

ϵ^2 及 $\epsilon^2\ vT\sigma$ 比对水稻生长影响的病因研究

朱剑钊

李启真

o 广西梧州地区环境监测站,梧州 $BA\tau\alpha\omega p$ o 广西梧州市环境科学研究所 p

摘 要 根据矿区复田水稻出现的烧苗症状,通过烧苗现场调查、土壤剖面考察、土壤、水培、土壤和植株分析等研究手段,将土壤和植株分析数据回归并进行相关因素分析,得出与水稻烧苗关系最密切的因子,提出了锰及锰铁比是引起水稻烧苗的主要原因。并对水稻烧苗机理进行探讨。最后针对病因提出防治对策。

关键词 水稻烧苗 病因研究 重金属 ϵ^2 $\epsilon^2\ vT\sigma$ 防治

矿区复田是一个重要的环保课题。复田土壤由于采矿后的回填土含有较多的重金属及其它有害元素,有可能对农作物造成污染,进而影响作物生长。某地矿区复田后种植水稻,连年出现“烧苗”现象,轻则减产,重则失收。查出病因并采取相应的防治措施后,水稻生长正常。

x 水稻“烧苗”的特征

“烧苗”现象多出现在晒田回水后,晒田比不晒田严重,晚稻比早稻严重,同一块田烧苗轻重不一。“烧苗”症状的特征:在叶脉上有明显的棕褐色斑点,或者主脉呈棕褐色,似棕褐色物质沉淀其间;或在叶片上出现褐斑,细而分散如云雾状。病状多出现于心叶下第 $y-z$ 叶。

y 复田土质及土壤剖面情况

复田区曾经开采过锡矿,其土质砂而疏松,土中锰结核很多,耕层浅薄,表土一般仅 $Z-xB\tau^1$,多为 $xw-x\gamma\pi^1$,其下则为厚度不一的锰结核层,有的紧接耕作层,有的则稍深些。凡是出现烧苗的田块,其土壤中锰结核层也较明显。

z 稻田灌溉水分析结果

烧苗稻田灌溉水分析结果表明,所有分

析的 xB 个项目浓度都很低,达到国家农田灌溉水一类标准,对农作物生长无碍。

A 锰与水稻生长的土培试验

为了查清水稻烧苗的原因,采用矿区复田发病田土壤进行土壤盆栽试验,以判断“烧苗”是否由土壤本身引起。

$A\omega$ 发病田耕层与犁底层土分层土培

用发病田的耕层和犁底层按不同厚度配合进行晚稻土培试验,设置 B 个模拟土层,其试验结果见表 x 。耕层、犁底层土壤的有效锰、有效铁含量及 $\epsilon^2\ vT\sigma$ 比见表 y 。

由表 x 、表 y 可知,犁底层 $\epsilon^2\ vT\sigma$ 高,耕层土 $\epsilon^2\ vT\sigma$ 低。随着耕层土壤的减少,犁底层土壤的增加,土壤有效锰增加,有效铁减少, $\epsilon^2\ vT\sigma$ 比逐渐增大,水稻吸收锰的数量迅速增加,吸收铁的数量逐渐减少,叶鞘 $\epsilon^2\ vT\sigma$ 比值从 $Z\omega Z$ 增加到 $x\Gamma uEA$,产量则下降 $zEw\ \%-B\epsilon\ u\Delta\%$,可见,减产主要是由

表 x 模拟分层土设置及试验结果

模 拟 层	Ξ	O	Π	P	Σ
耕层土/犁底层土	yA/w	xET	xy/xy	Γ/xE	w/yA
叶鞘 $\epsilon^2\ 0\ 1\ v\ /\omega\ p$	$xxA\omega$	$xxB\omega$	$xAEu\Delta$	$xBBiE$	$x\Gamma B\omega$
$T\sigma\ 0\ 1\ v\ /\omega\ p$	$xyuA$	$xyu\epsilon$	$xyu\omega$	$xxuE$	ZuE
$\epsilon^2\ /T\sigma$	$Z\omega Z$	$x\omega uZZ$	$xyu\gamma Z$	$xxu\gamma w$	$x\Gamma uEA$
稻谷产量 $v\ /\text{盆}p$	$yZu\Delta$	$xEuA$	$x\Delta u\Gamma$	$x\Gamma u\omega$	$xxu\Delta$
相对产量 $\omega\ \%/p$	$x\omega\omega$	$\Gamma x uZ$	$BZu\epsilon$	$BAu\epsilon$	$A\Gamma u\epsilon$

