

表y 改良剂处理对水稻生长发育的影响

处理 代号	单 颖 干 重 <i>ov /φ⁰⁰p</i>		叶 面 积 <i>οπ^{1' /φ⁰⁰p}</i>		比 叶 重 <i>ο^{1 v /π^{1' p}}</i>	
	乳熟期	成熟期	乳熟期	成熟期	乳熟期	成熟期
	乳熟期	成熟期	乳熟期	成熟期	乳熟期	成熟期
x	yΔ ^ι Γ	AB ^ι AB	ΔE ^ε ι ^ε	ΔyE ^ι B	AtyA	AtyΔ
y	yA ^ι ux	Ax ^ι ι ^Γ	Δ ^ε Z ^ι uA	Δx ^ι A ^ι Δ	At ^ι B ^Γ	A ^ι uxy
z	yy ^ι ι ^ε y	A ^ι οι ^ι Γ	Δ ^Δ ε ^ι ι ^E	Δ ^ε y ^ι ι ^Γ	z ^ι ι ^E y	A ^ι uZ
A	yΓ ^ι ι ^Γ y	AΔ ^ι ι ^B ε	EEA ^ι ι ^Γ	ΔyB ^ι ι ^E	AtyE	A ^ι u ^ι v
B	yΓ ^ι ι ^B Δ	AB ^ι ι ^E ε	Z ^ε y ^ι ι ^{uv}	ΓB ^Γ ι ^{uv}	At ^ε Z	Aty ^ι v
Γ	yΓ ^ι uAB	AA ^ι ι ^{xy}	EyZ ^ι ι ^ε	ΓEE ^ι ι ^{uv}	At ^ε xy	At ^ε Δ
Δ	yB ^ι ι ^Z A	AA ^ι ι ^{xy}	ΔA ^ι ι ^Z	Γz ^ι A ^ι ι ^Δ	AtyA	At ^ι E ^ι v
E	yB ^ι ι ^E ο	AA ^ι ι ^{ιE}	ΔEB ^ι ι ^E	Δx ^ι y ^ι ι ^{uv}	z ^ι ι ^E Γ	A ^ι ε ^ι y
Z	yA ^ι ι ^B Δ	A ^ε ι ^ε z	ΔΔB ^ι ι ^E	Γz ^ι ι ^ι ι ^Δ	z ^ι ι ^ι B	A ^ι uΓ
xv	yΔ ^ι ι ^Γ z	AΓ ^ι ι ^E y	ΔΓ ^ι x ^ι ι ^Γ	ΓΔE ^ι ι ^Δ	At ^ι ι ^B	z ^ι ι ^Z Γ
xx	yB ^ι ι ^Z ε	AΔ ^ι ι ^E Δ	ΔA ^Γ ι ^ε	Γz ^ι y ^ι ι ^Γ	At ^ι B ^γ	A ^ι u ^ε ε
xy	yB ^ι ι ^Z E	AA ^ι ι ^ε z	EZΔ ^ι ι ^{uv}	Δ ^ε α ^ι ι ^{uv}	A ^ι uB	At ^ι ΔA
xz	yB ^ι ι ^E Z	A ^ε ι ^ε y	ΔEB ^ι ι ^{uv}	Γy ^ι x ^ι uA	At ^ι uZ	z ^ι ι ^Z y

用。各处理对比叶重也有一定的影响,除石灰高量和高岭土中、高量处理外,余者均高于对照。可见,合理的改良剂处理有利于增加叶片厚度。

分析各处理乳熟期一成熟期的群体净同化率,结果表明,所有处理的均高于对照,这与各处理能延缓早衰的结果是一致的。

yιy 改良剂处理对水稻经济性状和产量的影响

就单位面积有效穗数而言,钙镁磷肥低量和海泡石中量处理者显著高于对照,石灰的各种用量处理均显著低于对照,余者与对照差异不大(表z)。

每穗总粒数,除石灰低量处理者显著高于对照外,其余各处理与对照均无显著差异。结实率除钙镁磷肥高量、高岭土高量和海泡石高量处理外,其余各处理均显著高于对照。

各处理对千粒重无明显影响。

产量最高者为海泡石中量和钙镁磷肥低量处理,较对照增产幅度分别为xAt^ιΔ^ε%和xy^ιεZ%;其次为钙镁磷肥中量、海泡石低量、高岭土中量和低量,均显著高于对照,较对照增产幅度分别为ZιZE%、

