

综述

茶叶稀土含量对植物性食品质量安全的影响

陈祖义,朱旭东,王筱霏

(南京农业大学,江苏南京 210095)

摘要:稀土元素(rare earth,简称RE)为重金属元素,具有广谱的生物毒性并可产生低剂量蓄积效应,农产品中稀土元素的安全问题越来越受到人们的重视。鉴于茶叶因稀土元素含量超标而引发诸多争议与质疑,本文结合研究结果与文献调研,得出以下结论:①基于稀土元素的低剂量效应,茶叶的稀土元素持续摄入及其在体内的蓄积对健康存在的潜在影响应予以重视;②制定植物性食品稀土元素相关限量标准具有必要性、科学性、前瞻性,以保障农产食品的质量安全;③茶叶的稀土元素含量超标的主因是人为持续使用含稀土元素的肥料,特别是含稀土元素的叶面肥,茶叶的稀土元素高残留与稀土元素的土壤累积效应、茶树(叶)的生物学特性与对稀土元素的高度选择性吸收等有关,茶叶中源自土壤的稀土元素应是土壤固有的和外源稀土元素累积于土壤中叠加的,农用稀土元素产品的性质与农业惯用的植物生长调节剂的特性要求相违背,将其用于茶叶的举措是导致茶叶稀土元素含量升高或超标的主要原因;④解决茶叶稀土元素含量升高或超标的关键措施是倡导茶叶生产中杜绝使用稀土元素肥料,从源头切断茶叶稀土元素的来源,减轻土壤和茶树(叶)的稀土元素承载。

关键词:稀土元素;食品安全;茶叶;残留;限量标准

中图分类号:R155 文献标志码:A 文章编号:1004-8456(2016)02-0263-03

DOI:10.13590/j.cjfh.2016.02.026

Effect of rare earth content on the quality and safety of plant food

CHEN Zu-yi, ZHU Xu-dong, WANG Xiao-fei

(Nanjing Agricultural University, Jiangsu Nanjing 210095, China)

Abstract: Rare earth is heavy metal element, with broad-spectrum biological toxicity and low dose accumulation poison effect. The quality issue of rare earth in agricultural products has received much attention, lately. There is a lot of discussions and controversies on the high content of rare earth in tea. Basing on the results of published literature, this paper mainly focuses on the following issues: (1) The effect of constant rare earth intake from tea on human health and its accumulation in human body. (2) It is necessary to set standard on the use of rare earth in agricultural products, that is' limit on the use of rare earth in plant food (GB 13107-1991). This is not only the need of international liability, but also the request to guarantee the safely of agricultural products. (3) The main reason of high rare earth content in tea is the use of rare earth fertilizer, especially rare earth leaf fertilizer. Tee tree can highly selectively absorb rare earth and convert it to its own component due to its special biological characteristics. This may account for the high content of rare earth in tea and soil. The content of rare earth in tea is the combination of the innate and exogenous rare earth in the soil. Secondly, there is a huge difference between rare earth products and plant growth regulator. It is a big mistake to use rare earth products on agricultural products. (4) The key to solve the high content of rare earth in tea is to completely eradicate the use of rare earth fertilizer in tea production. It is good for both the soil and tee tree to cut off the source of rare earth.

Key words: Rare earth; food safety; tea; residue; limit standard

植物性食品是人们赖以生存的食物,其质量安全直接关系到人们的健康。稀土元素系重金属元素,虽并非为生物(含植物)必需元素(或微量元素),但是生物能吸收与富集,稀土元素的农用及其在农产品中的残留,通过食物链导致人们长期摄入

低剂量稀土元素,稀土元素在机体内的蓄积所产生的危害受到社会各界关注。茶叶是消费者喜爱的食(饮)品,但是,因近几年来茶叶稀土元素的高残留(超标)对健康潜在的影响迄今尚未取得广泛共识,近期多种媒体对稀土元素的毒性及其低剂量摄入的效应、茶叶稀土元素限量标准及其限量值、稀土元素于茶叶的作用、茶叶稀土元素及其来源等方面提出诸多争议与质疑^[1],关于茶叶稀土元素超标现状及其原因等亦有报道^[2-3],这些报道所反映出