收稿日期 $xZZ\Delta-uB-xy$

表 9 土壤 ϵ_2 、 $T\sigma$ 含量^①

土层	有效锰	有效铁	ϵ_2/σ
耕层土	$xExE$	$Alwy$	wuZ
犁底层土	$xExBuA$	$xZvZ$	$xwvA$

土壤 $\epsilon^2 v T \sigma$ 比值增大引起的。

Auy 发病田耕层与犁底层土混合土培

采用发病田耕层土与犁底层土按不同比例重量比 p 均匀混合后进行晚稻土壤盆栽试验, 设置 B 个模拟混合土层, 各混合层的锰、铁、 $\epsilon^{2v}T\sigma$ 比及试验结果见表 z 。从表 z 可知, 随着犁底层土比例增加, 土壤中有效锰增加, 有效铁减少, $\epsilon^{2v}T\sigma$ 随之增加, 稻谷产量也随之降低, 减少 $ZiZB\%$ — $z\Gamma i\Delta\%$, 再次表明 $\epsilon^{2v}T\sigma$ 增高, 对水稻生长及产量是有影响的。

A10 锰液灌溉的土培试验

采用发病田的耕层土壤进行晚稻土培试验，于插秧前一周，以浓度为 $w\text{---}y\mu\alpha\alpha v \nu\nu\partial$ 的硫酸锰溶液灌溉。结果表明，随着锰浓度的增加，稻谷产量逐渐降低。当锰浓度为 $yBv \nu\nu\partial$ 和 $y\mu\alpha\alpha v \nu\nu\partial$ 时，稻谷减产 $zA\Gamma A\%$ 和 $A\Gamma\omega\Gamma\%$ 。这是因为过量的锰造成养分失调阻碍了水稻的生长。

B 水培试验

为了进一步探索锰对水稻的毒害，以不同浓度的锰和铅进行晚稻水培试验。试验过程中出现了与矿区复田发病田水稻烧苗相似的症状。试验结果表明，当施锰量一定时，低量的铅可以促发烧苗症状，高量的铅可以减轻烧苗症状。过量的锰在一定浓度的铅作用下加速引发水稻烧苗。

表 2 模拟混合土设置及试验结果

模 拟 层	P	Σ	T	Υ	Φ
耕层土/犁底层土	$\pi\alpha\omega/\omega$	$E\omega/\gamma\omega$	$\Gamma\omega/\lambda\omega$	$\Delta\omega/\Gamma\omega$	$\omega/\pi\alpha\omega$
有效 $\epsilon \approx 0.1 \nu / \omega p$	$\pi E\omega/E$	$\Delta \gamma \omega$	$Z\epsilon \omega/E$	$\pi\omega\Delta\gamma\omega$	$\pi\Delta\epsilon \omega$
有效 $T\sigma 0.1 \nu / \omega p$	$\Delta\Gamma\omega\gamma$	$\Delta\epsilon \omega$	$\Delta\gamma\Gamma\omega B$	$z\Delta\epsilon \omega$	$z\gamma\Delta\omega B$
$\epsilon \approx T/\sigma$	$\omega\epsilon Z$	$\omega\omega Z E$	$\gamma\omega E$	$z\omega E$	$\Delta\omega\Delta A$
稻谷产量 $\omega/\text{盆}p$	$\gamma\Delta\omega\Delta E$	$\gamma\Delta\omega\Delta E\Gamma$	$\gamma\Delta\omega\Delta E\Gamma$	$\gamma\Delta\omega\Delta B$	$\pi\Delta\omega\Delta\epsilon$
相对产量 $\%p$	$\pi\alpha\omega$	$Z\omega\omega B$	$E\Delta\omega\Delta E E$	$\Delta\omega\omega\Delta A$	$\Gamma\epsilon \omega \Gamma$
差异显著性 $B\%$	ξ	$\xi 0$	0	π	π
$x\%$	Ξ	$\Xi 0$	0	0Π	Π