表z 不同改良剂对水稻经济性状和产量的影响

处理 代号	有效穗 <i>ο.xιδ /φ^{1' p}</i>	每穗总粒数	结实率 <i>ο %p</i>	千粒重 <i>οv p</i>	产 量 <i>οαv /φ^{1' p}</i>
x	yAΓ ^ι ι ^π	xxvιαξ	Ey ^ι εΔ ^ξ	zxιBZ	Δ ^ι ι ^ι B ^ι ι ^δ π
y	yA ^ι x ^ι ι ^π	xιΔ ^ι εξ ^ο	ΔE ^ι ιEy ^ο	zxιy ^ι v	ΓzΔZ ^ι ι ^δ ο
z	yzE ^ι u ^ι π	xιA ^ι εο	ΔE ^ι ιAΓ ^ο	zxιAZ	Γyyz ^ι ι ^δ ο
A	yZΔ ^ι ι ^ξ	xιB ^ι ι ^δ	ΔE ^ι ιE ^ι ο	zxιyy	Δ ^ε εZ ^ι ι ^δ ξ
B	yE ^ι vιαο	xιΔ ^ι εξ ^ο	ΔZ ^ι ιA ^ι E ^ι ο	zxιAA	ΔB ^ε ε ^ι ι ^δ ο
Γ	yΔΔ ^ι ι ^B	xιB ^ι ι ^δ	ΔΔιωοπ	zxιB ^ι v	Δx ^ι ι ^Γ ι ^δ π
Δ	yΔE ^ι ι ^δ	xιA ^ι ι ^δ	E ^ι vιεΔ ^ξ ο	zxιy ^ι A	ΔyZΔ ^ι ι ^δ ο
E	yE ^ε ι ^δ	xιB ^ι ι ^δ yο	ΔE ^ι ιZB ^ο	zxι ^ι εE	ΔzB ^ι ι ^δ ι ^δ
Z	yΔ ^ε ι ^ε ο	xιΓ ^ι ι ^δ yο	ΔB ^ι ιΔ ^ι π	zxιεz	ΓE ^ε ε ^ι ι ^δ π
xv	yE ^ι x ^ι ι ^δ ξ	xιB ^ι ι ^δ ι ^δ	ΔZ ^ι ιΔ ^ι ο	zxιy ^ι Γ	ΔA ^ι x ^ι B ^ι ι ^δ ξο
xx	yZ ^ε ι ^ε ξ	xιΓ ^ι ι ^δ	ΔZ ^ι ιΔ ^ι ο	zxιEA	ΔZαvι ^ι δξ
xy	yE ^ι x ^ι ι ^δ	xιB ^ι ι ^δ ι ^δ	ΔΓ ^ι ιααπ	zxι ^ι Γ ^ι v	Δx ^ι AEιωοπ
xz	yΔB ^ι ι ^δ ο	xιB ^ι ι ^δ ι ^δ	ΔB ^ι ιA ^ι π	zxιεE	ΓE ^ι E ^ι ι ^δ π

Δι^ιE%、ΓιΔB%和BιZΓ%;产量最低的为石灰中量和高量处理,显著低于对照,产量分别较对照下降Δ^ιεΓ%和ZιΓy%;其余处理与对照无显著差异。

yιε 改良剂处理对降低糙米铅、镉含量的效果

分析各处理糙米铅、镉含量,结果表明(图x),所有处理均明显降低了糙米中的铅含量,降低幅度为B^εvιαZ%~zz^ιεz%,以海泡石和石灰效果最佳,各种用量水平处理均使糙米铅含量降至食品卫生标准含量以下,其中又以高量处理优于中、低量处理。钙镁磷肥中、高量处理和高岭土高量处理使糙米铅含量降至食品卫生标准含量以下,其它处理则否。各处理对糙米镉含量的降低幅度为Ex^ιιEB%~A^ιιE%,处理间差异较大,以石灰中量、钙镁磷肥高量、海泡石高量和中量处理效果最佳,降低幅度均在ΓB%以上,高岭土的各种处理和钙镁磷肥的低、中量处理及海泡石低量处理对糙米镉含量降低幅度均在zB%以下,但所有改良剂处理均使糙米镉含量降至食品卫生标准含量以下。

