

CN9500699

CNIC-00847

CSNAS-0085

中国核科技报告

CHINA NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY REPORT

铯-89 在茶叶中的消长动态

THE DYNAMICS OF ACCUMULATION AND
DISAPPEARANCE OF ^{89}Sr IN TEA

(In Chinese)



原子能出版社

中国核情报中心

China Nuclear Information Centre



陈传群：浙江农业大学原子核农业科学研究所教授，1957年毕业于浙江农学院农学系。

Chen Chuanqun; Professor of Institute of Nuclear Agricultural Science, Zhejiang Agricultural University. Graduated from Agronomy Department of Zhejiang Agricultural College in 1957.

CNIC-00847

CSNAS-0085

锶-89 在茶叶中的消长动态^{*}

陈传群 王寿祥 张永熙 孙志明

(浙江农业大学原子核农业科学研究所, 杭州)

摘 要

采用不同方式将⁸⁹Sr 引入茶树-土壤系统。结果表明,由茶树地上部引入的⁸⁹Sr,其在茶叶中的浓度比由土壤引入的高得多;其次,在同一处理中,老叶中的⁸⁹Sr 浓度要比嫩梢高。⁸⁹Sr 在不同处理的茶叶中的消长规律也不同:由地上部引入的⁸⁹Sr,其在老叶、嫩梢中的浓度随时间延长而单调减小;而由土壤引入的,嫩梢中的⁸⁹Sr 浓度起初随时间延长而增高,但在经历某一最大值后便缓慢降低,而老叶中的⁸⁹Sr 浓度起初增加较快,一定时间后便逐渐趋缓并达一饱和值。此外,还确定了嫩梢、老叶对⁸⁹Sr 的 CF 值。

^{*} 由中国原子能农学会供稿。

THE DYNAMICS OF ACCUMULATION AND DISAPPEARANCE OF ^{89}Sr IN TEA*

(In Chinese)

Chen Chuanqun Wang Shouxiang Zhang Yongxi Sun Zhiming

(INSTITUTE OF NUCLEAR AGRICULTURAL SCIENCES, ZHEJIANG
AGRICULTURAL UNIVERSITY, HANGZHOU)

ABSTRACT

The ^{89}Sr was put into a teatree-soil system by different ways. The results showed that for ^{89}Sr put into the system through the above-ground part of teatree, its concentration in tea was much higher than that through soil. The concentration of ^{89}Sr in older tea was higher than that in shoot for a same treatment. The accumulation and disappearance of ^{89}Sr in tea varied with the treatments. For the treatment through the above-ground part, the concentrations of ^{89}Sr in older tea and shoot were monotonously decreasing with time. For the treatment through soil the concentration of ^{89}Sr in shoot increased initially to a maximum value, then decreased slowly, while the concentration of ^{89}Sr in older tea increased quickly in a definite period, then increased slowly to gain a saturated value. In addition, the values of concentration factor of ^{89}Sr in the older tea and shoot were determined, too.

* Contributed by the Chinese Society of Nuclear-Agricultural Sciences (CSNAS).

前 言

随着核动力的迅速发展和核技术在国民经济各部门日益广泛的应用,公众对放射性污染物给环境可能造成的影响也更加关注。放射性铯是重要的关键核素,主要来源于核爆炸和核动力及其工艺过程;进入环境的放射性铯有较大的迁移性,将通过各种途径进入生物体,从而产生危害。

茶叶是我国重要的经济作物,在我国大陆核电基地浙江省海盐县经济作物中也占有重要地位。从放射生态学的观点研究 ^{137}Sr 及其在茶叶中的行为,国内尚未见报道,国外报道也不多。Miyamao 等曾采用浸种和拌土引入 ^{137}Sr ,研究它在茶叶地上部和根系中的积累情况^[1-3];本文阐述了采用模拟降雨(喷雾)、放射性落下灰(沉降)及由表土浇灌、打孔深层灌注和环挖拌土等方式引入 ^{137}Sr 后, ^{137}Sr 在茶叶中的消长规律,从而为评定 ^{137}Sr 在茶叶中的安全性提供了依据。

