

# 生物地质环境与糖尿病的发生

张志才<sup>1,2</sup>, 连 宾<sup>1\*</sup>

(1. 中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室, 贵阳 550002;

2. 江苏大学食品与生物工程学院, 江苏 镇江 212013)

**摘要:** 糖尿病是由多种病因引起的糖、蛋白和脂类代谢异常的代谢紊乱性疾病, 其发生与发展与生物地质环境密切相关。本文研究了不同地区的糖尿病发病率差异原因以及不同地球化学元素在糖尿病发生发展过程中的作用, 认为生物地质环境在糖尿病发生发展过程中起重要作用。根据相同遗传背景的人在不同生物地质环境条件下发病率的差异, 提出目前人类糖尿病发病率增加的原因是: 片面追求农作物产量, 使得谷物、蔬菜和水果中地球化学元素含量降低, 进一步引发人类通过食物链从生物地质环境获取地球化学元素绝对量减少以及少量地球化学元素污染生物地质环境引起人体过载。因此, 控制人口过快增长, 保护环境, 实现人类社会与生物地质环境和谐发展, 是控制人类糖尿病发病率的关键举措之一。

**关键词:** 生物地质环境; 地球化学元素; 糖尿病; 发病率

中图分类号: X142; X503 文献标识码: A 文章编号: 1672-9250(2010)01-0068-07

生物地质环境学(bio-geological environmentology)是研究生物与地质环境之间相互作用的一门交叉学科, 重点研究地质环境对生物的影响。在生物地质环境诸因素中, 地球化学元素是最基本的环境因子之一, 它是地质环境与生物发生联系的主要媒介。地质学研究已经证明组成生物体的化学物质始终与地壳(即地质环境)保持动态平衡, 生物进化始终与地壳的演化紧密相随。由于地表化学元素的分布是绝对非均一的, 因而不同的生物地质环境对生物体的反应影响差异很大, 轻则影响产量、品质、健康, 重则致病畸变甚至死亡<sup>[1]</sup>。

地球化学环境对生物的影响不仅表现在地区的差异上, 而且表现在生物进化过程中。早在1910年, A. R. 华莱士就指出, 地壳变动是生物进化的诱因和冲动力, 其中地球化学元素含量的变化是根本的动因。有机体化学元素和地壳的化学元素之间有着不可分割的联系, 有机体矿质元素的量变, 必然导致有机体的质变, 促进生物的进化<sup>[1]</sup>。关于地质环境对人类疾病的影响, 目前较为关注的是地球化学病如贫血、地方性甲状腺肿大等等, 而对生物地质环

境与流行病学的关系关注较少。

本文从不同生物地质环境中糖尿病发病率的差异以及糖尿病病人与正常人体内地球化学元素的差异入手, 分析了对糖尿病影响较大的地球化学元素在糖尿病发生发展过程中的作用, 初步探讨了不同生物地质环境中糖尿病发病率差异以及近年来糖尿病快速增长的原因。

## 1 地球化学元素与糖尿病

地球化学元素是人体不能合成, 必须从生物地质环境中摄取的无机矿物元素。而每一种地球化学元素的量在体内是严格限制的, 适量的地球化学元素对人体健康是有利的, 过量或者不足都会引起人类疾病。

糖尿病是由体内胰岛素分泌不足引起的血糖升高, 代谢紊乱, 而导致全身各个系统并发症的一种综合征。它是世界公认的四大顽症之一, 由多种病因引起的以慢性高血糖为特征, 伴随蛋白质、脂肪代谢异常的代谢紊乱性疾病。糖尿病的发生发展过程也不例外地受到地球化学元素的影响, 尤其是硒、铁、

收稿日期: 2009-06-26; 改回日期: 2009-11-01

基金项目: 国家自然科学基金委创优群体项目(40721002), 中国博士后基金资助(20080440810)

第一作者简介: 张志才(1966~), 男, 高级工程师, 博士后, 从事生物地球化学研究。E-mail: zhangzhicai2001@yahoo.com.cn

