	$E y \mid \Gamma$	$\Gamma \Gamma \alpha \kappa$	$A \alpha \mid Z Z$	$y \Delta \mid A Z$	$x \Gamma w \Gamma$	$Z \alpha E Z$
A	壤土	$x \mid y Z$	$Z \Delta \mid \Delta B$	$Z y \mid E y$	$E B \mid E y$	$\Delta E \mid \Gamma y$	$\Delta x \mid \Gamma$	$B A \mid B Z$	$z A \mid Z y$	$y A \mid \Delta x$	$x A \mid Z$	$Z \alpha \kappa$
B	砂壤土	$x \alpha \Delta B$	$Z Z \mid \Gamma z$	$E Z \alpha B$	$\Gamma \Gamma \alpha E$	$z y \mid y A$	$y \Gamma \alpha \Delta$	$x Z \alpha A$	$x x \mid E z$	$E \alpha z$	$B \alpha \Delta$	$z \mid \Delta x$

表y B 种土样的吸附参数测定结果

序号	土质	项目	$\Pi_{\omega_0} \sigma \pi^{1.30} / \partial \rho$		
			$\omega_0 y B$	$y u B$	$y B$
x	粉砂质壤土	吸附量 ϑ $\sigma \mid v \delta \rho$	$w u a i \Delta \Gamma E$	$w u a i B B x$	$w u a x \Delta$
		分布系数 Ω_{ρ}	$x u A B B$	$w u a i A$	$w u a y \Gamma$
		阻滞因子 ϱ	$A u i \Delta y$	$x i y y$	$x u A B B$
y	粉砂质壤土	吸附量 ϑ $\sigma \mid v \delta \rho$	$w u a i \Delta x \Delta$	$w u a i \Gamma \Gamma$	$w u a i \Gamma A B$
		分布系数 Ω_{ρ}	$x u \Delta A$	$w u a i E$	$w u a i \Gamma$
		阻滞因子 ϱ	$z u E E$	$x i y \Gamma$	$x u a y \Gamma$
z	粉壤土	吸附量 ϑ $\sigma \mid v \delta \rho$	$w u a i \Delta y$	$w u a i \Delta z x$	$w u a i \Gamma$
		分布系数 Ω_{ρ}	$x u B x$	$w u a y B$	$w u a x x$
		阻滞因子 ϱ	$A u i E E$	$x i y Z$	$x u \Delta u A$
A	壤土	吸附量 ϑ $\sigma \mid v \delta \rho$	$w u a i E Z$	$w u a i E y \Gamma$	$w u a y y \Delta$
		分布系数 Ω_{ρ}	$x i y \Delta B$	$w u a x E$	$w u a x y B$
		阻滞因子 ϱ	$A u B \Gamma$	$x u z$	$x u Z$
B	砂壤土	吸附量 ϑ $\sigma \mid v \delta \rho$	$w u a i A z \Gamma$	$w u a i \Gamma$	$w u a i Z A Z$
		分布系数 Ω_{ρ}	$w u a x$	$w u a i B \Gamma$	$w u a i Z$
		阻滞因子 ϱ	$y u A A$	$x u A A$	$x u a x E$

由表y 可知,随着初始浓度的加大,分布系数和阻滞因子变小。对砂壤土 Ω_{ρ} 由 $w u A x$ 减少至 $w u a i Z$, ϱ 由 $y u \Delta A$ 减少至 $x u a x E$; 粉砂质壤土x 号 Ω_{ρ} 由 $x u A B B$ 减至 $w u a y \Gamma$, ϱ 由 $A u i y \Delta$ 减小至 $x u B B$; 粉砂质壤土y 号 Ω_{ρ} 由 $x u \Delta A$ 减小至 $w u a i \Gamma$, ϱ 由 $z u E E$ 减小至 $x u a y \Gamma$; 粉壤土 Ω_{ρ} 由 $x u B x$ 减小至 $w u a x x$, ϱ 由 $A u i E E$ 减小至 $x u \Delta u A$; 壤土 Ω_{ρ} 由 $x i y \Delta B$ 减小至 $w u a x y B$, ϱ 由 $A u B \Gamma$ 减小至 $x u Z$ 。

