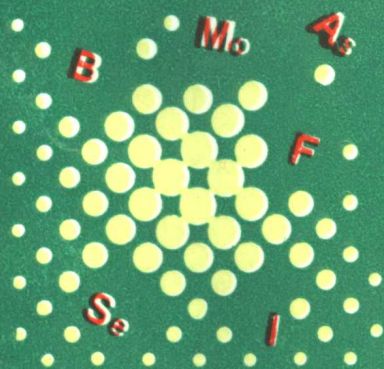


微量元素的 环境化学 及生物效应

● 廖自基 编著



● 中国环境科学出版社

(京)新登字 089 号

内 容 简 介

本书按微量元素分章编写,分别论述了必需的、有益的及有毒的微量元素氟、碘、铝、硼、硒、砷、铁、锰、铜、锌、铬、镉、汞、铅、镍、钴、钼、钒、铍、溴、锑、锡、锂、铷、锆、铈在环境中的分布及污染,环境化学及迁移转化,对植物、动物及人体的生物效应,以及污染防治。本书是目前国内外比较系统地、全面地论述微量元素方面的专著,可供环境科学、环境保护、医疗卫生、生物学、农牧业、工矿企业等方面的科技人员以及高等院校有关专业的师生参考。

微量元素的环境化学及生物效应

廖自基 编著

责任编辑 杨吉林

中国环境科学出版社出版

北京崇文区北岗子街8号

昌平马池口印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经售

1992年4月 第 一 版 开本 850×1168 1/32

1992年4月 第一次印刷 印张 16 5/8

印数 1—4000 字数 447千字

ISBN 7-80093-095-5/X·561

定价 10.50 元

前 言

70年代以来,微量元素的研究与应用,已越来越多地受到世界各国的重视,成为一个令人瞩目的新领域。微量元素的研究,不但关系到人的健康长寿,而且与农牧业生产的发展密切相关,但这些都涉及到微量元素在环境中的分布、环境化学及生物效应等方面。

本书是按微量元素分章编写,分别论述了必需的、有益的及有毒的微量元素氟、碘、钼、硼、硒、砷、铁、锰、铜、锌、铬、镉、汞、铅、镍、钴、铝、钒、铍、溴、铈、锡、锂、铷、锶、铉在环境中的分布及污染,环境化学及迁移转化,对植物、动物及人体的生物效应,以及污染防治。每章构成一个比较完整的系统。本书是目前国内外比较系统地、全面地论述微量元素的专著。可供环境科学、环境保护、工业卫生、农业科学、生物学、土壤学等方面的科技人员以及高等院校有关专业的师生参考。

本书的部分章节,承蒙中国化学学会理事、云南大学化学系主任戴树珊教授、中国环境科学学会理事、云南大学生物系王焕校教授、云南农业大学黄础平教授审阅,并提出了宝贵意见,在此致以衷心的感谢。由于作者水平有限,书中一定有许多不足之处,恳请读者批评指正。

著 者

1990.10.26

目 录

第一章 氟的环境化学及生物效应	(1)
第一节 氟在环境中的分布及污染	(1)
第二节 氟的环境化学及迁移转化	(9)
第三节 氟对植物的生物效应	(20)
第四节 氟对动物和人体的生物效应	(26)
第五节 氟污染的防治	(36)
参考文献	(40)
第二章 碘的环境化学及生物效应	(41)
第一节 碘在环境中的分布及污染	(41)
第二节 碘的环境化学及迁移转化	(44)
第三节 碘对植物的生物效应	(50)
第四节 碘对动物和人体的生物效应	(52)
第五节 碘污染的防治	(59)
参考文献	(60)
第三章 钼的环境化学及生物效应	(61)
第一节 钼在环境中的分布及污染	(61)
第二节 钼的环境化学及迁移转化	(67)
第三节 钼对植物的生物效应	(72)
第四节 钼对动物和人体的生物效应	(76)
第五节 钼污染的防治	(79)
参考文献	(80)
第四章 硼的环境化学及生物效应	(81)
第一节 硼在环境中的分布及污染	(81)
第二节 硼的环境化学及迁移转化	(87)
第三节 硼对植物的生物效应	(92)
第四节 硼对动物和人体的生物效应	(98)
第五节 硼污染的防治	(106)