\* 通讯作者: 连宾(1964~), 男, 研究员, 博士。E-mail: bin2368@vip.163.com

©1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

锌、锰和铜等<sup>[2]</sup>。

成人糖尿病发病率在不同的国家、不同的地区之间存在显著差异。坦桑尼亚班图族村民、印度南部的德拉维人、智利马普切印地安人、巴布亚新几内亚德美拉尼西亚人糖尿病发病率极低(0~1.7%), 而美国亚利桑那州皮马和帕帕戈印地安人、瑙鲁德密克罗内西亚人患病率则高达 40%~50%<sup>[2]</sup>, 现在普遍认为产生这一现象是由于不同地区人们的饮食结构和所处地质环境的差异所致。然而饮食只是生物有机体获取蛋白质、糖类、核酸、脂类和化学元素等营养物质的一种方式, 其结构差异主要表现为这些营养成分的多少。而地球化学元素在体内主要是以酶和结构蛋白的辅基参与生命活动。人体内缺乏地球化学元素, 这些以地球化学元素为辅基的酶与结构蛋白不能发挥正常的生理功能, 而且极不稳定, 易被体内其它酶降解。临床研究发现人体内的微量元素变化与血糖及其他生化指标有密切关联, 血清铬、锌、硒、铁含量降低而铜含量升高, 血糖升高; 血清锌、铬、硒、铁与糖代谢和脂质代谢关系密切, 铜、锰、钴与肝功能指标相关, 锌、钴与心脏输出量相联系<sup>[3]</sup>。地球化学元素含量不仅与糖尿病发生有显著关系, 而且与糖尿病发展存在一定联系, 表现在糖尿病患者有无并发症也与地球化学元素有关, 有并发症时血清硒、铬、锌含量均显著低于无并发症患者。

## 2 不同地球化学元素在糖尿病发生和发展过程中的作用

不同的地球化学元素在糖尿病发生发展过程中所起作用方式、作用的效果都不相同, 地球化学元素影响胰岛素的合成、分泌、贮存、活性以及产能代谢, 而胰岛素分泌的绝对或相对不足也影响体内微量元素的代谢平衡。

### 2.1 硒对糖尿病的作用

硒的生物学功能主要作为谷胱甘肽氧化酶、硫氧还蛋白还原酶、脱碘酶、硒蛋白 P 和 W 等的活性中心或必要组成成份发挥其抗氧化功能<sup>[4]</sup>。首先, 硒具有类似胰岛素的作用, 能刺激脂肪细胞膜上葡萄糖载体的转运, 促进细胞对糖的吸收和利用; 在肝脏中通过调节磷酸化酶的作用, 抑制肝糖原的分解, 增加肝糖原的合成; 硒能促进胰岛素受体与胰岛素的结合, 加速下游信号的传递<sup>[5,6]</sup>; 硒能调节脂蛋白代谢, 提高低密度脂蛋白胆固醇、极低密度脂蛋白胆固醇、甘油三酯和胆固醇酯的含量; 硒是谷胱甘肽过

氧化物酶的活性中心的成分之一, 因而与谷胱甘肽过氧化物酶活性密切相关, 谷胱甘肽过氧化物酶能分解过氧化物, 减少自由基产生, 故能保护胰岛素 A、B 肽键间二硫键免受氧化破坏, 从而表现出阻止脂质过氧化的连锁反应, 保持生物膜结构的完整性, 改善膜的生理状态, 控制了并发症的发生<sup>[7,8]</sup>。

### 2.2 砷对糖尿病的影响

砷在自然界中含量不大, 俗称砒, 游离态存在于自然界中, 砷在自然界中主要以砷化物形式存在, 砷及其化合物在不同程度上都有毒。较长时间接触无机砷的人, 糖尿病发病率也高, Andrea 等<sup>[9]</sup>研究了这种现象, 结果发现在尽管在 1 和 5  $\mu\text{mol}$  砷酸钠作用 72h, 基础胰岛素分泌不受影响, 但是当以 5  $\mu\text{mol}$  砷酸钠作用 144 h 基础胰岛素分泌显著下降, 胰岛素的 mRNA 表达量也显著减少。Felecia 等<sup>[10]</sup>研究发现微量的砷酸钠处理 3T3-L1 细胞可以减少细胞表面的胰岛素依赖性葡萄糖运输的载体, 证明微量砷抑制胰岛素刺激的葡萄糖吸收。Tseng<sup>[11]</sup>研究砷诱导糖尿病的生物机制时发现砷不仅能取代糖代谢产生的三磷酸腺苷(ATP)和其它含磷中间体中的磷, 干扰正常的糖和能量代谢以及 ATP 依赖型胰岛素分泌, 而且砷与巯基有很强的亲和力, 能与胰岛素、胰岛素受体、细胞膜上的葡萄糖载体(GLUs)以及糖代谢中的酶(如丙酮酸脱氢酶和 $\alpha$ -酮戊二酸脱氢酶)分子中二硫键形成共价键, 阻碍这些酶发挥正常的功能, 同时低剂量的砷能够增加体内氧化压力, 引起胰岛素抵抗和 $\beta$ 细胞功能混乱。

