

土壤、植物中硒素研究

现状及其评价

宋 琦

中国科学院南京土壤研究所

图书情报室编印

一九八三年九月

土壤、植物中硒素研究 现状及其评价

前 言

1982年8月美国威斯康星大学土壤化学界老前辈捷克逊(M. J. Jackson)教授来我所讲学,他在报告中专门谈到了环境中Se素与人和动物健康的密切关系,明确指出Se素是人体中一种免疫元素,他强调Se的营化学和Se在农业研究中的重要性。

在他的启发下,同时考虑到目前我国开展这方面研究的单位不多,提供有关这方面研究的进展和信息可能对开展这一工作是有所裨益的。为此查阅了近30多年来世界有关环境中(重点在土壤、植物中),以及为了对Se素有全面的了解,还收集了有关动物、人体中Se的研究资料,写成这篇综述文章。为便于资料的参考和比较,文中涉及一些研究成果与试验条件密切相关的部分作了较具体的阐述。

从世界研究动向看,对Se素的认识人们的注意力近10多年来已从对Se毒害的影响而逐渐转向Se素营养的研究,因而日益受到重视,Se素对动物、人的影响尤其是防病、抗病的研究多于土壤、植物中Se的研究,后者也多出自为满足动物之需要,至于植物是否需要Se尚无定论。无论怎样现有研究已表明植物Se的吸收与植物N、P、S等大量元素的吸收有相互影响,仅从这一角度考虑对土壤、植物中Se素的研究也是必要的。近年来,

科学院地理所，东北林土所在对我国东北地方性克山病、大骨节病的病因研究中发现其病因与这一地区土壤、植物中缺 Se 有关，通过补充 Se 素给动、植物，收到一定的预防效果。因此重视环境中特别是农业环境中 Se 素的研究是一项具有实际意义的课题。

限于专业知识和外文水平，错误之处在所难免，请多提宝贵意见。

目 录

一、硒素研究的意义:

1. 参予生态循环:
2. Se 在生物体中的作用
 - a. Se 素化学, b. Se 对动物的作用
3. Se 素研究的历史
4. Se 素研究的意义
 - a. Se 与动物疾病 b. Se 与人的健康
 - c. 对人、动物引起缺乏, 营养及毒害的临界值

二、土壤中的 Se

1. 土壤 Se 的分布
2. 土壤中的 Se 源
 - a. 岩石、母质 b. 肥料
3. 土壤中 Se 形态及 Se 的浸提
 - a. 土壤 Se 形态 b. 土壤 Se 的浸提
4. 土壤性质与 Se 素有效性
5. Se 对土壤生物的影响

三、植物中的 Se

1. Se 对植物的作用
2. 植物累积 Se 的能力
 - a. 影响植物 Se 累积的因素 b. 牧草 Se 含量
 - c. 农作物中的 Se

3. 植物有效态 Se 及离子相互影响

- a. 不同 Se 化物的有效性 b. 含氮物质 c. 硫
- d. 磷 e. 石灰 f. 其他离子

4. 植物 Se 形态及其迁移、分布

- a. 植物中的 Se 形态 b. 植物中 Se 的迁移、分布
- c. 挥发态 Se

四、土壤、植物 Se 毒害和 Se 缺乏的调节

1. Se 毒区的控制

2. 缺 Se 区的调节

- a. 土施 b. 叶面喷施 c. 田间管理

五、Se 素研究动向与展望

一、硒素研究的意义:

1. 参予生态循环:

在土壤——植物——动物的相互关系中, 仅有少数元素像Se元素那样长期来给予关注。Se是自然界广泛分布的元素之一, 几乎在地壳的所有物质中都有微量存在。天然原料中(除硫化物矿物外)Se浓度很少含几百PPm以上。地质层中不同Se含量是因不同地质形成过程引起, 沉积物矿层比岩浆岩富含Se。