收稿日期:2015-11-02

作者简介:陈祖义 男 教授 研究方向为农用化学品生态环境及其安全性 E-mail:chenzynau@163.com

的问题值得进一步探讨。本课题组结合文献,就稀土元素毒性及其低剂量效应^[4]、食品中稀土元素相关限量标准、茶叶稀土元素超标的主因及其机理和对策建议。旨在为农业应用稀土元素于植物性食品(含茶叶)所产生的质量安全问题提供建议。

1 稀土元素的毒性与低剂量效应

稀土元素具有重金属元素共有的生物学特性及其毒性,20世纪60年代(即在我国开展稀土元素广泛应用于农业之前)国外即有关于稀土元素生物毒性效应的研究报道^[5-6],随着稀土元素的农业应用,大量的研究已证实进入机体的稀土元素不仅蓄积于肝、肾、脾、肺、骨和脑等脏器组织,还可诱发诸多毒性效应(如神经毒性、生殖毒性、肝肾毒性、骨毒性、遗传毒性等)^[7],其中,稀土元素能通过血脑屏障而进入脑组织积累,进而引起神经毒性效应,早在1965年国外即有利用稀土元素具有神经抑制作用而以其制品在临床上用作中枢神经系统药物^[5];稀土元素还可通过孕鼠胎盘屏障进入胎儿血中并引起胚胎肝细胞DNA损伤^[8]。

鉴于稀土元素的农用,稀土元素进入食物链后,使摄入者持续摄入低剂量稀土元素,造成体内的蓄积,潜在的蓄积毒性受到医学界的高度关注并为此进行诸多研究:如XU^[9]以农用稀土元素进行的低剂量、长时间、经口摄入、多观察终点、多种效应标志物观察毒性效应的研究结果,揭示了骨骼(髓)、脑(海马)、肝脏不仅是易于蓄积的脏器组织,也是稀土元素的靶器官,可诱发诸多毒性效应,可危及健康,并根据稀土元素的肝脏毒性效应提出了ADI值仅为0.12~1.2 mg的建议;李荣昌等^[10-11]进行的低剂量(2 mg/kg BW)大鼠经口慢性毒性试验(6个月)表明,大鼠股骨稀土元素累积可致使其微结构发生变化,呈现骨质疏松症状;张金超等^[12]进行稀土元素影响骨组织微结构的机理研究表明,低剂量镧(La³⁺)可促进体外培养的成骨细胞对增殖、分化和功能表达,而达一定浓度时则转为抑制作用而显示出对成骨细胞的损伤作用,并由电镜观察得到证实;倪嘉纘^[13]在阐述稀土元素的无机生物化学作用时指出,稀土元素经口摄入后,进入骨速率较缓慢,排出也较困难,稀土元素与骨中某些成分结合较牢固;尚有诸多研究表明了稀土元素对生物作用产生“低促-高抑”的毒物兴奋效应^[14];朱为方等^[15]在对我国赣南稀土元素矿区流行病学调查发现,基于自然人群通过食物链长期摄入低剂量稀土元素,能引起儿童智商明显低下,成人中枢神经生物电传导速度明显下降,并由试验证实了“低剂量

稀土元素在短期(8个月)即可出现神经毒性作用”,表明稀土元素对神经中枢毒性较为敏感^[16];范广勤等^[17]在对江西某矿区的调查表明得到同样的结论;王夔等^[18]在对低剂量刺激效应机理研究表明,稀土元素农用低剂量刺激动植物生长(即细胞增殖),同时也是促进(诱导)组织病理纤维化,基于这点,对人而言,因长期低剂量摄入的刺激效应潜在诱导“组织纤维化”是具有一定危害性的,应得到高度重视。

基于上述情况,稀土元素的毒性特别是低剂量的蓄积毒性效应,在稀土元素农用之际,农产食品的稀土元素残留通过食物链的摄入及其在体内的蓄积可能诱发后续生理学或病理性变化会潜在的影响身体健康;茶叶中的稀土元素“浸出率”最高的可达60%,茶叶稀土元素在消费者的食物中的贡献率高达60.1%^[19],所以应充分考虑稀土元素含量较高的茶叶,以期尽早进行风险评估,避免引起食品安全问题。

