

# 农业生态与土壤环境中铁元素的关系

曾昭华

(江西省国土资源厅环境地质研究所, 江西 南昌 330012)

**摘要:** 论述了铁元素的地球化学特征及其分布, 与铁元素有关的主要作物分类、作物与铁元素的关系以及影响铁元素有效态的因素, 铁肥的种类和施用方法与效果。

**关键词:** 农业生态系统; 土壤环境; 铁元素

中图分类号: S 181 文献标识码: A 文章编号: 1006-2009(2001)04-0018-03

## Relationship Between Agricultural Ecology and Element Fe in Soil

ZENG Zhao-hua

(The Environmental Geology Institute of the Country Resource Bureau, Nanchang, Jiangxi 330012, China)

**Abstract:** This paper demonstrates the geochemistry features and distribution of element Fe, the classification of the main agricultural crops rich in element Fe, the relationship between crops and element Fe, and the factors of impacting effective state of element Fe, the kinds of Fe fertilizer and its application method and effectiveness.

**Key words:** Agricultural ecosystems; Soil environment; Element Fe

### 1 铁元素的地球化学特征

铁元素是第四周期第八族的一个过渡元素, 其地球化学参数<sup>[1]</sup>见表 1。

表 1 铁元素的地球化学参数

元 素	原子序数	原子量	克原子体积 $V/cm^3$	原子密度 $\rho/(g \cdot cm^{-3})$	熔点 $/^{\circ}C$	沸点 $/^{\circ}C$	电子构型	电负性	地壳丰度 $/\%$
Fe	26	55.85	7.1	7.86	1535	3000	$3d^64s^2$	1.7(2+) 1.8(3+)	5.63
地球化学电价	原子半径(12 配位) $r/10^{-10}m$	共价半径 $r/10^{-10}m$	离子半径(6 配位) $r/10^{-10}m$	电离势 $V/eV$	还原电位 $V/eV$	离子电位	EK 值		
$0, 2+ 1$ $3+ 1$ $16+ 1$	1.241	1.17	0.73(2+) 0.64(3+)	7.87	$Fe^{3+} \rightarrow Fe^{2+}$ , 0.770	2.70(2+) 4.67(3+)	2.12(2+) 5.15(3+)		

由表 1 可知, 铁的电子构型是  $3d^64s^2$ , 它很容易失掉最外层的 2 个 s 电子而氧化成  $2+$  价。如果再失掉一个 3d 电子则成  $3+$  价。在碱性溶液中强氧化剂可将铁氧化到  $6+$  价形成含氧酸盐。铁的变价特征导致它在不同的氧化还原介质中显示出不同的地球化学行为和不同的存在形式<sup>[1]</sup>。

### 2 中国土壤中铁元素的分布

我国除海南、台湾、重庆、香港、澳门以外的 29

个省、市、自治区土壤中的铁元素含量均低于地壳丰度<sup>[2]</sup> ( $5.63 \times 10^{-2}$ )。

收稿日期: 2000-12-30; 修订日期: 2001-06-30

作者简介: 曾昭华(1934-), 男, 江西会昌人, 高级工程师, 本科, 从事水、工、环境地质、医学地质和农业地质的研究, 获科技进步奖 6 项, 被国家教委等部门授予国家科技攻关有突出贡献的先进工作者称号, 获“世界医学金象奖”, 享受国务院特殊津贴, 编写专著 5 部, 现任世界医药家学术交流区研究中心特约研究员、中国国际交流出版社特约顾问和中国地质调查项目监督审查专家。

### 3 农作物与铁元素的关系及其分类

铁是一些酶的组成成分,在氧化还原过程中起着极其重要的作用,缺铁会使作物的叶绿素不能形成,从而导致缺绿病<sup>[3]</sup>。果树黄叶病是世界性的较难矫正的树木生理病害,欧、美、日本和我国的南北方均有发生,尤其是北方的石灰性土壤生长的果树(苹果、梨、枇杷)每年 5 月~ 8 月发病极其普遍。所以铁元素是作物生长发育和增产的必需元素,同时,也是防治人类胃癌<sup>[4]</sup>、肺癌<sup>[5]</sup>的重要元素。

目前的研究结果表明,与铁元素有关的作物,主要有粮、棉、油、果树、蔬菜等。现根据作物与铁元素关系的密切程度和作物的铁含量<sup>[6]</sup>,将主要作物分成 4 类,见表 2。

