

我国东北地区土壤中的硒

程伯容 鞠山见 岳淑熔 赫荣臻 盛士骏

(中国科学院林业土壤研究所)

硒是人和其它动物必需的微量元素,土壤和植物中硒含量过低,可引起牲畜的白肌病,如果土壤和植物中硒含量过高,又会引起牲畜的硒中毒现象。在国外,硒与动物健康关系的研究工作比较多^[7,8]。

在我国,克山病是一种原因未明的地方性心肌病,当地群众称之为“水土病”,认为是由于当地水土不好而引起的。最近医学和地学工作者研究证明:克山病患者血硒含量都比较正常人为低,而且克山病病区有明显的地区性,如东北病区只分布在暗棕色森林土,棕色森林土及黑土地区;土壤湿度较大,盐基饱和度较小。如暗棕色森林土,整个剖面终年处于湿润状态,土壤呈中性或酸性反应,盐基饱和度一般在70%以上,有的可低于50%^[1]。即克山病病区主要属酸性或中性还原环境。我们从1976年起,在喀喇沁旗病区用亚硒酸钠喷洒谷类作物作预防克山病试验,有一定预防作用。事实说明外环境中硒与克山病发病关系值得研究。1977—1978年我们进一步采集了东北地区土壤、植物和人发,进行了硒的测定。

本文主要报道土壤中硒的测定结果及分布情况。所有样品中的硒含量,都是用氢化物发生—原子吸收光谱法测定的*。

一、东北地区土壤中的硒

微量元素硒,根据Goldschmidt的分类,属亲铜元素,常与硫一起存在于岩浆成因的硫化物中,岩石圈丰度为0.09ppm^[6]。含硒矿物有硒铜矿、硒铅矿、硒铋矿和硫硒铋矿等。

世界各国,由于岩石性质及地球化学环境不同,土壤中硒含量差异较大。

Rosenfeld(1964)等总结了硒中毒地区土壤的含硒量^[5]。在加拿大白垩纪地层区,80个土壤(大部分表土)含有硒0.1—6ppm,其中30%为1或大于1ppm。墨西哥表层土壤含硒量为0.3—0.4ppm,底土为0.1—6ppm。哥伦比亚和南美土壤中硒平均含量为2—7ppm,爱尔兰土壤中硒在1.2—324ppm。在澳洲土壤中硒从0.02—0.4ppm。

Swaine(1955)总结了世界各国土壤中的硒含量,极大部分土壤中含硒在0.1—2ppm,在有硒毒地区,如美国南达科他州可达20—40ppm,而在俄罗斯平原地带性土壤平均硒含量则小于0.01ppm^[6]。

我国东北地区土壤中硒含量,根据61个表层土壤分析结果,范围值在0.015—0.540ppm,平均值为0.108ppm。这个含量比较各国硒毒地区含量为低,和苏联俄罗斯平

* 本项测定工作,承我所技术室方肇伦、张素纯及姜恒春同志协助,特此致谢。

原地带性土壤比较,含量较高;可属中等水平。

土壤中硒来源于成土母质。东北平原地区由第四纪非碳酸盐或碳酸盐沉积物组成。根据表 1 平原地区部分土壤母质中硒的分析,含量在 0.01—0.14ppm。

表 1 东北平原地区部分土壤成土母质中的硒含量

Table 1 Selenium content in some soil parent materials, in the plains of northeastern China

土 号 Number	母 质 Parent material	硒含量 (ppm) Selenium content
78-东北-52	下更新统冰水沉积物 Glacial deposit of lowerpleistocene	0.010
78-东北-50	中下更新统黄土状粘土 Loessal clay of medlowerpleistocene	0.140
78-东北-21	全新统碳酸盐冲积物 Calcareous alluvial deposit of holocene	0.115