2 食品中稀土元素相关限量标准

此类标准是在20世纪90年代推广稀土元素农用初时,由国家“七·五”攻关课题就稀土元素的生态环境和卫生毒理等方面进行试验研究,并经过大量的调查分析所提出的,为了控制作物施用后可能导致稀土元素含量增加而规定了若干植物性食品(含茶叶)中稀土元素卫生限量标准^[20],经原卫生部批准GB 13107—1991《植物性食品中稀土限量卫生标准》于1992年3月1日实施。据此,标准的提出应充分体现对稀土元素农用后食品质量安全性的科学态度与责任性。该项标准自2005年起纳入GB 2762—2005《食品中污染物限量标准》,2012年对该标准进行修改时,稀土元素的指标未予以修改。

我国是稀土元素大国,稀土元素广泛用于农业是我国“首创”,我国又是农产品出口大国(以茶叶而言每年出口量达数十万吨),制定标准可体现出“国际责任与义务”。目前,基于稀土元素的生物毒性、农业持续使用的情况,标准会做出相应修改(提高限量值),但是我国不会出现没有相应限量要求(标准)的情况;国际上虽尚无此类标准,但国外对稀土元素的生物毒性问题早有研究。据此,国外制定或设定限量要求(标准)也较为普遍,如中国香港地区因出口欧洲的茶和调味蔬菜因稀土元素超标而被退货,所以中国香港地区正着手制定相应标准^[7]。

鉴于食品中稀土元素的安全性问题,国家卫生和计划生育委员会正进行稀土元素毒理学试验,对

稀土元素安全性问题作出风险评估,对此类标准的提出提供数据支撑。

3 茶叶稀土元素高含量(超标)的主要来源及其机制分析

3.1 茶叶稀土元素的主要来源

关于茶叶中稀土元素的来源,可认为因茶区土壤富含稀土元素以及茶叶加工过程导致稀土元素超标,而对于长期人为施用稀土元素肥料的情况鲜见文献报道。本课题组综合诸多报道充分说明茶园施用稀土元素肥料是导致茶叶稀土元素高含量(超标)的主导因素;白婷婷^[21]在安溪进行安溪乌龙茶稀土元素污染成因研究结果阐明,茶叶加工过程不是导致茶叶稀土元素高含量的原因,土壤中稀土元素和外源喷施用稀土元素为茶叶稀土元素污染的主要原因,喷施含有稀土元素的叶面肥可导致茶叶稀土元素残留量升高,喷施含有稀土元素的催芽素也可导致稀土元素含量超标,并指出茶区常用的复合肥或叶面肥均含较高的稀土元素,分别达2.8和10.4 mg/kg,从而提出了停止使用含稀土元素的肥料,从源头上可切断茶叶稀土元素的来源;林荣溪等^[22]在产茶区进行实地试验的结果表明,茶农使用含稀土元素的肥料,特别是含稀土元素的叶面肥是造成茶叶中稀土元素总量超标的原因,当地的复合肥料稀土元素含量为12.33 mg/kg,叶面肥中稀土元素含量最高达330 mg/kg,从而提出福建

乌龙茶区应杜绝使用含有稀土元素的肥料,严格控制茶叶质量安全。有报道揭示了安溪铁观音稀土元素严重超标原因是茶农把稀土元素叶面肥当成一种激素(或肥料)而大规模使用,另一方面,稀土元素叶面肥已在市面上销售了十多年,茶农应用稀土元素的依据源于农科院茶叶所的文章^[23-25];诸多茶学家在对茶叶稀土元素问题的报道中亦多明确稀土元素虽不是茶叶的必需元素,但由于具有增产、提质的作用而被广泛施用,从而导致茶叶稀土元素的高含量(超标)^[26-27];稀土元素企业界人士也肯定了“多年来用于茶叶、果树等叶面肥喷洒的效益”^[28];除此以外,全国各地稀土元素企业以硝酸稀土元素为原料配制茶叶专用叶面肥的有数十个品牌,以内蒙古某稀土复合肥料厂为例,每年仅销往福建的农用稀土元素叶面肥的时间就长达十余年,每年销往福建茶园的稀土元素叶面肥制品为3~5吨(原液),以1:150 00的配比稀释,以3吨计,每年可以喷施20万亩茶园^[29]。