Γ 土壤和植株化验结果及分析

在复田区稻田、发病烧苗稻田、不发病田以及对照点稻田取样化验, 水稻植株和土壤 πw 种元素分析结果见表 A 和表 B 。早晚稻土壤活性锰铁 o 用 $w\omega y B_{1-30} v \partial \Sigma P \alpha \Xi$ 提取 p 的平均含量及 $\epsilon^2 v T \sigma$ 比、早晚稻植株活性锰铁 o 用 $w\omega x_{1-30} v \partial \Phi \Pi$ 提取 p 的平均含量及 $\epsilon^2 v T \sigma$ 比的分析结果见表 Γ 。

由表A可知,发病严重田块的水稻植株的铜、锰、铅、镉及 $\epsilon^{25}T\sigma$ 比不发病的高,而铁、锡、汞、砷则较低,锌、铬则差不多;复田区稻田与对照田相比结论同上;植株所含的锰与镉,特别是植株所含的 $\epsilon^{25}T\sigma$ 比,则与发病的关系较密切。复田区水稻植株所含的锰、镉比对照田的高,其植株的 $\epsilon^{25}T\sigma$ 比亦明显高于对照,特别是发病严重田的植株 $\epsilon^{25}T\sigma$ 比更高,而在复田区内,不发病田的植株的 $\epsilon^{25}T\sigma$ 比又明显低于发病的植株,说明植株的锰、镉含量及其 $\epsilon^{25}T\sigma$ 比与发病关系密切,铅也有一定的关系。

由表B可知,复田区土壤所含的锰、砷、铅、镉、锌等7种元素的含量较一般土壤高,尤其是 $e_{2v}T\sigma$ 比。而铬、铁、汞、铝则比一般土壤低。但除锰及 $e_{2v}T\sigma$ 与发病关系较明

表A 植株各种元素平均含量^①

采样地点	P_0	η^2	$T\sigma$	ϵ^2	P_0	ϕ_0	Π_0	s^2	Φ_0	Ξ	$\epsilon^2/T\sigma$
复田区域	$\pi\omega BE$	$B\epsilon\iota Z\epsilon$	$z\pi BuA$	$Z\Delta\iota uB$	$A\iota E\gamma$	$A\iota u^2z$	$\gamma\iota Z\gamma$	$\gamma\iota E\gamma$	$\pi\omega\alpha\Gamma B$	$BuA\Gamma$	$\gamma\iota uBx$
发病田	$x\gamma\iota d^E$	$BA\iota\Delta x$	$\gamma\Delta\Gamma uB$	$ZEx\iota\gamma$	$BuA\gamma$	$B\iota d^T$	$A\iota Bx$	$x\iota\gamma\Delta$	$\pi\omega\alpha B\gamma$	$A\iota\epsilon E$	$z\iota uBB$
不发病区	$E\iota d^T$	$B\epsilon\iota B\kappa\omega$	$z\Gamma x\iota\omega$	$\Gamma\Delta\epsilon\iota Z$	$A\iota\Delta Z$	$z\iota B\kappa\omega$	$x\iota A\kappa\omega$	$B\iota\Delta A$	$\pi\omega\alpha\omega\Delta E$	$\Delta\iota\epsilon x$	$x\iota u\Delta\Delta$
对照田	$E\iota\gamma Z$	$A\Delta\omega B$	$z\pi\Gamma\iota\Gamma$	$B\kappa\omega\gamma\gamma$	$A\iota\epsilon E$	$x\iota\Delta A$	$\omega\gamma\gamma Z$	$\pi\omega A\kappa\omega$	$\pi\omega\alpha xxA$	$B\iota ZB$	$x\iota\Delta x$