### 2.3 锌对糖尿病的影响

微量元素锌是许多重要代谢途径中酶的组成成分, 大约有 300 多种酶含有锌元素<sup>[12]</sup>, 其含量在体内仅次于铁, 位居第 2 位。锌的含量变化将会引起一系列的病理生理改变, 锌在糖尿病发生发展过程中起着重要作用。主要原因有以下几点:

锌与碳水化合物代谢密切相关: 锌是糖分解代谢中 3-磷酸甘油脱氢酶、乳酸脱氢酶、苹果酸脱氢酶的辅助因子, 直接参与糖的氧化分解和能量代谢。可影响葡萄糖在体内的平衡过程。同时, 锌不仅能协助葡萄糖在细胞膜的跨膜运输, 而且是许多脂质和蛋白质代谢酶的辅助因子。

锌对胰岛素的作用: 胰岛素原分子中含有 4 个锌原子, 因而锌直接影响胰岛素的合成、分泌贮存和结构的完整性以及胰岛素本身的生物活性, 锌还能调节胰岛素和受体的水平, 缺锌不仅可诱导产生胰

胰岛素抵抗,甚至糖尿病,而且胰岛素易变性失效<sup>[13]</sup>。锌是超氧化物歧化酶(SOD)活性中心的成分之一,适量补充锌能减轻体内氧化压力,抑制巨噬细胞释放细胞因子,减轻糖尿病大鼠血清中NO等损伤因子的产生,从而保护胰岛细胞<sup>[14]</sup>。锌可激活羧肽酶B,促进胰岛素原转变为胰岛素。缺锌时,大鼠体内羧肽酶B活性下降50%,无活性的胰岛素原转变为有活性胰岛素的趋势下降,从而造成血清胰岛素水平下降。锌还能调节胰岛素和受体的水平在维持受体磷酸化和去磷酸化水平及胰岛素信号转导过程中发挥重要的作用。同时锌也可增强胰岛素对肝细胞膜的结合力。

锌本身又具有类似胰岛素功能,已有研究<sup>[15,16]</sup>表明锌化合物可以抑制大鼠脂肪细胞释放游离脂肪酸;可以降低KK-Ay小鼠的血糖水平,纠正葡萄糖耐量异常;补锌可以降低糖尿病大鼠的糖化血红蛋白水平,并纠正糖尿病大鼠的脂代谢紊乱。

#### 2.4 铁对糖尿病的影响

铁在体内的存在形式,可分为铁卟啉类和非铁卟啉类两大类。前者包括血红蛋白(Hb)、肌红蛋白、细胞色素及酶类;后者则有转铁蛋白、铁蛋白、乳铁蛋白、含铁血黄素以及无机铁和不稳定的贮存铁。当铁缺乏或过多时将会影响含铁酶,如细胞色素氧化酶,过氧化氢酶,醛氧化酶,黄嘌呤氧化酶,琥珀酸脱氢酶, $\alpha$ -甘油磷酸氧化酶,脂类过氧化酶,脯氨酸羟化酶,赖氨酸羟化酶等的活性,从而影响体内的一些代谢功能。三羧酸循环(柠檬酸循环)是人体糖有氧化、供给能量的一种重要途径。三羧酸循环中有一半以上的酶和辅助因子含铁或者在铁存在时才能发挥生理功能<sup>[17]</sup>。当机体铁含量下降,电子传递和三羧酸循环受影响,损害了糖的分解,继而导致血糖升高,我们的对四氧嘧啶诱导的糖尿病小鼠适当的补充亚铁离子,结果显示补充亚铁离子糖尿病小鼠,糖代谢加速,血糖显著降低<sup>[18]</sup>。在健康人群中,血清铁蛋白水平与基础血糖水平呈正相关与餐后血糖水平呈负相关。但是过量的铁可以干扰胰岛素对肝脏糖异生的抑制作用。

#### 2.5 铬对糖尿病的影响

铬是胰岛素辅助因子。缺铬使糖代谢紊乱,胰岛素受体数目减少,胰岛素敏感性减弱,胰岛素功能降低,从而导致糖尿病。Schwarz和Mertz首次提出铬为人体必需微量元素,是正常人不可缺少的营养素<sup>[19]</sup>