yιΔ 改良剂处理对土壤ιΦ值、有效铅、镉含量及其形态的影响

试验结果表明,石灰和钙镁磷肥处理可明显提高土壤ιΦ值,施用量越高,提高幅度越大,而高岭土和

图x 不同改良剂处理对糙米铅(左p)、镉(右p)含量的影响

海泡石对土壤 Φ 值影响较小。

不同改良剂处理均可在一定程度上降低土壤有效铅、镉含量。按降低土壤有效铅含量效果大小排序为:海泡石高量 Δ 钙镁磷肥高量 Δ 高岭土高量 Δ 石灰高量 Δ 海泡石中量 Δ 石灰中量和钙镁磷肥中量 Δ 海泡石低量 Δ 高岭土中量 Δ 钙镁磷肥低量 Δ 石灰低量 Δ 高岭土低量 s 降低幅度为 $A\approx uAE\%\sim x\approx uy\Delta\%$ 。各处理降低土壤有效镉含量的幅度为 $yAuB\approx\%\sim xuD\approx\%$,以钙镁磷肥高量、海泡石高量和石灰高量处理效果最好,海泡石中低量和高岭土高量处理次之。

不同处理对土壤铅、镉形态变化的影响均表现为降低了交换态铅、镉含量,而增加了碳酸盐态和专性吸附态铅、镉含量,交换态铅含量降幅为 $yZuE\%\sim yyuAB\%$,碳酸盐态和专性吸附态铅增加幅度为 $ABuY\%\sim xZu\Delta\%$;交换态镉含量降幅为 $yEuZ\%\sim wuEA\%$,碳酸盐态和专性吸附态镉增加幅度为 $yxuwy\%\sim yuBB\%$ 。而铁锰氧化物结合态、有机物结合态及残留态的铅、镉含量,处理与对照相比,有升有降,变化相对较小,且无明显规律。

2 讨论

稻田土壤铅、镉污染治理目标,一是要使稻谷增产 s 二是要使稻米铅、镉含量降至食品卫生标准含量以下,即米铅 $\leq wuB\uparrow uvuv$,米镉 $\leq wuy\uparrow uvuv$ s 三是要使改良成本不过高,易于被接受。综合本试验研究结果,增产效果最为明显的处理为海泡石中量、钙镁磷肥中、低量处理,增产效果 $\geq xw\%$;降低糙米铅、镉含量的效果均较为明显,除高岭土低、中量处理和钙镁磷肥低量处理外,余者均在食品卫生标准含量以下。仅从这两项指标衡量,以钙镁磷肥中量处理和海泡石中量处理为最佳。但海泡石用量过高($\Gamma uauuvuv\varphi\uparrow^y$),运输成本较高,施用较费工,在不能就地取材

的情况下有一定难度;而钙镁磷肥施用量尽管也偏高($x\approx uvuv\varphi\uparrow^y$),但据报道^[22],一次性贮备施磷,至少可保持 Δ 年 $x\Delta$ 季作物的后效,若折合成每季用量则并不高,平均每季可增产 $xw\%$ 左右,且稻米铅、镉含量不超标,具有明显的经济效益、社会效益和生态效益,具有良好的推广前景。如果仅从食品角度出发,则施用石灰简单易行,成本低,降低稻米铅、镉含量效果好,可考虑搭配采用。

不同改良剂降低土壤有效铅、镉含量和糙米铅、镉含量的机理不同,石灰和钙镁磷肥主要是提高土壤 Φ 值,使铅、镉与碳酸盐、磷酸盐、氢氧化物等形成难溶的化合物而降低其有效性,海泡石和高岭土的改良机制主要在于对铅、镉的吸附作用而使铅、镉被固定,同时兼有离子间的拮抗作用。

参考文献:

$\theta x\kappa$ 南京农业大学土壤农化分析 $\theta\in\kappa u$ 第 y 版,北京:农业出版社, $xZZyu$
 $\theta y\kappa$ 中国科学院南京土壤研究所土壤理化分析 $\theta\in\kappa u$ 上海:上海科学技术出版社, $xZE\kappa u$
 $\theta z\kappa$ 朱燕婉土壤金属元素的五个组分的连续提取法 $\theta u\kappa$ 土壤, $xZEZ,yx(z),xZz-xITu$
 $\theta A\kappa$ 李永涛,吴启堂土壤污染治理方法研究 $\theta u\kappa$ 农业环境保护 $xZZ\Delta x\Gamma z\rho,xxE-xyyu$
 $\theta B\kappa$ 林匡飞,项雅玲,刘雪峰等钙镁磷肥和硅肥对水稻产量及镉吸收的影响 $\theta u\kappa$ 土壤肥料学杂志, $xZZ\Delta E,y\Gamma-yZu$
 $\theta I\kappa$ 曹仁林,霍文瑞,何宗兰大冶县罗桥水稻土镉污染防治研究 $\theta u\kappa$ u 中国环境科学 $sxZZ\approx xz(\Gamma),\approx z-\approx\Delta u$
 $\theta \Delta\kappa$ 曹仁林,霍文瑞,何宗兰等 u 不同改良抑制水稻吸收镉的研究 $\theta u\kappa$ 农业环境保护 $sxZZy,xz(B),xZB-xZEu$
 $\theta E\kappa$ 邓波儿,刘同仇 u 不同改良剂降低稻米镉含量的效果 $\theta u\kappa$ 华中农业大学学报 $sxZZ\approx xyuy\rho,x\Delta\Delta-xyxu$
 $\theta Z\kappa$ 林葆,林继雄 u 磷肥不同分配方式与后效 $\theta u\kappa$ 土壤肥料学杂志, $y:\Gamma\sim xx$

作者简介:

屠乃美, $xZY-y$,男,博士,教授。长期从事作物栽培学与耕作学及农业生态学的教学与科研,获省科技进步奖 y 项,发表论文章 zw 多篇,副主编专著 y 部,副主编和参编教材 B 本。