土壤中硒含量,时常与土壤有机质含量有关。由表 2 说明: 东北地区东部山地丘陵,由于生物积累过程旺盛,土壤中有机质含量可达 3.89%,土壤中硒含量在 0.013—0.380ppm,平均值在 0.149ppm;而西部平原地区土壤中有机质含量 1.87%,土壤中硒含量在 0.013—0.198ppm,平均含量为 0.083ppm。与其他地区的土壤相比较,山东省邹县丘陵区土壤有机质含量为 0.68%,土壤中硒含量更少,只有 0.023ppm。可能在土壤下伏岩石或成土母质硒含量相同的条件下,土壤硒含量与土壤有机质含量成正相关,根据 Huchable 等用示踪元素方法的微观试验,认为大多数硒被束缚在枯枝落叶层和土壤中。澳大利亚对土壤硒的研究,也认为土壤中硒与植物残体有关^[5]。

表 2 土壤中有机质含量与硒

Table 2 Regional distribution of the contents of organic matter and selenium in soils

地 区 Areas	样 品 数 No. of sample analysed	有机质(%) Organic matter (%mean value)	硒含量 (ppm) Se content (ppm mean value)
东北地区东部山地丘陵 Eastern hilly lands of northeastern China	19	3.89	0.149
东北地区西部平原 Western plain of northeastern China	20	1.87	0.083
山东省邹县丘陵区 Hilly lands of Zou Xian, Shandong Province	7	0.68	0.023

二、土壤中硒的有效性

土壤中硒在不同氧化条件下,有元素硒,有机硒,亚硒酸盐和硒酸盐等形态^[2,3]。全硒是这些不同形态硒的总和。但上述全硒,并不代表植物可以吸收的硒,而往往对植物吸收没有明显相关。

美国南达科他农业试验站 Olson 等很早研究了土壤硒对植物的有效性问题^[4]。他们用六种土壤在温室进行盆栽试验,证实土壤中硒的有效性决定于土壤中水溶性硒的数量。现在一般用水溶性硒代表植物可以利用的有效性硒。

我们这次按 1:5 土水比率,用沸水法提取的水溶性硒作为有效性硒。

根据本地区 200 个土壤标本测定结果,土壤中水溶性硒范围值在 0.1—7.46ppb。部分标本测定结果可如表 3 所示。

表 3 东北地区不同地球化学条件下土壤中硒含量(表层土壤)

Table 3 Selenium content of soils under different geochemical condition in northeastern China (Surface soil)

地 区 Geographical region	地 点 Locality	pH 值 Soil pH	土壤反应 Soil reaction	全 硒 (ppb) Total Se	水 溶 硒 Water soluble Se	
					ppb	占全硒% Percentage in total Se
东部山地, 丘陵及高原 Eastern hilly lands and plateaus	桓仁	6.32	- Non-calc.	15.0	<0.1	0.7
	桓仁华尖子	6.30	- ditto	12.5	<0.1	0.8
	靖宇 2 号	6.50	- ditto	37.5	<0.2	0.53
	靖宇 3 号	6.55	- ditto	150.0	0.6	0.4
	鹤岗新华	6.08	- ditto	127.5	0.5	0.39
	克山县光荣屯	6.72	- ditto	177.5	<0.1	0.06
	克山县永丰大队	6.45	- ditto	235.0	<0.1	0.04
	克山县永丰大队	5.40	- ditto	82.0	<0.1	0.12
	喀喇沁旗	7.20	- ditto	25.0	0.1	0.4
	喀旗孤山	6.65	- ditto	275.0	0.24	0.09
	喀旗孤山	6.80	- ditto	230.0	0.30	0.13
	喀旗孤山	7.00	- ditto	17.5	0.10	0.57
	喀旗孤山	7.30	- ditto	150.0	0.10	0.07
	西部平原 Western plains region	白城 18	7.75	+ Calc.	115.0	3.2
白城 21		8.42	+ ditto	197.5	3.9	2.0
白城 22		9.15	+ ditto	12.5	7.46	59.7
白城 23		8.10	+ ditto	127.5	3.4	2.7
赤峰 75-21		8.70	+ ditto	65.0	1.2	1.85
赤峰 75-22		9.00	+ ditto	70.0	0.72	1.03
乾安(润字井)		8.60	+ ditto	87.5	4.80	5.49
乾安让字大队		8.50	+ ditto	95.0	7.20	7.58
乾安身字井		8.40	+ ditto	30.0	4.0	13.3
乾安大西大队		8.40	+ ditto	157.0	4.0	2.54