Goldschmidt(1954)推导岩石圈中Se的平均含量为0.09 PPm。土壤全Se量主要因母岩而异, 大多数土壤全Se含量很低, 世界土壤含Se范围0.1—2 PPm, 平均值为0.2 PPm。母岩含Se高土壤Se量也高, 如美国中西部各洲, 及加拿大、哥伦比亚、南非、爱尔兰等地区局部分布, 而苏联、日本、墨西哥、新西兰、澳大利亚则有相对较多的低Se土分布(74.60.582)。

新西兰的研究表明无论缺Se地区和不缺Se地区, 土壤、牧草和牲畜血液中Se浓度间有密切联系。Andrews, 1976报导在新西兰缺Se土壤上(Wallaceville地区)多年的(自1959—1968年)试验表明牧草中Se量(0.02mg/Kg 干物重)与羊的血液中Se量($9—10\mu\text{g/l}$)有联系(1)。

在植物含Se量低于 $0.6\mu\text{mol/Kg}$ (相当0.048PPm)的大面积地区与牲畜普遍出现缺Se病症的地区大致相符。(Muth, 1963)。澳大利亚出现类似的情况, 缺Se区土壤为灰化砖红壤, 土壤中有效Se低, 故牧草及牲畜血中含Se都低。加拿大东部省有牲畜缺Se症出现, 小牛、小羊的筋和肾皮层中Se浓度大大低于西部省的小牲畜, 说明牲畜体中含Se量与当地生长的牧

草 Se 量密切相关 (48)。

生长在含 Se 地区的易累积 Se 的植物生长中需要 Se (约含 25—100PPm Se)，而一般非累积性植物 Se 量亦较高 (约 1—25PPm)，大多数动物来源的食品含 Se 0.01—1.00 $\mu\text{g/g}$ 鲜重，当地生产的肉、蛋可含 8—9 $\mu\text{g/g}$ Se，保持在高含 Se 条件下喂养的动物组织含 Se 通常 3—5 $\mu\text{g/g}$ ，因 Se 中毒致死的一些动物组织中可能含 20 $\mu\text{g/g}$ Se (51)。通过食物链 Se 在动物体累积，由动物性食品再供给人，说明 Se 元素参予土壤—植物—动物生态系循环。

矿物燃料常含 Se (1—10 $\mu\text{g/g}$)，煤矿附近的尾矿自排水中含 Se。煤、石油燃烧挥发含于煤烟中或溶于雨水雪水中。空气调节器过滤的灰尘可含 0.05—10PPm Se (49)。空气和地表水通常含有低于 10ng/g Se (工业集中区，及富 Se 地区的地下水例外)。

工业上应用 Se 主要有电子组元，照相复制，钢与铬合金，透明玻璃，颜料及热反射镜等。其废物通过空气、水、土而污染环境。

最普遍也是最直接利用 Se 是补充在动物饲料中提供 Se 素营养 (0.1—0.2 $\mu\text{g/g}$) 或直接注射 (1mg/50Kg 体重)，用以治疗牲畜筋虚弱、瘸跛、皮肤炎、不育症、异常皮毛病、兽疥癣等。农业上用的含硒基杀虫剂 (现已停止利用)。最广泛的生物利用是将含 Se 地区生长的谷物运输至缺 Se 地区补充 Se 素之不足 (51)。

Shrift (1964) 认为自然界 Se 素循环类似 C、N 和 S

元素, Frost(1967)对Se素循环作了进一步修改, 包括Se对动物的作用, 认为Se是动物必需的一种微量营养元素, 同时通过动物的利用会导致土壤中有效Se的不断减少(11)。alsen. (1967)对自然界Se素循环作以图示充分阐明Se存在于环境中(岩心、海洋、岩石、土壤、空气、动物、植物), 並参予生态系循环, 因而通过食物链对动物和人的健康产生重要的影响(49)。