参考文献	(101)
第五章 硒的环境化学及生物效应	(102)
第一节 硒在环境中的分布及污染	(102)
第二节 硒的环境化学及迁移转化	(106)
第三节 硒对植物的生物效应	(112)
第四节 硒对动物和人体的生物效应	(114)
第五节 硒污染的防治	(122)
参考文献	(123)
第六章 砷的环境化学及生物效应	(124)
第一节 砷在环境中的分布及污染	(124)
第二节 砷的环境化学及迁移转化	(134)
第三节 砷对植物的生物效应	(148)
第四节 砷对动物和人体的生物效应	(156)
第五节 砷污染的防治	(159)
参考文献	(161)
第七章 铁的环境化学及生物效应	(163)
第一节 铁在环境中的分布及污染	(163)
第二节 铁的环境化学及迁移转化	(169)
第三节 铁对植物的生物效应	(175)
第四节 铁对动物和人体的生物效应	(177)
第五节 铁污染的防治	(182)
参考文献	(183)
第八章 锰的环境化学及生物效应	(185)
第一节 锰在环境中的分布及污染	(185)
第二节 锰的环境化学及迁移转化	(194)
第三节 锰对植物的生物效应	(200)
第四节 锰对动物和人体的生物效应	(203)
第五节 锰污染的防治	(208)
参考文献	(209)
第九章 铜的环境化学及生物效应	(210)
第一节 铜在环境中的分布及污染	(210)
第二节 铜的环境化学及迁移转化	(218)
第三节 铜对植物的生物效应	(227)

第四节	铜对动物和人体的生物效应	(231)
第五节	铜污染的防治	(237)
参考文献		(240)
第十章	锌的环境化学及生物效应	(241)
第一节	锌在环境中的分布及污染	(241)
第二节	锌的环境化学及迁移转化	(251)
第三节	锌对植物的生物效应	(253)
第四节	锌对动物和人体的生物效应	(262)
第五节	锌污染的防治	(267)
参考文献		(268)
第十一章	铬的环境化学及生物效应	(269)
第一节	铬在环境中的分布及污染	(269)
第二节	铬的环境化学及迁移转化	(277)
第三节	铬对植物的生物效应	(284)
第四节	铬对动物和人体的生物效应	(288)
第五节	铬污染的防治	(292)
参考文献		(293)
第十二章	镉的环境化学及生物效应	(294)
第一节	镉在环境中的分布及污染	(294)
第二节	镉的环境化学及迁移转化	(302)
第三节	镉对植物的生物效应	(315)
第四节	镉对动物和人体的生物效应	(317)
第五节	镉污染的防治	(320)
参考文献		(323)
第十三章	汞的环境化学及生物效应	(324)
第一节	汞在环境中的分布及污染	(324)
第二节	汞的环境化学及迁移转化	(334)
第三节	汞对植物的生物效应	(345)
第四节	汞对动物和人体的生物效应	(347)
第五节	汞污染的防治	(352)
参考文献		(357)
第十四章	铅的环境化学及生物效应	(359)
第一节	铅在环境中的分布及污染	(359)

