

# 土壤碘的环境地球化学迁移研究

严爱兰 (浙江水利水电学院, 浙江杭州 310018)

**摘要** 应用同位素( $^{125}\text{I}$ )示踪技术,在模拟条件下,通过淋溶试验,研究土壤碘的环境地球化学迁移特征及其影响因素。研究表明:土壤碘( $^{125}\text{I}$ )的迁移、挥发和被淋溶的数量与土壤质地有关,淋溶液的酸碱度对土壤碘的流失产生明显的影响。这些研究结果为提高作物吸收碘的效率,进而开辟生产化防治IDD的新途径提供重要的科学依据。

**关键词** IDD;  $^{125}\text{I}$ ; 土壤; 地球化学迁移

**中图分类号** S181.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)16-05056-02

## Environmental and Geochemical Migration of Iodine in Soil

YAN Ai-lan (Zhejiang University of Water Resources and Electric Power, Hangzhou, Zhejiang 310018)

**Abstract** The environmental and geochemical migration of iodine in soil and its influencing factors were studied by the isotope tracer ( $^{125}\text{I}$ ) under simulated condition. The quantitative model of iodine in soil transfer is charted. The results show that the quantities of transferred, volatilized, leached  $^{125}\text{I}$  in soil have relations with the texture of soils and the pH of leachate have an important influence on iodine being washed away from soil. These results provide important scientific basis for preserving iodine in soil and enhancing efficiency of plants absorbing iodine.

**Key words** IDD;  $^{125}\text{I}$ ; Soil; Geochemical migration

碘是目前人们最重视且研究最广泛的微量元素之一,是合成甲状腺激素不可缺少的元素。如果人体碘摄入不足,那么会导致一系列疾病的发生,包括甲状腺肿大、甲状腺功能衰退、以神经系统损伤为特征的地方性克汀病等。这些疾病通称为碘缺乏病(IDD, Iodine deficiency disease)<sup>[1]</sup>。根据流行病学的调查,目前全球有118个国家流行碘缺乏病,41个国家由于证据不足而无法确定,只有20个国家可以肯定不存在IDD,其中有6550万人患有甲状腺肿大症状,约占世界总人口14%。由于碘缺乏严重影响人类健康和社会发展<sup>[2]</sup>,人们对碘的环境与生物地球化学循环过程给予高度的关注<sup>[3-4]</sup>,并在探索有效的人体补碘途径方面进行了不懈的努力。防治碘缺乏病的方法有几种,其中国际上认为最经济、最有效和最容易普及的防治IDD措施为食盐加碘,简称为碘盐。然而,碘盐中的碘主要为氯化钾和硝酸钾,在储运和烹调过程中不稳定,易挥发,约90%的碘会损耗;另外,若摄碘量过高,则会导致一些高碘性疾病<sup>[5]</sup>,如高碘会诱发慢性淋巴甲状腺炎,引起甲状腺机能亢进(甲亢)、甲状腺机能减退等疾病<sup>[6]</sup>。刘桂仪<sup>[7]</sup>研究认为,甲状腺癌也与过多摄入碘有关。

在正常情况下,人体中碘的75%~85%来自植物性食品<sup>[2]</sup>,人体对植物食物中的生物有机碘的利用率高达90%以上。由此可见,提高植物食品中碘的含量水平将是一种从根本上防治IDD的有效生产化措施<sup>[8]</sup>。植物对碘的必需性至今未得到普遍的证明。因此,人们对土壤中碘的环境与生物地球化学迁移特征还不甚了解,而这正是如何培育出含碘作物最关键的问题。

