

重金属胁迫下根际效应的研究进展

杨 晔^{*x*}_{*s*} 陈英旭^{*y*}, 孙振世^{*y*}

(*xu* 浙江工业大学环境工程系, 浙江 杭州 $z\alpha\tau\alpha xA$; *yu* 浙江大学环境科学系, 浙江 杭州 $z\alpha\alpha\epsilon yZ$)

摘 要*H* 根际作为物质进入植物的门户, 直接影响着污染物在各圈层中的迁移转化及归宿。本文对在重金属胁迫下, 根际 $\wr\Phi, \Sigma\varphi$ 特征、根系分泌物及根际微生物效应的研究进展状况进行系统地分析论述。

关键词*H* 重金属; 根际; 效应

中图分类号 $H\epsilon\alpha z x\kappa$ **文献标识码** $H\Xi$ **文章编号** $H\alpha\alpha\nu-\omega\gamma\Gamma\Delta\gamma\alpha\alpha x\mu\alpha-\alpha\alpha BB-\alpha\alpha A$

$\phi^6{}_3\upsilon^6\sigma^7{}_7_32\ \ \ \Sigma\tau\sigma\pi^8{}_7_3\tau\ \ \Phi\sigma\xi^0{}_3\ \ \epsilon\ \sigma^8\xi^0\ \ \phi^3{}_0098\chi^3{}_2\ \chi^2\ \ \varrho\ \varphi\chi^1{}_374\ \varphi\sigma^6\sigma$
 $\zeta\Xi\vartheta\Upsilon\ \ \zeta\sigma^x, \ \ \Pi\Phi\Sigma\vartheta\ \ \zeta\chi^2\upsilon\mu^6{}_9{}_ys\ \ \ s\ \beta\vartheta\ \ \eta\varphi\sigma^2\mu\varphi\mathcal{C}$
 $oxu\ P\sigma^4\xi^0{}_81\sigma^2{}_8_3\tau\ \ \Sigma^2{}_0\chi^6{}_32_1\sigma^2{}_8\xi^0\ \ \Sigma^2\upsilon\chi^2\sigma\sigma^6\chi^2\upsilon\ s\ \eta\varphi\alpha\phi\xi^2{}_2\upsilon\ \ X_2\ \rho^9{}_786\chi^5{}_0\ \ \beta^2\chi^6\sigma^67\chi^6{}_3\ s\ \Phi\xi^2{}_2\upsilon^4\varphi^3{}_9\ \ z\alpha\tau\alpha xA\ \Pi\varphi\chi^2\xi\Theta$
 $\ \ \ yu\ P\sigma^4\xi^6{}_81\sigma^2{}_8_3\tau\ \ \Sigma^2{}_0\chi^6{}_32_1\sigma^2{}_8\xi^0\ \ s\pi\sigma^2\pi\sigma\ s\ \eta\varphi\alpha\phi\xi^2{}_2\upsilon\ \ \beta^2\chi^6\sigma^67\chi^6{}_3\ s\ \Phi\xi^2{}_2\upsilon^4\varphi^3{}_9\ \ z\alpha\alpha\epsilon yZ\ \Pi\varphi\chi^2\xi\rho$
 $\Xi\varrho^786\xi^8\pi\ H\Phi\sigma\xi^0{}_3\ \ \ 1\sigma^8\xi^0\ \ 430098\chi^3{}_2\ \chi^2\ \ 73\chi^6\ \varphi\xi^7\ \ 0\sigma\pi\xi^1\ \sigma\ \ 136\sigma\ \xi^2{}_2\rho\ \ 136\sigma^7\sigma^6\chi^8{}_97\ \chi^2\ \ 6\sigma\pi\sigma^2{}_8_3\sigma\xi^6{}_7\ s\ \xi^2{}_2\rho\ \ 19\pi\varphi\ \ 136\sigma\ \xi^8{}_8\sigma^2{}_8\chi^3{}_2$
 $\ \ 1\ \xi^1\ \ 4\ \xi\chi\rho^8{}_3\ \varphi\sigma\xi^0{}_3\ \ \ 1\sigma^8\xi^0\ \ 0\sigma\varphi\xi^6\chi^6{}_6\ \chi^2\ \ 73\chi^6\ \longrightarrow^4_0\xi^2{}_8\ 7378\sigma^1\ \ u\Xi:\ \xi^2\ \chi^2{}_8\sigma^6\tau\xi^2\pi\sigma\ \ 3\tau\ 73\chi^6\ \longrightarrow^4_0\xi^2{}_8\ 7378\sigma^1\ \ 5^6\varphi\chi^1{}_374\ \varphi\sigma^6\sigma\ \ 4^0\xi^3{}_7\ \xi^2$
 $\chi^1\ 4368\xi^2{}_8\ 630\sigma\ \chi^2\ 430098\chi^3{}_2\ \pi^328630\ uX^2{}_8\varphi\chi^1\ 4\xi^4\sigma^6\ s8\varphi\sigma\ \pi\varphi\xi^6\pi\sigma^6\chi^8{}_8\chi^7\ \ 3\tau\ 4\ \Phi\ \xi^2{}_2\rho\ \ \Sigma\varphi\ s8\varphi\sigma\ 6338\ \sigma^2{}_9\ \rho\xi^8\sigma^7\ \xi^2{}_2\rho\ \ 1\ \chi\pi^6{}_30\chi^5{}_0$
 $\sigma\tau\sigma\pi^8{}_7_3\tau\ \varphi\sigma\xi^0{}_3\ \ \ 1\sigma^8\xi^0\ \ 430098\chi^6{}_2\ \chi^2\ \ 6\varphi\chi^1{}_374\ \varphi\sigma^6\sigma\ \xi^6\sigma^7{}_378\sigma^1\ \xi^8\chi\pi\xi^0{}_3\ 7911\ \xi^6\chi^6\sigma\rho u$
 $\Omega\sigma^3\ 136\rho^7\ H\varphi\sigma\xi^0{}_3\ \ \ 1\sigma^8\xi^0\ \Theta^6\varphi\chi^1{}_374\ \varphi\sigma^6\sigma\ \Theta\ \sigma\tau\sigma\pi^8{}_7$