第二节	铅的环境化学及迁移转化	(368)
第三节	铅对植物的生物效应	(378)
第四节	铅对动物和人体的生物效应	(380)
第五节	铅污染的防治	(386)
参考文献		(389)
第十五章	镍的环境化学及生物效应	(390)
第一节	镍在环境中的分布及污染	(396)
第二节	镍的环境化学及迁移转化	(398)
第三节	镍对植物的生物效应	(403)
第四节	镍对动物和人体的生物效应	(404)
第五节	镍污染的防治	(408)
参考文献		(409)
第十六章	钴的环境化学及生物效应	(410)
第一节	钴在环境中的分布及污染	(410)
第二节	钴的环境化学及迁移转化	(417)
第三节	钴对植物的生物效应	(422)
第四节	钴对动物和人体的生物效应	(424)
第五节	钴污染的防治	(428)
参考文献		(429)
第十七章	铝的环境化学及生物效应	(430)
第一节	铝在环境中的分布及污染	(430)
第二节	铝的环境化学及迁移转化	(434)
第三节	铝对植物的生物效应	(438)
第四节	铝对动物和人体的生物效应	(440)
第五节	铝污染的防治	(443)
参考文献		(443)
第十八章	钒的环境化学及生物效应	(444)
第一节	钒在环境中的分布及污染	(444)
第二节	钒的环境化学及迁移转化	(449)
第三节	钒对植物的生物效应	(453)
第四节	钒对动物和人体的生物效应	(454)
第五节	钒污染的防治	(457)
参考文献		(457)

第十九章 铍的环境化学及生物效应	(458)
第一节 铍在环境中的分布及污染	(458)
第二节 铍的环境化学及迁移转化	(461)
第三节 铍对植物的生物效应	(463)
第四节 铍对动物和人体的生物效应	(464)
第五节 铍污染的防治	(467)
参考文献	(468)
第二十章 溴的环境化学及生物效应	(469)
第一节 溴的主要环境化学性质	(469)
第二节 溴在环境中的分布及迁移转化	(470)
第三节 溴对植物的生物效应	(477)
第四节 溴对动物和人体的生物效应	(478)
参考文献	(479)
第二十一章 铋的环境化学及生物效应	(480)
第一节 铋的主要环境化学性质	(480)
第二节 铋在环境中的分布及迁移转化	(481)
第三节 铋对动物和人体的生物效应	(486)
第四节 铋污染的防治	(488)
参考文献	(488)
第二十二章 锡的环境化学及生物效应	(489)
第一节 锡的主要环境化学性质	(489)
第二节 锡在环境中的分布及迁移转化	(489)
第三节 锡对动物和人体的生物效应	(493)
第四节 锡污染的防治	(496)
参考文献	(496)
第二十三章 锂的环境化学及生物效应	(497)
第一节 锂的主要环境化学性质	(497)
第二节 锂在环境中的分布及迁移转化	(497)
第三节 锂对植物的生物效应	(499)
第四节 锂对动物和人体的生物效应	(500)
参考文献	(503)
第二十四章 铷的环境化学及生物效应	(504)

第一节 铷的主要环境化学性质	(504)
第二节 铷在环境中的分布及迁移转化	(504)
第三节 铷对动物和人体的生物效应	(507)
参考文献	(509)
第二十五章 锆的环境化学及生物效应	(510)
第一节 锆的主要环境化学性质	(510)
第二节 锆在环境中的分布及迁移转化	(510)
第三节 锆对动物和人体的生物效应	(512)
参考文献	(515)
第二十六章 铈的环境化学及生物效应	(516)
第一节 铈的主要环境化学性质	(516)
第二节 铈在环境中的分布及迁移转化	(516)
第三节 铈对植物的生物效应	(517)
第四节 铈对动物和人体的生物效应	(517)
参考文献	(519)

第一章 氟的环境化学及生物效应

第一节 氟在环境中的分布及污染

氟是构成地壳的固有元素之一。地壳中氟的平均浓度为770ppm。这一数值比氯的550ppm要高。我国岩石和矿物中的含氟量见表1.1。其中云母片岩、碱性辉长岩、闪长岩、花岗岩、页岩、泥岩的含氟量较高，均在500ppm以上。大理岩、石英砂岩的含氟量较低，30ppm左右。两种矿物的含氟量相当高，都超过10000ppm。