综上所述充分表明,茶叶的稀土元素及其超标主要是由茶叶生产中长期使用各种稀土元素肥料、特别是含有稀土元素的叶面肥(催芽剂)而造成的。

3.2 关于硝酸稀土元素植物生长调节剂的问题

茶叶生产用叶面肥添加的稀土元素产品为硝酸稀土元素植物生长调节剂(原名为农用硝酸稀土元素),与农业上惯用的植物生长调节剂的特性要求具有明显差异,见表1。

表1 不同特性在硝酸稀土元素植物生长调节剂与农业惯用的植物生长调节剂中的对比结果

Table 1 Contrast of rare earth and traditional plant growth regulator

特性	农业惯用的植物生长调节剂	硝酸稀土元素植物生长调节剂
化学成分与性质	仿内源激素、成分单一的有机化合物,起调控作用,并非营养物质	非生物所必需的元素成分,作为重金属元素不可能是生长激素
生理作用	特异性强,不同种类的植物有明确的“靶标”器官	作用机制尚不清楚或较为复杂,无明确的“靶标”,体内多部位分布
毒性	低毒或无毒,对人畜安全,无副作用	中毒或低毒 ^[30-32] ,有广谱毒性效应 ^[33] ,并具土壤生态毒性
代谢	进入体内后,会逐渐代谢转化而消失(不能长期保持原有状态,仅保持一定药效期)	在体内输配并与结构组分相结合(如茶叶中与茶脂多糖、糖蛋白、纤维素等结合)而积累
安全间隔期	不同种类植物均有明确的安全间隔期,以确保食用安全性	无明确的安全间隔期,长期残留于体内
农产品残留	因代谢、转化而消失,无残留,不会对植物体造成污染	因无代谢、降解作用而产生积累,导致农产品具有一定的残留,残留量呈根>茎>叶>籽粒的趋势
环境(土壤)残留	进入土壤可迅速被微生物降解无残留(否则会对后茬作物产生非标危害)	土壤中不存在降解,仅有形态转化而具有明显的累积性,及其后续输出并致使作物残留,并可危及土壤生态系
使用条件	针对性强,不可替代,使用条件相当严格	无明确的针对性

该产品“未经审批,没有合法的生产许可”^[28],产品的相关标准于2012年已由国家质量监督检验检疫总局、国家标准委员会以第37号公告被废止^[34]。茶叶本是天然食(饮)品,而人为将稀土元素直接喷洒于茶叶的举措是导致茶叶稀土元素高

残留(超标)的主要原因。有鉴于此,福建安溪茶叶生产主管部门已从行政监管方面采取了强有力的举措,加强对肥料安全的把关,对稀土元素含量高的肥料一律禁止销售和使用,不准进入市场并已有诸多稀土元素的肥料被下架^[35]。这是从源头予以

切断茶叶稀土元素的来源的正确举措,以保障茶叶质量安全,应大力倡导。

3.3 导致茶叶稀土元素高残留的机理分析

3.3.1 土壤稀土元素(背景)和外源稀土元素与茶叶稀土元素含量

不同母岩发育的土壤中,稀土元素含量不尽相同;以红壤为例,由花岗岩发育的红壤,其稀土元素含量最高,玄武岩发育的红壤中稀土元素含量则明显降低,砂岩发育的红壤,稀土元素含量最低^[20]。众多的研究表明,我国土壤中的稀土元素总量并不少,但大部分由土壤矿物所固定,主要集中在难溶性盐和复杂氧化物中,其活动性较小,迁移、转化能力较低,在水中溶解度较低,不能被植物利用^[36],根据熊炳昆等^[20]的研究,我国土壤中稀土元素含量因土壤类型及其成土母质而异,约为0.01%~0.02%,总趋势为由南到北逐渐降低,我国南部地区的酸性土壤的稀土元素含量一般高于200 μg/g以上,我国北部地区的石灰性土壤稀土元素含量常低于200 μg/g;基于植物对稀土元素具有选择性吸收及富集性的特点,植物的稀土元素含量与其生长的土壤中稀土元素含量高低大体是一致的;但是,土壤中稀土元素总量并不能用作衡量对植物中稀土元素含量贡献水平的标准,但是土壤中可溶态稀土元素含量可作为反映稀土元素可给性的指标,由于土壤中稀土元素溶解度很低,可溶态和交换态稀土元素含量合计仅占其总量的10%,甚至更低,南方酸性土壤如红壤的可溶态稀土元素含量最高为18.8 μg/g。我国西部地区(青藏及新疆等地)土壤的可溶态稀土元素含量多为痕量或不能检出。而可溶态稀土元素大多仅在0.05%以内,而红壤为0.07%~0.25%;可溶态稀土元素含量较高的地区如浙江、江西、福建、湖南、湖北和广东,因广泛分布富含稀土元素而土壤可溶性稀土元素含量较高与植物吸收稀土元素有明显的相关性,这是土壤贡献稀土元素于作物的主要因素^[20,36],据此,这些地区的茶树从土壤中吸收稀土元素的量相对于其他地区的含量更多,江西与四川两地茶叶中,以稀土元素值为例,江西上饶和庐山为0.67和0.87 μg/g,而四川为0.25 μg/g。