1 材料与方 法

采用盆栽。盆钵尺寸为 $\phi 25 \times 30$ cm。每盆先垫以1.0 kg石英砂,然后装入风干的浙江省海盐县官堂乡新光村南山坡(位于秦山核电厂下风向6 km)红黄壤12.5 kg(盆土深约20 cm);装盆前,以5.1 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、6.0 g KH_2PO_4 拌入土壤中以作基肥,于年冬每盆种植三株生长基本均匀一致的茶树。植株高约50 cm。

所用 ^{137}Sr 制剂为 $^{137}\text{SrCO}_3$ 粉末,比活度为 1.85×10^6 Bq/g SrCO_3 (1992, 03, 11.下同),由中国原子能科学研究院提供。使用前用5 mol/L HCl转变成 $^{137}\text{SrCl}_2$ 水液,然后用水定容至25.0 ml,其比活度为 1.48×10^7 Bq/ml;再取该母液2.50 ml,稀释至100.0 ml,此稀释液比活度为 3.7×10^5 Bq/ml,在G-M计数器上测得5 μl 稀释液的计数率为360.0 cps。这实际上是 ^{137}Sr 的 β 粒子的贡献^[4]。

^{137}Sr 制剂由地上部(喷雾、沉降)和土壤(表面浇灌、深层局部灌注和表层局部环挖拌土)引入。具体方法如下。

喷雾。取上述稀释液3.00 ml(总活度为 1.11×10^6 Bq)于10 ml量筒中,直接均匀地喷洒在茶树植株地上部。

模拟沉降(落下灰)。取前述量 ^{137}Sr 稀释液均匀拌入10 g粒径小于0.15 mm的同种土壤中,风干后均匀撒在茶树植株地上部;为使沉降的土壤颗粒有效地粘附于植株,撒前喷水将植株稍加润湿。

浇灌。吸取上述稀释液12.50 ml(总活度为 4.625×10^6 Bq),加水1 L搅匀,然后直接缓慢均匀浇灌在表土上。此时整个土壤中 ^{137}Sr 的平均浓度为 3.7×10^5 Bq/kg干土,约合 7.2×10^4 cps/kg干土。

拌土。在距盆钵内表面约2 cm处向中心径向环挖厚约3 cm,深约10 cm的土块,取出(土壤重约2.5 kg,折合风干土约2.2 kg)。然后吸取前述稀释液12.50 ml,先均匀拌入100 g,粒径小于0.15 mm的同种土壤中,再逐渐均匀拌入取出的土壤(其 ^{137}Sr 的浓度为 2.1×10^6 Bq/kg干土,而整盆土壤中 ^{137}Sr 的平均浓度与浇灌处理的相同),装回盆内。

灌注。在离盆钵内表面2 cm处,用 $\phi 10$ mm玻璃棒沿圆周均匀打孔12只,孔深约12

cm; 然后用 10 ml 移液管插入已打好的孔中, 深约 10 cm (为使插入的移液管不致下滑, 其外径比孔径稍大), 距移液管尖端距孔底约 2 cm, 以利于标记液流入下层土壤中。引入的 ^{90}Sr 标记液量同上; 所取前述 ^{90}Sr 稀释液 12.50 ml 分二次 (6 ml、6.5 ml) 谨慎慢慢滴入插入土壤的移液管中。加注完毕, 并确认标记液已被下层土壤吸收后, 取出各移液管, 将各孔整平、压实, 然后用 1 L 水淋湿。直接吸收 ^{90}Sr 液的土壤中 ^{90}Sr 的浓度为 $7.4 \times 10^4 \text{ Bq/kg}$ 干土 (以底层 10 cm 深盆土计); 同样, 整盆土壤中 ^{90}Sr 的平均浓度与浇灌、拌土相同。

上述各种处理均重复两次。

采样分别在 ^{90}Sr 液引入后 1, 3, 7, 14, 28, 42, 56, 77, 147 天进行。每次每盆采摘适量的嫩梢和同一枝条最下端的老叶。采用沉降处理的叶片, 采摘后首先试去表面土粒。采摘后的嫩梢、老叶在称取鲜重后于马福炉 ($\sim 600^\circ\text{C}$) 中灰化 8 小时; 土壤在约 80°C 下烘干, 研碎后过筛。所有样品均采用干粉法制样后在 G-M 计数装置上测定 ^{90}Sr 活度值, 测样均设二只重复。各测定值经自吸收、衰变及死时间校正后再作分析处理。测量的相对标准偏差皆控制在 5% 以内。