一般土壤中硒的有效性, 主要与地球化学条件有关, 尤其是 pH 值和氧化还原条件, 也受淋溶作用的影响。我国东北地区, 东部山地丘陵及高原和西部平原在地球化学条件上有明显差别。在东部山地丘陵及高原土壤地球化学特点是:

1. 地区年降水量较高, 约在 500 毫米以上, 土壤淋溶作用较强。
2. 土壤 pH 值极大部分在 6.0—7.0, 中性或酸性反应。
3. 成土母质为饱和或不饱和铝硅酸盐风化物, 土壤中没有游离的石灰。

而在西部平原地区地球化学特点是:

1. 地区年降水量较低,时常低于 500 毫米。
2. 土壤 pH 值极大部分在 7.0 以上,中性或碱性反应。
3. 成土母质为碳酸盐风化壳,土壤中含有游离的石灰。

因此,上述两个地区土壤中水溶性硒差别较大。如表 3,在东部山地丘陵及高平原土壤中水溶性硒范围值在 0.1—0.6ppb,平均值在 0.2ppb,大部分小于 0.1ppb,都只占全硒的 1% 以下,大部分小于 0.5%。在西部平原,土壤中水溶性硒范围值在 0.72—7.46ppb,平均值为 1.88ppb,大部分占全硒的 2% 以上。

本地区测定结果说明:土壤中水溶性硒与土壤 pH 反应有密切关系,两者成平行关系,在湿润山坡地偏酸性土壤,水溶性硒含量较低,在半干旱平原的偏碱性土壤,土壤中水溶性硒含量较高。

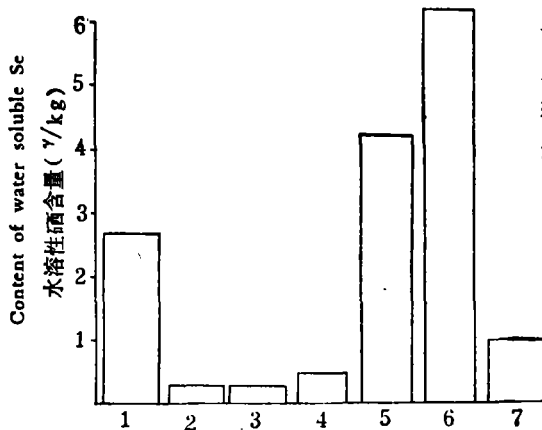


图 1 东北地区不同地带性土壤中的水溶性硒

Fig. 1. Water soluble Se in some zonal soils of northeastern China

1. 棕壤(沉积岩区) Brown forest soil (on sedimentary rock)
2. 棕壤(火成岩区) Brown forest soil (on igneous rock)
3. 黑土 Black earth
4. 白浆土 Planosol
5. 草甸黑钙土 Meadow chernozem
6. 黑钙土 Chernozem
7. 褐土 Drab soil

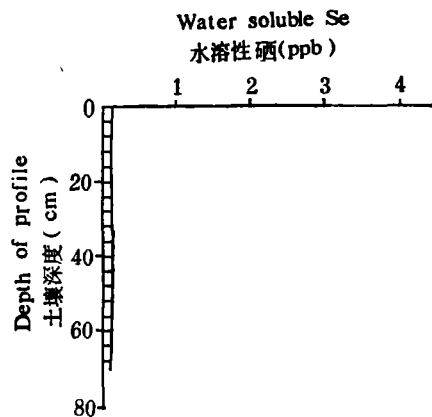


图 2 新宾地区暗棕色森林土剖面中水溶性硒的垂直分布(78-41)

Fig. 2 Vertical distribution of water soluble Se in dark brown forest soil, Xinbin district, northeastern China

土壤类型是按不同生物气候条件及土壤特性来划分的,于是水溶性硒的多寡,也明显地反映在不同的地带性土类上,图 1 表明,在半干旱地区草甸黑钙土,黑钙土及褐色土水溶性硒都比较高,尤其以黑钙土为显著。棕色森林土,黑土及白浆土都比较低,只有在石灰岩、页岩等沉积岩上发育的棕色森林土,受了母质的影响,才比较高。