近年来, 随着土壤重金属污染问题越来越突出, 重金属在土壤—植物系统中的迁移转化也日益引起了人们的关注。

根际环境特别是重金属胁迫下的根际环境与土体存在着显著的差异。而根际环境中的这些物理、化学、生物学特性将直接影响到重金属的固定和活化状态, 从而关系到重金属在土壤—植物中的迁移转化行为, 国内外学者也对此进行了广泛的研究。本文将主要针对有关重金属胁迫下的根际环境的研究状况做一分析和介绍。

x 金属胁迫下的根际 $\wr\Phi, \Sigma\varphi$ 特征

xw 根际 $\wr\Phi$ 环境

由于植物根系的作用, 根际 $\wr\Phi$ 状况明显不同于土体, 其变化范围可高于或低于土体 $x-y$ 单位 $^{\theta_{\kappa}}$ 。不同植物种类之间根际 $\wr\Phi$ 的变化存在很大差异, 禾本科植物对氮肥的形态比较敏感, 吸收铵态氮则根际

$\wr\Phi$ 下降, 吸收硝态氮则根际 $\wr\Phi$ 上升。而一些豆科植物不论是吸收铵态氮还是硝态氮, 都会导致根际 $\wr\Phi$ 下降。荞麦的表现又有所不同, 其体内似乎有一种自动调节根际 $\wr\Phi$ 变化的机制: 当根系吸收硝态氮时, 先使根际 $\wr\Phi$ 升高, 上升到一定程度时又迅速下降, 以保持根系生长的最适 $\wr\Phi$ 条件 $^{\theta_{\kappa}}$ 。对一些耐低营养的基因型植物的研究发现, 在养分贫瘠的条件下, 植物根系往往分泌出大量的有机酸, 使得根际环境酸化, 从而使根际铁、磷等养分得到活化。

阴阳离子吸收的不平衡是造成根际的 $\wr\Phi$ 变化的主要原因。此外, 肥料的类型、土壤缓冲性能 $^{\theta_{\kappa}}$ 、根系呼吸和微生物代谢产生的 $\Pi\phi_y$ 等也将对根际 $\wr\Phi$ 产生一定的影响。

研究发现, 重金属环境胁迫对根际 $\wr\Phi$ 也将产生较大的影响。 $\Omega\sigma^2{}_2\sigma\rho^3$ 等的研究表明, $\Pi\rho$ 对根系透根电位($^{86}\xi^2{}_76338\ 438\sigma^2{}_8\chi^5{}_0$) 和根系 Φ^+ 分泌存在抑制作用, 在培养液中 $B\upsilon\mu^{130}\cdot\partial^{-x}$ 的 $\Pi\rho^{y+}$ 能使质子泵受抑 $\Gamma\omega\%$ $^{\theta_{\Delta\kappa}}$, 而根系质子的原初主动分泌(质子泵)为细胞膜上的 $\Xi\alpha\phi$ 酶所催化, 是阴阳离子透过质膜的次级运转的动力来源 $^{\theta_{B\kappa}}$, 这表明了 $\Pi\rho$ 等重金属可通

过影响根系对阴阳离子的吸收平衡来影响根系代谢，进而影响根际环境特征。

根际 Φ 环境的变化，将直接或间接地对重金属在根际中的固定和活化状况产生影响，同时也是植物对重金属抗性的重要机理之一。禾本科植物在缺铁胁迫下可诱导根系分泌质子作用加强，造成根际 Φ 下降，铁元素得到活化，但与此同时，也提高了根际重金属的迁移活化性能，使得重金属的毒性增强。 $\Pi\varphi\sigma^2$ 等的研究发现随着黄棕壤根际 Φ 的提高或红壤根际 Φ 的下降，根际土对 $\Pi\rho$ 的吸附也将相应地增强或减弱 $^{67\kappa}$ 。周建华等对大麦不同品种耐铝性与溶液 Φ 的研究发现，同样的氮素供应条件下，耐性大麦品种根际 Φ 水平高于敏感性品种，研究认为具有较高耐铝性的大麦品种对铝的抗性的获得与其根际 Φ 的自动调节机制有很大关系 $^{68\kappa}$ 。

