

钢渣在我国南方土壤施用 效果的初步研究

臧惠林

(中国科学院南京土壤研究所)

钢渣作为肥料施用在西欧已有近百年的历史。目前,一般发达国家用于农业的钢渣约占总钢渣的10%左右,法国每年约施用200万吨^[1]。西德则把施用钢渣和种植豆科牧草作为提高土壤肥力水平的两大根本措施。

钢渣在我国农业中的应用开展较晚,七十年代张敬森^①曾对钢渣的磷素效果进行研究。根据钢渣富含钙、硅、镁和磷等特点,十分适合于我国南方酸性土壤。据估计,目前我国钢渣的积存量达1亿多吨,而且正以每年700万吨的速度不断增长。如何有效地利用这些钢渣资源已成为一个重要的课题。本文拟对钢渣的成分、农业利用等问题作一介绍,以期引起农业生产部门的注意,将钢渣在农业中的应用开展起来。

一、钢渣的成分

由于铁矿来源和冶炼方法的不同,钢渣的元素组成在不同钢厂间有很大差别。表1是综合我国南方一些钢厂的钢渣分析资料,各成分含量变化的幅度是:CaO12-28%, SiO₂9-23%, MgO2-7%, MnO1-6%, P₂O₅0.4-4%,可见钢渣是一种以含CaO为主 pH9-12的碱性渣。

表1 部分钢厂钢渣的成分*(%)

钢厂地点	CaO	SiO ₂	MgO	MnO	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃
南昌	38.03	23.33	5.41	4.52	0.40	3.43
南京	33.07	14.89	5.53	5.00	1.76	7.01
马鞍山	51.56	10.09	6.25	1.01	3.93	—
涟源	53.12	8.73	2.64	1.65	4.11	1.10
三明	50.68	17.64	4.20	5.94	1.78	—
杭州	39.53	20.54	6.01	5.05	1.15	3.50
上钢一厂	57.70	15.30	3.03	1.35	1.56	1.52
武汉	58.22	16.24	2.28	0.91	1.17	3.37
湘潭	11.65	20.68	5.39	—	0.44	—
柳州	49.01	10.15	7.01	—	2.52	16.02
广州	41.73	14.85	6.41	2.32	0.91	32.61
昆明	54.42	10.62	2.23	2.61	4.14	1.85

* ① 材料主要来自北京钢铁设计总院调查结果。

② 钢渣成分除表中所列6种氧化物外,其余主要是 Fe + FeO + Fe₂O₃。

① 张敬森:马钢平炉水淬钢渣磷肥对农作物的肥效。内部资料,1973年。

钢渣的矿物组成也有所不同, CaO超过50%的高钙渣(涟钢), 主要成分是硅酸三钙、铁酸二钙、游离氧化钙、氢氧化钙和磷灰石; 低钙渣(杭钢)的主要成分是硅酸二钙、铁酸盐和氧化镁等。同一钢厂的钢渣成分也有很大变化。如马钢第一钢厂的钢渣 CaO 含量31-44%, SiO₂12-16%, P₂O₅3-6%。杭钢钢渣的CaO含量34-45%, SiO₂16-25%, MgO4-8%。

根据钙、硅和磷的含量多少, 钢渣的农业利用可分成三类:

第一类是含磷较高的钢渣, 如马钢、涟钢和昆钢的钢渣, 其P₂O₅一般4%左右, 可直接作低质磷肥施用, 并具有改良酸性土的效果。

由于磷主要在前期渣中, 如南钢前期渣含P₂O₅9%, 中、后期渣仅含1.2%。马钢前期渣一般含P₂O₅8%。如能把前期渣和中后期渣分开处理而利用前期渣, 钢渣中磷的含量就能普遍提高。

第二类是SiO₂含量15%以上的钢渣, 如南昌钢厂、杭钢、三明和湘潭钢厂等。钢渣中的硅是以硅酸钙为主的玻璃相, 枸溶率高。如南昌钢厂的钢渣枸溶性SiO₂为12%左右。这类钢渣可作低质硅肥施用。