外源稀土元素是由稀土元素矿料经化学炼制而成的可溶态稀土元素制品,它在土壤中存在形态以可溶态和交换态为主,易被植物吸收利用,如外源稀土元素在红壤中含量达45.8%~62.0%^[37]。白婷婷^[21]在福建安溪产茶区的试验研究结果验证了土壤稀土元素含量与茶叶(鲜叶)稀土元素含量呈正相关性的同时,进而研究表明,土壤可溶态稀

土(0.10~0.65 μg/g)与茶叶的稀土元素含量存在相关性,即茶叶稀土元素随土壤可溶态稀土元素含量的增加而增加,且增加幅度较大,土壤可溶态稀土元素含量每增加1 mg/kg,茶树鲜叶的稀土元素含量平均增加4.354 mg/kg。据此,土壤可溶态稀土元素的含量是导致茶叶稀土元素高含量的重要原因。综上所述,本课题组认为我国南方茶区因土壤多呈酸性而可溶态稀土元素含量较高是导致茶叶稀土元素高含量的原因;另一方面亦说明这些茶区施用稀土元素肥料无疑是“雪上加霜”,导致土壤可溶态稀土元素含量递增,从而导致茶叶稀土元素高含量。为此,即使是南方富含离子型稀土元素的茶区,也不能忽视外源稀土元素对土壤稀土元素含量的贡献,而且外源稀土元素还可促进茶树对土壤中可溶态稀土元素的吸收,并随其增加而增加。

3.3.2 稀土元素的土壤累积性及效应

基于稀土元素的化学特性,稀土元素在环境(土壤)中不会消解,而仅有形态转化,以稳定态(残渣态)为主要形态存在于土壤;外源稀土元素在土壤中以可溶态和交换态为主,易被植物吸收利用;鉴于土壤对稀土元素的吸附、解吸和固定作用,进而转化为难溶态而滞留于土壤耕层,导致土壤中稀土元素总量随其施用总量的增加而增加^[20,38-39];陈照喜等^[40]试验表明,茶树喷施稀土元素3个月后,土壤稀土元素含量较之未施稀土元素时有明显上升,呈现出对稀土元素的累积,以0~5 cm土壤层最为明显,此说明随着茶园逐年施用稀土元素肥料(含稀土元素叶面肥)在土壤中的累积及其后续输出(经根吸收)即“累积后效应”将导致茶树(叶)稀土元素持续高含量。本课题组认为茶园稀土元素高含量(超标)不能简单的归于土壤中的本底含量(土壤富含稀土元素),应充分考虑因茶园长期施用稀土元素肥料及稀土元素在土壤中的累积贡献,茶叶中的稀土元素是源自土壤和外源稀土元素二者的叠加。

3.3.3 稀土元素叶面肥喷施于茶叶的高度吸收与富集

有研究表明,植物叶面喷施对稀土元素的吸收量比经根吸收高2个数量级^[20];喷于叶面的易溶稀土元素只需几个小时后,便可在植物的根分泌物中发现,即呈现稀土元素在植物中的快速输配^[38];茶叶喷施稀土元素后,新生叶芽中稀土元素含量明显高于对照组,初时最高可达8倍以上,随采摘次数的增加,叶芽中稀土元素含量逐渐下降^[39];陈照喜等^[40]试验表明,春茶萌芽时喷施稀土元素,12个月后,茶树中稀土元素总量为37.37 mg/kg,比对照组