就一般重金属而言， Φ 的降低可导致碳酸盐和氢氧化物结合态重金属的溶解、释放，同时也趋于增加吸附态金属的释放。因此，根际的酸化将导致重金属的活化，使其毒性增强，反之 Φ 的增加，则有利于重金属的固定，使其迁移能力降低，毒性减弱。但类金属砷的情况有所不同，其在溶液中常呈阴离子态存在，当 Φ 在强酸或强碱的条件下，溶解度反而增加。这些形态上的改变，都将影响其活性，并进一步影响其在土壤—植物系统中的迁移转化状况。

xy 根际氧化—还原状况

在植物根系的作用下，根际氧化—还原状况与土体存在显著差异。研究表明，由于根系和微生物的呼吸作用以及根分泌物中的还原物质的作用，旱作植物的根际氧化—还原电位一般可低于土体 $Bv-\pi\alpha v$ $^{69\kappa}$ 。植物类型的差异、生育期的不同以及营养元素状况对根际的 $\Sigma\varphi$ 都将产生一定的影响。水稻由于其根系特殊的泌氧功能，使得根区的氧还电位和溶解氧浓度始终高于根外土壤。

根际环境的 $\Sigma\varphi$ 条件对重金属的形态转化和毒性具有重要的影响。许多重金属如 Π_6 、 Ξ_7 、 Φv 等，在环境中均以多种价态存在，而不同价态的重金属其毒性差异可以很大。如在含砷量相同的土壤中，水稻易受害，而对旱地作物几乎不产生毒害。这主要是由于渍水条件下，土壤呈还原态环境，而旱地土壤 $\Sigma\varphi$ 则较高，在淹水条件下存在的还原态 Ξ_7^{+} 比氧化态 Ξ_7^{B+} 易溶 $A-\pi w$ 倍，其毒性也显著高于 Ξ_7^{B+} 。 $s\varphi_9-$ $^{70\kappa}$ 等的研究表明，由于水稻根际中高 $\Sigma\varphi$ 环境，使得根际铁锰氧化物增加，从而降低了根际 η^2 有效态

浓度 $^{69\kappa}$ 。对一般的重金属元素的研究认为，在还原条件下可增强重金属的固定作用，这主要是由于 $\Pi\rho$ 、 η^2 、 $\vartheta\chi$ 、 Π_6 、 Π_9 、 ϕo 等重金属都能与还原条件下的 s^{y-} 形成难溶性的硫化物，使它们的迁移性和生物可给性降低，从而大大减轻了重金属的生物毒性。

y 根系分泌物的研究

植物的生长过程中，根系除了溢泌质子和其它的无机离子外，还不断地向根际环境中释放大量的有机物质。据估测，这些物质的数量可以占到植株光合作用产物的 $x B\% - A\alpha v\%^{69\kappa}$ 。这些物质不仅提供了丰富的能源物质，对根际微域环境中土壤理化性质的改变，根际微生物活性，重金属的固定活化等方面都具有举足轻重的作用。

yw 根系分泌物的组成和成分

通过近年来人们的研究表明，根泌物的组成以有机物为主，其成分主要包括糖类、有机酸、氨基酸和少量的酶类、淄类化合物等(表x)。

yiy 重金属胁迫条件下的根系分泌物

一般认为，植物在重金属胁迫条件下，可以通过

表 x 根系分泌物的化学成分分析	
$\alpha \xi o o \sigma x \quad \Pi \varphi \sigma^1 \chi \pi \xi^0 \pi^9 \quad 1 \quad 4 \quad 3 \quad 7 \chi^6 \chi^3 \quad 2 \quad 3 \quad 7 \quad 6 \quad 3 \quad 3 \quad 8 \quad 7 \sigma \pi^0 \sigma^8 \chi^3 \quad 2$	
有机物类别	根系分泌物成分
糖类	葡萄糖、果糖、蔗糖、木糖、麦芽糖、鼠李糖、阿拉伯糖、棉子糖、低聚糖
氨基酸	亮氨酸、异亮氨酸、缬氨酸、 ρ -氨基丁酸、谷氨酰胺、 α -丙氨酸、天冬酰胺、色氨酸、谷氨酸、天冬氨酸、胱氨酸、半胱氨酸、甘氨酸、苯丙氨酸、苏氨酸、赖氨酸、脯氨酸、蛋氨酸、丝氨酸、 β -丙氨酸、精氨酸
有机酸	酒石酸、草酸、柠檬酸、苹果酸、乌头酸、丁酸、戊酸、琥珀酸、延胡索酸、丙二酸、乙醇酸、乙醛酸、乙酸、丙酸、羟基乙酸、羟基丁酸
酶	磷酸酶、转换酶、淀粉酶、蛋白酶、多聚半乳糖醛酸酶、吡啶乙酸酶、硝酸还原酶、蔗糖酶、脲酶、接触氧化酶
生物毒素	苯丙烷类、乙酰配基类、萜类、淄类、生物碱类
其他化合物	生物素、硫胺素、泛酸 o 盐 ρ 、烟酸、胆碱、次黄 o 嘌呤 ρ 苷、对氨基苯酸、氨基末端甲基烟酸、比哆酸、生长素、脱氧— B —黄酮、类黄酮、异类黄酮

