



$\Pi\rho$  , 土壤有效态  $\Pi\rho$  及相应处理土壤 A 种酶活性, 结果见表 y。

从表 y 可以发现, 随着土壤添加  $\Pi\rho$  浓度增加, 土壤脲酶、过氧化氢酶、碱性磷酸酶和转化酶的活性均有不同程度的降低, 其中脲酶、过氧化氢酶和碱性磷酸酶活性降低程度较大, 表明随土壤处理浓度增大, 土壤重金属离子对土壤酶活性抑制作用增强。

在 A 种土壤酶中, 脲酶活性对重金属  $\Pi\rho$  浓度变化最为敏感, 最高处理浓度约为对照水平活性的  $wuBB$  倍; 其次是碱性磷酸酶, 为对照的  $wu\Gamma\Delta$  倍; 过氧化氢酶为对照水平的  $wuZy$  倍; 转化酶活性变化最小, 最高浓度约为对照水平的  $wuZB$  倍。在关于土壤重金属污染各种酶的选择过程中, 一般选择对重金属

比较敏感的酶作为指标酶, 因此, A 种酶的选择顺序为 H 脲酶  $\Delta$  碱性磷酸酶  $\Delta$  过氧化氢酶  $\Delta$  转化酶。

y ty 土壤  $\Pi\rho$  与土壤酶活性关系

土壤酶活性随土壤中  $\Pi\rho$  含量的增加而有明显降低趋势, 作散点图, 用与之拟合较好的三类函数回归作相关分析 (见表 z), A 种土壤酶活性与土壤镉含量均有一定的相关性。在直线回归中, 脲酶和过氧化氢酶活性与土壤全  $\Pi\rho$  呈显著负相关, 其他两种土壤酶活性与土壤全  $\Pi\rho$  相关性不明显; 在对数回归中, A 种土壤酶活性与土壤全  $\Pi\rho$  均达到显著性相关性, 相关系数最大为脲酶 ( $^* K -wuZE^*$ ), 其次为过氧化氢酶 ( $^* K -wuZey^*$ )、转化酶 ( $^* K -wuEZ^*$ ), 最小的为

表 y 土壤酶活性和样品  $\Pi\rho$  含量

Table with 7 columns: 项目, 处理Piρ 浓度, w, y, E, zy, xaw, yaw. Rows include soil enzyme activities and various crop parts like rice roots, stems, and grains.

表 z 土壤全  $\Pi\rho$ 、土壤有效态  $\Pi\rho$  与土壤酶活性和水稻各器官  $\Pi\rho$  含量相关分析

Table with 4 main sections: 关系, 函数, 脲酶, 过氧化氢酶, 碱性磷酸酶, 转化酶, 籽粒, 茎叶, 根. It shows correlation coefficients for different enzymes and crop parts.

碱性磷酸酶( $K-wExB^*$ )；在指数函数回归中存在相似规律，脲酶和过氧化氢酶活性与土壤全 $\Pi\rho$  相关系数较大，呈现著相关性，而其他两种酶活性与土壤全 $\Pi\rho$  相关性不明显。

在三种函数回归方程中，土壤脲酶和过氧化氢酶活性均与土壤全 $\Pi\rho$  呈现著相关性，只有在对数函数回归中，转化酶和碱性磷酸酶活性与土壤全 $\Pi\rho$  呈显著相关性，但相关系数小于土壤全 $\Pi\rho$  与脲酶和过氧化氢酶活性的相关系数。因此，在重金属 $\Pi\rho$  污染的土壤中用脲酶和过氧化氢酶活性可以作为判别土壤重金属污染程度的主要生化指标。

$y\omega$  土壤重金属 $\Pi\rho$  污染评价指标的选择

由于土壤的复杂性，土壤重金属污染环境容量基准至今还未制定。有些学者用土壤重金属总量作为土壤污染评价指标，但时常发现它与植物吸收的相关性并不够好 $\theta^T \Delta^x$ ，既而又指出了土壤重金属的有效态，结果表明，有效态能较好表征对生物影响，但由于其地区土壤条件变异较大，测定其有效态方法不尽一样，结果也难进行横向比较 $\theta^{y\kappa}$ 。最近，一些学者提出用土壤酶活性来表示(或判别)土壤重金属污染状况 $\theta E^x$ 。