三价铬与胰岛素有密切的关系,人体内三价铬化合物可协助胰岛素发挥作用,因此被称之为“葡萄糖耐量因子”(glucose tolerance factor, GTF)。胰岛素在体内发挥作用需要铬的参加,而GTF也只能在胰岛素存在的情况下,才能发挥生化效应。一般认为,铬协助胰岛素发挥作用的机制主要是在细胞膜上,通过GTF调节胰岛素与细胞膜上的胰岛素受体上的巯基形成二硫键,促使胰岛素发挥最大生物学效应。牛文彦等<sup>[20]</sup>测定用链脲佐菌素诱导的糖尿病模型鼠和正常鼠的血清镁、锌、铜、铬的含量,结果表明,糖尿病组血清中铬含量低于正常组( $P < 0.05$ ),血清铬与血糖、胰岛素、HbA<sub>1c</sub>显著相关( $P < 0.05$ )。缺铬的大鼠出现葡萄糖耐量减低,严重缺铬时,可导致类似糖尿病综合症<sup>[20]</sup>。人体由于缺铬可出现:①葡萄糖耐量减低;②葡萄糖能量不能充分利用;③可伴有神经病变;④游离脂肪酸浓度增高,呼吸熵降低;⑤氮代谢异常。铬不但与糖代谢有关,而且与脂肪及胆固醇代谢也非常密切。缺铬会使血清中脂肪及胆固醇水平升高,出现动脉粥样硬化的病变。若给予含铬量高的饮食,粥样硬化病发生率会降低。

#### 2.6 镁对糖尿病的影响

镁在调节糖代谢和脂代谢方面起着非常重要的作用。镁属于细胞激活剂,它能修复或保护胰岛细胞的生物功能,提高胰岛素的质量和受体数目,减少胰岛素抵抗,进而调节血糖、血脂以及维持其正常水平。另外,镁元素还可减少或改善大小血管的硬化,增加冠状血管弹性及毛细血管通透性,促进血液循环,对糖尿病性冠心病等有积极的预防作用<sup>[21,22]</sup>。镁缺乏导致儿茶酚胺分泌增加,增加脂的水解,引起血清中自由脂肪酸含量增加,进一步提高肝脏中极低密度脂蛋白浓度和三磷酸甘油酯含量,导致脂代谢混乱。镁在维持神经肌肉膜电位中起重要作用并参与葡萄糖在体内的自稳态。镁可调节细胞膜葡萄糖运输,在葡萄糖氧化反应的各种酶通道中起辅助作用,机体缺镁会对许多代谢过程产生不利影响,糖尿病是导致缺镁最常见的疾病,反过来低镁又影响糖尿病患者的各种代谢,并构成引发糖尿病某些并发症的危险因素。

#### 2.7 锰对糖尿病的影响

锰是多种酶的激活剂,能维持胰腺的正常功能。人体锰每日需要量为5~10mg。长期缺锰可使胰腺发育不全,胰岛数目及 $\beta$ -细胞减少,糖耐量受

损, 碳水化合物代谢异常, 葡萄糖利用率降低, 同时缺锰还易导致葡萄糖异生能力下降, 胰岛素同受体结合力减弱, 肌体对胰岛素的敏感性降低, 导致糖代谢障碍, 引发糖尿病。糖尿病和锰元素之间存在的相互作用关系, 可使病情加重。同时糖尿病患者合并动脉粥样硬化和冠状动脉痉挛也可能与锰缺失相关<sup>[23]</sup>。

综上所述, 地质环境可通过一些重要的地球化学元素影响体内胰岛素分泌及功效, 改变代谢相关酶的活性, 错误调节代谢流流速和流向, 导致糖尿病及其并发症的发生与发展。