这表明土壤剖面的浓度值对吸附参数的测定结果有影响,在用数值模型的方法研究溶质运移问题时,应考虑这一因素。另由表y 知,就一般情况而言, Ω_{ρ} 变化范围在 $H u a \sim x u B x$ 之间; ϱ 变化范围在 $H x u v \sim A u B \Gamma$ 之间。这与美国国家盐改中心 $\gamma \xi^2 u \sigma^2 \pi \varphi \sigma^2 s$ 教授研究值接近^[2],这表明该法是可靠的。另外,分布系数 Ω_{ρ} 及阻滞因子 ϱ 的变化,还与土质有关,由表y 可知,同一浓度情况下,

粘土 ϱ 、 Ω_{ρ} 值A 壤土 ϱ 、 Ω_{ρ} 值A 砂壤土 ϱ 、 Ω_{ρ} 值,表明粘土吸附性大,这与土壤吸附的机理是一致的。最后,为检验吸附参数测定方法的再现性及稳定性,本文就同一土质(粉砂质壤土)取了y 种土样,从测定结果看, Ω_{ρ} 、 ϱ 值接近,这说明,均衡试验法再现性与稳定性良好。

A 结 论

综上所述,用均衡法测定土壤吸附量、分布系数、阻滞因子的方法是可行的。B 种土样 ϱ 值变化范围为 $x u v \sim A u B \Gamma$; Ω_{ρ} 值变化范围为 $w u a \sim x u B x$ 。该法物理概念明确,试验简单、易操作,所得结果可靠,再现性、稳定性良好。它是用数学模型研究土壤溶质运移的基础试验。

0 参 考 文 献

0 x x 华 孟,王 坚 u 土壤物理学 $\theta \in \kappa u$ 北京H 中国农业大学出版社 x Z Z c H $\Delta y \sim x \Delta B u$

0 y x 王全九 u 土壤溶质迁移法的研究 $\theta \Psi u$ 水土保持学报 s x Z Z c $\Theta u y p u$

0 z x 魏新平 u 非饱和土壤水动力弥散系数确定方法述评 $\theta \Psi u$ 土壤通报 x Z Z E u

0 A x 魏新平,王文焰 u 用水平土柱测定非饱和土壤水扩散率的瞬时剖面法 $\theta \Psi u$ 水利水电技术 x Z Z E u

0 B x 水利部 u 土壤试验规程(第一分册) u 第二版 $\theta \in \kappa u$ 北京H 水利电力出版社 x Z Z E u

0 P x $\partial \chi^{\sigma_1} \sigma_2 P \varrho s \gamma \xi^2 \Gamma \sigma^2 s \pi \varphi^2 \sigma^2 \in \alpha \varphi s \Theta \theta v \sigma^2 \Psi \partial u \delta \xi^2 s^{\sigma}$
 $\tau^{\sigma 3 1} \xi^2 \rho 7 3 0 9 8 \sigma 8 6 \xi^2 7 4 3 6 8 4 6 3 \pi \sigma^2 \sigma^2 \chi^2 8 \varphi \sigma 9 2 7 \xi^2 s 9 6 \xi^2 s \rho$
 $4 3 2 \sigma \theta \Psi u \delta \xi^2 s^{\sigma} \varrho \sigma^2 9 6 \sigma^2 \varrho \sigma \sigma \xi^2 \pi \varphi s x Z E \Gamma \Theta y o Z p H$
 $E Z B \sim x u E B u$

0 Δx $T \sigma \chi^{\omega} \Psi \partial \sigma \chi^s P \xi^2 \sigma \Psi \Phi \xi^2 \rho \gamma \xi^2 \Gamma \sigma^2 s \pi \varphi^2 \sigma^2 \in \alpha \varphi u$
 $\in \xi^2 \varphi \sigma^2 \xi^2 \chi^2 \Xi^2 \xi^2 \chi^2 3 \tau 3 2 \sigma P \chi^2 \sigma^2 \chi^2 \xi^2 7 3 0 9 8 \sigma$
 $\alpha \xi^2 7 4 3 6 8 \xi^2 \xi^2 \partial \xi^2 s^{\sigma} \sigma \rho s \chi^2 \theta \sigma^2 \tau \chi^2 \theta \Psi u \omega \chi^2 s \pi \chi^2 s \pi$
 $E \in \Psi s x Z Z x \Theta B I Z A A \sim Z B x u$

作者简介H

魏新平,男,副教授,室主任。主要从事非饱和土壤水分运动、溶质运移、节水灌溉技术、盐碱地改良等方面的研究与教学工作,获省级奖二项,发表论文x B 篇,曾z 次参加国际学术会议。现为西安理工大学水文水资源学科博士研究生。