2 结果与讨论

各处理嫩梢、老叶中 ^{90}Sr 浓度值随时间变化状况如表 1 所示。现就主要结果作以下讨论。

2.1 ^{90}Sr 引入方式对 ^{90}Sr 在茶叶中积累的影响

由表 1 可见, 不同引入方式, ^{90}Sr 在茶叶中的浓度有着明显的差异。

表 1 茶叶中 ^{90}Sr 浓度的变化动态, cps/g 鲜样

Table 1 The change dynamic of concentration of ^{90}Sr in tea (cps/g fresh sample)

时间, d		1	3	7	14	28	42	56	77	147
喷雾 spray	嫩梢 shoot	1059.2	1344.3	661.8	843.2	152.1	18.2	41.6	7.5	6.7
	老叶 older tea	2493.0	2559.7	2645.9	742.5	619.4	252.9	402.0	64.9	29.3
沉降 fall	嫩梢 shoot	292.6	171.7	17.0	313.5	319.8	13.0	10.6	6.8	6.9
	老叶 older tea	536.3	423.1	54.2	222.6	281.0	32.4	50.4	27.4	30.9
浇灌 irrigation	嫩梢 shoot	3.7	4.6	4.1	15.8	71.2	115.0	86.3	55.2	38.6
	老叶 older tea	3.5	5.2	36.0	20.2	146.8	205.4	231.1	172.4	267.3
灌注 pour	嫩梢 shoot	2.4	2.9	4.2	3.0	15.7	26.8	106.5	73.2	61.9
	老叶 older tea	3.5	2.8	10.9	4.9	18.0	23.0	146.8	126.4	431.7
拌土 mix soil	嫩梢 shoot	2.7	2.3	2.7	3.4	22.4	61.1	45.8	41.7	29.2
	老叶 older tea	3.2	3.2	3.8	4.1	24.5	34.5	77.1	40.6	252.6

由地上引入的情况, 大体上说, 喷雾处理的嫩梢、老叶中 ^{90}Sr 的浓度高于相应的沉降处理的嫩梢、老叶, 只是在 ^{90}Sr 引入较长时间 (77 天) 后二者差异才明显减小并接近。这是由于喷雾处理的 ^{90}Sr 可直接为茶叶吸收, 而沉降处理的 ^{90}Sr 滞留于“落下灰”上, 仅粘附于茶叶表面, 只有未被“落下灰”固定或发生解吸的 ^{90}Sr 才被茶叶吸收, 加之“落下灰”不断因风吹雨打而由叶片落下, 所以茶叶中 ^{90}Sr 浓度在较长时间明显地低于喷雾处理的, 经过较长

时间后, ^{90}Sr 在整个茶树-土壤系统中发生迁移和分配,随之 ^{90}Sr 在它们各自茶叶中的浓度的差异便逐渐减小,最后相近。

由土壤引入的三种处理茶叶中的 ^{90}Sr 浓度也存在着差异。尤其是在第77天前,浇灌处理的茶叶中 ^{90}Sr 浓度皆显著高于其它两种处理的;至于拌土和打孔处理, ^{90}Sr 在相应的茶叶中的浓度或高或低,没有明显的趋向。