第三类是P₂O₅含量2%左右或以下, SiO₂含量低于15%的钢渣, 如柳州钢厂和广州钢厂的钢渣, 这类钢渣主要作石灰改良酸性土。

钢渣中虽然含有部分重金属污染物, 但由于炼钢过程的高温 and 碱性条件, 一般说来含量并不高, 通常不致因施用钢渣引起土壤重金属污染问题。但表2材料说明, 涟钢钢渣铬含量高达0.1%。我国东北有些土壤铬的临界有效浓度仅3ppm左右^①, 而南方土壤由于pH较低, 土壤铬的活性可能较高。因此, 施用涟钢钢渣时, 应对土壤铬污染的影响问题给予足够的重视。

表 2 钢渣中其它元素含量(%)

钢渣来源	Cu	Zn	Pb	Cd	Co	Cr	As
涟钢*	0.11	0.012	0.004	0.004	0.004	0.10	0.037
南钢**	前期渣	0.03	0.05	0.03	—	0.08	0.001
	后期渣	0.1	2.0	0.03	0.005	—	0.02

* 中南矿冶学院分析* 南钢分析

二、钢渣农业利用的效果

试验于1984—1985年进行, 所用钢渣为马钢老渣和涟钢余热粉碎新渣。以下仅就其磷的作用、改良酸性土和硅肥三个方面所得初步结果整理如下:

(一) 马钢钢渣作磷肥施用的效果

研究钢渣中磷的肥效, 是合理利用钢渣的重要方面。在西欧, 钢渣磷肥的比重曾占磷肥总量的25-50%, 近年来, 由于炼钢工艺的改进, 钢渣磷肥施用数量已减少。在我国, 钢渣磷肥很少施用, 磷肥资源未能充分利用。钢渣中的磷主要以磷灰石的形式存在, 在金属铁相、硅酸钙和游离氧化钙中也混杂有五氧化二磷。钢渣中磷的枸溶率通常达75%。

磷肥试验是以马钢二厂的老渣为材料, 其有效P₂O₅3.1%, 过60目筛, 供盆栽试验用。每

^① 《土壤环境容量研究》课题组: 土壤环境容量研究。内部资料, 1985年。

表 3 供 试 土 壤 性 质

采土地点	土壤类型	母 质	pH (H ₂ O)	有机质(%)	速效磷 (P-ppm)
广西南宁	砖红壤性红壤	砂 页 岩	4.53	2.21	2.1
浙江金华	红 壤	第四纪红色粘土	4.96	1.14	3.1
江苏南京	棕 壤	砂 岩	5.32	1.46	1.4
安徽无为	水 稻 土	长江冲积物	7.26	1.49	5.6
安徽无为	水 稻 土	湖 积 物	7.27	2.82	2.3

注：1. 有机质用重铬酸钾法。

2. 速效磷用0.5M NaHCO₃提取。

表 4 不同土壤上施用马钢钢渣对大豆的肥效

土 壤 类 型	处 理	株高(厘米)	荚数/株	籽粒重 (克/盆)	增加(%)
广西砂页岩发育砖红壤性红壤	氮钾	47.0	0.8	0.8	—
	氮钾过磷酸钙	50.3	3.5	12.2	1425
	氮钾钢渣	57.1	5.7	17.4	2075
浙江第四纪红色粘土红壤	氮钾	40.9	1.0	0.9	—
	氮钾过磷酸钙	49.8	2.6	4.9	444
	氮钾钢渣	49.5	2.8	6.2	589
南京砂页岩发育棕壤	氮钾	27.1	0.6	0.6	—
	氮钾过磷酸钙	32.2	0.8	0.8	33
	氮钾钢渣	45.0	3.2	10.4	1633
安徽长江冲物水稻土	氮钾	55.8	5.6	20.8	—
	氮钾过磷酸钙	57.0	5.8	28.4	38
	氮钾钢渣	56.8	5.7	29.6	42
安徽湖积物水稻土	氮钾	56.2	2.6	7.8	—
	氮钾过磷酸钙	58.3	7.5	38.8	397
	氮钾钢渣	57.8	7.0	31.2	300

盆装土2.5公斤。处理分(1)氮钾:施尿素0.5克和氯化钾1克。(2)氮钾加过磷酸钙:在氮钾基础上每盆施2克过磷酸钙(含有效P₂O₅15.8%)。(3)氮钾加钢渣:在氮钾基础上施与过磷酸钙等有效磷量的马钢钢渣。每处理重复3次。供试作物为大豆。供盆栽用的土壤是我国南方几种母质发育的酸性土和湖积物发育的中性水稻土等。土壤性质见表3。试验结果列于表4。