表 2 作物与铁元素的关系分类

类别	关系特征	主要作物	施铁肥的效果
第一类	作物与铁元素的关系最密切或作物的铁元素含量最丰富	柿子椒、洋葱、生菜	很好
第二类	作物与铁元素的关系密切或作物的铁元素含量丰富	油菜、芹菜、韭菜、雪里红、茼蒿、大葱、胡萝卜、南果梨、地瓜、菠菜、甘蓝、水稻、麻、烟草、桑叶	好
第三类	作物与铁元素的关系较密切或作物的铁元素含量较丰富	尖辣椒、花菜、香菜、秋白菜、绿豆、红小豆、大豆、芸豆、花生、苹果、梨、桃	较好
第四类	作物与铁元素的关系不够密切或作物的铁元素含量贫乏	大蒜、青萝卜、甜菜、芥菜、西红柿、马铃薯、黄瓜、茄子、大萝卜、山楂、板栗、玉米、高粱、小米、向日葵、芝麻	差或较差

周国华等<sup>[7]</sup>对浙江省杭嘉湖地区土壤元素与作物生长关系的研究结果表明,高产油菜田土壤中的铁以及油菜籽、茎、根中的铁含量比低产田的油菜丰富;高产稻田土壤中的铁以及稻草中的铁含量比低产田高;高产麻地土壤中的铁以及麻的根、茎、皮中的铁含量比低产田丰富;长势好的桑地中铁的含量比长势差的桑地高。朱立新等<sup>[8]</sup>对微量元素提高烟草产量及品质的研究表明,低质烟叶田土壤中的铁元素明显偏低,施入铁肥以后,品质提高效果明显。由此可知,油菜、稻谷、麻、桑的产量,烟草的品质与土壤中的铁元素有着密切的关系。

### 4 土壤中铁元素的有效态含量及其控制因素

我国土壤中的全铁含量虽然低于地壳丰度,但

仍然较高,而有效态铁的含量却很低<sup>[9]</sup>,仅为全量的千分之一到万分之一,见表 3 和表 4。

表 3 江西省土壤中有有效态铁含量 mg/kg

土 壤	样品数/个	含量范围	平均值
水 田	551	4.0~ 550	111.45
旱 地	494	0.9~ 310	51.47
自然土壤	207	1.0~ 290	21.86

表 4 中国北方黄土区土壤中有有效态铁含量 mg/kg

土 壤	含量范围	平均值
灌溉土壤	4.7~ 88.4	12.4
旱地土壤	2.1~ 5.8	4.6
全 区	2.1~ 88.4	6.1

土壤中的铁元素只有呈有效态时,才能被植物吸收利用,所以应设法提高土壤中铁的有效生态含量。土壤中铁的有效态含量,不仅与岩土的铁含量有关,而且与土壤的酸碱度、土壤类型、有机质含量、含水量有关。一般土壤中铁的有效态含量随土壤中铁元素的全量增高和土壤 pH 值的降低而增高<sup>[10]</sup>,见表 5。而土壤中铁的全量又与土壤类型和母质有关,见表 6。

表 5 土壤中有有效态铁含量与 pH 值的关系

有效态铁含量/( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	pH	有效态的丰缺
> 4.8	< 6.6	丰富
4.4~ 2.8	6.6~ 7.0	不足
< 2.3	> 7.0	缺乏

一般土壤中铁的有效态含量低于 2.5 mg/kg 为缺乏,(2.5~ 4.5) mg/kg 为不足<sup>[11]</sup>,大于 4.5 mg/kg 为充足。我国缺铁的土壤主要有中性至弱碱性土壤(pH 值为 7~ 8),施用大量厩肥的碱性土壤、盐碱性土壤,含有大量的  $\text{HCO}_3^-$  离子的土壤,含二氧化碳过多的土壤,含有大量锰、铜、锌的土壤,严重缺钾的土壤,施用大量磷肥的土壤。

### 5 铁肥的种类和施用

#### 5.1 铁肥的种类

铁肥的种类有:硫酸亚铁,含铁量 19%;硫酸铁,含铁量 23%;氧化亚铁,含铁量 77%;氧化铁,含铁量 69%;碳酸铁铵,含铁量 29%;硫酸铵铁,含铁量 14%;磺腐酸铁;EDTA 铁;尿素铁;有机铁等。其中以硫酸亚铁最常用。