事实上, ^{90}Sr 由土壤向作物的迁移、积累与土壤性质、土壤固相对它的吸附有着密切关系^[5],在本研究条件下,起主要作用的是后者。表面直接浇灌处理的茶叶中 ^{90}Sr 的浓度,在前4周内皆明显地高于打孔灌注和拌土处理的。这是由于在浇灌情况下, ^{90}Sr 溶液较快地由表土向下渗透,表层土壤来不及对其充分吸附,因而它能够广泛分布于整个土壤(尽管下层土壤 ^{90}Sr 浓度要低些);而打孔灌注和拌土处理的,在相当长的时间内, ^{90}Sr 或者基本上滞留于部分下层土壤(打孔灌注),或者基本上被局部环挖的土壤吸附而滞留于部分上层约10 cm深的土壤,即这两种处理的土壤中的 ^{90}Sr 处于局部滞留状态。 ^{90}Sr 的这种不均匀分布势必降低了根部的吸收,因而出现了在 ^{90}Sr 引入后的一段时间内打孔灌注和拌土处理的茶叶中, ^{90}Sr 浓度比浇灌处理低的情况;但随后,打孔灌注和拌土处理的土壤中 ^{90}Sr 发生迁移而逐渐改变它在土壤中局部滞留的状况:打孔灌注处理的,因横向迁移使底层10 cm土壤中 ^{90}Sr 趋于均匀分布,以及因毛细、扩散等迁移作用而逐渐向表层10 cm土壤迁移;拌土处理的也因横向迁移使 ^{90}Sr 在表层10 cm土壤中的分布趋于均匀,又因扩散和淋溶(管理过程中的浇水)而使上层土壤中的 ^{90}Sr 向下层迁移。这些情况使得茶树根部在更广泛的土壤中吸收 ^{90}Sr ,从而使得这两种处理的茶叶中 ^{90}Sr 浓度较快地提高,以致和浇灌处理的茶叶中 ^{90}Sr 浓度接近。

不同引入方式的 ^{90}Sr 在茶叶中浓度的比较。由表1可见, ^{90}Sr 由地上部引入者,它在茶叶中的浓度远高于土壤引入者。这是由于喷雾和沉降处理所引入的 ^{90}Sr 主要为叶片接收,茎秆接收不多,散落在土壤表面而可能通过根部的吸收再向地上部转移的则更少。这与Гулякин Ц В等有关研究结果基本一致;当 ^{90}Sr 由叶片引入时,主要为叶片吸收,而转移至其它部位的量较少^[6];对由土壤引入者,由于是旱地, ^{90}Sr 在其中的迁移率比较低,于是短时间内它在茶叶中的积累也就较慢,只是在引入28天后茶叶中 ^{90}Sr 浓度才可与前两种相比乃至超过它们中 ^{90}Sr 的浓度。但是,如果注意到由地上部引入的 ^{90}Sr 量仅为由土壤引入量的24%,那么,由地上部引入 ^{90}Sr 的茶叶中的浓度实际上仍比由土壤引入者高。

2.2 嫩梢、老叶中 ^{90}Sr 浓度的比较

由表1还清楚地看出,在同一处理中,嫩梢中的 ^{90}Sr 的浓度基本上低于相应的老叶。这表明, ^{90}Sr 在茶叶中的积累量与其生长期有关^[7],对于喷雾和沉降处理,由于嫩梢的生长稀释(叶面积变大,叶片变厚)及标记后茶树的生长(新生的嫩梢),加之叶片中 ^{90}Sr 向其它部位转移(尽管这种转移不多),从而使其中 ^{90}Sr 的浓度在较长时间内低于茶树上的老叶。这种情况同样出现在 ^{90}Sr 由土壤引入的其它三种处理之中。在这些处理中,茶树植株通过根部由土壤摄取 ^{90}Sr 后再输运至其它部位(当然包括嫩梢)。但是, ^{90}Sr 首先将被土壤强烈地吸附。据报道^[5],红壤对 ^{90}Sr 的吸附率可达75%,即使在淹水情况下也可达60%^[8]。由此可见,土壤对 ^{90}Sr 的强烈吸附自然就抑制了 ^{90}Sr 向茶树的迁移,因而使处于生长或新生的嫩梢中的 ^{90}Sr 浓度比老叶低。这里需要说明的是,虽然嫩梢中含水率[经测定为(71.0±0.6)%]高于老叶中的含水率[(65.0±0.4)%],但这种差异显然改变不了它们干样浓度的差异。