表 1.1 我国岩石和矿物中的含氟量 (ppm)

岩 类	含氟平均值	岩 类	含氟平均值
石 陨 石	28	砂 岩	181
云母片岩	5535	石英砂岩	28
花 岗 岩	1312	大 理 岩	32
页 岩	841	石 灰 岩	69
泥 岩	578	安 山 岩	500
板 岩	454	玄 武 岩	370
闪 长 岩	600	橄 榄 岩	110
辉 长 岩	300	萤 石	68670
碱性辉长岩	1000	磷 灰 石	22217
片 麻 岩	262		

氟的主要矿石有萤石 CaF_2 、冰晶石 $3\text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$ 以及氟磷灰石 $\text{CaF}_2 \cdot 3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 。其它的氟矿石还有氟盐 NaF 、氟镁石 MgF_2 、氟铝石 $\text{AlF}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 等。这些区域的地层含氟量高，流经这些地层的水中可含有大量的氟化物，会造成地方性氟中毒。另外，矿石的开采也会造成环境污染。

世界土壤总氟含量范围波动较大，为 10—7000ppm，一般为 50—800ppm，平均 200ppm。我国土壤总氟含量高于世界土壤的平均水平。朱兆良报道我国各类土壤 88 个剖面，241 个土壤样品总氟含量平均值为 420ppm。上海农科院土肥研究所对上海郊区 208 个非污染土壤进行测定，其总氟含量平均值为 537ppm。郑宝山等报道包头地区 321 个非污染土壤样品的总氟含量平均值为 502ppm。李日邦等按我国自然地带，从南向北采集自然土壤样品，其总氟含量平均值为 303ppm（表 1.2）。同时还测定了不同地理条件下耕作土中的总氟含量平均值为 430ppm（表 1.3）。可以看出，耕作土壤总氟含量高于自然土壤，这可能是由于耕作土受施肥等耕作措施的影响所致。

表 1.2 我国地带性自然土壤的含氟量 (ppm)

土壤类型	总氟含量	水溶性氟量	水溶性氟/总氟 (%)
砖红壤	109	0.22	0.20
红壤	451	0.31	0.07
紫色土	283	0.62	0.22
黄壤	421	0.23	0.05
黄褐土	250	11.45	4.58
褐土	402	6.03	1.50
暗棕壤	241	0.37	0.02
黑土	308	0.64	0.02
黑钙土	172	2.43	1.41
栗钙土	219	3.72	1.71
灰钙土	443	3.24	0.73
灰漠土	330	9.92	3.01
平均值	303	3.27	1.09

土壤总氟含量主要受成土母岩的影响。一般说来，由富氟岩层和含氟矿物发育而来的土壤，其总氟含量较高。如贵州省毕节县马尾村的砂岩含氟 1325ppm，页岩 720ppm，而土壤总氟为 500ppm。贵州省遵义市南山的页岩含氟 1510ppm，土壤总氟为 1120ppm。湖北省恩施县沙地的页岩含氟 1035ppm，土壤总氟为

表 1.3 我国不同类型耕作土耕作层的含氟量 (ppm)

土壤类型	采样地点	总氟含量 平均值	水溶性氟含量 平均值	水溶性氟/总氟 (%)
黄壤性旱作土	贵 州	674	0.74	0.11
黄壤性水稻土	贵 州	301	0.28	0.09
红壤黄壤地区 冲积型水稻土	福建、贵州	507	0.72	0.14
黄棕壤性旱作土	湖北、河南	414	1.71	0.41
黄棕壤性水稻土	湖 北	323	0.54	0.17
紫色土性旱作土	湖 北	318	1.33	0.42
紫色土性水稻土	湖 北	230	0.38	0.17
褐土性旱作土	河北、北京、内蒙古	296	5.39	1.87
褐土性水稻土	河北、内蒙古	361	4.05	1.12
栗钙土性旱作土	内 蒙 古	289	2.51	0.87
草甸土性旱作土	内蒙古、新疆	379	4.43	1.17