2. Se在生物体中的作用:

a. Se素化学: Se元素是1817年由瑞典化学家Bexze-lins从生产硫酸的残物中发现並鉴定出的一种元素。Se属氧族元素。Se具有典型的半导体性能, 对光非常敏感(33)。S、Se、Te为同族元素, 它们的化性相似。地壳中S以大量出现, 而Se、Te很少, 估计分别占地球组成分的 $10^{-4}\%$ 及 $10^{-9}\%$ 。

美国对Se素广泛研究並未发现丰富而大量的Se矿层, 目前主要从电解提纯Cu的副产物中大量获得。S、Se、Te在自然条件下常呈类似的化合物形态。Se、S的离子半径相仿(S^{2-} , $1.74\text{\AA}$, 而 Se^{2-} , 为 $1.91\text{\AA}$)故Se易被S取代。Se氧化势比S低。

Se在土中可以 6^{+} 、 4^{+} 、 2^{+} 、0、 2^{-} 价存在, 还原态Se(元素Se和硒化物)在大部分土壤的氧化还原势下有可能氧化为亚硒酸盐(4^{+} Se), 但很缓慢, 4^{+} Se具有氧化还原性质, 6^{+} Se具有氧化性(0, 64)。

Se具有S元素的一些物理化学特性, 同时又具有不同点。S、Se並非构成硅酸盐矿物的主要成分。Se可自冷却的火成岩中与Fe、Co、Ni、S化物的结合中分离出来, 挥发态Se与

可同自冷却岩和火山岩中逸出，故火成岩和其发育的土壤中 Se、S 含量常较低，Se 的挥发使大面积土壤含有少量的 Se 元素(49)。

b、Se 对动物的作用，Se 的存在形态与地质分布，重新分布，及利用有联系，Se 化合价的变化关系着生物体中 Se 的毒性和缺乏(51)。

Se 是一种重要的营养元素，最早是由 Franke . (1934) 提出的(50)。它是生物体谷胱甘肽过氧化物酶的重要组成部分；Se 在其他生物活性物质中也具有一定的作用，包括三硫化硒键合 ($-Se-$) 硫醇及硫氢基 ($HS-$)、VE 抗氧化作用等。据人口健康统计研究和试验证明 Se 可减低癌的发生率，促使血管内皮具有最适宜的功能。

早在 50 年前 Se 仍被认为是一种有毒物 (Harr. & Rosenfeld. 1964)，一种致癌物 (Nelson. 1943)，目前较多认为一种抗癌剂 (Shamberger. 1970)，一种重要的微量营养元素 (Mccoy 1969 等)。是哺乳动物，鸟类某些疾病的一种有效治疗剂 (Muth. 1955 等)。已有充分资料证明在缺乏必需的营养物质条件下各种有机态，无机态硒化物的毒性和致癌性致使食物和药物管理部门限制 Se 的利用以防止食物污染。而在重视必需的营养元素供应条件下，並未能检验出 Se 元素的致癌性 (Harr. 1967 — 1972)，相反的报导是 Se 具有抗癌力因而改变了对 Se 的限制利用的看法(52)。

尽管最初曾报导 Se 能使肝硬化和有致癌作用，然而经过 15 年多的大量试验研究，长期用含有 Se 盐的饮食饲养老鼠及耗子也並未能导致肝硬变和新生瘤的形成 (Schroeder. 1972)，与此同时 Se 已在世界各地对反刍动物，杂食动物和食肉动物的各

种疾病进行预防和治疗。经广泛的试验和实地观察，通过饮食、饮水、工业污染等长期接触中毒性 Se 量的条件下都未曾发现动物体内新生瘤的发生率增加，在新西兰经直接补充 Se 羊患肠癌的发生率反而降低。