表B 土壤各种元素平均含量¹ $\nu \nu \omega \nu \rho$

采样点	Π^b	η^2	$T\sigma$	ϵ^2	Π^b	$\phi\sigma$	$\Pi\rho$	s^2	$\Phi\nu$	Ξ^c	$\epsilon^2/T\sigma$
复田区域	$y\Delta uE$	$xZ\Lambda\kappa\nu$	$y\kappa E^*$	$\Delta\Delta Z\iota y$	$z\Gamma\iota y\nu$	$x\Gamma\iota yx$	$\omega u\Delta\epsilon$	$y\Lambda\iota Zx$	$\omega u\omega B$	$x\Delta\Delta\iota yE$	$\omega\kappa\kappa y\Delta$
发病田	$zy\iota E\epsilon$	$y\Lambda\kappa u\Lambda$	$y\iota\Delta B^*$	$xy\epsilon A$	$zZ\iota ZA$	$xxzy\iota d^z$	$x\omega u\Lambda$	$y\omega\kappa\omega y$	$\omega u\Lambda\Gamma x$	$xyE\iota yE$	$\omega\kappa\omega\Lambda AZ$
不发病田	$y\epsilon u\omega x$	$x\Delta y\iota u\Delta B$	$y\iota y\Lambda^*$	$\Lambda\epsilon\Delta\iota d^*$	$\Lambda\Delta\iota Z y$	$\Gamma Z\iota u\epsilon x$	$\omega u\Delta Z$	$y\Lambda\iota u\Delta Z$	$\omega u\Lambda E\Gamma$	$\Gamma\Delta\iota u\Lambda\epsilon$	$\omega\kappa\omega xZB$
对照田	$z\Gamma u\Lambda x$	$xy\Delta\iota d^*$	$z\iota\Delta\Lambda^*$	$yy\Gamma\iota E$	$x\omega u\Delta\iota\epsilon$	$\Lambda x\iota\Delta\epsilon$	$\omega u\Delta\epsilon$	$x\Lambda\iota u\Lambda x$	$\omega\iota yZA$	$By\iota yx$	$\omega\kappa\omega d\Gamma x$
世界土壤	$y\omega\kappa\omega\nu$	$B\omega\kappa\omega\nu$	$z\iota E\kappa^*$	$EB\omega$	$y\omega\kappa\omega\nu$	$y\omega\kappa\omega\nu$	$\omega\iota\epsilon B$	$I\pi\omega$	$\omega\iota\omega\omega$	$B\kappa\omega\nu$	—
广西土壤	$y\omega\iota u\Delta Z$	$\Lambda\Gamma u\Lambda\epsilon$	$z\iota B y^*$	$x\Delta y\iota\Delta$	$B\Gamma\iota yB$	$x E\iota E y$	$\omega u\iota\Gamma$	$z\iota u\Delta E$	$\omega\iota u\Delta E y$	$Z\iota uZB$	$\omega\kappa\omega u\Delta Z$
梧地土壤	$y\epsilon u\Lambda$	$\Lambda\Lambda\iota dT^*$	—	$x\Delta y\iota B$	$\Delta E\omega y$	$y\epsilon y\iota B$	$\omega\iota u\Lambda$	—	$\omega\iota u\Delta Z\epsilon$	$x B\iota u\Delta E$	—

注：* 表示 $\times\omega\kappa\omega\omega\nu$

显,铅有一定关系外,其它元素与发病关系的规律不明显。

由表 Γ 及不同田块不同土层的分析结果可知,土壤 $\omega\kappa\omega yB\iota^{\text{30}}\nu\partial\Sigma P\alpha\Xi$ 浸提的 $\epsilon^2\nu T\sigma$ 比,植株 $\omega\iota u\omega^{\text{30}}\nu\partial\Phi\Pi$ 提取的 $\epsilon^2\nu T\sigma$ 比以及土壤第二层 $\Sigma P\alpha\Xi$ 浸提的 $\epsilon^2\nu T\sigma$ 比与发病的关系密切,复田区土壤活性 $\epsilon^2\nu T\sigma$ 比明显高于对照田,发病严重的土壤活性 $\epsilon^2\nu T\sigma$ 比更高,不发病的则更低。水稻植株的活性 $\epsilon^2\nu T\sigma$ 比亦然,复田区水稻植株的活性 $\epsilon^2\nu T\sigma$ 比高于对照,发病植株的更高,不发病植株的则更低,表明不论是土壤或植株中的活性 $\epsilon^2\nu T\sigma$ 比均与发病有高度的正相关,这种关系,在土壤第二层的活性 $\epsilon^2\nu T\sigma$ 比亦同样明显。

