

牡蛎壳粉对水稻产量和土壤重金属钝化的影响

罗华汉¹ 柳开楼^{2*} 余跑兰² 谭武贵³ 陈燕² 雷媛元²

(¹ 上饶市农业局, 江西 上饶 334000; ² 江西红壤研究所/国家红壤改良工程技术研究中心/农业部江西耕地保育科学观测实验站, 南昌 330046; ³ 农业部植物营养与生物肥料重点实验室/湖南泰谷生物科技股份有限公司, 长沙 410006;

* 通讯作者 liukailou@163.com)

摘要:为探讨新型土壤调理剂牡蛎壳粉对水稻产量及其对土壤酸化改良和重金属钝化的效果, 设置 4 种牡蛎壳粉用量的田间试验, 分析了不同用量下水稻产量、土壤 pH 值、交换性氢和交换性铝的含量, 以及土壤 Cd、Pb 全量和有效态的变化。结果表明, 施用牡蛎壳粉的处理水稻产量为 7 420.65~7 941.60 kg/hm², 比对照(不施)增产 14.8%~22.9%; 与对照相比, 牡蛎壳粉将土壤 pH 值提高了 0.18~0.33 个单位(4.0%~7.3%), 并使土壤交换性氢和交换性铝分别降低了 19.6%~69.2%和 34.7%~93.9%, 土壤有效 Cd 下降了 40.2%~49.0%, 有效 Pb 下降了 29.9%~44.7%。可见, 使用牡蛎壳粉可以同时实现提高水稻单产、改良土壤酸化和阻控重金属活性的目标。

关键词: 牡蛎壳粉 水稻 土壤酸化 重金属

中图分类号 S511.062 文献标识码 B 文章编号 1006-8082(2016)03-0030-04

水稻土是我国主要的耕作土壤, 其面积约 45.7 M hm², 占全国土壤总面积的 4.9%, 其中 90%以上分布在秦岭-淮河一线以南地区, 主要集中在长江下游平原、四川盆地、珠江三角洲和台湾西部平原^[1]。但是, 耕地面积刚性减少、人口快速增加和粮食供需矛盾日益突出的基本国情决定了我国水稻土的高度集约化种植, 再加上污水灌溉、施用重金属元素超标的畜禽粪便等不合理的农事活动造成的土壤污染等问题, 严重威胁着我国的粮食安全、环境安全和农业可持续发展^[2-5]。特别是近年来, 由于酸沉降的危害加剧和生理酸性肥料的大量施用, 南方地区的水稻土酸化呈加速发展的趋势^[6-7]。因此, 通过合理的管理措施减缓土壤的酸化速度和阻控重金属活性就显得十分迫切。本研究以新型土壤调理剂牡蛎壳粉为材料, 针对江西省的水稻土探讨合理的牡蛎壳粉用量, 以期在提高水稻产量的同时来阻控土壤酸化加剧和钝化重金属活性, 从而最终提高水稻生产力的目标。这对于江西省的农业可持续发展、保障区域粮食安全、提高农民收入和恢复该地区退化的生态环境等具有重要的现实意义。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于江西省南昌县塔城乡(116°17'60"E、28°35'24"N), 地处中亚热带, 年均气温 18.1℃, ≥10℃积温 6 480℃, 年降雨量 1 537 mm, 年蒸发量 1 150 mm, 无霜期约 289 d, 年日照时数 1 950 h。试验土壤为

第四纪红粘土发育的红壤性水稻土, 试验前土壤理化性质: 耕层土壤 pH 值 5.46, 交换性氢 4.13 mmol/kg, 交换性铝 34.14 mmol/kg, 有机碳 16.22 g/kg, 全氮 0.95 g/kg, 全磷 1.02 g/kg, 全钾 15.41 g/kg, 碱解氮 143.70 mg/kg, 有效磷 10.30 mg/kg, 速效钾 125.10 mg/kg, 有效硅 127.9 mg/kg。