Schamberger·1970 根据人口统计和试验观察发现城市地区癌病发生率和患者血清中 Se 浓度呈反相关。有胃肠癌和转移性胃肠癌患者血液中 Se 含量比正常人明显的低。已有记述癌患者血液中 Se 浓度没有升高，Se 的浓度在于阻止致癌原吸附在 DNA（脱氧核糖核酸）位置上。Revici，1955 应用人工合成含有两价 Se 的类脂化合物对癌患者获得重现性的减缓效应，这是基于癌病患者体内含类脂化合物不均衡为理论基础提出的

(51) 在有 V_E 供应条件下缺 Se 的老鼠用化学致癌物 (FAA) 进行喂养，然后用不同剂量的亚硒酸盐补充 (0.1—2.5 PPM Se) 确定 Se 对诱发癌的效应。试验结果表明诱癌的发生率与饮食中 Se 浓度呈反相关，有 Se 补充，癌出现的时间推迟，且随进食中 Se 浓度的增加，动物肝组织中 Se 浓度也增加。而肝组织 Se 浓度的增加与 FAA 诱发乳房癌和肝癌的发生率及早期死亡呈反相关。Johnston, (1973) 进一步研究 Se 对化学致癌物 (FAA+DEN) 的影响，结果是“经 DEN 处理的动物组供应 Se 显然可以防止肿瘤的发生，老鼠在有 Se 供应条件下癌的发生率可降低 20%；这种降低效果在雌性老鼠尤为明显。Se 对 FAA 动物组的影响未发现出来”。另外 Harr·及 Schoeder (1972) 用耗子（鼠类）进行类似的研究都表明高量 Se 定量供应条件下可以促进长寿及减少癌病的发生 (52, 53)。

Chu (1972) 把含 Se 化物列入抗肿瘤药剂类。Weisberger, 等 (1956) 探讨了含 Se 胱氨酸对治疗白血病的效应。Burk (1973) 分别自缺 Se, 补充 Se 及 Se 中毒的动物组织中定量测定 Se 浓度, 结果表明 Se 是一种很强的止血剂。在美国澳大利亚和新西兰预防白肌病通常补充硒盐比维生素 E 更为有效 (51)。Se 与 V_E 在生物的同化作用上是相互影响的, 但 V_E 不能完全置换所需之 Se 元素 (63)。

根据 Se 元素对动物生理学的研究表明 Se 具有较敏锐的生物功能, (51)。用亚硒酸盐 (0.018—2.5PPm Se) 每日饮食中定量供应老鼠, 虽供应 Se 浓度有 125 倍之差 (自 Se 缺乏至 Se 毒害浓度), 而老鼠肝组织中 Se 浓度变异仅 19 倍之差 (52)。

缺 Se 地区兽医认为补充了 Se 元素的动物病情有明显的改善, 推论可能是使肌体血管具有较好的渗透性, 或是谷胱甘肽过氧化物酶的作用维持在细胞膜中。据观察 Se 可保护红血球抵御因缺 V_E 引起的氧化性溶血特性, 说明 Se 参予谷胱甘肽的同化作用, 但不影响谷胱甘肽的生成, 因 Se 是谷胱甘肽过氧化物酶的一个组成部分, 在缺 Se 情况下谷胱甘肽的利用失效。具有生物活性的 Se 的形态可能是硒化物在亚铁血红蛋白的活性位上。Se 对谷胱甘肽在一确定的化学体系中还原细胞色素 C 具有高效催化功能。Se 在活体内的作用是促进电子从谷胱甘肽或其他含硫化合物转移到细胞色素系统。试验观察到含 Se 蛋白质是核状芽胞杆菌的甘氨酸还原酶系统的组成成分 (51)。从自然原料中分离出的 Factor-3 (作为每日饮食中附加剂) 其中就含有 Se, 并证明 Factor-3 可阻止老鼠肝坏死, 防止小鸡渗出性素质 (60)。