本文对这 $\approx$  种指标均进行测定，并用土壤全 $\Pi\rho$  和有效态 $\Pi\rho$  对土壤A种酶活性和作物水稻各器官含 $\Pi\rho$  量作相关分析(见表 $\approx$ )。

在三类函数回归中，有效态 $\Pi\rho$  与A种土壤酶活性回归的相关系数大于土壤全 $\Pi\rho$  与土壤酶活性的相关系数。只有在直线回归中，土壤全 $\Pi\rho$  和有效态 $\Pi\rho$  与水稻各器官含镉量达到显著相关性，但就相关系数比较而言，有效态 $\Pi\rho$  与水稻各器官含 $\Pi\rho$  量相关系数较土壤全 $\Pi\rho$  大(根除外)。这是由于全量中大部分 $\Pi\rho$  固定土壤矿物晶层中，或生成难溶化合物，或与土壤有机质络合，很难立即释放出来，对作物生长的根际环境和植物吸收无影响。而有效态 $\Pi\rho$  指的是容易被植物吸收的水溶态和交换态重金属，与土壤酶一样，对土壤环境变化反应比较敏感，可指示土

壤环境变化情况。

因此，用土壤有效态 $\Pi\rho$  指标，或土壤脲酶和土壤过氧化氢酶活性的生化指标，或综合应用这两类指标作为土壤重金属 $\Pi\rho$  污染程度的评价指标比较合适。

$\approx$  结 论

$\approx w$  随着土壤重金属 $\Pi\rho$  浓度增加，则土壤酶活性明显降低。这是因为重金属对土壤酶活性有抑制作用，可能与酶活性分子中的活性部位 $-s\Phi$  和含咪唑的配体等结合产生了与底物的竞争性抑制作用有关。

$\approx uy$  在土壤A种酶活性与土壤重金属 $\Pi\rho$  相关分析中，土壤脲酶和过氧化氢酶活性与土壤 $\Pi\rho$  含量相关性最好， $\theta$  最大，因此，用土壤脲酶和过氧化氢酶活性大小可以作为判别土壤 $\Pi\rho$  污染程度的主要指标。

$\approx w$  在土壤重金属污染评价中，有效态 $\Pi\rho$  与土壤酶活性相关性较好，同时二者均受土壤环境因素影响较强，对土壤污染变化反应敏感，故把这二类指标结合起来作为判断土壤 $\Pi\rho$  污染程度指标比较合适。

参 考 文 献

$x$  郭安然,唐森木  $u$  环境监测  $u$  北京  $u$  冶金工业出版社,  $xZEE$   
 $y$  尹 君等  $u$  土壤中有有效态镉测定方法探讨  $u$  河北农业大学学报  $xZZz \Theta \Gamma(A) H\Delta \sim \Delta w$   
 $\approx$  谢建治,尹 君等  $u$  土壤中有有效态重金属 $\Pi\rho$ 、 $\Phi v$  提取方法研究  $u$  农业环境保护  $xZZE \Theta \Delta(z) Hx\Gamma \sim x\alpha Z$   
 $A$  关松荫等  $u$  土壤酶及其研究法  $u$  北京  $u$  农业出版社,  $xZET$   
 $B$  赵兰波,姜 岩  $u$  土壤磷酸酶的测定方法探讨  $u$  土壤通报  $xZET \Theta \Delta(z) Hx E \sim x\Delta x$   
 $\Gamma$  黄银晓等  $u$  北京东郊作物—土壤系统中重金属的迁移,分布,积累  $u$  植物生态学与地植物学学报  $xZET \Theta \alpha w(y) Hx x \sim x\alpha \Delta$   
 $\Delta$  吴启堂  $u$  土壤重金属环境质量基准指标的选择探讨  $u$  见  $u$  第四届青土会论文集  $u$  北京  $xZZy \Theta \Gamma \sim Zy$   
 $E$  刘树庆  $u$  保定市污灌区土壤的 $\phi o$ 、 $\Pi\rho$  污染与土壤酶活性关系研究  $u$  土壤学报  $xZZT \Theta z(y) H\Delta B \sim xEy$

作者简介

尹 君,男  $xZZZ$  年出生  $xZZT$  年博士毕业于北京农业大学资环学院,现从事于生态农业和土壤污染方面教学与研究,发表相关学术论文十余篇。