Δ 水稻烧苗相关因素分析

Δ $u\omega$ 水稻烧苗相关因素

为了研究诸多因素中哪些因素与水稻受害烧苗有关,哪种因素的关系最明显,将土壤和植株 $x\omega$ 种元素全量,植株全量 $\epsilon^2\nu T\sigma$ 比,土壤、植株活性锰、铁含量及其 $\epsilon^2\nu T\sigma$ 比,植株全铁与活性铁之比,第二层土活性锰、铁及其 $\epsilon^2\nu T\sigma$ 比等 zx 个因素 o 早晚稻只有 yE 个因素 p 与早晚稻发病烧苗的关系分别进行相关分析,结果表明早稻发病与这些因素中的植株全 $T\sigma\nu$ 活性 $T\sigma$ 、植株活性 $\epsilon^2\nu T\sigma$ 、土壤活性 $\epsilon^2\nu T\sigma$ 、植株全铬、植株全 $\epsilon^2\nu T\sigma$ 、植株全锰、土壤全锰、植株全镉、土壤活性锰、植株全铅等与发病的相关性均达到极显著水

表 Γ 土壤、植株活性 ϵ^2 、 $T\sigma$ 含量¹ $\nu \nu \omega \nu \rho$

采样点	土壤 $\Sigma P\alpha\Xi$ 提取 p			植株 $\Phi\Pi$ 提取 p		
	ϵ^2	$T\sigma$	$\epsilon^2/T\sigma$	ϵ^2	$T\sigma$	$\epsilon^2/T\sigma$
发病田	$B\omega\nu uZ$	$x\omega\Delta\iota d^*$	$\Lambda\iota d^*B$	$\Delta\Gamma\omega y$	$xx\iota d^*$	$BB\iota u\Delta E$
不发病田	$y\Lambda Z\iota B$	$zy\Lambda\iota uB$	$\omega u\iota E$	$\Gamma T x\iota\omega$	$AZ\iota\omega$	$xx\iota u\Lambda\Gamma$
对照田	$x\omega\iota d^*$	$x\omega Z\iota\epsilon$	ωuZB	$\Lambda\Lambda\epsilon\iota d^*$	$y\Lambda\iota y$	$x E\iota\epsilon y$
复田区	$z\Lambda E\iota Z$	$E\Delta\iota B$	$z\iota uZE$	$\Gamma T Z\iota\omega$	$y\Gamma\iota uB$	$yB\iota yE$

平。并与土壤全铅、土壤全锌、植株活性锰也达到显著相关。与植株活性铁也达到显著的负相关;在晚稻,发病与土壤活性铁达极显著负相关,与植株全 $\epsilon^2\nu T\sigma$,土壤全铅,植株全锰的相关达极显著水平,与植株活性 $\epsilon^2\nu T\sigma$,植株全铜、全铅,植株全 $T\sigma\nu$ 活性 $T\sigma$,植株活性锰的相关以及植株活性铁,土壤全汞的负相关均达显著水平;第三次土与早稻植株的关系中,发病与植株活性 $\epsilon^2\nu T\sigma$,植株全 $T\sigma\nu$ 活性 $T\sigma$,植株全铬,植株全 $\epsilon^2\nu T\sigma$,第二层土的活性 $\epsilon^2\nu T\sigma$,第二层土的活性锰,植株全镉,植株全铜,植株全锰,土壤全铁的相关达到极显著水平。与土壤活性铁、土壤全镉、植株全锌的负相关亦达极显著水平。与土壤全锡、植株活性铁的负相关达显著水平;第三次土与晚稻的关系中,发病烧苗与植株全锰,植株全镉,第二层土活性 $\epsilon^2\nu T\sigma s$ 土壤全锰,植株全 $\epsilon^2\nu T\sigma$,植株全铜,植株活性 $\epsilon^2\nu T\sigma$,植株全 $T\sigma\nu$ 活性 $T\sigma$,植株活性锰,植株全铅,土壤全砷,土壤全铅,土壤活性 $\epsilon^2\nu T\sigma$,二层土活性锰,土壤活性锰,土壤全镉,土壤全锡的相关达极显著水平。与植株活性铁,植株全砷的负相关也达极显著水平。并与植株全锌及土壤全锌达显著水平。

综合四次的相关性分析可以认为, 二层土的活性 $\epsilon^{2v}T\sigma$, 植株活性的 $\epsilon^{2v}T\sigma$, 植株全 $T\sigma v$ 活性 $T\sigma$, 植株全 $\epsilon^{2v}T\sigma$, 二层土活性锰, 植株全锰, 植株全镉, 土壤活性 $\epsilon^{2v}T\sigma$, 植株全铜与发病烧苗均达极显著相关水平。发病与土壤全锰、全铅、全砷, 植株活性锰达显著水平; 与土壤活性铁、植株活性铁的负相关达显著性水平。