Se 素对生物体的作用的认识日益加深，因而也逐渐受到重视。

基于动物在长期过量 Se 供应条件下体内各组织有过量 Se 累积产生毒害，同时 Se 又可为牲畜和家禽治疗和预防。疾病的经济意义，说明对各种 Se 化物的效能必须进行详细的研究。各种 Se 化物的最适宜控制剂量取决于造成逆效应和有益效应所显示出的 Se 量间的相互联系，以及 Se 在体内的累积状况 (52)。

3. Se 素研究的历史：

兔热病是一种古代的疾病，在世界各地广泛分布，大约在 1295 年，Marco Polo 在苏联边界（土耳其斯坦）和中国西部西藏地区旅行时描述了兔热病发生的状况，动物因食当地的植物——rhabarb 而引起健康不良，不能行走。1560 年 Simon 记录在美洲一些国家出现牲畜慢性 Se 中毒症类似兔热病，小鸡和婴儿先天畸形，人的头发和指甲脱落。200 年前在墨西哥出现类似的病症。十九世纪美国 Great Plain 地区出现兔热病和眩晕病，1857 年在 Nebraska 洲密索里河岸，1893 年在怀俄明州 Carbon 县，马因食了当地生长的干草饲料出现中毒症，1919 年牛也引起急性、慢性中毒症。直到 40 年前南达科他和怀俄明实验站对广泛分布的本地植物进行分析鉴定，确认本地的黄芪属植物与牲畜急性慢性中毒症有关。Beath (1934) 报导 Astragalus 黄芪属植物含 Se 量可达上千 Ppm，牲畜食后可患该病。以后又鉴定出 Stanleya 属，部分 Xylorhiza (Ma. haeranthra)，及 Oenopsis (Haplopappus) 这些植物可将土壤和母岩中的 Se 转化为有效态。称这些为“Se 指示植物”或“Beath Se 指示植物”。1938 年 Trelease

等证明 Se 对这些植物是一种重要元素。而牲畜兔热病是因食用含 Se 的谷物和牧草引起。

在欧洲, Fream 1890 年最早记录在爱尔兰“Meath”地区牲畜中毒主要与当地的土壤条件有关。Fleming 1957 年确证这些土壤含高量 Se。本世纪前半期对 Se 素的研究仍集中于 Se 对生物毒害的影响。1958 年美国 Muth, 证明 Se 可防止牲畜白肌病。近年来新西兰 (Hartly 等 1961), 澳大利亚 (Gardiner, 1962), 加拿大 (Blen, 1961), 英国 (Blaxtar, 1963) 对缺 Se 引起的疾病进行了更深入的研究, 并认为 Se 缺乏地区多于 Se 毒害地区, 对 Se 缺乏问题的研究价值远超过 Se 毒害问题 (11)。有关 Se 对动物和人的营养价值的基础研究, 通过实践应用已迅速得到发展和重视。Harr 1978 对 Se 对生物新陈代谢的影响及 Se 对生物的抗癌作用作了深入的研究。

4. Se 素研究的意义

a. Se 素与动物疾病. 世界发展畜牧业国家从实践中已认识到 Se 对动物是一种重要营养元素。因 Se 不足引起动物一些代谢失调病发生而导致牲畜低产。缺 Se 常见疾病有羊、牛、猪患的一种先天性白肌病 (WMD — White, muscle disease) 或称营养性肌肉萎缩症 (NMD — Nutritional muscular dystrophy), 此病在近四分之一世纪以来已较肯定, 二次大战后在美国、澳大利亚、新西兰及北欧较盛行, 日本、苏联也有记载。是哺乳的小羊、小牛 (1—3 个月年令) 最易患的骨和心肌变性疾病, 新西兰、苏格兰、加拿大和斯堪的纳维亚国家的

成年羊、牛、猪也可患此病，一般成熟动物相对较少。此外羊、猪的肝坏死，心肌坏死，母羊牙周病，小鸡渗出性素质（易出血）狗、马、牛的瘸跛病，异常皮毛、皮肤炎、不育症等。