从表4中各处理间大豆籽粒重量来看,在长江以南各类酸性土壤上,在等有效磷量的条件下,钢渣磷肥效果比过磷酸钙好,在中性土上两者肥效相近,但在pH7.27的湖积物水稻土上,钢渣磷肥对大豆的肥效只有过磷酸钙的75%。

为了分析钢渣磷肥在南方酸性土上的增产原因,在盆栽试验中,于广西南宁由砂页岩母质发育的砖红壤性红壤上,又设置了在氮、钾和过磷酸钙的基础上再施和钢渣等量的碳酸钙处理。结果表明,施碳酸钙处理的大豆每盆籽粒比过磷酸钙增产,但比钢渣处理的差,这可能是由于钢渣中含镁及铜锌等多种微量元素的缘故。因此,钢渣施用在南方酸性土壤上,具有磷肥效益和改良酸性土等多种作用。

(二)改良酸性土的效果

作物遭受土壤酸害在我国南方农业生产上还未引起普遍注意,实际上酸害对作物产量的

影响很严重。特别是一些耐酸性差的作物，如大麦在华中地区由于土壤酸害而严重减产，尽管饲料和啤酒工业对大麦需要量很大，然而却无法普遍种植。蔬菜中的菠菜和大白菜，在长江以南由于土壤酸性，对产量影响也很大。施用石灰或石灰石粉虽然有效，但开采加工成本比较高。而钢渣中含50%左右的氧化钙，具有中和土壤酸性的良好作用。表5是用涟钢余热

表5 施用钢渣对土壤pH的影响

土壤类型	处理	土壤 pH				
		第1天	2天	3天	4天	5天
浙江 金华第四纪红色粘土红壤	对照	5.30	5.01	4.86	4.88	4.73
	钢渣	5.70	5.75	5.68	5.70	5.54
浙江衢州 红砂岩母质红壤	对照	4.97	5.06	5.09	4.96	4.87
	钢渣	8.68	8.75	8.59	8.62	8.52

粉碎钢渣按土重的0.3%分别加入两种酸性土中，模拟旱作条件(加水占土重的20%)，每日以平板玻璃电极直接测定土壤pH，结果表明，钢渣对土壤pH的影响很明显。加入后第一天土壤pH就升高，第二天后基本稳定。由于土壤缓冲性能的不同，以等量钢渣施入不同土壤，pH值上升速度差别很大。

以钢渣改良酸性土的盆栽试验是用浙江金华第四纪红色粘土发育的红壤进行的。每盆装土2.5公斤，以加入尿素0.5克、氯化钾0.3克和过磷酸钙1.5克为对照。在对照的基础上分别加入涟钢余热粉碎后期渣(含有效 P_2O_5 0.9%)和碳酸钙，用量按土重的0.2%和0.4%加入。和土混匀，播种小麦、大麦和白菜，重复三次。出苗后40天测定干物重。结果见表6。

表6 小麦、大麦、白菜干物重(克/盆)比较

处理	土壤pH	小 麦				大 麦				白 菜	
		根系	地上部	总重	增加(%)	根系	地上部	总重	增加(%)	地上部	增加(%)
对 照	4.79	0.86	2.25	3.11	—	0.60	1.11	1.71	—	1.05	—
钢 渣	0.2%	1.31	3.30	4.61	48	1.60	2.50	3.10	81	4.11	291
	0.4%	1.26	3.81	5.07	63	2.02	2.78	5.80	239	6.45	514
碳 酸 钙	0.2%	1.26	3.80	5.06	63	2.07	3.70	5.77	237	7.07	573
	0.4%	1.42	3.83	5.25	69	2.15	4.27	6.42	275	5.70	443

材料说明，施用钢渣和碳酸钙提高了土壤pH，降低了土壤酸度，对小麦、大麦和白菜的生长都有良好作用。特别是白菜和大麦的耐酸性差，施用钢渣的效果尤为明显。另据试验，在南京郊区pH6.2的土壤上，每亩施用250公斤余热粉碎钢渣，大白菜的增产效果达21.5%。钢渣中的钙部分以硅酸三钙形式存在，和等量的碳酸钙相比，提高土壤pH值的效果略低。