2.3 ^{87}Sr 在茶叶中的消长规律

^{87}Sr 在茶叶中的浓度随时间的变化规律因引入方式而异：由地上部引入者， ^{87}Sr 在茶叶中的浓度随时间呈单调降低趋势。喷雾处理的，嫩梢由引入后 1 天的 1059.2 cps/g 鲜样（单位下同）单调地降低至终止试验时（147 天）的 6.7，老叶则相应地由 2493.0 降至 29.3；对于沉降处理的，嫩梢由引入后 1 天的 292.6 降至 147 天 6.9，老叶则相应地由 536.3 降至 30.9。但对直接浇灌、打孔灌注和拌土处理的， ^{87}Sr 在茶叶中浓度的变化比较复杂。 ^{87}Sr 浓度与时间关系由多项指数描述，但又各异。浇灌处理的嫩梢中 ^{87}Sr 浓度随时间延长较快地上升至第 42 天的最大值 115.0，然后缓慢下降；打孔处理的嫩梢于第 56 天达最大值（106.5），而拌土处理的嫩梢中 ^{87}Sr 浓度的最大值（61.1）则出现在第 42 天；但这三种处理的老叶中 ^{87}Sr 浓度的变化基本上随时间增高：浇灌处理的由第 1 天的 3.5 单调增高至 147 天的 267.3，打孔灌注的从第 1 天的 3.5 上升至第 147 天的 431.7，而拌土处理的则由第 1 天的 3.2 增至终止试验时的 252.6。

^{87}Sr 在不同处理的茶叶中的浓度及其随时间的变化状况的差异，是由处理方式及茶叶的生长生理所决定，这已作过一些阐述；而 ^{87}Sr 在系统中的迁移则是一级速率过程^[9]。

喷雾或沉降处理的， ^{87}Sr 直接被茶叶吸收，随着生长的稀释和在茶树中的运转， ^{87}Sr 在所采集嫩梢、老叶中的浓度随时间单调减少，这便是通常的一级反应过程，即浓度 C 随时间 t 按单项指数规律减少：

$$C = C_0 e^{-kt}$$

式中 C_0 为起始时刻（即 ^{87}Sr 刚引入时刻）茶叶中的 ^{87}Sr 浓度， k 反应了茶叶中 ^{87}Sr 浓度降低的速率，通常视为常数。

对于表面直接浇灌、打孔灌注和拌土处理的老叶，由于较长时间不断吸收由根系运输来的 ^{87}Sr ，所以其内 ^{87}Sr 浓度随时间延长而增高，但同时由于 ^{87}Sr 在整个系统内的运转与分配，老叶中 ^{87}Sr 浓度增幅逐渐变小。可以预计，老叶中的 ^{87}Sr 浓度终将达到某一饱和值。老叶中 ^{87}Sr 浓度与时间关系可用下式表示：

$$C = C_0(1 - e^{-kt})$$

式中 C 为 t 时刻老叶中的 ^{87}Sr 浓度， k 为与吸收速率及输出速率有关的常数， C_0 即为老叶中 ^{87}Sr 的饱和浓度值，它的大小与起始时刻老叶中 ^{87}Sr 浓度及 k 值有关。

对于上述三种处理的嫩梢，它除了接收由茶树其它部位运输来的 ^{87}Sr 外，还由于其生长及向其它部位迁移而使其内 ^{87}Sr 浓度降低，但在试验期间这三种处理的嫩梢中 ^{87}Sr 浓度均在达到最大值后平缓地降低，于是由土壤引入的，其嫩梢中 ^{87}Sr 浓度与时间关系具有下列形式

$$C = C_0(e^{-k_1 t} - e^{-k_2 t})$$

式中 k_1 为 ^{87}Sr 由茶树其它部位进入嫩梢的速率常数， k_2 为由于嫩梢生长、 ^{87}Sr 由嫩梢迁移而使其浓度降低的速率常数，即 k_1 和 k_2 分别为吸收和排出的速率常数， C_0 为与嫩梢起始浓度及 k_1 、 k_2 有关的常数（浓度）。