#### 5.2 施用方法与要求

由于铁盐在石灰性土壤上迅速转化为难溶性

表 6 中国土壤和母质的铁含量

%

土壤和母质 类 型	样品数 /个	含量范围	算 术		几 何	
			平均值	标准差	平均值	标准差
黑土	11	1.92~ 3.55	2.92	0.545	2.87	1.225
潮土	51	1.64~ 4.85	3.10	0.685	3.03	1.256
水稻土	58	0.81~ 10.81	3.12	0.879	2.97	1.391
砖红壤	7	0.96~ 3.52	2.03	1.051	1.82	1.645
红壤	77	1.37~ 12.21	3.78	1.687	3.46	1.516
黄壤	37	1.45~ 6.99	3.22	1.345	2.98	1.473
黄棕壤	35	0.88~ 5.87	3.33	0.990	3.16	1.410
棕壤	53	1.63~ 12.59	2.89	0.746	2.80	1.284
栗钙土	34	1.13~ 3.77	2.55	0.731	2.44	1.375
草甸土	39	1.29~ 4.73	2.87	0.796	2.76	1.331
盐土	33	0.16~ 5.37	2.74	1.152	2.41	1.867
碱土	3	2.00~ 2.53	2.30	0.271	2.29	1.129
磷质石灰土	9	0.12~ 0.20	0.13	0.012	0.13	1.094
石灰(岩)土	15	1.82~ 7.62	4.68	1.455	4.45	1.418
酸性火成岩	133	0.32~ 29.76	5.90	6.263	3.55	2.783
中性火成岩	8	1.04~ 9.06	3.75	2.790	2.90	2.184
火山喷发岩	21	2.45~ 33.10	13.24	7.954	10.62	2.111
沉积页岩	60	0.45~ 28.96	4.13	4.996	2.62	2.497
沉积砂岩	80	0.51~ 14.10	3.14	2.893	2.19	2.344
沉积石灰岩	45	0.76~ 22.18	4.67	4.920	3.16	2.348
黄土母质	70	0.70~ 4.70	1.85	0.875	1.67	1.587
红土母质	23	0.61~ 6.39	2.98	1.985	2.34	2.098

注:此表摘自中国环境监测总站主编的《中国土壤元素背景值》

化合物,因此,直接施入土壤效果不好。应采用叶面喷施,喷施浓度为 0.2%~ 0.5%。用硫酸亚铁溶液或有机铁喷施,浓度以万分之四至千分之一为好。用有机铁肥涂树干,浓度为 0.3%~ 1.0%。对于果树等植物,在根外追肥不方便时,可将浓度为 0.75%的硫酸亚铁注入树干或直接将固体硫酸亚铁埋藏于树干中,每株 1g~ 2g。中国果树研究所提出采用注射机快速向树干内注射 0.3%~ 1.0%的硫酸亚铁溶液,也是一种快速有效解除果树缺铁失绿的好方法。

## 6 结语

铁元素是作物生长发育和增产的必需元素。我国土壤铁元素的全量虽然较高,但有效态铁含量低。铁元素只有呈有效态时,才能被作物吸收利用,所以应设法提高土壤中的有效态铁含量。土壤的有效态铁含量,随土壤和母质的全量增高及土壤 pH 值的降低而增高。当土壤中的有效态铁含量不能满足作物生长发育时,应及时施用铁肥。

## [参考文献]

- [1] 刘英俊,曹励明,李兆麟,等. 元素地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1984. 86.
- [2] 中国环境监测总站. 中国土壤元素背景值[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990. 482~ 483.
- [3] 曾昭华. 作物产量与土壤环境的关系[J]. 湖南地质, 2000, 19(1): 23~ 29.
- [4] 曾昭华,曾雪萍. 中国胃癌与土壤环境中化学元素的相关性[J]. 青海地质, 1999, 8(1): 67~ 72.
- [5] 曾昭华,曾雪萍. 中国肺癌与土壤环境中元素的相关性研究[J]. 中华流行病学, 1998, 19(2-A): 328~ 329.
- [6] 芮翎,寒颖,王娜. 辽宁农作物的生物地球化学分类[J]. 辽宁地质, 1998, (3): 221~ 234.
- [7] 周国华,顾金秋,朱立新,等. 浙江省杭嘉湖地区土壤元素与作物生长关系的初步研究[J]. 农业现代化研究, 1995, 16(增刊): 82.
- [8] 朱立新,任天祥,周国华,等. 微量元素对提高烟草产量及品质的试验应用效果[J]. 农业现代化研究, 1995, 16(增刊): 85.
- [9] 颜世铭,吴敬炳,徐德扬,等. 微量元素导论[M]. 上海: 同济大学出版社, 1992. 171.
- [10] 曾昭华. 长江中下游地区地下水中化学元素的背景特征及形成. 地质学报, 1996, 70(3): 262~ 269.
- [11] 颜世铭,吴敬炳,徐德扬,等. 微量元素导论[M]. 上海: 同济大学出版社, 1992. 172~ 173.