牲畜缺Se引起的病症具有广泛性，影响经济效益，尤其是羊、牛，轻度缺Se表现生长瘦弱，发展到临床不兴旺，起初只限于对幼小牲畜易流产、死胎多，出生后易死，在一些地区成年牲畜也发生，影响生育力。如新西兰患NMD病地区小羊出生率只有25%，澳大利亚也观察到有此病地区母羊患不生育病。严重地区发生大量腹泻可导致死亡。补充Se素营养可使生长健壮、羊毛增产、增加生育力有良好效果；减少奶牛孕期胎盘中一些先天性疾病发生率，减少幼仔的死亡率（51.48, 63）。

在澳大利亚和新西兰缺Se地区将硒酸钠加入到矿质补充物中，肥料中或作为一种混合饲料补充，动物Se营养失调症状都可得到明显的改善。加拿大1973年9月和美国1974年2月已正式批准对幼小的家禽和猪的混合饲料中要补充Se（51）。

牲畜Se中毒：急性中毒可引起肝脂肪过多变性，肾变形、胰腺及肾上腺皮质出血性坏死。亚急性中毒表现食欲不振、呕吐、心脏和肾皮质出血。在生长有Se指示植物地区放牧，牛、羊急性综合病症为蹒跚病，症状厌食、消瘦、虚脱、腿发软、舌头、咽喉麻痹，疾患为肝坏死，肾炎、肠道系统充血溃疡。

兔热病（alkali disease）是家畜Se中毒一种普遍病症，牛、羊马主要因食富含Se（5—50PPm）的牧草而引起，狗、家禽、猪食了同样的谷物也会产生类似症状。反刍动物慢性Se中毒一般在每日摄入0.5—1.0 $\mu\text{g/g}$ Se的饲料或0.5—

2.0 $\mu\text{g/g}$ Se 的饮水引起症状表现毛发脱落、指甲损坏、头晕目眩、溶血性贫血症。主要是影响繁殖力，生育的后代产仔少而小，易引起先天性畸形，断奶前死亡率高。小鸡胎几对 Se 特别敏感，其中毒临界值比其他牲畜低的多，在出现兔热病的农牧场鸡蛋的孵化率低，胚胎变形。局部潜在含 Se 地区其他动物尚未见异常中毒症时，小鸡已可见畸形并伴随贫血症 (51)。

b. Se 素与人的健康

Se 存在于人的血液、尿，组织中並以低浓度存在于血清脂肪蛋白中 (Allaway 等 1968)，Liebscher，等 (1968) 认为虽然还不能确证因缺 Se 而导致人患的疾病，但可明确 Se 对人是一种重要的营养元素。人缺少 Se 可能会患恶性营养不良病 (Schwarz, 1961)，“Perodontat”病 (Frost, 1972)，婴儿突然死亡综合症 (Bergman, 1970)，並增加癌病发生率 (Shamberger, 1969)。人口统计法表明癌患者血中含 Se 量比正常人低。我国东北的克山病即是一种地方性心肌病，与当地水土、粮食中低 Se 量有关。在拉美牙买加有两个小孩在急性发病后体重不增加，当每日供应 25 微克 Se (以 γ -diseleno-divaleric acid 形态 Se) 后进食量增多，体重很快增加，说明人体缺 Se 可能是患某种疾病的一个重要因素 (63, 80, 51)。美国威斯康星大学土壤化学界的老前辈捷克逊 (M.J. Jackson) 教授曾提到 Se 素是人体中的一种免疫元素，它可增强人的抗病能力，同时可抵御一些有毒元素对人的毒害影响；人体 Se 含量与所患各种癌病呈负相关，人缺 Se 时易患癌症。*