在模拟条件下,笔者运用同位素( $^{125}\text{I}$ )示踪技术,通过土壤碘的淋溶试验,研究土壤中碘的环境地球化学迁移及其影

响因素,从而提高作物含碘水平,实现人体自然补碘提供理论科学依据。

## 1 材料与方法

试验土壤为当地青紫泥。供试土壤的理化性质为:青紫泥,pH 5.81,有机质42.9 g/kg,阳离子交换量16.28 mol/kg,黏粒36.86%,粉粒45.46%,砂粒17.68%。试验设3个处理:①按土壤的原有天然发育层由上而下采取土样,装土时加去离子水,使土柱保持润湿,加入10 ml  $\text{Na}^{125}\text{I}$ ,塑料柱下端用3层纱布包裹,防止土壤外漏。3次重复,静置20 d后取样、测定。②按土壤的原有天然发育层由上而下采取土样,装进塑料柱,塑料柱下端用3层纱布包裹,防止土壤外漏,装土的同时加去离子水,以便使得土柱保持润湿。土柱常温下静置3 d,加入15 ml  $\text{Na}^{125}\text{I}$ 水溶液,用总量1000 ml去离子水少量、不间断淋灌,使土柱下端持续有水滴,用容器接土柱下端的去离子水。一个样品50 ml,其中吸取1 ml用于测定放射性活度。3次重复,取平均值。③取青紫泥土耕作层0~20 cm,风干,剔除杂物,过10目筛,按土壤的原有天然发育层由上而下放入直径为8 cm、高为10 cm的塑料柱中,在土壤中层加入18 mg KI水溶,每天用去离子水淋溶,使得土壤保持湿润,持水量约为田间含水量的70%左右。静置20 d,样品风干磨碎,过20目筛,用pH 1~8的去离子水按土液比1:10进行淋溶。在淋溶结束,在超声清洗器中振荡2 h,中速滤纸过滤淋溶液,采取紫外分光光度法测定淋溶液中碘离子( $\text{I}^-$ )和总碘含量,总碘与 $\text{I}^-$ 的含量之差为碘酸根离子( $\text{IO}_3^-$ )的含量。用BH1224型微机一多道一体化能谱仪,测定 $^{125}\text{I}$ 放射性活度。

## 2 结果与分析

由图1可知,土柱经过20 d的静置, $^{125}\text{I}$ 确实向土壤下层发生了迁移,但是大部分 $^{125}\text{I}$ 仍然集中于土壤上层,随着土壤深度的加深,碘累积越来越少。在土壤0~10 cm范围内,青紫泥的 $^{125}\text{I}$ 累积总量为26566 Bq,占 $^{125}\text{I}$ 原始引入量的68.68%,而在10~20 cm范围内,滞留累计的 $^{125}\text{I}$ 只占 $^{125}\text{I}$

**基金项目** 浙江省教育厅基金项目(Y201330189)。

**作者简介** 严爱兰(1977-),女,浙江江山人,工程师,博士,从事土壤污染的治理与控制方面的研究。

**收稿日期** 2014-04-23

原始引入量的 4.73%, 其余的<sup>125</sup>I 量为自然衰变和自然挥发, 其中自然衰变丢失占原始引入量的百分比为 20.0%, 约 4.40% 的<sup>125</sup>I 自然挥发丢失。由此可知, 碘在土壤中存在扩散和迁移, 但只有小部分碘向下层迁移, 绝大部分碘吸附在土壤表层。

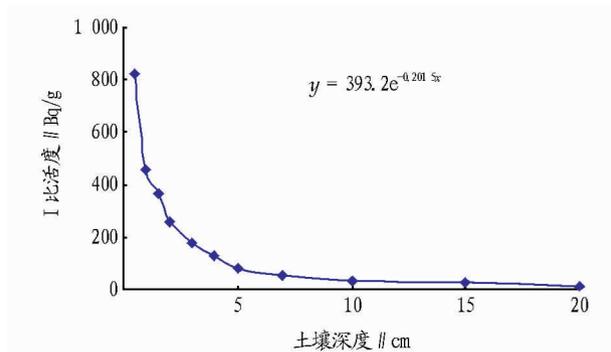


图1 土壤中<sup>125</sup>I 的垂直分布

由图 2 可知, 加入青紫泥中的<sup>125</sup>I 量只有少量被淋溶水带走。淋溶水中的<sup>125</sup>I 含量在前 5 次取样, 表现出随着取样次数的增加, 淋溶水中<sup>125</sup>I 量也有增加的趋势。这说明在这个时间段, 引入土壤表面的<sup>125</sup>I 还没有完全被土壤吸附固定, 随着淋溶水量的增加, 从土壤中被解析下来的<sup>125</sup>I 量越来越多。淋溶水中<sup>125</sup>I 量达到最大值后逐渐降低, 至取样 12 次后, 淋溶水中的<sup>125</sup>I 就微乎其微了。由此可知, <sup>125</sup>I 一旦被土壤吸附后不易被水淋溶带走, 从而可以推测<sup>125</sup>I 被土壤吸附后, 由于自然降雨被淋溶带走的<sup>125</sup>I 量不多, 更有利于土壤中作物对外源碘的吸收。