水溶性硒在土壤剖面中的分布,随着不同的土壤类型,有着显著的差异。在湿润地区,如暗棕色森林土,土壤剖面中硒的淋溶现象是明显的(图 2, 3)。相反的,在半干旱地区,如白城地区黑钙土,受了水的蒸发作用,水溶性硒都积累在表层(图 4)。

从东北地区隐域性土壤看,在三江平原的潜育化草甸土和生草潜育土(表 4),虽然有

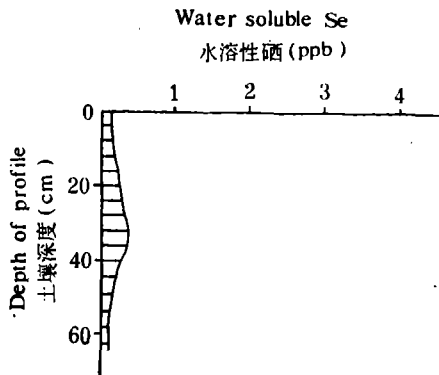


图3 桓仁地区暗棕色森林土剖面中水溶性硒的垂直分布(78-29)

Fig. 3 Vertical distribution of water soluble Se in dark brown forest soil, Huanren district, northeastern China

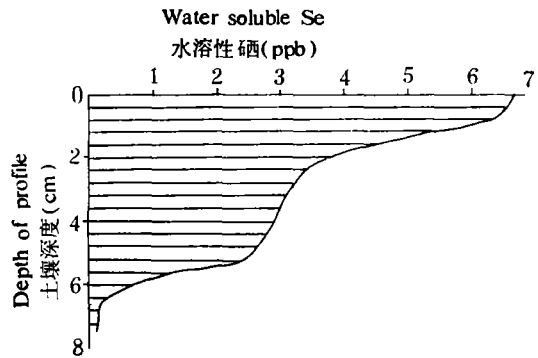


图4 白城地区黑钙土剖面中水溶性硒的垂直分布(78-69)

Fig. 4 Vertical distribution of water soluble Se in chernozem, Baicheng district, northeastern China

表4 东北地区几种隐域性土壤的硒含量

Table 4 Selenium content in some intrazonal soils of northeastern China

地区 Geographical region	土号 Soil number	土类 Soil type	土壤深度 (cm) Soil depth	pH	有机质 (%) Organic matter	全硒 (ppb) Total Se	水溶硒 Water soluble Se	
							ppb	占全硒 (%) Percentage in total Se
湿润地区 Humid region	5844	潜育草甸土 Meadow soil gleyed	0-10	5.65	未测	540	0.1	0.02
	5845	潜育草甸土 Meadow soil gleyed	25-30	5.90	4.95	240	0.1	0.04
	5826	生草潜育土 Sod soil gleyed	3-8	5.40	1.38	145	0.1	0.07
	5827	生草潜育土 Sod soil gleyed	14-20	5.50	0.16	57.5	0.7	1.22
半干旱地区 Semi-arid region	9425	砂土 Sandy soil	0-10	7.95	0.27	52.5	0.2	0.38
	117	碳酸盐草甸土 Calc. meadow soil	0-20	7.30	4.65	380	1.4	0.34

的全硒量不低(潜育草甸土全硒量达 0.54ppm),而水溶性硒都很低。沙土,由于缺乏土壤粘粒,即使处在半干旱地区,水溶硒含量也只在 0.2ppb。只有碳酸盐草甸土才高一些。

但在迁移规律上,硒显然和易迁移的元素不同,无论在东北内陆苏打盐土地区,或滨海氯化物盐土地区,没有发现有大量水溶性硒积聚(表5)。

对于微量元素硒的迁移规律,国外文献曾有记载,可能在温带湿润森林或森林草原地区,岩浆岩风化后,含硒矿物容易风化成亚硒酸盐,并被吸收在土壤粘土复合体中,特别是铁铝氧化物,形成难溶解的无机复合体;而在雨量较多的坡地,一些水溶性硒,也容易遭受淋失,于是土壤中水溶性硒处于低水平。

