

连续种植作物后对土壤中各稀土元素消耗的研究

庞 欣^x, 王东红^x, 李德成^x, 彭 安^x, 刘学军^y, 张福锁^y

(^x中国科学院生态环境研究中心 环境水化学国家重点实验室,北京 $\pi\alpha\alpha EB$;

^y中国农业大学植物营养系 农业部重点实验室,北京 $\pi\alpha\alpha ZA$)

摘 要 H 研究了在不施稀土的情况下,种植作物 xw 年后对不同土层内各稀土元素 O_x, O_y 态及总量的消耗情况。结果表明,连续种植作物后,在作物根系密度较大的 $\gamma w\sim\Gamma w\pi^1$ 土层内,相对于下层的土体($Ew\sim\pi\alpha\nu\pi^1$)来讲,各稀土元素 O_x 态的含量均大幅度降低; O_y 态随土壤深度的增加而增加,与土壤中活性 $T\sigma, \epsilon^2$ 的含量呈显著的正相关;各层次之间稀土总量的差异不大。研究还表明,生物有效性较高的 O_x 态稀土元素的含量仅占稀土总量的 $x\iota E\approx\%$ 左右,比例很小;各稀土元素 O_y 态的量是 O_x 态的 $z\sim B$ 倍。稀土总量变化的结果表明,植物地上部带走土壤中的稀土元素是非常有限的。

关键词 H 稀土元素; 作物消耗; 土壤

中图分类号 $H\ xz\ x$ **文献标识码** HE **文章编号** $H\pi\alpha\alpha\nu-\omega\gamma\Gamma\Delta\theta\gamma\alpha\alpha\phi\pi\Gamma-\omega z\gamma\Delta-\omega x$

近年来,由于稀土元素在农业中作为微肥进行大面积的应用,在环境化学方面,特别是在土壤、土壤到植物的传输方面已进行了较多的研究工作 ^{$\theta x\ \gamma\kappa$} 。但土壤中稀土元素的背景浓度较高,而农业中施用的稀土量相对土壤的本底非常低,并且可溶性稀土进入土壤后即迅速向植物不可利用的形态转化 ^{$\theta z\kappa$} ,因此在试验时如施入稀土的量较低,难以看出差别,而施入量较高又不能准确反映作物对稀土元素的吸收规律。

由于作物根系的生长一般集中在 $w\sim\Gamma w\pi^1$ 的土层中,也即 $\gamma w\sim\Gamma w\pi^1$ 土层是作物吸收养分的主要区域, $Ew\sim\pi\alpha\nu\pi^1$ 土层基本不受作物生长的影响,而稀土在土壤中的移动性较小,因此该层土壤可作为其它层次土壤的对照,用来研究植物对土壤中稀土的消耗状况。本研究在长期未施稀土、作物地上部又基本上被带走的试验田中进行,分不同层次采样,利用 $XII\phi-\epsilon\ s$ 分别测定各稀土元素的含量,通过观察植物对土壤中稀土元素本底的消耗情况,从另一侧面说明外源施用稀土能否在土壤中累积。

x 材料与方法

$x.x$ 试验区概况

试区位于中国农业大学西校区科学园内,属华北平原北部山前冲击平原区,为暖温带半湿润大陆季风气候区,地处东经 $xx\Gamma\iota\omega^0$ 、北纬 $zZ\iota ZB$,年均温为 $xx\iota B\ ^\circ C$,年降水量为 $\Gamma A w^1$,降水主要集中在夏季($\Gamma\sim E$ 月),夏季降水占年降水量的 $\Delta v\%$ 。土壤类型为草甸褐土,地下水埋深 $x A^1, x^1$ 土层土壤干密度(即

土壤容重)为 $x\iota z\gamma\sim x\iota B w v\pi^1 z$,萎蔫系数为 $w\iota\alpha\gamma B^1 z v^1 z$,风干土含水量为 $w\iota\iota\Gamma^1 z v^1 z$ 。在平均施肥量水平下,小麦的产量约为 $\Gamma\pi\alpha\alpha\nu w v\phi^1 y$ 。

$x.y$ 供试土壤的基本理化性状

土壤类型为草甸褐土,其中有机质含量为 $x\iota E\Delta\%$,全氮 $w\iota\gamma\chi\%$,速效磷($\phi^{0\ 7}\sigma^2\ \phi$) $xx\iota\gamma^1\ v v\omega w$,速效钾 $\Phi\Xi\pi-\vartheta\ \Phi_A\Xi\pi$ 浸提 $\Delta A\iota\gamma^1\ v v\omega w$, Φ 值 $\Delta\iota E$ 。

$x.z$ 化学提取程序及稀土测定方法

参照欧共体标准物质局($OII\varrho$)对重金属的分级方法 ^{$\theta A\kappa$} 对稀土元素进行分级,分别为 O_x 态,包括水溶态、可交换态和碳酸盐结合态,该形态稀土元素的生物有效性较高; O_y 态即铁锰氧化物结合态,并同时测定土壤中稀土元素的总量。