高 3.00 mg/kg。茶叶中稀土元素含量增加 2.83 mg/kg, 铈组稀土元素增加 3.74 mg/kg, 呈现茶叶喷施的稀土元素高度吸收与快速输配导致茶树(叶)对稀土元素的高度富集^[40]; 根据白婷婷^[21]在安溪茶园进行对夏茶、秋茶鲜叶喷施不同浓度的稀土元素叶面肥稀土元素含量变化的研究结果, 喷施含稀土元素的叶面肥料是导致茶树(叶)稀土元素含量升高的原因; 因茶叶的生物学特性如茶叶的单位重量的叶面积较大、叶背多茸毛且气孔较多, 这些特性无疑会增强叶面肥中稀土元素的附着与吸收量, 但是不同茶树品种因其生物学特性有差异, 可影响茶叶稀土元素含量^[41]。因此, 茶叶喷施含稀土元素叶面肥不仅直接污染茶叶, 还会因茶叶的生物学特性、对稀土元素的高度吸收、茶树中的快速输配、“老叶”富集而导致茶叶稀土元素含量较高。

3.3.4 茶树(叶)对稀土元素的选择性吸收及其于结构组分中的赋存形态与茶叶的稀土元素富集

倪嘉缙^[39]在阐述稀土元素的生物无机化学特性称: 植物对稀土元素具有选择性吸收, 使其在植物中的含量在 10~200 $\mu\text{g/g}$ 范围内波动; 稀土元素农用对植物体内的影响表明, 喷施稀土元素后叶芽中稀土元素含量明显高于对照组, 最高达 8 倍以上; 白婷婷^[21]和林荣溪等^[22]先后在安溪茶区实地试验研究表明, 施用稀土元素肥料无论是经根吸收还是叶面肥喷施, 均能导致茶叶稀土元素高含量, 充分证明了茶树和茶叶对稀土元素的高度吸收与富集性; 茶叶中稀土元素的赋存研究表明, 稀土元素主要分布于含蛋白质的组分并与其相结合, 如钟淑琳等^[42]由天然生长的茶叶中分离测得稀土元素镧、钕相结合的茶叶脂多糖, 即稀土元素-脂多糖(大分子化合物); 汪东风等^[43-44]研究表明茶叶中的稀土元素可结合于糖蛋白以及纤维素, 导致 80% 稀土元素以不溶态残存于茶渣中; 郭绍芬^[45]研究表明稀土元素离子能进入植物(叶)细胞与线粒体、叶绿体、细胞质和细胞核相结合。基于上述情况, 可以认为茶叶施用稀土元素肥料, 由于茶叶对稀土元素的高度选择性吸收及其稳定结合于结构组分必然导致高度富集。茶叶生长期越长, 成熟度越高的开片叶, 稀土元素含量越高, 即以“老叶”为材料制成的干茶(如乌龙茶、铁观音、紧压茶等)稀土元素含量较高, 而以稀土元素叶面肥喷洒时, 因直接沉载于茶叶, 且因叶片的吸收率高致使采摘的嫩芽稀土元素含量较高, 随其输配而赋存(富集)造成开片叶稀土元素含量高, 因此, 以嫩叶为原料制成的绿茶相对稀土元素含量较低, 有报道称当今茶叶稀土元素超标率以普洱茶最高(90%), 乌龙茶次之(60%), 绿茶

中稀土元素含量较低(20%)^[1]。

综上所述, 近几年来频频呈现茶叶稀土元素高含量(超标)的事实, 可以认为是茶叶生产中持续施用稀土元素肥料, 特别是含稀土元素叶面肥, 这种行为不仅直接致使茶叶污染, 还因其在土壤和茶树(叶)中累积富集而产生“后效应”。为此, 只有杜绝施用稀土元素肥料, 方能减轻土壤和茶树的稀土元素承载, 以减免茶叶的稀土元素高含量^[46]。

4 茶叶稀土元素问题的对策建议

为保障茶叶的质量安全, 本课题组的建议如下:

①贯彻“以人为本”方针, 严格执行国家有关严格控制稀土元素农用的规定^[46], 从源头管控, 以保障农业生态环境免受重金属叠加污染;

②解决茶叶稀土元素高含量(超标), 当务之急是积极倡导茶叶生产中杜绝使用含稀土元素的肥料, 特别是含稀土元素叶面肥应坚决禁止;

③稀土元素企业在 GB 9968—2008《硝酸稀土植物生长调节剂》产品标准已被废止后, 应停止无标生产与营销, 以免继续危及茶叶质量安全与茶业(农)经济;

④鉴于稀土元素具有广谱毒性效应及其在农业中广泛应用, 建议国家卫生和计划生育委员会等部门加强茶叶中稀土元素残留的风险评估, 应保留限量要求(标准)并与其他污染物一样纳入食品质量监督体系, 以确保农产食品质量安全。

⑤在有条件的茶区, 建议由多部门协同调查稀土元素肥料使用情况, 检测土壤和茶树、茶叶稀土元素含量, 借以综合分析并评估茶区稀土元素潜在的累积效应风险, 以期采取相应监控措施提供依据。

参考文献

- [1] 赵广立. 茶叶的稀土官能团[N]. 中国科学报, 2014-10-10(14).
- [2] 杨秀芳, 孔俊豪, 高玉萍, 等. 我国茶叶稀土问题现状与研究[J]. 中国茶叶加工, 2012(1): 4-7, 11.
- [3] 骆和东, 王文伟, 王婷婷, 等. 我国茶叶稀土元素残留现状及限量标准的探讨[J]. 中国食品卫生杂志, 2014, 26(5): 481-485.
- [4] 陈祖义. 核素示踪技术研究稀土元素¹⁴⁷Pm、¹⁴¹Ce、¹⁴⁷Nd的环境毒理与安全性[J]. 核农学报, 2004, 18(1): 36-42.
- [5] 杨频, 魏春英. 稀土与细胞器官组织的作用及其生理效应[J]. 化学通报, 1996(1): 14-17.
- [6] 童世沪, 卢国程. 稀土的生物效应[J]. 稀土, 1987(4): 42-54.
- [7] 中国科学院化学部咨询组. 《稀土对环境与健康的影响》(咨询报告)(科发学部字[2013]161号)[Z]. 2013.
- [8] 周莉, 李树雷, 陈辉, 等. 混合稀土常乐对孕鼠胚胎细胞的DNA损伤作用[J]. 中国稀土学报, 2004, 22(3): 390-392.
- [9] XU H E. The progress of resource environment and health in