1.2 试验设计

试验材料为加工研磨的牡蛎壳粉, 其中 CaO ≥ 45%, pH 值为 9.8。试验设 4 个牡蛎壳粉用量处理: CK, 不施牡蛎壳粉; LO, 750 kg/hm²; MO, 1 500 kg/hm²; HO, 2 250 kg/hm²。每个处理均施用相同用量的氮、磷、钾肥, 3 次重复, 小区面积 35 m²(7 m×5 m)。牡蛎壳粉和肥料具体用量见表 1。氮肥(尿素)和钾肥(氯化钾)40%作基肥, 60%在分蘖期作追肥施用, 牡蛎壳粉和磷肥(钙镁磷肥)作基肥一次性施入。注意病虫害管理。种植作物为早稻, 品种为优 156, 株行距 20 cm×20 cm。

1.3 测定指标

1.3.1 水稻产量

在水稻成熟期每个小区单独收获和脱粒, 晒干称重, 然后计算产量。

1.3.2 土壤酸性指标

收稿日期 2015-12-04

基金项目: 江西省自然科学基金(20151BAB214008); 农业部植物营养与肥料学科群开放基金(201408); 公益性行业(农业)科研专项(201203030)

表 1 牡蛎壳粉和肥料用量

处理	牡蛎壳粉	氮肥 N	(kg/hm ²)	
			磷肥 P ₂ O ₅	钾肥 K ₂ O
CK	0	150	90	135
LO	750	150	90	135
MO	1500	150	90	135
HO	2250	150	90	135

表 2 不同牡蛎壳粉用量下水稻产量的变化

处理	水稻产量 (kg/hm ²)	比对照	
		增产(kg/hm ²)	增幅(%)
CK	6 462.60 c		
LO	7 420.65 ab	958.05	14.82
MO	7 830.90 a	1 368.30	21.17
HO	7 941.60 a	1 479.00	22.89

同列数据后不同小写字母表示各处理在 0.05 水平差异显著(p<0.05)。下同。

表 3 不同牡蛎壳粉用量下土壤 pH 值和交换性氢铝的变化

处理	pH 值		交换性氢(mmol/kg)		交换性铝(mmol/kg)	
	数值	比对照±	数值	比对照±	数值	比对照±
CK	5.46 b		4.13 a		34.34 a	
LO	5.58 b	0.12	3.55 b	-0.88	21.04 b	-13.30
MO	5.64 ab	0.18	2.03 c	-2.10	10.37 c	-23.97
HO	5.79 a	0.33	1.27 d	-2.86	2.07 d	-32.27

表 4 不同牡蛎壳粉用量下土壤 Cd、Pb 全量和有效态的变化

处理	全量 Cd (mg/kg)		有效态 Cd(mg/kg)		全量 Pb (mg/kg)		有效态 Pb(mg/kg)	
	数值	比对照±	数值	比对照±	数值	比对照±	数值	比对照±
CK	1.43 a		0.51 a		17.79 a		6.28 a	
LO	1.31 a	-0.12	0.31 b	-0.21	15.63 a	-2.16	4.40 b	-1.88
MO	1.07 a	-0.36	0.27 c	-0.24	14.85 a	-2.94	3.94 c	-2.34
HO	1.04 a	-0.39	0.26 c	-0.25	15.54 a	-2.25	3.47 c	-2.81

在试验结束后每个小区采集土壤样品，土壤 pH 值在 2.5:1 的水土比下直接用 pH 计读取。土壤交换性氢、铝用氯化钾交换-中和滴定法测定^[8]。

1.3.3 土壤重金属活性

在试验结束后每个小区采集土壤样品，风干后过筛，采用王水消煮、原子吸收分析土壤 Cd、Pb 的全量，用 0.1 mol/L 浸提土壤，原子吸收分析土壤 Cd、Pb 的有效态含量^[7]。

1.4 数据处理

所有试验数据采用 Excel 进行整理分析，用 SPSS 18.0 进行统计分析，用 LSD 法比较各个处理之间的差异显著性(p<0.05)。

2 结果与分析

2.1 牡蛎壳粉对早稻产量的影响

从表 2 可见，在江西省双季稻区，施用牡蛎壳粉可以显著提高早稻产量，各处理间产量大小依次为 HO>MO>LO>CK；其中，LO、MO 和 HO 处理的产量分别比

不施牡蛎壳粉的处理增加 14.8%、21.2%和 22.9%。说明施用牡蛎壳粉可以提高早稻产量，且用量越高，增产幅度越大。

2.2 牡蛎壳粉对土壤酸化改良的影响

从表 3 可以看出，与不施牡蛎壳粉相比，LO 处理的土壤 pH 值增幅不显著，但交换性氢和交换性铝分别降低 19.6%和 34.7%；MO 和 HO 处理的土壤 pH 值分别提高 0.18 单位(4.0%)和 0.33 单位(7.3%)，交换性氢分别降低 50.8%和 69.2%，交换性铝分别下降 69.8%和 93.9%。可见，施用牡蛎壳粉可以改良稻田的土壤酸化问题。