(三)作为硅肥施用的效果

在国外，凡作硅肥施用的物质，其为0.5N盐酸溶液提取的 SiO_2 量均应达到规定标准，朝鲜要求高于15%〔2〕，日本规定大于20%。我国南方的湘钢、杭钢、南昌钢厂和三明钢厂等钢渣中的 SiO_2 含量均高于15%，钢渣碱度大， SiO_2 的枸溶率高，可作低质硅肥直接施用。江西高安县近年来大面积施用南昌钢厂的粉尘钢渣作水稻硅肥，有良好的抗病增产效果。

田间试验所用硅肥是涟钢余热粉碎钢渣，因其仅含 SiO_2 9%，因此将其与含有效 SiO_2 30%并经球磨通过60目筛的干渣(块状炼铁渣)混和而成。试验在江西的婺源和江苏的吴江、

表 7 水稻施用钢铁渣硅肥的效果

试验地点	土壤有效硅 (SiO ₂ 毫克/100克土)	处理	产 量		穗颈瘟发病情况	
			斤/亩	增产(%)	病穗(%)	病情指数(%)
江苏吴江	6.0	对照	767		24.0	8.5
		施硅	927	20.1	12.0	3.5
江苏吴县	12.5	对照	945		11.0	2.4
		施硅	995	5.3	5.8	1.3
江西婺源	5.2	对照	841		8.8	0.6
		施硅	916	8.9	1.9	0.2
江西婺源	4.0	对照	723		23.1	5.3
		施硅	803	11.1	7.2	1.9

注：土壤有效硅用pH4醋酸缓冲液提取

吴县进行。小区面积一般0.03亩，重复三次。以氮、磷、钾为对照，在氮、磷、钾基础上每亩施100公斤钢铁渣硅肥为施硅处理。表7是水稻田间试验的结果。材料说明，施用钢铁渣硅肥对水稻抗病增产有良好的效果。估计我国南方严重缺硅的水稻土有3000万亩，每年需硅肥250万吨。由于含有效硅高(大于20%)的炼铁高炉渣是水泥原料，作农业利用的可能性很小，而用含SiO₂大于15%的钢渣作低质硅肥施用，在实践上比较容易推广。

三、钢渣农业利用的推广

迄今，我国对钢渣在农业上利用的工作尚未普遍，也未见有关这方面的研究报道，这固然和农业部门并未认真试验示范有关，但也受钢渣粉碎处理的成本问题所牵制。将坚硬的块状钢渣球磨并达到通过60目筛孔的要求，成本太高，经济上过不了关。目前钢厂推广余热粉碎，将刚出炉的钢渣经水淬处理，其粒级组成大部分均能通过60目筛，不需球磨加工就能达到农业利用的要求(表8)。这种粉状钢渣还可磁选回收钢渣中的废钢铁，节省了球磨加工

表 8 余热粉碎钢渣的粒度组成

筛 号	<10	28	45	75	100	150	>150
直径(毫米)	> 2	0.67	0.4	0.2	0.154	0.1	<0.1
含量 (%)	0.7	1.8	1.8	38.1	44.7	8.6	4.3
累积 (%)	0.7	2.5	4.3	42.4	87.1	95.7	100

注：涟源钢厂资料

费用，为农业利用推广创造了条件。

除余热水淬外，杭钢采用盘泼水淬工艺，水淬后的钢渣质地松脆，但粒度一般仍较粗(直径2厘米)，用于农业仍需再加工。

由于国内钢厂投产以来，钢渣一般均未利用，某些高钙钢渣，存积日久经自然风化，大部分已成粉尘钢渣，仅需过筛就可直接施用，这是推广利用老渣的途径之一。

由于钢渣施用量大，应以就近施用为原则。我国南方各省都有中型钢厂，充分利用这些工厂的钢渣为附近农业服务，定会产生良好的社会效益。

参 考 文 献

- [1] 冶金工业部国外冶金工业污染资料编译组编，冶金工业污染及其防治。石油化学工业出版社，1975。
- [2] 臧惠林，朝鲜水稻硅肥施用情况。国外农业科技，第5期，18—19页，1984年。