调节根泌物的组成来改变根际状态以适应外界环境。如在铝胁迫条件下，耐铝作物根际有机酸的积累增加，以缓解铝的毒害。 $\Phi_9\sigma$ 等以棉花为指示作物进行解毒实验，认为有机酸的解毒能力与 $\phi \Phi v \quad \Pi \phi \phi \Phi$ 在主碳链上的相对位置有关。并将有机酸分为三种类

型:柠檬酸为强解毒型,苹果酸为中解毒型,乙酸、乳酸为弱解毒型 ^{$\theta_{xx}\kappa$} 。但近来也有相反的结论认为根系低分子的有机酸对重金属具有增溶的作用,从而增强了重金属在作物中的富集 ^{$\theta_{xy}\kappa$} 。此外,一些根系分泌物(主要是高分子凝胶物质)能对重金属产生吸附、络合作用,从而使其固定,减轻其生物毒性,被认为是重金属向根系迁移的“过滤器”。

胡红青等人用砂培法研究了不同铝浓度的营养液处理后,小麦根系分泌氨基酸和糖类的种类和数量的变化。结果表明,铝胁迫下小麦根细胞膜受到损害,透性增加,并引起植物体内碳氮代谢紊乱 ^{$\theta_{xz}\kappa$} 。一些研究表明,重金属的胁迫使得根系游离脯氨酸的分泌量增加,并认为这是重金属根际解毒的机制之一,但这一理论还有待于进一步证实。而李花粉等人的实验表明,缺铁土壤上由于根系铁载体的分泌增强,也将使根际 $\Pi\rho$ 得到活化,从而使重金属的毒性增强 ^{$\theta_{xz}\kappa$} 。

由此可见,根系分泌物对重金属的根际形态转化起着重要的作用。但由于根泌物对重金属的影响并不只是简单的化学反应。根系的分泌作用也在积极的改变着微生物的活动状态、土壤的理化性质,而这些变化反过来又进一步影响重金属在根际环境中的迁移和转化。

≈ 根际微生物效应

在植物根际,由于有较高浓度的碳水化合物、氨基酸、维生素和其它生长因子的存在,使之成为微生物活动旺盛的区域。研究表明,根际中微生物的数量一般为非根际的 $B-A\kappa$ 倍左右 ^{$\theta_{xz}\kappa$} 。这些微生物的活动对根际土壤性质的改变、养分的有效性以及重金属的固定活化等都具有重要的影响。

≈ $u\omega$ 根际环境与根际微生物

由于根系的分泌作用为根际微生物提供了大量的能源物质,大大促进了微生物的活性,同时根系分泌物组成的改变也将对根际微生物的组成和活性产生重要影响 ^{$\theta_{xz}\kappa$} 。人们对豆科植物的分泌物中分离出黄酮类物质的研究发现,这种物质能诱导根瘤菌的结瘤,并且可以促进有益微生物在根际的繁殖。而假单胞菌的某些菌株能在马铃薯、甜菜和胡萝卜根际迅速繁殖 ^{$\theta_{xz}\kappa$} 。对水葫芦的研究表明其根泌物对金色葡萄球菌($S^8\xi_1\varphi_{303}\pi\pi^9\gamma_7\xi_{96}\sigma^9\gamma_7$)具有抑制作用,而对藤黄八叠球菌($S^6\xi_6\chi\chi^2\xi_{998}\sigma\xi$)则表现促进作用。

≈ $u\gamma$ 重金属胁迫的微生物效应

重金属对微生物效应的研究由来已久, $\Phi_{37}\tau\xi_{00}$

总结出金属阳离子的毒性顺序: $\Xi v\ \Lambda\ \Phi v\ \Lambda\ \Pi^9\ \Lambda\ \Pi\rho\ \Lambda\ \Pi^6\ \Lambda\ \vartheta\chi\ \Lambda\ \Pi^3\ \Lambda\ \eta^2$ 。并指出这种顺序可因生物种类的不同而略有差异。通过研究,人们发现重金属的毒性还与其与蛋白质中巯基亲合力的大小有关。事实上两者顺序非常相似,即 $\Phi v\ \underline{\Xi} v\ \Lambda\ \Pi^9\ \Lambda\ \varphi o\ \Lambda\ \Pi\rho\ \Lambda\ \eta^2$ 。 $\Omega\varphi\xi^2$ 等人的实验结果表明 $\Pi\rho\ \varphi o\ \eta^2$ 的加入导致了红壤中微生物生物量的显著下降,其生物毒性依次为 $\Pi\rho\ \Lambda\ \eta^2\ \Lambda\ \varphi o$ ^{$\theta_{xz}\kappa$} 。