2.3 牡蛎壳粉对土壤 Cd 和 Pb 钝化的影响

从表 4 可见，施用牡蛎壳粉可以显著降低土壤 Cd 和 Pb 的有效态含量。与不施牡蛎壳粉相比，虽然土壤全量 Cd 和全量 Pb 得到一定程度的减少，但差异不显著。而在土壤有效 Cd 和有效 Pb 含量上，LO、MO 和 HO 处理的有效 Cd 含量分别比对照下降了 40.2%、47.1%和 49.0%；有效 Pb 含量分别比对照下降了 29.9%、

37.2%和 44.7%。这表明施用牡蛎壳粉可以有效钝化稻田 Cd 和 Pb 活性。

3 讨论

在江西省双季稻区,受不合理施肥、灌水、氮沉降和土壤母质特性的影响,稻田土壤的酸化和重金属累积是影响水稻产量提升和品质安全的重要因素之一^[9-12]。许多研究表明,施用石灰、黑炭等调理剂可以显著降低土壤酸化程度和重金属活性,从而为作物高产和品质安全提供良好的土壤环境^[13-15]。施用海藻液硅肥不仅能提高早稻产量,也能降低早稻对镉的吸收^[16]。在本研究中,施用牡蛎壳粉的早稻产量比对照增加了 14.82%~22.89%,且用量越高增产效果越好。

土壤酸化可以导致有效养分大量淋失、土壤质量退化,从而严重影响该区域的作物产量^[17],因此,阻控土壤酸化是提高稻田土壤质量的重要途径。目前,有关阻控土壤酸化的主要方法仍是施用石灰,已开发的改良土壤酸化的调理剂也由于工艺、成本等问题而不能大面积推广^[18]。因此,开发广适性的牡蛎壳粉就显得十分重要。在本研究中,利用牡蛎壳粉深加工而成的生物源石灰已实现大规模量产,因此具有十分广阔的推广前景。本试验结果表明,与对照相比,施牡蛎壳粉处理的土壤 pH 值提高了 0.18~0.33 个单位,交换性氢和交换性铝分别降低了 19.6%~69.2%和 34.7%~93.9%。因此,施用牡蛎壳粉可以较好地阻控稻田土壤的酸化。在我国双季稻稻田,土壤重金属累积是影响稻米品质的重要因子,稻田土壤 Cd 和 Pb 累积和活性的提升将导致稻米安全风险,从而威胁人体健康^[19-21]。大量研究表明,通过施用石灰等酸化改良剂可以明显钝化土壤中的重金属活性,从而显著阻控稻米的重金属吸收能力。本试验结果表明,施用牡蛎壳粉后土壤有效 Cd 和有效 Pb 含量分别下降了 40.2%~49.0%和 29.9%~44.7%。这可能是由于牡蛎壳粉提高了土壤 pH 值,从而导致有效态的 Cd 和 Pb 失活,但具体原因还有待进一步研究。

4 结论

在江西省双季稻区,施用牡蛎壳粉可以同时实现水稻增产、阻控土壤酸化和钝化重金属活性的目标。与对照相比,土壤施用牡蛎壳粉可以使水稻产量增加 14.8%~22.9%,同时将土壤 pH 值提高 0.18~0.33 个单位,且显著降低土壤交换性氢和交换性铝含量,使土壤的有效 Cd 和 Pb 含量减少 40.2%~49.0%和 29.9%~44.7%。