Δuγ 水稻烧苗病因与相关因素分析

从水稻烧苗的相关因素分析可以看出是 $\epsilon^{2v}T\sigma$ 比 ρ 包括二层土的活性 $\epsilon^{2v}T\sigma$ 比、植株活性 $\epsilon^{2v}T\sigma$ 比、植株全量 $\epsilon^{2v}T\sigma$ 比 ρ 过大与发病关系最密切。这是因为锰过多, 锰铁比例过大, 会促使铁的氧化和抑制铁的还原, 从而影响到铁的利用, 造成铁锰平衡失调, 显出锰中毒的症状。因此, 凡与此有关的因素也就与发病有极显著的相关性。至于植株全铜与发病的关系, 是由于铜多会影响到铁的利用。土壤全铅与发病的关系, 是因为过量的锰在一定量的铅作用下会促发锰毒症状。植株含镉高与发病的关系, 是由于在矿区复田的土壤中, 镉与锰的含量有较密切的关系, 镉高锰的含量也高所致。

Δuε 水稻烧苗病理分析

从晚稻发病比早稻严重、晒田或干旱后发病严重、水稻生长后期发病严重的烧苗现象分析, 晚稻由于经过较长时间的淹水种稻, 使锰更多以两价的有效态存在, 使水稻大量吸收而影响铁的利用; 干旱或晒田, 促使根系深扎到底层并在该处吸收水分和养分, 因此, 凡是底层含锰结核多的, 第二层土活性锰多的, 水稻就吸收多量的锰而出现受害烧苗症状。并且, 干旱或晒田时, 土壤 Φ 值会下降, 酸性加强, 使锰的溶解度提高, 从而增加锰的吸收, 所以干旱或晒田会发病严重; 生长后期, 也是由于其根伸展到底层, 所以容易受毒害, 故后期容易发病并比早期严重。

另外, 土壤中锰的氧化物较铁的氧化物

具有更强的氧化性, 更易于被还原, 因而晒田时土中仍会有较多的 ϵ^{2y+} 存在而极少甚至没有 $T\sigma^{y+}$, 并且铁的氧化物脱水之后, 反应性更差, 因此晒田或是干旱后, 植物吸收的 $\epsilon^{2v}T\sigma$ 比会拉大, 植物受害会更严重。

E 小 结

o xp 某地矿区复田发病田土壤确能导致水稻“烧苗”甚至减产失收。

o yp 某地矿区复田水稻受害“烧苗”是由于水稻吸收了过量的锰, 使水稻植株体内的 $\epsilon^{2v}T\sigma$ 比值过高, 影响了铁的生理活性及生理功能, 使水稻植株体内正常的生理代谢受到影响, 这是一种锰毒引起的生理性病毒。

Z 建 议

针对水稻受害烧苗的原因, 可以采取如下措施: ①施用石灰中和土壤酸性, 以降低锰的溶解度 Θ ②施用煤渣或硅肥, 既可以中和土壤酸性, 减少水稻对锰的吸收, 又可以增强对锰的抗性 Θ ③水稻分蘖后喷施铁肥, 以调节水稻植株体内的 $\epsilon^{2v}T\sigma$ 比, 减轻生理病害 Θ ④增施钾肥和有机肥, 满足水稻生长需求, 提高水稻的抗病能力, 改良土壤的保水能力和缓冲性 Θ ⑤施用镁肥, 增加叶绿素的含量。

参 考 文 献

- x 中国科学院南京土壤研究所 u 土壤理化分析 u 上海H 上海科学技术出版社, xZEε
- y 西北农学院主编 u 农业化学研究法 u 第y 版, 北京: 农业出版社, xZEΔ
- z 扬义群主编 u 回归设计及多元分析 u 陕西: 天则出版社, xZZu
- A 广西土壤背景值课题组 u 广西土壤背景值研究 uZZε

作者简介

朱剑钊, 男, εA 岁, 学士, 工程师。获省部级科技进步奖一项, 在省级以上专业杂志发表研究论文yεw 篇。