$$\begin{aligned} & \Sigma\tau\tau\sigma^{\tau_7\ 3\tau}\ P\chi\tau\sigma^{\tau_6\sigma^{28}}\ \in\ {}_3\rho\chi\tau\sigma^{\tau_6\tau_7\ 32}\ \rho\chi\tau\sigma\ Y_{63\ 1\ 8}\varphi\ \xi_2\rho\ \varphi_0\ \&. \Pi\rho\ \Pi_{2\ 8\sigma^{2\ 8\tau_7\ 3\tau}}\ \rho\chi\tau\sigma\ \xi_2\rho\ s^3\chi_0 \\ & \chi^2\ \varphi_0\ -\Pi\rho\ -\Pi_{2\ 8\tau_7}\xi_1\chi^2\xi_8\sigma\rho\ \varphi\xi\rho\rho_3\ T\chi\sigma\rho \\ & \alpha\beta\ \partial\xi\chi_{\mu}\ \sigma\chi^s\eta\Phi\S\partial\Upsilon\ \Phi_9\xi^s\eta\phi\beta\ \xi_{3\ 2}\nu\mu\chi^s\ s\ \partial X\partial\sigma\chi\rho_{3\ 2}\nu^s,\ \partial X\xi_{9\ \mu}^{\sigma}\xi_{3\ 2}\nu^s\ \Phi\S\ \Phi_{3\ 2}\nu\mu\varphi_{2\ 2}^s\ s\ \partial X\Xi\phi\ \eta\varphi\xi_{3\ \mu}\chi^2\nu^A\ s\ \delta\ \beta\ \alpha_{3\ 2}\nu\mu\chi^3{}^A \\ & \ o\ x\ u\ \Pi_{00}\sigma\nu\sigma\ 3\tau\ \varphi_0\xi_{2\ 8}\ s\ \pi\chi\sigma^2\pi\sigma\ \xi_2\rho\ \alpha\sigma\varphi_{2\ 303}\nu_3\ ,\ \Phi\partial\Xi\beta,\ \Pi\varphi\xi_{2\ \nu}\varphi\xi\ s\ A\tau\chi yE\ \Pi\varphi\chi^2\xi\ \Theta \\ & \ y\ u\ \alpha\varphi\sigma\ E\nu_{63}\ -\Sigma_{2\ 0}\chi_{3\ 2\ 1\ \sigma^{28}}\ \in\ {}_3\chi_{3\ 6}\xi_2\nu\ s\xi_8^s\chi_2\ s\ \varphi\sigma\ E\nu_{63}\pi_{90896}\sigma\ P\sigma_{4\ 68\ 1\ \sigma^{28}\ 3\tau}\ \Phi_{9\ 2}\xi_2\ \varphi_{63\ 0}\chi_2\pi\sigma,\ \Pi\varphi\xi_{2\ \nu}\varphi\xi\ s\ A\tau\chi yE\ \Pi\varphi\chi^2\xi\ \Theta \\ & \ z\ u\ \alpha\varphi\sigma\ s^3\chi_0\ \xi_2\rho\ T\sigma^{\tau_8}\chi\chi_0\sigma^{\tau_8}\xi_8^s\chi_2\ 3\tau\ \Pi\varphi\sigma_{2\ 1}\varphi_{3\ 9}\ E\nu_{63}\pi_{90896}\sigma\ O_{9\ 6}\sigma\xi_9,\ \Pi\varphi\sigma_{2\ 1}\varphi_{3\ 9}\ ,\ \Phi_{9\ 2}\xi_2\ A\gamma z\tau a\upsilon\ \Pi\varphi\chi^2\xi\ \Theta \\ & \ A\ u\ \alpha\varphi\sigma\ E\nu_{63}\pi_{90896}\xi_0\ \alpha\sigma\varphi_{2\ 303}\nu_3\ \Sigma_{2\ 8}\sigma_{2\ 1}\chi_{3\ 2}\ s\xi_8^s\chi_2\ 3\tau\ O\xi\chi_{9\ 8}\xi_2\nu,\ \Pi\varphi\sigma_{2\ 1}\varphi_{3\ 9}\ ,\ \Phi_{9\ 2}\xi_2\ A\gamma z\tau a\upsilon\ \Pi\varphi\chi^2\xi\ \rho \\ & \ E\sigma_{786}\xi_{\tau_8}\ ;\ \alpha\varphi\sigma\ 4\sigma^{\tau_7}\sigma_{28}\ 789\rho_3\ 1\xi_1\ \pi_{3\ 2}\rho_9\pi\sigma\rho\chi^2\ \varphi_0\ -\Pi\rho\ -\pi_{3\ 2}\xi_1\chi^2\xi_8\sigma\rho\ \varphi\chi\tau\sigma\ \tau\chi\sigma\rho\chi^2\ \Pi\varphi\sigma_{2\ 1}\varphi_{3\ 9}\ 3\tau\ \Phi_{9\ 2}\xi_2\ \varphi_{63\ 0}\chi_2\pi\sigma\chi^2 \\ & \ xZZZ\chi^2\ 3\sigma\rho_{6\ 83}\ \pi\varphi\xi^{\tau_8}\chi_3\ 8\varphi\sigma\ \tau_{9\ 2}\pi\chi_2\ 3\tau\ 7\sigma^{\tau_9}\sigma^{\xi_0}\ 