在重金属的作用下,微生物受到毒害,但某些微生物在较高浓度的重金属污染环境中,仍能存活和生长,表现出了一定的“耐受性”,也就是说微生物也具有对重金属的抗性和解毒机制。从目前的研究来看,微生物主要是通过胞外的沉淀和络合作用、金属离子的主动泌溢、细胞内束缚以及转化等作用达到减轻重金属伤害的目的。研究表明,一些微生物及某些藻类能够产生胞外聚合物,其主要成分是多聚糖、糖蛋白、脂多糖等,这些物质具有大量的阴离子基团,从而与重金属离子结合解毒。某些微生物能代谢产生柠檬酸、草酸等物质,这些代谢产物能够与重金属产生螯合或是形成草酸盐沉淀,从而减轻了重金属的伤害。 $S^8\chi^0\sigma^6$ 等对金黄色葡萄球菌($S^8\xi_1\varphi_{303}\pi\pi^9\gamma_7\xi_{96}\sigma^9\gamma_7$)的研究发现,其体内具有一种特殊的排镉系统,在 $\Xi\alpha\varphi$ 的作用下,以 $\Pi\rho^{y^+}v\ y\Phi^+$ 对输方式将体内 $\Pi\rho^{y^+}$ 排到环境中。近年来,有关细菌体内金属硫蛋白($\epsilon\ \alpha$)的研究也引起了人们极大的关注。金属硫蛋白是一种对重金属具有很强螯合力的特殊蛋白质。其分子量很低,一般为 $y\tau\alpha\alpha v-xw\tau\alpha\alpha vP$,且富含半胱氨酸。这类物质在蓝细菌($S^3_2\sigma\pi\varphi_3\pi\pi^9\gamma_7\gamma_4\ u\ \Pi^6\xi_{23}-o\xi\pi^6\sigma^6\chi^9_{11}$)、酵母菌以及粗糙脉孢菌($\vartheta\sigma^9\phi_{3436}\xi_{\pi^6\xi_{77}\xi}$)中均有发现。并被认为是微生物抵御环境中重金属伤害的重要机制之一。此外,微生物还可以通过体内的代谢过程将重金属生物转化,如砷、汞的甲基化等过程,将有毒的重金属转化为无毒或是低毒的形态排出体外。

≈ $u\kappa$ 微生物对重金属的固定和活化

环境中重金属的加入,对微生物种类、活性产生影响的同时,微生物也通过自身的生命活动积极地改变着环境中重金属的存在状态。根际微生物可以通过改变土壤溶液 Φ 、产生 Φ_{yS} 、微生物铁载体和各种有机物来影响重金属的化学行为,其细胞壁及粘液层可直接吸收固定重金属或通过分解代谢重新把污染物释放到环境中去;此外,根际微生物也可通过改善土壤的团粒结构、改变根际环境理化性质和根系分泌的

组成等过程间接地作用于重金属的迁移转化过程。

A 存在的问题与展望

综上所述,重金属对根际环境的污染胁迫机制研究已经越来越受到国内外学者的关注。从目前研究工作来看,主要还是向宏观和微观两个方向发展。宏观的方向即从系统的观点出发,加强对重金属的污染迁移转化、物质平衡等方面的研究;金属硫蛋白(ϵ s)等物质的发现,又使研究工作进一步深入到分子水平进行对生物耐性、抗性机理的探讨。但是,由于根际环境的微域性、动态性和复杂性的特点,目前对重金属根际胁迫的研究还存在一定的困难,对于重金属胁迫下根际的动态调节过程,特别是对根系分泌物这一影响根际环境的主导因子,以及微生物这一土壤环境中最活跃的生物相在重金属根际污染生态系统中的作用机制目前还缺乏系统的了解,此方面的研究工作还有待于进一步加强。

而上述有关重金属根际胁迫的研究,对于加强重金属在环境中的迁移调控以及土壤重金属污染的原位修复技术的研究方面,都将具有重要的理论及实际的指导意义。

参考文献:

- $\theta x\kappa$ 施卫明 u 土壤中铁的根际效应及其吸收机理 $\theta y\kappa$ u 植物生理学通讯 $xZZw,yH-x\Delta u$
- $\theta y\kappa$ 张福锁 u 植物根引起的根际 Φ 值改变的原因及效应 $\theta y\kappa$ u 土壤通报 $xZZs,xyAoxp\ I\kappa-xABu$
- $\theta z\kappa$ $\zeta_{3977}\sigma\tau\ \varrho\ \Xi$, $s^{\circ}\xi^{\circ}u\varrho_{338}-\chi^{\circ}\rho^{\circ}\pi\sigma\pi\varphi\xi^2\upsilon\sigma^{\circ}\chi^2\ 8\varphi\sigma^{\circ}\varphi\chi_{374}\varphi\sigma^{\circ}\sigma\ 3\tau$
 $40\xi^287\ xu\phi\Phi\pi\varphi\xi^2\upsilon\sigma^{\circ}\chi^2\ 6\sigma\xi^{\circ}\chi^2\ 2\ 83\ 8\varphi\sigma\ 090\omega_{73}\chi^{\circ}\theta y\kappa\ ,\ s^{\circ}\chi^{\circ}s\pi\chi^{\circ}$
 $\phi^{\circ}\xi^28\ \vartheta_{986}\ xZZEszBIA\Gamma x-AIEu$
- $\theta\kappa$ $\Omega\sigma^2\ 2\rho\varrho\ \Pi P$, $s^{\circ}\xi^{\circ}u\alpha\varphi\sigma\xi\pi\chi^2\ 3\tau\ \rho\chi^{\circ}\xi^{\circ}\sigma^28\ \eta^2\ s\ \Pi\rho\ s\ \Phi\upsilon\ s\ \Pi\vartheta\ \xi^2\ \rho\ \phi\sigma$
 $32\ 8\varphi\sigma\ 86\xi^2\ 763384\ 38\sigma^28\chi^{\circ}\xi^{\circ}\xi^2\ \rho\ \Phi^{+}\sigma\tau\upsilon\sigma^2\ 3\tau\ \sigma^{\circ}\pi\chi^{\circ}\sigma\varrho\ 63387\ \theta y\kappa\ u\ \Psi^{\circ}$