### 3 生物地质环境通过食物链影响人类糖尿病患者的发病率

人类从生物地质环境中获取地球化学元素的主要途径是食物链。食物链中的一个重要环节就是植物, 通过植物的根吸收同化土壤中的地球化学元素,

人类获取了生命活动所必须的地球化学元素。但是不仅不同的植物同化同一种地球化学元素的能力不同, 同一种植物同化不同的地球化学元素能力也存在差异, 而且同一种植物同化同一种地球化学元素的能力又受到该地球化学元素在土壤中的丰度、与土壤成分结合的键的类型以及生物地质环境其他因素的影响<sup>[24, 25]</sup>。因此人类从特定的地质环境中获取地球化学元素的能力不仅受到生物地质环境中地球化学元素的丰度、结合键的类型以及其它因素(pH、水分含量等等)的影响, 而且受到联系生物地质环境与人的介质——植物种类、饮食方式的影响, 正是这些差异和影响造成了不同地区人群糖尿病发病率不同, 以及同一人群在不同生物地质环境中糖尿病发病率也不相同, 国际糖尿病协会统计的具有相同遗传背景的人在不同的地质环境中发病率的显著性差异也证明了这一点(图 1)。

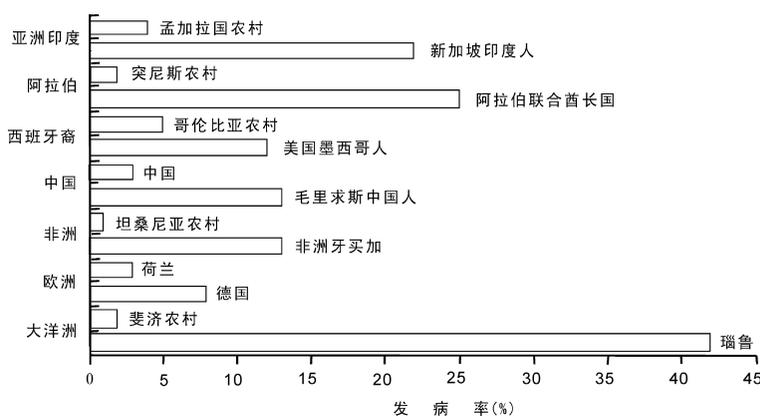


图 1 同一种人群在不同地质环境中的糖尿病发病率<sup>[26]</sup>

Fig. 1 Incidence of diabetes for similar genetic characteristics (%) in different geological environment<sup>[26]</sup>.

Pima 印第安人主要居住在亚利桑那州, 习惯吃高热量食物, 体力活动少, 地球化学元素摄入量少, 2 型糖尿病患病率高达 50%。Pima 印第安人的另一部族居住在墨西哥北部山区, 他们的生活方式是高强度体力活动和低热量饮食, 地球化学元素摄入量多, 这部分人 2 型糖尿病患病率很低, 与墨西哥全人群的患病率很接近<sup>[27]</sup>。

中国大陆某些农村地区的糖尿病患病率 < 1%, 居住在香港、新加坡和台湾的中国人为 6% ~ 12%, 而居住在毛里求斯的小群中国人为 6% ~ 12%<sup>[28]</sup>。具有相同遗传背景中国人在不同的地方糖尿病发病率有如此大的差异说明生物地质环境起着非常重要的作用。不同的生物地质环境所含的地球化学元素不同, 各地植物中所含的地球化学元素量与地质环

境中地球化学元素丰度呈现平行关系, 因而在各自的地质环境生长的植物所含的地球化学元素量存在显著差异。同时中国大陆农村地区由于经济条件的限制, 人们的饮食以粗粮、杂粮和蔬菜为主, 这些蔬菜和粗粮中含有一定量的地球化学元素, 而居住在经济较为发达的香港、新加坡和台湾人主要以精加工粮食和高脂肪等食物为主, 某些地球化学元素摄入量显著不足。毛里求斯是一个面积为 2040 km<sup>2</sup>, 拥有 2200 km 海岸线的小岛, 有人口 116 万, 其农业以甘蔗为主, 全国可耕地面积 11.08 万公顷, 其中甘蔗田 7.6 万公顷, 粮食作物 0.7 ~ 0.8 万公顷, 每年产糖 645 千吨, 而粮食作物仅有 120 千吨, 平均每人每年农作物摄入量为 100 公斤, 很显然低于大陆人口农作物摄入量。因此在毛里求斯的居民地球化