845ppm。河南省方城县范营村有萤石矿产生,还分布有花岗岩、云母片岩等富氟矿石,所以其土壤总氟为542ppm。云南昆阳磷矿有磷灰石矿层分布,周围土壤总氟含量为1090ppm。以砂岩为主的岩石含氟量较低,所以,在湖北一带由紫红色砂岩发育而成的紫色土总氟平均含量为230ppm,在内蒙古高原地带由风成砂发育而成的土壤总氟平均含量为289ppm。土壤总氟含量显著较低。

土壤的总氟还受地理因素的影响。在北方干旱半干旱地区,由于水分蒸发大于降雨量,可溶性盐及氟化物可以在土壤表面积集,土壤中总氟量达1000ppm。而南方湿润地区,降雨量大,氟的可溶性盐大部分被淋洗,所以南方湿润地区土壤总氟含量偏低。

此外,据李日邦报道,土壤的总氟量与土壤pH值、有机质及其它元素均无明显的相关性,只与MgO含量呈正相关(表1.4),这种相关性的机制尚待研究。

天然水中的氟来自自然界中的岩石、矿物和土壤,因此存在着地带性差异,但水中含氟量普遍偏低。一般河流含氟量大致在

表 1.4 土壤总氟与其理化性质的相关性

理化性质	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO
与总氟的相关系数 (r)	0.316	-0.230	-0.349	0.124	0.629*

理化性质	P ₂ O ₅	Ba	粘 粒 (<0.005mm)	pH	有机质
与总氟的相关系数 (r)	-0.219	0.219	-0.183	-0.127	-0.194

* $P < 0.05$

0.2ppm以下。日本 45 条河流的平均值为 0.15ppm。美国的许多河流大约在 0.5ppm 以下，平均为 0.26ppm。我国城市饮水和部分河流测定结果表明，其含氟量通常低于 0.5ppm（表 1.5、

表 1.5 我国饮水含氟量 (ppm)

地 区	水源类别	水中含氟量	地 区	水源类别	水中含氟量
杭 州	地面水	0.20	西 宁	地面水	0.16
南 京	地面水	0.14		地下水	0.27
上 海	地面水	0.55	南 昌	地面水	0.06
长 春	地面水	0.25	合 肥	地面水	0.25
	地下水	0.27	蚌 埠	地面水	0.15
吉 林	地面水	0.22	济 南	地面水	0.22
哈 尔 滨	地面水	0.50	青 岛	地面水	0.40
大 连	地面水	0.16	福 州	地面水	0.20
北 京	地下水	0.40	广 州	地面水	0.30
张 家 口	地下水	0.80	深 圳	地下水	0.14
石 家 庄	地下水	0.30	南 宁	地面水	0.05
保 定	地面水	0.19	桂 林	地面水	0.12
西 安	地下水	0.38	长 沙	地面水	0.15
太 原	地下水	0.36	武 汉	地面水	0.10
包 头	地下水	1.21	贵 阳	地面水	0.30
兰 州	地下水	0.40	重 庆	地面水	0.18
乌 鲁 木 齐	地面水	0.26	雅 安	地面水	0.42
郑 州	地面水	0.46	昆 明	地面水	0.35

表1.6)。但在干旱半干旱气候条件下的平原区，河流下游河水中氟离子含量比山区河水高。

表 1.6 我国部分河流河水含氟量 (ppm)

地点和名称	含 氟 量	地点和名称	含 氟 量
西藏拉萨河	0.11	吉林昭乌达盟西拉木伦河	0.25
西藏羊八井藏布曲河	0.44	湖北咸宁河	0.04
西藏卡玛兰河	0.01	湖南宁乡灰汤河	0.20
青海唐古拉布曲河	0.17	湖南宁乡乌江	0.14
青海拉曲河	0.20	四川青衣江	0.13—0.18
新疆阿尔泰山阿库里滚河	0.07	四川岷江	0.10—0.16