• 32 •

参考文献

- [1] 覃同,韦向克. 南方酸性水稻土施用硅钾肥增产效应试验[J]. 广西农学报, 2014, 29(4): 6-9.
- [2] 张桃林,潘剑君,刘绍贵,等. 集约农业利用下红壤地区土壤肥力与环境质量变化及调控—江西省南昌市郊区和余江县案例研究[J]. 土壤学报, 2007, 44(4): 584-591.
- [3] 成杰民,潘根兴. 太湖地区水稻土 pH 及重金属元素有效态含量变化影响因素初探[J]. 农业环境科学学报, 2001, 20(3): 141-144.
- [4] 余喜初,李大明,柳开楼,等. 长期施肥红壤稻田有机碳演变规律及影响因素[J]. 土壤, 2013, 45(4): 655-660.
- [5] 柳开楼,李大明,黄庆海,等. 红壤稻田长期施用猪粪的生态效益及承载力评估[J]. 中国农业科学, 2014, 47(2): 303-313.
- [6] 李艾芬,麻万诸,章明奎. 水稻土的酸化特征及其起因[J]. 江西农业学报, 2014, 26(1): 72-76.
- [7] 曾招兵,曾思坚,刘一锋,等. 1984 年以来广东水稻土 pH 变化趋势及影响因素[J]. 土壤, 2014, 46(4): 732-736.
- [8] 中国土壤学会. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,1999.
- [9] 朱安繁,邵华,张龙华. 江西省耕地土壤酸化现状与改良措施[J]. 江西农业学报, 2014, 26(4): 43-45.
- [10] 张佳文,薛强,郭科,等. 江西德兴大坞河流域土壤重金属环境质量及演化趋势[J]. 国土资源科技管理, 2012, 29(6): 129-134.
- [11] 孙华,张桃林,孙波. 江西省贵溪市污灌水田重金属污染状况评价研究[J]. 农业环境科学学报, 2001, 20(6): 405-407.
- [12] 余进祥,刘娅菲,尧娟. 江西省水稻优势产区重金属污染及累积规律[J]. 江西农业学报, 2008, 20(12): 57-60.
- [13] 刘莹莹,秦海芝,李恋卿,等. 不同作物原料热裂解生物质炭对溶液中 Cd²⁺ 和 Pb²⁺ 的吸附特性[J]. 生态环境学报, 2012, 21(1): 146-152.
- [14] 张晓熹,罗泉达,郑瑞生,等. 石灰对重金属污染土壤上镉形态及芥菜镉吸收的影响[J]. 福建农业学报, 2003, 18(3): 151-154.
- [15] 崔红标,梁家妮,周静,等. 磷灰石和石灰联合巨菌草对重金属污染土壤的改良修复[J]. 农业环境科学学报, 2013, 32(7): 1334-1340.
- [16] 余跑兰,肖小军,陈燕,等. 硅肥对早稻群体生产力和镉吸收的影响[J]. 中国稻米, 2015, 21(4): 135-137.
- [17] 周娟,袁珍贵,郭莉莉,等. 土壤酸化对作物生长发育的影响及改良措施[J]. 作物研究, 2013, 27(1): 96-102.
- [18] 孙蓓,王旭. 土壤调理剂的研究和应用进展[J]. 中国土壤与肥料, 2013(1): 1-7.
- [19] 彭华,戴金鹏,纪雄辉,等. 稻田土壤与稻米中的镉含量关系初探[J]. 湖南农业科学, 2013(7): 68-72.
- [20] 雷鸣,曾敏,王利红,等. 湖南市场和污染区稻米中 As、Pb、Cd 污染及其健康风险评价[J]. 环境科学学报, 2010, 30(11): 2314-2320.
- [21] 余守武,刘宜柏. 土壤-水稻系统重金属污染的研究现状和展望[J]. 江西农业学报, 2004, 16(1): 41-48.

Effects of Oyster Shell Powder on Rice Yield and Heavy Metal Stabilization in Paddy Soil

LUO Huahan¹, LIU Kailou^{2*}, YU Paolan², TAN Wugui³, CHEN Yan², LEI Yuanyuan²

(¹ Agriculture Bureau of Shangrao City, Shangrao, Jiangxi 334000, China; ² Jiangxi Institute of Red Soil, National Engineering and Technology Research Center for Red Soil Improvement/ Scientific Observational and Experimental Station of Arable Land Conservation in Jiangxi, Ministry of Agriculture, Nanchang 330046, China; ³ Key Laboratory of Plant Nutrition and Bio-fertilizer, Ministry of Agriculture / Hunan Taigu Biotechnology Co., Ltd., Changsha 410006, China; *Corresponding author: liukailou@163.com)

Abstract: In order to investigate the effects of a new soil conditioner oyster shell powder on rice yield, soil acidification improvement and availability of heavy metals in paddy soil, the grain yield, soil pH, exchangeable hydrogen and aluminum, concentrations of soil total and available Cd, Pb contents were analyzed after the application of oyster shell powder with four addition rates in 2014. The results showed that the grain yield and soil pH were increased by 14.8%~22.9% and 0.18~0.33 units (4.0%~7.3%) after application of soil conditioner compared with the control. Moreover, the soil exchangeable hydrogen and aluminum were decreased by 19.6%~69.2% and 34.7%~93.9%, the soil available Cd and Pb contents were significantly decreased by 40.2%~49.0% and 29.9%~44.7% compared with the control. Therefore, oyster shell powder could increase the rice yield, improve soil acidification and reduce activity of heavy metals.