而在半干旱碱性土壤地区,硒酸盐占主要地位,硒酸盐对植物来说较亚硒酸盐有效。而在半干旱草原地区,雨量较少,水溶性硒不容易淋失,于是有较多的硒可供植物利用。

表 5 盐土中的水溶性硒

Table 5 Water soluble selenium in the saline soils, northeastern China

地 点 Locality	土 壤 Soil type	土壤深度 (cm) Soil depth	水溶性硒 (ppb) Water soluble Se
沙 尔 图	苏打盐土 Soda-saline soil	0—10	4.7
安 达	同 上 Ditto	0—10	0.3
郭 前 旗	同 上 Ditto	0—2	0.2
营 口	沿海盐土 Coastal saline soil	0—15	4.5
营 口	海滩地盐土 Seabeach saline soil	0—15	<0.1

三、结 论

1. 根据两年来我们对东北地区土壤中硒的分析结果, 全硒含量范围值在 0.015—0.540ppm, 平均含量在 0.108ppm。土壤中硒含量与有机质含量有关, 有机质含量高的土壤, 硒含量也比较高。

2. 由于生物气候条件和地球化学环境不同, 不同土壤类型所含水溶性硒, 有着明显差异。在暗棕色森林土, 棕色森林土及黑土, 水溶性硒含量很低, 一般范围值在 0.1—0.6ppb, 平均为 0.2ppb, 并占全硒 1.0% 以下。而在黑钙土, 草甸黑钙土及褐土等地区, 水溶性硒含量较高, 一般范围值在 0.72—7.46ppb, 平均为 1.88ppb, 并占全硒的 2—59.7%。

3. 我国东北地区克山病病区主要分布在暗棕色森林土, 棕色森林土及黑土地区。这些地区, 土壤中水溶性硒缺乏, 粮食作物的硒含量也处于低水平。因此, 人的克山病可能与缺硒环境有密切联系。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院南京土壤研究所主编, 1978: 中国土壤。696—699 页, 科学出版社。
- [2] Beeson K. C. and Matrone G., 1976: The Soil Factor in Nutrition: Animal and Human. 104—120, Marcel Dekker Inc., New York.
- [3] Bolt G. H. and Bruggenwert M. G. M., 1976: Soil Chemistry. A. Basic Elements. 234—235, Elsevier, Amsterdam.
- [4] Olson O. E. and Moxon A. L., 1939: The availability, to crop plants, of different forms of selenium in the soil. Soil Science, 47: 305—311.
- [5] Rosenfeld, Irene, and Beath, Orville A., 1964: Selenium: Geobotany, Biochemistry. Toxicity and Nutrition. Academic Press, New York.
- [6] Swaine, D. J., 1955: The Trace Element Content of Soils. 37—46, Commonwealth Agricultural Bureaux, Eng.
- [7] Underwood E. J., 1977: Trace Elements in Human and Animal Nutrition. Fourth Edition, 303—308, Academic Press, New York.

STUDIES ON THE SELENIUM IN SOILS OF NORTHEASTERN CHINA

Cheng Bo-rong, Ju Shan-jian, Yue Shu-rong,
He Rong-zhen and Sheng Shi-jun
(*Institute of Forestry and Pedology, Academia Sinica*)

Summary

An endemic heartdisease, which was called "Keshan Disease", has been noted in northeastern China. The soil associated with the disease which was described as the leached soils was mainly located on the rolling hills and mountains. In order to study the correlation between the selenium content of soils and "Keshan Disease", the content of trace element selenium in soils of this region was determined.

It has been found that the total selenium content of soils in northeastern China varies from 0.015 to 0.540 ppm, with an average content of 0.108 ppm. The selenium content has a close relation with soil organic matter, the more the organic matter, the higher the selenium contains.

The content of water-soluble selenium which is available to plant of this region varied with bioclimatic conditions and geochemical environments. It ranges from 0.1 to 0.6 ppb, with an average of 0.2 ppb, and is below 1% of total selenium in the dark brown forest soil, brown forest soil (Burozem) and black soil of humid region. However afore mentioned content ranges from 0.72 to 7.46 ppb, with an average of 1.88 ppb, and accounts for 2—59.7% of total selenium in the chernozem, meadow chernozem and drab soil of semi-arid region.

The "Keshan Disease" distribute on the areas with dark brown forest soil, brown forest soil and black soil, where the water-soluble selenium was leached from the soils. Consequently, significant correlation exists between Se-deficiency of soils and the "Keshan Disease".