1\ 3\ \rho\chi\tau\sigma^{\tau_6\tau_7}\ u\ \beta^1\chi^2\nu\ A\ u\chi^{\tau_7}\rho_1\ 3\tau\ 1\ 3\ \rho\chi\tau\sigma^{\tau_6\tau_7}\ \xi_2\rho\ \xi_8\ z\ \rho_{3\ 7}\sigma\sigma^{\tau_0}\sigma_{\tau_7}\ \tau_{36}\ \xi_{4\ 40}\chi^{\tau_8}\chi^2\ , \\ & \ 8\varphi\sigma\ \sigma\tau\tau\sigma^{\tau_7\ 3\tau}\ \rho\chi\tau\sigma^{\tau_6\sigma^{28}}\ 1\ 3\ \rho\chi\tau\sigma^{\tau_6\tau_7}\ 3\tau\ 6\chi\tau\sigma\ \nu_{63\ 1\ 8}\varphi\ \xi_2\rho\ 3\chi\sigma\rho\ \tau_{36\ 1}\xi_8^s\chi_2\ ,\ \varphi_0\ \xi_2\rho\ \Pi\rho\ \pi_{9\ 2\ 8}\sigma^{28}\ 3\tau\ 0\sigma_{3\ 1\ 2}\ 6\chi\tau\sigma\ \xi_2\rho\ 73\chi_0\ \xi_2\rho\ \tau_{36\ 1\ 7} \\ & \ 3\tau\ 73\chi_0\ \varphi_0\ \&. \Pi\rho\ 1\sigma^{\tau_8}\chi_2\sigma^{\tau_8}\chi_0\xi_8^s\sigma\rho\ u\ X\ 1\xi_1\ \rho\chi\tau\sigma^{\tau_6\sigma^{\tau_8}}\rho\ 8\varphi\xi_8\ \xi_{00}\ 8\sigma\xi_8^s\ 1\sigma^{28\ 7}\ s\ \sigma_2\pi_{48}\ 1\sigma\chi_0^1\ \xi_2\rho\ \varphi\chi\varphi\ \xi_1\ 39\ 28\ \chi_1\sigma\ s\ \varphi\xi\rho \\ & \ \chi_{1\ 4630}\sigma\rho\ 6\chi\tau\sigma\ \nu_{63\ 1\ 8}\varphi\ \xi_2\rho\ 3\chi\sigma\rho\ u\ X_2\ \xi\rho\rho\chi^2\ s\ \xi_{00}\ 8\sigma\xi_8^s\ 1\sigma^{28\ 7}\ \rho\sigma\pi\sigma\xi^{\tau_7}\sigma\rho\ 8\varphi\sigma\ \pi_{3\ 2\ 8}\sigma^{28\ 7}\ 3\tau\ \sigma\tau\tau\sigma^{\tau_8}\varphi_0\ \&. \Pi\rho\chi^2\ 0\sigma_{3\ 1\ 2}\ 6\chi\tau\sigma \\ & \ \xi_2\rho\ 73\chi_0\ u\ X\ 1\xi_3\ 0\sigma\ \pi_{3\ 2}\pi_{9\ 9}\rho\sigma\rho\ 8\varphi\xi_8\ 8\varphi\sigma\ \sigma\tau\tau\sigma^{\tau_7\ 3\tau}\ \rho\chi\tau\sigma^{\tau_6\sigma^{28}}\ 1\ 3\ \rho\chi\tau\sigma^{\tau_6\tau_7}\ 3\tau\ 8\varphi\sigma\ \tau_{36\ 1\ 7}\ 3\tau\ 73\chi_0\ \varphi_0\ \&. \Pi\rho\ \varphi\chi\varphi\chi\varphi\sigma\rho\chi^2\ 8\varphi\sigma \\ & \ \rho\sigma\pi\sigma\xi^{\tau_7}\sigma\ 3\tau\ \sigma_2\pi\varphi\xi_{2\ \nu}\sigma\xi_0\sigma\ \tau_{36\ 1}\ \xi_2\rho\chi^2\pi\sigma\xi^{\tau_7}\sigma\ 3\tau\ \pi\xi_0\sigma_{3\ 2}\xi_8\sigma\ \xi_2\rho\ 74\sigma\pi\chi_0^0\ \xi_0\tau_{36\ 4}\chi_2\ 2\ \tau_{36\ 1}\ u\ \alpha\varphi\sigma^6\ \pi\sigma\xi_0^{\tau_9}\ \sigma_2\chi^8\sigma\rho\ \rho\chi\tau\sigma^{\tau_6\sigma^2}\pi_{\tau_7} \\ & \ 0\sigma_8\ 1\sigma\sigma_2\ \rho\chi\tau\sigma^{\tau_6\sigma^{28}}\ 8\sigma\xi_8^s\ 1\sigma^{28\ 7}\ u \\ & \ \Omega_{\sigma_3\ 1\ 36}\rho_{\tau_7}\ ;\ 6\chi\tau\sigma\ \Theta\ \varphi\sigma\xi_0^{\tau_3}\ 1\sigma^8\xi_0\ \pi_{3\ 2}\xi_1\chi^2\xi_8^s\chi_2\ \Theta\ 1\ 3\ \rho\chi\tau\sigma^{\tau_6}\ \Theta\ 1\ \sigma\pi\varphi\xi_2\chi_1\end{aligned}$$