学元素摄入量明显不足,导致在毛里求斯华人糖尿病发病率显著增加<sup>[29,30]</sup>。

据2001年WHO统计报告,世界糖尿病人口数量从1985年的3000多万人增加到2000年的1.7亿多人,预计到2030年达到3亿多人,发达国家糖尿病患者高于发展中国家。糖尿病发病率也将从1995年的4%增加到6.4%,尤其发展中国家增加更为明显<sup>[31]</sup>。产生这一现象的原因是多方面的,其主要原因应该是人类生命活动所需的地球化学元素摄入量的绝对减少和摄入的某些地球化学元素不平衡。随着科学技术的进步和人类对地球化学元素认识的不足,片面追求单位面积农作物产量的提高,而忽视土壤中地球化学元素生物利用度的限制,会造成农作物中地球化学元素含量降低;其次,由于人多地少的矛盾,使得土地连续耕种,土壤中地球化学元素含量得不到应有的恢复也加剧了农作物中地球化学元素含量降低。Ekholm等<sup>[32]</sup>测定了近几年芬兰的谷物、水果和蔬菜中地球化学元素的含量并且统计了人的谷物、水果和蔬菜平均每天食用量(表1),并且与70年代中期情况作了比较发现,尽管人的水果、谷物以及蔬菜食用量在近几年有所增加,但由于这些植物中大部分种类的化学元素含量显著减少,相应地导致人体摄入量发生变化。

表1 芬兰每人每天从谷物和蔬菜食品中摄入的地球化学元素量

Table 1. The average daily element intakes for per person from cereal and vegetable food in Finland

元素	每人平均每天摄入量(mg/d)		变化率(%)
	2000s	1970s	
Mg	161	144	12 ↑
K	1590	1390	15 ↑
Ca	116	76	52 ↑
P	422	441	4 ↓
Mn	3.2	3.8	16 ↓
Zn	3.0	4.0	25 ↓
Cu	0.7	0.8	12.5 ↓
Fe	4.4	6.3	30 ↓
Al	2.0	1.7	18 ↑
Co	0.005	0.007	29 ↓
Zn	0.047	0.088	46 ↓
Se	0.032	0.002	1600 ↑
Pb	0.019	0.012	58 ↑
Cd	0.007	0.01	30 ↓

另外,土壤不仅是植物生长的基质和排泄废弃物的渠道,而且也是许多污染物到大气、地下水和植物的转换体。一旦土壤被污染,污染物中许多成分

就转化成生物环境成分。在许多污染物中,由于地球化学元素是一个非生物能够降解的自然资源,生物体排泄这些物质周期也较长,因此地球化学元素污染已成为一个重要的环境问题。生物地质环境中某种地球化学元素过多,易造成体内这种地球化学元素过载,也易加速糖尿病的发展。人体内铁过载也证明了这一点。在正常情况下,铁是人体内必须的微量元素,体内铁缺乏,糖代谢不能正常进行,易导致糖尿病,补充铁可以加速血糖分解,缓解糖尿病病情,但是当铁过量易损伤胰岛β细胞,引发胰岛素抵抗,促进糖尿病及其并发症的发生和发展<sup>[33]</sup>。这三方面原因也使得目前糖尿病患者和糖耐量异常者数量急剧增加并将在今后相当长一段时间继续增加。

由此可见,不同的生物地质环境决定了糖尿病发病率的高低,而且随着生物地质环境的变化糖尿病发病率也发生相应变化。

## 4 结 语

糖尿病发病率不仅在我国而且在世界范围内正在迅速增长,已经威胁着人类的生存与发展。如何控制糖尿病发病率越来越受到各国政府、科学家、营养学家以及医疗工作者的重视。因此探索糖尿病致病的原因就显得迫切需要。人类一切生命活动都是由不同的酶系相互作用完成,而在酶系发生作用时,地球化学元素起着关键性作用。人体内各种酶数量的多少,活性的调节与稳定都有地球化学元素的参与,因此可以认为地球化学元素实质上参与糖尿病发生与发展的整个过程。

人类的生命活动所需的地球化学元素主要是通过食物链从生物地质环境中获得。影响食物链获取地球化学元素因素包括植物获取地球化学元素的能力以及地球化学元素在土壤中的丰度,而地球化学元素在各种生物地质环境中丰度差异较大,这就引起了在不同生物地质环境中发病率各不相同;当前,需要越来越多的食物满足人口快速增长的需求,土地多年连续耕种,农作物产量越来越高,而生物地质环境中地球化学元素得不到恢复和补充,造成单位重量的作物所含地球化学元素量越来越少,使得人均每天某些地球化学元素摄入量绝对减少,这导致糖尿病发病率越来越高。因此严格控制人口增长过快,保护生物地质环境,合理耕作,科学施肥,实现社会进步与环境保护协调发展,提高农作物中地球化