基于上述分析，在计算机上拟合，得各种处理的嫩梢和老叶中 ^{87}Sr 浓度随时间变化的数学模式：

喷雾：

$$\text{嫩梢} \quad C_1 = 1103.8e^{-0.0001t}, \text{err} = 30.7\%$$

	老叶	$C_1 = 2586.0e^{-\lambda t}$, err = 27.9%;
沉降:	嫩梢	$C_2 = 185.6e^{-\lambda t}$, err = 60.7%;
	老叶	$C_2 = 422.4e^{-\lambda t}$, err = 47.5%;
浇灌:	嫩梢	$C_3 = 123.2(e^{-\lambda t} - e^{-\lambda t_0})$, err = 35.0%;
	老叶	$C_3 = 276.8(1 - e^{-\lambda t})$, err = 19.4%;
灌溉:	嫩梢	$C_4 = 89.0(e^{-\lambda t} - e^{-\lambda t_0})$, err = 65.7%;
	老叶	$C_4 = 620.8(1 - e^{-\lambda t})$, err = 48.6%;
拌土:	嫩梢	$C_5 = 65.5(e^{-\lambda t} - e^{-\lambda t_0})$, err = 38.9%;
	老叶	$C_5 = 400.8(1 - e^{-\lambda t})$, err = 47.1%.

err 为理论值与实验值之间的误差。图 1 为各数学模式的图示。

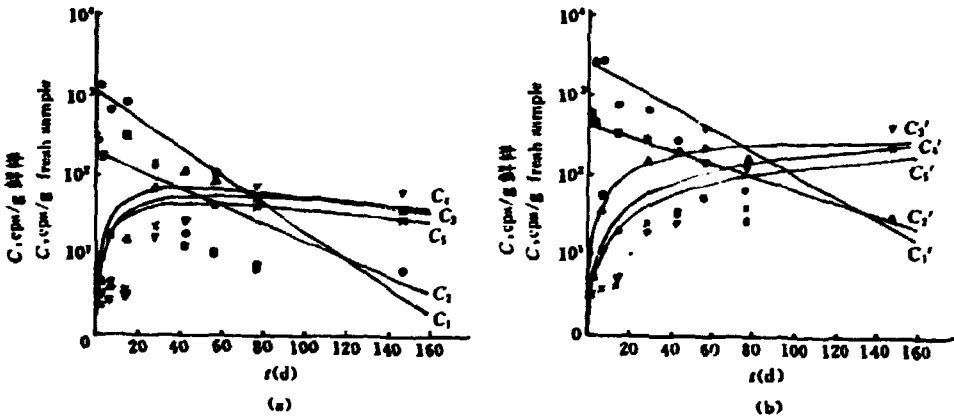


图 1 ^{90}Sr 在茶叶中的消长

Fig. 1 The accumulation and disappearance of ^{90}Sr in tea

a) 嫩梢 (shoot), b) 老叶 (older tea).

○— C_1, C_1' , □— C_2, C_2' , △— C_3, C_3' , ▽— C_4, C_4' , ×— C_5, C_5' .

2.4 茶叶对 ^{90}Sr 的浓集系数

浓集系数 CF 是评定核污染危害的重要参数，此处 CF 定义为 ^{90}Sr 在茶叶（嫩梢、老叶）中的浓度与同一时刻、同一处理的土壤中 ^{90}Sr 浓度之比。

这里应指出，对于由茶树地上部引入 ^{90}Sr 的喷雾和沉降处理，直接进入土壤的 ^{90}Sr 量甚微，论及其 CF 值无肯定含义；对由土壤引入的表面浇灌、深层灌注和环挖表土拌和处理，茶树的质量在整个系统中只是微量（估计不到 500 g），全土的 ^{90}Sr 平均浓度的测定表明，其略低于引入值。于是这里以引入平均浓度值 7.2×10^4 cps/kg 干土计，不致引起过大的误

量。

另外，供作饮用的茶叶可视为干茶叶，经多次测定，嫩梢的含水率为 $(71.0 \pm 0.6)\%$ ，老叶为 $(65.0 \pm 0.4)\%$ 。由此变换表 1 中有关鲜茶叶中的 ^{90}Sr 浓度值，得干茶叶对 ^{90}Sr 的 CF 值列于表 2。

表 2 CF 值的动态变化

Table 2 The dynamic change of value of CF

t, d		1	3	7	14	28	42	56	77	147
灌溉 irrigation	嫩梢 (shoot)	0.18	0.22	0.20	0.76	3.41	5.51	6.13	2.63	1.05
	老叶 (older tea)	0.14	0.21	1.43	0.80	5.82	8.15	9.17	6.84	10.61
灌溉 pour	嫩梢 (shoot)	0.11	0.14	0.20	0.14	0.75	1.28	5.10	3.50	2.96
	老叶 (older tea)	0.14	0.11	0.43	0.19	0.71	0.91	5.82	5.02	17.1
拌土 mix soil	嫩梢 (shoot)	0.13	0.11	0.13	0.16	1.07	2.93	2.19	2.00	1.40
	老叶 (older tea)	0.13	0.13	0.15	0.16	0.97	1.37	3.06	1.61	10.02