湖泊水中含氟量与河水相差不大。分布在地下热水和矿泉水附近的湖泊，往往水中含氟量偏高。例如西藏羊八井旺日错湖水，因受羊八井地热田地下热水的影响，水中含氟量偏高。黑龙江省五大莲池因受温泉水的影响，水中含氟量也高（表1.7）。在我国干旱半干旱地区，有些湖盆由于长期盐分积累，氟也发生累积，因而湖水中含氟量也比较高。例如我国阿拉善的黄羊湖水中含氟量达6.2ppm，吉格德诺尔湖水为9.1ppm，诺尔湖水为10.0ppm。可见，分布在干旱半干旱气候条件下的湖水比湿润条件下湖水含氟量高。

表 1.7 我国部分湖水的含氟量 (ppm)

地点和名称	含 氟 量	地点和名称	含 氟 量
西藏纳木湖	0.30	西藏泽格丹湖	0.01
西藏泽克当湖	0.01	黑龙江五大莲池	3.40
西藏羊八井旺日错湖	2.00	新疆阿尔泰山喀纳斯湖	0.05
西藏亚东多钦湖	3.75	云南滇池	0.45

至于地下水，由于流过岩石或矿物等提供氟的地区，所以能观察到明显高的氟浓度。日本松蒲等从用作饮水的地下水取了644

个样品，测得的含氟量为0.01—3.00ppm，平均0.30ppm。测定13个井水样为0.01—0.95ppm，平均为0.32ppm。我国地下水一般含氟量为0.06—4.6ppm，平均0.35ppm。北京地区采集36个地下水样品，含氟量为0.09—2.80ppm，平均0.40ppm。杭州西湖地区取了53个地下水样，含氟量0.03—0.50ppm，平均0.07ppm。深圳取了408个井水样，含氟量0.01—0.30ppm，平均0.14ppm。昆明市采集地下水样48个，含氟量0.05—0.34ppm，平均0.21ppm。包头地区调查了81个地下水样，含氟量0.10—4.6ppm，平均1.21ppm。还有干旱半干旱地区，以及高氟地区，散布着一些含氟量比较高的地下水，可高达21.8ppm。

表1.8为世界卫生组织根据各国资料收集的天然水中含氟的最高值，由此可见有些地区含氟量明显地高。

表 1.8 各国天然水中氟含量的最高值 (ppm)

国 家	水中含氟量	国 家	水中含氟量
阿根廷	1.6	日 本	20.0
澳大利亚	13.5	肯尼亚	280.0
奥地利	0.8	南朝鲜	10.0
加拿大	1.2	新西兰	0.9
智 利	1.5	尼日利亚	6.2
古 巴	0.4	挪 威	2.7
捷克和斯洛伐克	28.0	波 兰	1.1
丹 麦	3.3	葡萄牙	22.8
英 国	5.8	西班牙	6.3
埃塞俄比亚	0.9	瑞 典	10.0
芬 兰	5.0	苏 联	7.0
法 国	7.0	南 非	53.0
印 度	6.4	坦桑尼亚	95.0
伊 朗	1.0	美 国	16.0

温泉和地下热水的含氟量普遍比较高。这主要是由于地下热水温度高，矿化度高。我国一些温泉和地下热水含氟量见表1.9。

海水含氟量比天然水高，平均值为1.30ppm。格林哈尔

表 1.9 我国一些温泉和地下热水含氟量 (ppm)

样 点	含 氟 量	样 点	含 氟 量
广东省东山湖温泉	9.40	山东省威海疗养院	3.00
广东省从化温泉	11.60	山西省寺平安温泉	7.00
广东省陆川温泉	10.00	河北省平山温泉	8.50
湖南省灰汤温泉	9.50	北京小汤山温泉	6.30
湖北省咸宁温泉	3.80	辽宁省汤岗子温泉	16.30
河南省临汝温泉	7.80	青藏公路126道班	1.10
陕西省临潼温泉	5.80	西藏羊八井温泉	9.00
江苏省南京汤山	3.80		