学元素含量,建立健康的生物地球化学循环机制,推动资源环境的可持续利用,对于控制糖尿病以及其他疾病发病率具有极其重要的意义。

## 参 考 文 献

- [ 1 ] Vladimir N B. Modern Biogeochemistry-environmental risk assessment[ M ] . 2nd ed. Spinger, New York, 2006.
- [ 2 ] Kang H, Rewers M. Global estimates for prevalence of diabetes mellitus and impaired glucose tolerance in adults[ J ] . Diabetes Care, 1993, 16(1): 157-177
- [ 3 ] Bhanot M D S, Thompson D K H, McNeill D J H. Essential trace elements of potential importance in nutritional management of diabetes mellitus[ J ] . Nutrition Research, 2006 14(4): 593-604
- [ 4 ] Navarro-Alarcon M, Lopez-Martinez M C. Essentiality of selenium in the human body: relationship with different diseases[ J ] . The Science of the Total Environment, 2000 249(6): 347-371
- [ 5 ] 盛西群. 硒与糖尿病关系的研究[ J ] . 博士学位论文. 武汉: 华中科技大学, 2004
- [ 6 ] 王红林, 吴劲, 王治伦. 微量元素硒与糖尿病[ J ] . 国外医学医学地理分册, 2005 26(4): 156-158
- [ 7 ] Naziroglu M, Cay M. Protective role of intraperitoneally administered vitamin E and selenium on the antioxidative defense mechanisms in rats with diabetes induced by streptozotocin[ J ] . Biological trace element research 2001, 79(2): 149-159
- [ 8 ] Skripchenko N D, Sharafetdinov K, Plotnikova O A, *et al.* Effect of selenium enriched diet on lipid peroxidation in patients with diabetes mellitus type 2[ J ] . Voprosy Pitaniya, 2003, 72(1): 14-17
- [ 9 ] Andrea D V, Anna L B, Marcia H, *et al.* Arsenic-induced alteration in the expression of genes related to type 2 diabetes mellitus[ J ] . Toxicology and Applied Pharmacology 2007, 225(2): 123 - 133
- [ 10 ] Felecia S W, Anne W H, David S P, *et al.* Inhibition of insulin-dependent glucose uptake by trivalent arsenicals: possible mechanism of arsenic-induced diabetes[ J ] . Toxicology and Applied Pharmacology, 2004, 198(3): 424 - 433
- [ 11 ] Tseng C H. The potential biological mechanisms of arsenic-induced diabetes mellitus[ J ] . Toxicology and Applied Pharmacology 2004 197(2): 67 - 83
- [ 12 ] Macall K A, Huang C, Fierke C A. Function and mechanism of zinc metalloenzymes[ J ] . Journal of nutrition, 2000, 130(5 Suppl): 1437S-1446S
- [ 13 ] Dunn M F. Zinc-ligand interactions modulate assembly and stability of the insulin hexamer -a review[ J ] . Biometals, 2005 18(4): 295-303
- [ 14 ] Faure P. Protective effects of antioxidant micronutrients (vitamin E, zinc and selenium) in type 2 diabetes mellitus[ J ] . Clinical chemistry and laboratory medicine, 2003 41(8): 995-998
- [ 15 ] Yoshikawa Y, Kondo M, Sakurai H. A family of insulinomimetic zinc( II ) complexes of amino ligands with Zn (n = 3 and 4) coordination modes[ J ] . Journal InorganicBiochemistry, 2005, 99(7): 1497-1503
- [ 16 ] Adachi Y, Yoshida J, Kodera Y. A new insulin-mimetic bis( allixinato ) zinc ( II ) complex: structure-activity relationship of zinc ( II ) complexes[ J ] . Journal of Biological Inorganic Chemistry 2004, 9(7): 885-893
- [ 17 ] Peter A M. Bioenergetics and the metabolism of carbohydrates and lipids; Harper's Biochemistry, 25th Robert KM, Daryl KG, Victor WR Eds. 科学出版社, 北京, 2000. 182-208
- [ 18 ] Zhang ZC, Lian B, Cui FJ. Effect of FeSO<sub>4</sub> treatment on glucose metabolism in diabetic rats[ J ] . Biometals 2008, 21(6): 685-691
- [ 19 ] Schwarz K, Mertz W. A glucose tolerance factor and its differentiation from factor 3[ J ] . Archives of biochemistry and biophysics, 1957, 72(2): 515 - 518
- [ 21 ] Laurant P, Touyz R M. Physiological and pathophysiological role of magnesium in the cardiovascular system; implications in hypertension[ J ] . Journal of Hypertension, 2000, 18(9): 1177 - 1191
- [ 20 ] 牛文彦, 祁艳斌, 李乃昶, 等. 糖尿病模型大鼠血清微量元素测定[ J ] . 广东微量元素科学, 1999 6(4): 12-14
- [ 22 ] Mehmet E A, Selim K, Ozgur P, *et al.* Serum magnesium concentrations in type 1 diabetic patients: Relation to early atherosclerosis[ J ] . Diabetes Research and Clinical Practice, 2006 72(1): 42 - 47
- [ 23 ] 孟鸿菊, 杨坚. 锰与糖尿病的研究进展[ J ] . 微量元素与健康研究, 2007, 24(2): 67-68
- [ 24 ] Miroslawski J, Wiechula D, Kwapiulinski J, *et al.* The occurrence of Pb, Cd, Cu, Mn, Ni, Co and Cr in selected spe-