3 结论

(1) 在茶叶-土壤系统中， ^{90}Sr 的引入方式对其在茶叶中的积累有着较大的影响。由地上部引入的 ^{90}Sr ，其在茶叶中的浓度实际上均比由土壤引入的高。

(2) ^{90}Sr 在茶树不同部位的浓度也有差异。在同一时刻，对同一处理，嫩梢中 ^{90}Sr 的浓度明显地低于老叶。

(3) ^{90}Sr 在茶叶中的消长规律与引入方式有关。由地上部引入时，茶叶中 ^{90}Sr 浓度随时间延长按单项指数衰减；但当 ^{90}Sr 以不同方式由土壤引入时，嫩梢、老叶中 ^{90}Sr 浓度随时间延长皆按多项指数变化。其中嫩梢中 ^{90}Sr 浓度在经历某一最大值后便缓缓下降，而老叶中 ^{90}Sr 浓度则起初增大较快，以后逐渐变缓，并趋于一饱和值。

(4) ^{90}Sr 由土壤引入时，其内平均浓度变化不大；关于 CF 值，在二周前，各处理的嫩梢、老叶的 CF 值皆小于 1，以后它们逐渐分别大于 1。

参考文献

- [1] Шуцкая Ю. Н. Агротехника, 1981, (7), 120~125
- [2] Шуцкая Ю. Н. Почвоведение, 1982, (7), 126~128
- [3] Шуцкая Ю. Н. Почвоведение, 1983, (9), 121~123
- [4] 侯家固主编. 核素常用数据表. 北京: 原子能出版社, 1977, 116~117
- [5] Кличинский В. М., и др., Почвоведение, 1968, (3), 1~15
- [6] Гуляев Н. В., и др., Радионуклидные продукты Деления в пище и растениях. Москва, Гостехиздат, 1962. 250
- [7] Тельперова Э. В., и др., Радионуклиды-90 в различных сортах и сортах песторых растений. Тр. ИВЭИ аграрной науки ГоссССР. Тбилиси, 1974, т. 24. 213
- [8] 张水康等. ^{90}Sr 在土壤-植物中的研究. 浙江农业大学学报, 1990, 16 (4), 413
- [9] 魏特纳 F. W. 等著, 俞晋福等译. 放射生态学, 第一卷. 北京: 原子能出版社, 1983. 211

(京)新登字 077 号

图书在版编目 (CIP) 数据

**铯-89 在茶叶中的消长动态 = THE DYNAMICS OF
ACCUMULATION AND DISAPPEARANCE OF ⁸⁹Sr IN
TEA/陈传群等著. —北京: 原子能出版社, 1994. 6
ISBN 7-5022-1164-0**

**I. 铯… I. 陈… III. ①茶属-铯同位素-栽培②茶叶
-铯 89-浓度-研究 N. S571. 1**

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (94) 第 02428 号



原子能出版社出版 发行

责任编辑: 武洁

社址: 北京市海淀区阜成路 43 号 邮政编码: 100037

中国核科技报告编辑部排版

核科学技术情报研究所印刷

开本 787×1092 1/16 · 印张 1/2 · 字数 12 千字

1994 年 6 月北京第一版 · 1994 年 6 月北京第一次印刷

CHINA NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY REPORT



This report is subject to copyright. All rights are reserved. Submission of a report for publication implies the transfer of the exclusive publication right from the author(s) to the publisher. No part of this publication, except abstract, may be reproduced, stored in data banks or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of the publisher, China Nuclear Information Centre, and/or Atomic Energy Press. Violations fall under the prosecution act of the Copyright Law of China. The China Nuclear Information Centre and Atomic Energy Press do not accept any responsibility for loss or damage arising from the use of information contained in any of its reports or in any communication about its test or investigations.