- $\Sigma^2\ \text{O}^{\circ}8\ xZET\ s\ zEI\kappa\omega-Er\Delta u$
- $\theta B\kappa\ \Phi_{32}\sigma^{\circ}\varrho\ \Psi u\Xi^{\circ}\chi^{\circ}\sigma\chi^2\ 2\ 948\xi^{\circ}\omega\sigma\ \xi^2\ \rho\ 1\ \xi\chi^2\ 8\sigma^2\ \xi^2\ 2\pi\sigma\ 3\tau\ \pi\xi^{\circ}\chi^2\ 2\ -\xi^2\chi^{\circ}\ 2$
 $0\xi^2\ 2\pi\sigma\ s\ \Xi\pi^{\circ}\chi^{\circ}\chi^{\circ}\sigma^2\ \xi^2\chi^{\circ}\xi^{\circ}\chi^2\ 2\ 3\tau\ 8\varphi\sigma\chi^{\circ}\ 630\sigma\chi^2\ 6\sigma\upsilon^{\circ}\xi^{\circ}\chi^2\ \upsilon\ 6\varphi\chi^{\circ}\ 3$
 $74\varphi\sigma^{\circ}\sigma\theta y\kappa\ u\ \phi^{\circ}\xi^28\ s^{\circ}\chi^{\circ}\ xZZw,xy\Gamma\ H_2\Delta\Delta-y\Gamma Au$
- $\theta\Gamma\kappa\ \Pi\Phi\Sigma\vartheta\ \vartheta\sigma^2\upsilon\pi\varphi\xi^2\upsilon\ ,\ s^{\circ}\xi^{\circ}u\ \Pi\varphi\sigma^{\circ}\chi^{\circ}\xi^{\circ}\ 0\sigma\varphi\xi^{\circ}\chi^{\circ}\ 6\ 3\tau\ \pi\xi^{\circ}\rho\ 1\ \chi^{\circ}\ 1\ \chi^2\ 1\ \varphi\sigma\xi^{\circ}$
 $6\varphi\chi^{\circ}\ 374\ \varphi\sigma^{\circ}\sigma\theta y\kappa\ u\ \phi\sigma\rho_{374}\ \varphi\sigma^{\circ}\ s\ xZZ\upsilon\ sy\sigma\ Ap\ H\Gamma z-x\Delta u$
- $\theta\Delta\kappa$ 周建华 s 等 u 恒定 Φ 系统中不同大麦品种的耐铝性 $\theta y\kappa$ u 杭州大学学报(自然科学版) $xZZ\Delta s\ yAo\ x\rho\ H\Gamma-Z\omega u$
- $\theta B\kappa\ T\chi^{\circ}\pi\varphi\sigma^{\circ}\ \delta\ \varrho\ ,\ s^{\circ}\xi^{\circ}u\ 4\Phi^{\circ}\xi^{\circ}\sigma^{\circ}\sigma^{\circ}\xi^2\ \rho\ 6\sigma\rho_{32}\ 438\sigma^28\chi^{\circ}\sigma^{\circ}\chi^2\ 1\ \chi^{\circ}\sigma^{\circ}\chi^{\circ}\chi^{\circ}\sigma^{\circ}\ 3\tau$
 $8\varphi\sigma^{\circ}\varphi\chi^{\circ}\ 374\ \varphi\sigma^{\circ}\sigma\theta y\kappa\ u\ \eta\ u\ 1\tau\chi^{\circ}\xi^2\ 4\sigma^2\sigma^{\circ}\xi^2\ \varphi\sigma^{\circ}\ O_{3}\rho\sigma^2\omega\rho\ s\ xZES\ s\ Bx\ H$
 $xx\Delta-x\gamma x\ u$
- $\theta Z\kappa\ s\varphi^{\circ}\ 1\ \xi^2\ \partial\ \epsilon\ ,\ s^{\circ}\xi^{\circ}u\ \Sigma\tau\sigma\pi^{\circ}\ 3\tau\ 6\chi^{\circ}\sigma^{\circ}\xi^{\circ}\chi^{\circ}\sigma^{\circ}\chi^2\ 4\chi^2\ \pi\ s\pi\xi^{\circ}\rho\ 1\ \chi^{\circ}\ 1\ s\chi^{\circ}\ 32\ s$
 $1\ \xi^2\ \upsilon\xi^2\sigma^{\circ}\sigma^{\circ}\pi^{\circ}\ 28\sigma^28\ \chi^2\ 6\varphi\chi^{\circ}\ 374\ \varphi\sigma^{\circ}\sigma^{\circ}\xi^2\ \rho\ 2326\ \varphi\chi^{\circ}\ 374\ \varphi\sigma^{\circ}\sigma^{\circ}\ 73\chi^{\circ}\tau^{\circ}\xi^{\circ}\pi$
 $8\chi^{\circ}\ 27\ s\ \Pi_{31}\ 1\ 92\ \theta y\kappa\ u\ s^{\circ}\chi^{\circ}\ s\ \chi^{\circ}\phi^{\circ}\xi^28\ \Xi^2\ \xi^{\circ}\ s\ xZZ\Delta s\ yE\ H_2-z\gamma u$
- $\theta x\omega\kappa\ \partial_{32}\pi\varphi\ \Psi\epsilon\ ,\ s^{\circ}\xi^{\circ}u\ s^{\circ}\sigma^{\circ}\sigma^{\circ}\sigma^{\circ}\xi^{\circ}\sigma^{\circ}\tau^{\circ}\sigma^{\circ}\ 1\ \chi^2\ 8\varphi\sigma^{\circ}\varphi\chi^{\circ}\ 374\ \varphi\sigma^{\circ}\sigma\theta y\kappa\ ,\ \phi^{\circ}\xi^28$
 $s^{\circ}\chi^{\circ}\ s\ xZZw, yZ\ H-x\omega u$
- $\theta x\kappa\ \Phi^{\circ}\sigma\ \vartheta\ \gamma\ ,\ s^{\circ}\xi^{\circ}u\ \Sigma\tau\sigma\pi^{\circ}\ 3\tau\ 36\upsilon\xi^2\chi^{\circ}\xi^{\circ}\pi\chi^{\circ}\rho^{\circ}\ 32\ \xi^{\circ}\sigma^{\circ}\ 1\ \chi^2\ \chi^{\circ}\ 1\ 832\chi^{\circ}\chi^{\circ}\ 3$
 $\theta y\kappa\ u\ s^{\circ}\chi^{\circ}\ s\ \chi^{\circ}\ s\pi\ \Xi\ 1\ \Psi\ s\ xZET\ s\ B\omega\ H_2-E-zAu$
- $\theta xy\kappa\ \Pi\chi^{\circ}\sigma^{\circ}\chi^{\circ}\ 7\omega\chi^{\circ}\ \Gamma\ u\partial_{31}\ -1\ 30\sigma\pi^{\circ}\xi^{\circ}\ -1\ \sigma\chi^{\circ}\rho^{\circ}\ 36\upsilon\xi^2\chi^{\circ}\xi^{\circ}\pi\chi^{\circ}\rho^{\circ}\chi^{\circ}\chi^2\ 6\varphi\chi^{\circ}\ 3$
 $74\varphi\sigma^{\circ}\sigma^{\circ}\ 73\chi^{\circ}\ 3\tau\ \rho^{\circ}\sigma^{\circ}\sigma^{\circ}\ 1\ \varphi\sigma\xi^{\circ}\ \xi^2\ \rho\ 8\varphi\sigma\chi^{\circ}\ \sigma\tau\sigma\pi^{\circ}\ 32\ \pi\xi^{\circ}\rho\ 1\ \chi^{\circ}\ 1\ o\chi^{\circ}\xi^{\circ}\pi$
 $\pi^{\circ}\ 1\ 90\xi^{\circ}\chi^2\ 2\ \theta y\kappa\ u\ \phi^{\circ}\xi^28\ \xi^2\ \rho\ s^{\circ}\chi^{\circ}\ s\ xZES\ y\omega\ H\omega Z-xx\Delta u$
- $\theta x\omega\kappa$ 胡红青 s 等 u 不同浓度对小麦根系氨基酸和糖类的影响 $\theta y\kappa$ u 土壤通报 $xZZBsy\Gamma\omega\ x\rho\ HB-x\Delta u$
- $\theta x\omega\kappa$ 李花粉 s 等 u 根系分泌物对根际重金属动态的影响 $\theta y\kappa$ u 环境科学学报 $xZES, s\ B\omega\ y\rho\ HZZ-y\omega\omega\ u$
- $\theta xB\kappa$ 王建林 s 等 u 根际营养环境与持续农业 $\theta y\kappa$ u 植物生理通讯, $xZZ\kappa\ syZ\omega\ B\rho\ H\gamma Z-zz\Gamma, z\Delta\omega u$
- $\theta x\Gamma\kappa\ \partial\xi^{\circ}\sigma^28\ \epsilon\ \xi^{\circ}\chi^{\circ}\sigma^{\circ}\ ,\ s^{\circ}\xi^{\circ}u\ O\xi^{\circ}\sigma^{\circ}\chi^{\circ}\rho\chi^{\circ}\sigma^{\circ}\chi^{\circ}\chi^2\ 8\varphi\sigma\ 090\omega_{73}\chi^{\circ}\xi^2\ \rho$
 $6\varphi\chi^{\circ}\ 374\ \varphi\sigma^{\circ}\sigma\tau^{\circ}\xi^{\circ}\pi^{\circ}\chi^2\ 27\ 3\tau\ \partial_{30}\chi^{\circ}\ 1\ 4\sigma^{\circ}\sigma^2\ 2\ \xi^2\ \rho\ 86\chi^{\circ}\chi^{\circ}\chi^{\circ}\ 1\ 6\sigma^{\circ}\sigma^2\ 7\ \xi^{\circ}$
 $6\sigma^{\circ}\xi^{\circ}\sigma^{\circ}\rho\ 0_{3}\ \phi\ \Pi\varrho\ 6\sigma^{\circ}\sigma^{\circ}\chi^{\circ}\chi^2\ 2\ \xi^2\ \xi^{\circ}\sigma^{\circ}\chi^{\circ}\ 3\tau\ x\Gamma_{3}\ 6\ P\vartheta\ \Xi\theta y\kappa\ u\ \phi^{\circ}\xi^28$
 $\xi^2\ \rho\ 73\chi^{\circ}\ xZZEs, xZE\ H_2\omega Z-y\gamma\Delta u$
- $\theta x\Delta\kappa$ 李阜棣 u 当代微生物学的活跃研究领域 $\theta y\kappa$ u 土壤学报, $xZZ\kappa\ szw$
 $(z)\ H_2\gamma Z-yz\ Bu$
- $\theta xB\kappa\ \Omega\ s\ \phi\ ,\ s^{\circ}\xi^{\circ}u\ \Sigma\tau\sigma\pi^{\circ}\ 3\tau\ \pi\xi^{\circ}\rho\chi^{\circ}\ 1\ s^{\circ}\sigma\xi^{\circ}\rho\ \xi^2\ \rho\ 4\chi^2\ \pi\ 32\ \gamma\chi^{\circ}\sigma\ 3\tau\ 1\ \chi^{\circ}\sigma^{\circ}\chi^{\circ}\xi^{\circ}$
 $0\chi^{\circ}\ 1\ \xi^{\circ}\chi^{\circ}\chi^2\ 6\sigma\rho\ 73\chi^{\circ}\theta y\kappa\ u\ \phi\sigma\rho^{\circ}\ 4\ \varphi\sigma^{\circ}\sigma\ s\ xZES\ E\ H_2\Delta-z\gamma u$