cies of medicinal plants in Poland[ J]. *Bromatol Chemical Toksykoł*, 1995, 28(2): 363—372

- [ 25] Wierzchowska-Renke K, Ivancheva S, Kurteva M. Effect of environment pollution on the composition of polyphenol and bioelements content in *Achillea millefolium* L and *Tanacetum vulgare* L[ J]. *Herba Polonica*, 1997, 43(3): 413—418
- [ 26] International Diabetes Federation. Diabetes atlas. Executive summary. 2nd ed. Available at: <http://www.eatlas.idf.org/webdata/docs/Atlas%202003-Summary.pdf>. Accessed May 12, 2007.
- [ 27] Ravussin E, Valencia ME, Esparza J, *et al.* Effects of a traditional lifestyle on obesity in Pima Indians[ J]. *Diabetes Care*, 1994, 17(9): 1067—1074
- [ 28] Chan C, Cockrum C S. Diabetes in the Chinese population and its implications for health care[ J]. *Diabetes Care*, 1997, 20(11): 1785—1790
- [ 29] Ramesh D. The economic contribution of tourism in Mauritius[ J]. *Annals of Tourism Research*, 2001, 29(3): 862—865
- [ 30] Raphael A S, Naor A, Bar N, *et al.*: Xylem-sap zeatin-riboside and dihydrozeatin-riboside levels in relation to plant and soil water status and flowering in ‘Mauritius’ lychee[ J]. *Scientia Horticulturae* 2003, 98(3): 285—291
- [ 31] Lorraine L L, Janet E H. Trends in diabetes prevalence, incidence, and mortality in Ontario, Canada 1995—2005: a population-based study[ J]. *Lancet*, 2007, 369(9563): 750—756
- [ 32] Ekholm P, Reiniuob H, Mattilac P, *et al.* Changes in the mineral and trace element contents of cereals, fruits and vegetables in Finland[ J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2007, 20(6): 487—495
- [ 33] Nankivell B J, Tay Y C, Boadle R A, *et al.* Lysosomal iron accumulation in diabetic nephropathy[ J]. *Ren Fail*, 1994, 16(3): 367—381

## The Relationship Between Diabetic Generation and Biogeological Environment

ZHANG Zhi-cai<sup>1, 2</sup>, LIAN Bin<sup>1</sup>

(1. State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China; 2. School of Food Science and Biotechnology, Jiangsu University, Zhenjiang, Jiangsu 212013, China)

**Abstract** Diabetics is a multi-pathogenic disease which shows abnormal metabolism of sugar, protein and lipid. It is suggested that its generation and development are closely related with bio-geological environment. In this paper, the causes for differences in diabetic incidence in various areas and the roles of different Earth chemical elements in diabetic generation and development were analyzed. The result showed that bio-geological environment plays a key roles in the diabetic generation and development. Furthermore, according to the differences in diabetic incidence of people with similar genetic characteristics in different bio-geologic environments, the cause of high diabetic incidence was to pursue unilaterally the output of crops to meet the survival need of rapidly increasing of population, leading to the decrease of Earth geological elements in corn, vegetable and fruit and further leading to an absolute decrease in the average daily Earth geological element intakes of per person from the bio-geological environment through food chains and overload of a few elements in contaminated environments caused by these elements. Therefore, it is one of the important steps to control diabetic incidence to protect bio-geological environment, control the rapid growth of population and realize harmonious coexistence between human beings and bio-geological environment.

**Key words:** bio-geological environment; Earth chemical element; diabetic mellitus; incidence