Key words: oyster shell powder; rice yield; soil acidification; heavy metals

·综合信息·

国家 2015 年审定通过的水稻新品种(下)

审定编号 (国审稻)	品种名称	品种类型	选育单位	品种来源	全生育期 (d)	区试产量 (kg/667m ²)	生试产量 (kg/667m ²)
2015033	新两优 998	籼型两系杂交稻	中国种子集团有限公司江西分公司	新二 S × H0998	131.9	616.2	602.6
2015034	Y 两优 900	籼型两系杂交稻	创世纪种业有限公司	Y58S × R900	140.7	625.2	618.8
2015035	深两优 862	籼型两系杂交稻	江苏明天种业科技有限公司、南昌市德民农业科技有限公司、湖南省临湘市兆农科技研发中心	深 08S × R5662	134.0	630.0	607.9
2015036	安丰优华占	籼型三系杂交稻	广东省农业科学院水稻研究所、北京金色农华种业科技有限公司	安丰 A × 华占	116.8	573.4	564.9
2015037	荣优 308	籼型三系杂交稻	广西恒茂农业科技有限公司	荣丰 A × 广恢 308	117.4	580.7	561.2
2015038	深优 9566	籼型三系杂交稻	江西科源种业有限公司	深 95A × R366	117.3	583.1	571.8
2015039	两优 988	籼型两系杂交稻	安徽蓝田农业公司	富 1S × R988	114.1	576.6	558.9
2015040	甬优 1540	籼型三系杂交稻	浙江省宁波市种子有限公司	A15 × F7540	151.0	714.8	683.7
2015041	振优 616	籼型三系杂交稻	广东省农业科学院水稻研究所	振丰 A × 粤恢 616	116.8	485.1	485.0
2015042	川谷优 T16	籼型三系杂交稻	贵州省铜仁市农业科学研究所	川谷 A × TR16	150.8	647.0	590.2
2015043	隆粳 968	粳型常规稻	江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所、安徽隆平高科种业有限公司	春江 100/8994// 甬 18/ 淮稻 6 号	155.3	672.8	639.5
2015044	玉稻 518	粳型常规稻	河南师范大学生命科学学院、河南省新乡市农业科学院	新稻 03518 诱变	155.4	679.3	629.2
2015045	连稻 99	粳型常规稻	江苏东海县守俊水稻研究所、江苏年丰农业科技有限公司	镇 稻 99/ 中 作 85H68// 丙 00502	160.1	656.7	652.8
2015046	扬粳 113	粳型常规稻	江苏里下河地区农业科学研究所	运村 2443/ 扬粳 4227	155.2	671.2	654.9
2015047	京粳 1 号	粳型常规稻	中国农业科学院作物科学研究所、河南金博士种业股份有限公司	中系 8702/ 雨田 102	154.5	648.5	621.9
2015048	圣稻 22	粳型常规稻	山东省水稻研究所	圣稻 14/ 圣 06134	158.9	647.9	643.3
2015049	徐稻 9 号	粳型常规稻	江苏徐淮地区徐州农业科学研究所	40073/ 扬 59	155.9	667.9	629.2
2015050	宁粳 6 号	粳型常规稻	南京农业大学农学院	武运粳 21/ 镇稻 88// 宁粳 3 号	158.4	648.8	624.6
2015051	精华 208	粳型常规稻	山东省鄄城县种苗研究所	豫粳 5 号 / 镇稻 88	178.4	680.4	719.3
2015052	5 优 68	粳型三系杂交稻	天津市水稻研究所	5A × R68	163.0	660.8	659.8
2015053	粳优 586	粳型三系杂交稻	辽宁省稻作研究所	粳 139A × C586	159.2	631.8	690.8

(中稻宣)