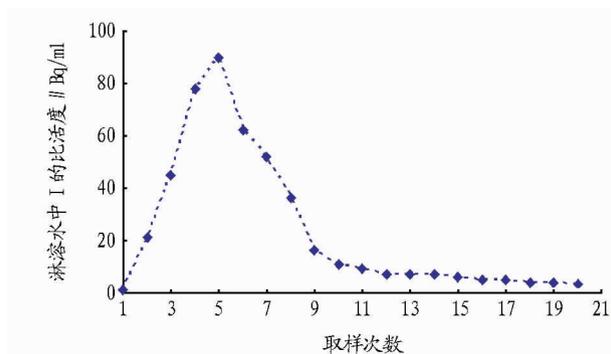


图2 土壤淋溶液中碘含量的动态变化

由图 3 可知, 淋滤水的 pH 会影响土壤中碘的淋溶迁移。总的来说, 表现出淋溶水 pH 越高, 则淋溶下来的碘含量有增加的趋势。当水溶液 pH 小于 4.6 时, 土壤中淋滤出碘量随水溶液 pH 的增加而先增大后减少。当淋溶水 pH 约为 4.6 时, 被淋滤的碘含量降到最小, 此时碘在土壤中有较明显的吸附。被淋滤的碘离子含量与 pH 之间有一定的关系。当 pH 在 1~8 之间变化, 被淋溶的碘含量略有增加, 但幅度不大。碘酸根受 pH 的影响较明显, 试验时淋溶水 pH 在 1~8

变化。当 pH 为 4.6 时被淋溶出的碘含量减少, 淋溶水的 pH 大于 4.6 后, 随着 pH 的增大, 淋溶出的碘含量明显增加。这说明相对于碘离子, 土壤中的碘酸根离子对淋滤水的酸碱度具有较大的敏感性。研究还表明, 当淋溶水的 pH 小于 4.6 时, 土壤中被淋滤处的碘离子含量大于碘酸根离子含量; 当 pH 大于 4.6 时, 被淋滤出的碘酸根离子含量大于碘离子含量。

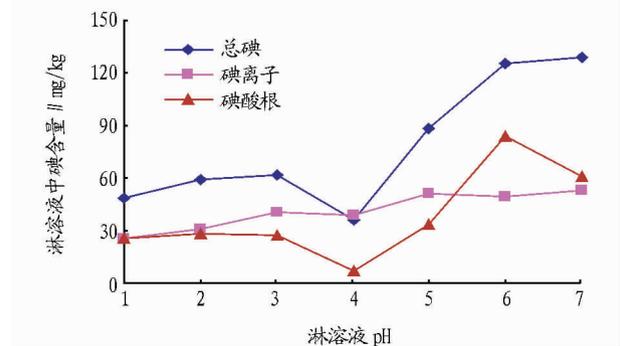


图3 土壤淋溶液中碘含量随 pH 的变化

### 3 结论

研究表明, 引入土壤的<sup>125</sup>I 随深度呈指数衰减, 绝大部分<sup>125</sup>I 集中在土壤 0~10 cm 表层内, 表明<sup>125</sup>I 向土壤下层扩散和迁移的量较小。在<sup>125</sup>I 被土壤吸附之后, 则不易被淋溶水淋溶迁移, 淋滤水 pH 会影响土壤中碘的淋溶迁移。当淋溶水的 pH 小于 4.6 时, 土壤中被淋滤处的碘离子含量大于碘酸根离子含量; 当 pH 大于 4.6 时, 被淋滤出的碘酸根离子含量大于碘离子含量。该研究结果为保持土壤中的碘不流失, 提高作物的含碘水平, 进而开辟生产化防治 IDD 的新途径, 提供理论上和技术上的重要科学依据。

### 参考文献

- [1] 迟锡增. 微量元素与身体健康[M]. 北京: 化学工业出版社, 1993: 205 - 206.
- [2] HETZEL B S, STANBURY J B. World Health Organization. Endemic goiter and endemic cretinism; iodine nutrition in health and disease[M]. New York: Wiley, 1980: 606.
- [3] BAKER A R, THOMPSON D, CAMPOS M L A M, et al. Iodine concentration and availability in atmospheric aerosol[J]. Atmospheric Environment, 2001, 34: 4331 - 4336.
- [4] FARRENKOPF A M, DOLLHOPF M E, CHADHAIN S N, et al. Reduction of iodate in seawater during Arabian Sea shipboard incubations and in laboratory cultures of the marine bacterium *Shewanella putrefaciens* strain MR-4[J]. Marine Chemistry, 1997, 57(3/4): 347 - 354.
- [5] 王东升. 地下淡水演变与水致疾病[J]. 地球学报, 1998, 19(4): 443 - 448.
- [6] 彭永梅. 碘与甲状腺疾病[J]. 现代医药卫生, 2002, 18(10): 864 - 865.
- [7] 刘桂仪. 鲁北平原深层地下水开发与环境问题[J]. 水文地质工程地质, 2001(3): 43 - 45.
- [8] PETERSON S. Improved cassava-processing can help reduce iodine deficiency disorders in the Central African Republic[J]. Nutrition Research, 1995, 15(6): 803 - 812.