《农业环境与发展》yiaaw 年增刊

——无公害农产品生产、开发与管理专辑出版发行

农产品的环境安全问题越来越受到人们的关注,为了总结我国无公害农产品的生产、开发与管理经验,促进全国无公害农产品事业的发展,中国农业生态环境保护协会于yiaaw 年xx 月编辑出版了《农业环境与发展》增刊——无公害农产品生产、开发与管理专辑。该书收录了全国各地无公害农产品的开发与管理经验、生产技术与评价;部分省、市、自治区已颁布的无公害农产品蔬菜 ρ 管理办法;无公害农产品及生产资料企业名录。本书的出版将为我国无公害农产品的生产技术人员、管理工作者提供有益的参考。全书y ω 万字,每册xy 元。欢迎业内外人士积极订阅。

汇款地址:天津市南开区复康路z x 号 《农业环境与发展》编辑部 邮编:z $\tau\omega\omega Zx$

联系人:潘淑君 胡 梅

电 话:y ωy -y $z\Gamma\Delta\kappa z\Gamma$ 传 真:y ωy -y $z z\Gamma\Delta x z Z$ $\sigma^{\circ}\ 1\ \xi\chi^{\circ}\ H\xi^{\circ}\sigma\rho\ N_{49}\ 0^{\circ}\chi^{\circ}\ u_{48}\ u\phi\ u\pi^2$