土壤有效态 $T\sigma, \epsilon^2$ 的测定:参照土壤理化分析 ^{$\theta B\kappa$} 的方法进行。

各样品均为 z 点采样的混合样, A 次重复,各形态稀土元素用 $XII\phi-\epsilon\ s(\gamma\ \Upsilon\ \phi^{0\ 7}\xi^1\ \xi^8\ \epsilon^0\ \rho\ \text{III})$ 进行测定,得到 $x B$ 种稀土元素的含量。所用试剂均为优级纯。

y 结果与讨论

$y.x$ 不同土层 O_x 态稀土元素的含量

从图 x 可看出, O_x 态各稀土元素中以 $\Pi\sigma, \partial\xi, \vartheta\rho$ 及 ζ 的含量较高,尤以表土和下层土壤更为明显。根据前人的工作可知,在冬小麦的不同生育期均以 $\gamma w\sim A w, A w\sim\Gamma w\pi^1$ 两土层中根系的分布密度最大,

图x 不同土层深度 O_x 态稀土元素的含量

的土层次之, 其它各层次根系的分布密度较小, $E_{\omega\pi}$ 以下几乎没有冬小麦根系 $^{07\kappa}$ 。由植物的生长特性可知, 新生根系的生命力较强, 对营养物质的吸收能力也较强, 因此, 冬小麦主要依靠 $yw\sim\Gamma_{\omega\pi}$ 土层内的根系吸收稀土元素。本研究的结果与前人的工作取得了很好的吻合。 $\partial\chi$ 等人 $^{0\Delta\kappa}$ 认为土壤中 O_x 态稀土元素的量与植物各部位稀土元素的含量之间有很好的正相关。从本研究的结果来看, O_x 态的各种稀土元素在根系比较密集的 $\Delta_{\omega\pi}$ 以上的土层内均表现为随土壤深度的增加而急剧降低, $A_{\omega\sim\Gamma_{\omega\pi}}$ 土层内的稀土含量只有底层的 $x\mathcal{B}\%$ 左右, 这从另一角度说明 O_x 态稀土元素的生物有效性较高。表层各稀土元素的含量与底层的含量比较接近, 但略为偏低。

y.y 不同土层内 O_y 态稀土元素的含量

O_y 态稀土为铁、锰氧化物结合态, 生物有效性远远低于 O_x 态, 但在还原条件下不稳定, 易释放出金属离子, 有效性增大。由于试验区为北方石灰性土壤, 土壤通透性很好且 Φ 值较高, 因此植物的生长对其影响作用较小, 与植物的根系之间基本没什么关系(图y)。 O_y 态各稀土元素的含量均远远高于 O_x 态, 一般 O_y 态稀土元素的含量是 O_x 态的 $z\sim\mathcal{B}$ 倍, 各稀土元素的量在稀土总量中所占比例与 O_x 态的趋势基本一致, 仍以 $\Pi\mathcal{B}$ 、 $\partial\xi$ 、 $\mathcal{D}\rho$ 及 ζ 的含量较高(图y)。

图z表明 O_y 态稀土元素的含量与土壤中活性铁、锰氧化物有很好的相关性。土壤中活性铁、锰氧化物的量也随土壤层次的增加而逐渐增大, 其相关系数达到 $w\mathcal{I}\mathcal{Z}\mathcal{Z}z^{**}$, 说明土壤中 O_y 态的稀土元素主要与土壤中的活性铁、锰氧化物有关, 与作物的消耗关系不大。

y.z 不同土层内稀土元素的总量

表x表明, 供试土壤的稀土元素总量仍以 $\Pi\mathcal{B}$ 、

图y 不同土层深度 O_y 态稀土元素的含量图z 土壤中有有效态 $T\sigma$ 、 ϵ^2 含量与 O_y 态稀土含量的相关性

$\partial\xi$ 、 $\mathcal{D}\rho$ 及 ζ 的量为最高, 而 αo 、 Φ^3 、 α_1 及 ∂^3 的量最低, 与 O_x 及 O_y 态的规律是一致的。各层次之间稀土元素总量的变幅相对于 O_x 及 O_y 态来讲不大。

稀土元素的总量高于 O_x 及 O_y 态的含量, 其中 O_x 态稀土元素的量仅占总量的 $w\mathcal{I}\mathcal{A}\Delta\%\sim A\mathcal{I}\mathcal{E}\mathcal{Z}\%$, 平均为 $x\mathcal{I}\mathcal{E}\mathcal{z}\%$; O_y 态稀土元素的量占总量的 $w\mathcal{I}\mathcal{K}\mathcal{B}\%\sim Z\mathcal{I}\mathcal{A}\mathcal{Z}\%$, 平均为 $z\mathcal{I}\mathcal{A}\mathcal{Z}\%$ 。因此, 尽管土壤中稀土元素的总量并不算很低, 但可被植物吸收的只是其中很少的一部分。经过 xw 年种植作物, 各土层之间稀土元素的总量变化不大, 根层土壤中稀土元素的含量有低于底土的趋势, 差异不显著。可见通过作物吸收, 带走土壤中的稀土元素是十分有限的。如果每年施用稀土微肥的量过大, 就有可能使稀土在土壤中积累下来, 而使土壤环境发生改变。由于目前关于稀土的生理与毒理效应并不十分清楚, 因此稀土能否作为微肥而在农业中大面积推广, 仍是一个值得慎重对待的问题。

z 结论

多年种植作物后, 在 $yw\sim\Gamma_{\omega\pi}$ 根系富集的层次, 以 O_x 态的 $\Pi\mathcal{B}$ 、 $\partial\xi$ 、 $\mathcal{D}\rho$ 及 ζ 等稀土元素的耗竭为