希等采集了全世界300多种海水样,测得平均值为1.30ppm。汤普森测得东北太平洋氟的平均值为1.30ppm,东北太平洋沿岸为1.36ppm。町田测定东京湾海水为1.27—1.48ppm。何世春报道我国渤海水域平均值为1.04ppm。

大气中氟的来源主要是火山活动和人类的工业生产活动。关于大气中氟的自然含量,各国报道的不尽相同。北美大气含氟量为0.01—0.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;美国大气为0.05—2.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;日本大气为0.05—0.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,平均0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;中国昆明市大气为0.22—3.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,平均1.90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;乌鲁木齐市大气0.81—2.67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,平均1.50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;广州市大气0.1—30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,平均7.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;包头市大气5.5—6.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

另外,作为主要氟污染源的炼铝、钢铁及磷肥生产的工业区,周围大气含氟量很高。在大型铝厂周围300—4000m处测得大气含氟量为586—319 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;某钢铁厂周围的大气中含氟量为7.5—9.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;在某磷肥厂距离高炉烟囱500m处大气含氟量为1940 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。这些地区的大气都受到严重的氟污染。

Vinogradov指出,植物的平均含氟量为5ppm。对于氟在植物中的分布,可按氟的高低,将植物分为三类。第一类,氟含量特别高,属山茶科,例如山茶枯叶中的含氟量最高,干物质中可达6400ppm;茶梅800ppm;茶叶幼叶40—150ppm,老叶400—

820ppm。第二类的含氟量在100—300ppm之间，主要有栲、山杜英、川苔草、怪柳、刺竹等。第三类氟含量在20ppm以下，致多不超过40ppm，例如植物性食品，其含量大多数在5ppm以下。我国部分食用性植物的自然含氟量见表1.10。

表 1.10 我国部分食用植物含氟量 (ppm)

植 物 名 称		含 氟 量	植 物 名 称		含 氟 量
大 米		0.27—1.0	黄 瓜		0.1—0.3
小 麦		0.30—1.2	土 豆		0.2—0.7
玉 米		0.20—1.1	胡 萝 卜		0.3—0.8
大 麦		0.30—1.7	菌 类		1.0—2.0
高 粱		0.80—1.5	茶 叶 (粗)		74—123
黄 豆		0.35—1.40	西 瓜		0.1—0.25
白 菜		2.0—3.0	苹 果		0.2—1.30
韭 菜		2.3—6.0	梨		0.12—0.30
甘 蓝		4.0—8.0	葡 萄		0.18—0.40
茄 子		0.9	柑 桔		0.15—0.36
西 红 柿		1.3	水生蔬菜		2.0—6.0
青 椒		1.8	海 藻 类		18—42
豆 角		1.4			

氟的环境污染以大气污染最为严重，还有废水和废渣的污染。氟污染主要来自磷矿石加工，铝和钢铁的冶炼，以及煤的燃烧过程。陶瓷、玻璃、塑料、农药、原子能等工业也排放含氟污染物。据调查，全世界磷肥生产和磷加工工业每年排放的氟约为40万吨。美国主要工业每年排放的氟在12万吨以上。

通常，钢铁厂、铝厂、磷肥厂以及氟石矿区周围的环境都受到氟的严重污染。例如，我国西北某钢铁厂附近污染土壤含氟量在3000ppm以上，最高可达9000ppm，而对照区仅为300ppm。西南某磷肥厂附近污染土壤含氟量超过1500ppm，对照区为153ppm。美国某铝厂附近214000亩土壤比对照区高7—15倍。英国北部某氟石矿附近土壤含氟量竟高达88000—184000ppm。

此外，火山活动也使氟进入自然环境。日本火山的喷气中含