* 美国威斯康星大学土壤化学教授捷克逊来中国土壤研究所讲学时专门作了 Se 素研究报告。1982.8

自Se分布地区人的Se源研究表明Se广泛来源于动物性食品如蛋、奶、肉及蔬菜、谷物，一般认为普通食物中有5PPm Se及奶或水中有0.5PPm Se将具有潜在性危害(63)。

Smith. 1937. 对含Se地区直接进入家庭的饮食物实地调查，采样分析表明蛋、肉、奶含有大量的Se，小麦等谷物中的Se含量特别重要。他对美国Great Pinin三个州中选择三个县的农场、大牧场中的111个农业居民(农场生活时间不少于3年，大部分10—40年)进行调查，那里的土壤和植物富含Se，农牧场出现有兔热病历史，人尿分析结果有92%样品中含Se，含量范围0.20—1.98PPm，一些病症如指甲病、齿齲、胃肠失调、皮肤变黄与尿中高Se比例有一致性。南达科他人因食物富Se而引起慢性皮肤炎(lemley. 1941)在Harding县有30年之久，病人尿中含Se 0.04PPm(当地牧场动物患兔热病)，当病人饮食中避免Se，病人维持无病症约一年，当继续食当地的食物后皮肤炎又会复发。取自美国Wasatch地质岩层140英尺深的井水中含Se 9PPm，食后可导致慢性中毒，人和动物疲乏，毛发脱落、指甲腿色变脆。在哥伦比亚和南非自十六世纪以来就记载有人因慢性Se中毒引起毛发脱落、指甲受损类似症状。Benavides. 1959谈及哥伦比亚人和动物Se中毒与土壤、植物中高Se量有关(63)。

人的一些疾患与饮水饮食物中不适宜Se量(包括过少、或过多)有关，Se的有害影响多发生在大量消耗谷物的地方。从谷物分析结果表明世界许多地区发生，包括美国、加拿大、墨西哥、阿根廷、哥伦比亚、爱尔兰、西班牙、保加利亚、南非、阿

尔及利亚、摩洛哥、以色列、澳大利亚、新西兰及中国等，人的健康问题在一定程度上与 Se 的摄入量多少有关，主要途径是通过食物链。

一些观点认为 Se 是环境污染物 (Allaway, 1969) 美国每年来自煤燃烧释放的 Se 估计有 1500 吨，此外工业废物 2700 吨，城市废物 360 吨，总共 4600 吨，大约有 25 % 散射于大气中呈灰分状态。在墨西哥靠近 Irapuato 城和 (TuanazuatO 河流域区最早发现人和动物 Se 中毒症是在靠近矿藏区开采矿石地发生，矿石平均量为 16PPm，矿区附近堆积的矿泥含 Se 4.6PPm 经洪水浸蚀流经泛滥平原使 Se 广为分布，用于灌溉的河水含 Se 0.2PPm，土壤中含 Se 为 8 PPm，因而种植的作物、蔬菜及自然植物都含有高量 Se (2—120PPm)。田间和室内盆栽证明经飞灰改良的土壤生长的玉米、小麦、蔬菜等含 Se 量与飞灰用量成比例，並有持续效应 (17, 70, 26, 9, 6, 51)。

水源：人和动物因食水源引起 Se 中毒的资料很少报导，从一些湖、泉，和溪水的分析结果看，Se 可能来源于含 Se 植物的淋溶及含 Se 灌溉地区的排水中。

位于美国南达科他含 Se 岩层上的间断泉水中 Se 为 0.4PPm 而另外的泉水含 Se 仅 0.07PPm。Williams, 1935) 研究美国 Colorado 河及其支流中水溶性及悬浮的 Se，河中水最高 Se 量为 0.001PPm。可是经过含 Se 地区的排水中 Se 量可增加 10—70 倍，最高 Se 量可达 2.7PPm。因而使 Colorado 河水中 Se 量增加到 0.003PPm。Colorado 河及其支流携带大量的 Se 流入加利福尼亚，其中 Se 主要来源于灌溉的含 Se 土壤 (60)。