- China[M]. Beijing: Peking University Medical Press, 2004: 43.
- [10] 李荣昌, 杨晓达, 王夔. 我国稀土生物无机化学研究进展[J]. 中国稀土学报, 2004, 22(1): 1-6.
- [11] 李荣昌, 杨惠雯, 王夔. 低剂量长期饲喂 $\text{La}(\text{NO}_3)_3$ 后 La 在大鼠骨中的蓄积及骨微结构的变化[J]. 北京大学学报: 医学版, 2003, 35(6): 622-624.
- [12] 张金超, 李晓新, 许善锦, 等. 稀土离子对体外培养的成骨细胞增殖、分化和功能表达的影响[J]. 自然科学进展, 2004, 14(4): 404-409.
- [13] 倪嘉缙. 稀土生物无机化学[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 27-37.
- [14] 陈祖义. 稀土的 hormesis 效应及其农用对农业生态环境的潜在影响[J]. 农村生态环境, 2004, 20(4): 1-3.
- [15] 朱为方, 张辉, 邵萍萍, 等. 稀土区儿童智商调查研究——赣南稀土区生物效应研究[J]. 科学通报, 1996, 41(10): 914-916.
- [16] 朱为方, 徐素琴, 邵萍萍, 等. 赣南稀土区生物效应研究——稀土日允许摄入量[J]. 中国环境科学, 1997, 17(1): 63-65.
- [17] 范广勤, 郑辉烈, 袁兆康. 稀土暴露对儿童智商的影响[J]. 环境与健康杂志, 2005, 22(4): 256-258.
- [18] 王夔, 杨晓改. 稀土的生物效应及药用研究[M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2011: 19-20.
- [19] 陈宗懋. 茶叶中稀土元素标准有望撤销[J]. 中国茶叶, 2012(3): 4-5.
- [20] 熊炳昆, 郑伟, 陈蓬, 等. 农业环境中的稀土[M]. 北京: 中国林业出版社, 1999: 151-176.
- [21] 白婷婷. 安溪乌龙茶农药残留规律与稀土污染成因探究[D]. 福建: 福建农林大学, 2014.
- [22] 林荣溪, 陈磊, 谢承昌, 等. 福建乌龙茶稀土来源初探[J]. 中国茶叶, 2010(11): 10-11.
- [23] 张儒心. 安溪铁观音稀土严重超标茶农拿稀土当肥料使用[N]. 新民周刊, 2012-07-18.
- [24] 中国稀土在线网. 探究安溪铁观音稀土严重超标原因[Z]. 中国稀土在线网, 2012-07-19. <http://www.cre-ol.com/searchresultlist?>
- [25] 仓梅芹, 成浩, 曾建民. 茶叶叶面肥研究应用概况[J]. 中国茶叶, 2008(1): 11-13.
- [26] 林锻炼. 福建乌龙茶茶园土壤与茶叶中稀土含量及其相关性[J]. 中国茶叶, 2011(10): 22-24.
- [27] 刘帅帅, 李焯, 王旻. 茶叶中稀土元素的研究进展[J]. 中国茶叶, 2011(1): 13-15.
- [28] 稀土标准化技术委员会. GB 9968—2008《硝酸稀土植物生长调节剂》等相关标准研讨会纪要[EB/OL]. (2012-04-26). <http://www.cnsmq.com/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=33&id=1448>.
- [29] 刘利平. 铁观音稀土含量超标的背后[Z]. 网页财经, 2011. http://www.cre-ol.com/_d274978023.htm.
- [30] 徐光宪. 稀土[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2002: 392.
- [31] 秦俊法, 陈祥友, 李坛禧. 稀土的生物学效应[J]. 广东微量元素科学, 2002, 9(2): 1-16.
- [32] 马崇智. 放射性同位素手册[M]. 北京: 原子能出版社, 1997.
- [33] 徐厚恩. 生物标志和人群毒理学研究进展[J]. 中华预防医学杂志, 2005, 39(2): 49-50.
- [34] 国家标准化管理委员会. 关于废止《硝酸稀土植物生长调节剂》等4项国家标准的公告(2012年第37号)[Z]. 2012.
- [35] 李飞. 茶企的稀土国标之困[N]. 法治周末, 2012-09-25(3).
- [36] 邢光熹, 朱建国. 土壤微量元素和稀土元素化学[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 233.
- [37] 熊炳昆, 陈蓬. 稀土农林研究与应用[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2000: 8-31.
- [38] 王立军, 梁涛, 章申, 等. 外施稀土在农田生态系中的生物地球化学循环与残留[J]. 中国稀土学报, 2004, 22(5): 676-681.
- [39] 倪嘉缙. 稀土生物无机化学[M]. 北京: 科学出版社, 1995: 79-80, 91.
- [40] 陈照喜, 王晓蓉, 田笠卿, 等. 土壤和茶树对稀土元素的富集作用[J]. 中国环境科学, 1995, 15(2): 145-147.
- [41] 农业大词典编辑委员会. 农业大词典[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [42] 钟淑琳, 闵蔚宗. 茶叶中分离出一种稀土-脂多糖[J]. 科学通报, 1994, 39(9): 863.
- [43] 汪东风, 李俊, 赵贵文, 等. 稀土对茶叶稀土结合糖蛋白的组成及活性的影响[J]. 中国稀土学报, 2000, 18(4): 363-366.
- [44] 汪东风, 赵贵文, 叶盛. 茶叶中稀土元素的组成及存在形态[J]. 茶叶科学, 1999(1): 41.
- [45] 郭绍芬. 稀土离子对生物活性分子结构和活性的影响[M]. 济南: 山东人民出版社, 2013: 3-4.
- [46] 中华人民共和国中央人民政府. 国务院办公厅关于印发近期土壤环境保护和综合治理工作安排的通知(国办发[2013]7号)[Z]. 2013.