

黑龙江省松嫩平原南部土壤硒元素的有效性 与生态效应

孙梓耀,王 菲,崔玉军

(黑龙江省地质调查研究总院,黑龙江 哈尔滨 150036)

摘要:在黑龙江省松嫩平原南部农业地质调查总体综合评价项目研究基础上,以松嫩平原南部 1:25 万多目标地球化学调查区为研究对象,面积约 8.29 km²,采集表层土壤、深层土壤、典型农作物(玉米、水稻、大豆)及对应根系土壤样品,进行硒元素的测试分析,并对分析结果信息进行系统处理研究,查明研究区内硒元素地球化学特征,对其在土壤中的有效性进行了分析阐述,并对硒元素的生态地球化学效应进行了综合评价。结果表明:松嫩平原南部表层土壤中硒含量为 0.204 mg·kg⁻¹,达到了中等程度,在全国硒的地球化学分带中,处于低硒带分布区。大豆中硒元素的平均含量较高,反映大豆对土壤中硒元素的利用程度较高。玉米中硒平均含量最低,反应玉米对硒元素的吸收利用程度较差。松嫩平原南部地区居民硒摄入量处于极低水平,93%的居民硒摄入水平处于安全线以下,约 53.5%人群处于缺硒状态。

关键词:松嫩平原南部;土壤;硒元素;有效性;生态效应;评价

中图分类号:SI53 文献标识码:A 文章编号:1002-2767(2016)09-0043-06 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2016.09.0043

硒(Se)是人体必需的微量元素。人体所摄入的硒主要是直接地或间接地来源于植物。当动物和人类长期食用含硒量低的植物或其它食物时,就会造成硒营养不良,而导致多种疾患。相反,若长期食用硒含量过高的食物则会造成硒中毒。因此,研究和评价作物中硒的含量水平具有重要意义。土壤硒的有效性指土壤中有效态硒含量(一般指水溶态量)与总硒量的比值,反映土壤中硒的生物可利用程度。硒的存在形式是决定其有效程度的重要因素,它的各种形态在一定条件下可以

相互转化,影响其有效性。硒的有效性除受形态影响之外,还与土壤质地、pH、有机质等有关^[1-3]。

1 表层土壤硒地球化学含量特征

松嫩平原南部土壤类型主要有黑土、黑钙土、草甸土、风沙土、暗棕壤、白浆土、沼泽土,土地利用方式主要以耕地为主体,其次是牧草地,这两项占该地区土地面积(8.29 万 km²)的 68.4%。表层土壤硒平均含量为 0.204 mg·kg⁻¹,达到了中等程度(见表 1)。

表 1 不同类型土壤硒含量特征

Table 1 Se content of different types of soil

项目 Items	硒含量/(mg·kg ⁻¹) Se content						
	暗棕壤 Dark brown soil	白浆土 Albicbleachedsoil	草甸土 Meadow soil	风沙土 Aeolian sandy soil	黑钙土 Chernozem	黑土 Black soil	沼泽土 Boggy soil
最大值 Max	0.54	0.49	0.99	0.47	1.14	0.50	0.76
最小值 Min	0.03	0.14	0.01	0.03	0.03	0.02	0.04
平均值 Average	0.24	0.26	0.19	0.10	0.21	0.26	0.20

松嫩平原南部土壤中硒含量属于足硒的面积为 62.60%;反应不足和潜在不足的面积 34.44%,主要分布在齐齐哈尔、杜蒙、大庆、泰来

等广大范围;属于富硒的土壤面积仅为 2.96%,主要分布在阿伦河、富裕县城北以及绥化一望奎地区,不存在硒含量过高产生硒中毒的地区(见表 2)。从土壤中硒总量水平看,松嫩平原部分土壤具有开发富硒农产品需要的硒元素贮量资源,但同时也有较大面积的土壤硒含量低,可能导致农作物硒含量过低,而引起人畜低硒疾病的区域^[4]。

收稿日期:2016-07-23
基金项目:中国地质调查局计划资助项目(1212010511217)
第一作者简介:孙梓耀(1985-),男,黑龙江省绥化市人,硕士,工程师,从事农业地质调查、水文地质环境地质调查研究。E-mail:cically2008@163.com。

表 2 土壤硒生态效应划分界限

Table 2 Division limits of soil Se ecological effects

含量分级 Classification	硒含量/(mg·kg ⁻¹) Se content					
	表土总硒 Total Se content of topsoil	表土水溶性硒 Water-soluble Se content of topsoil	粮食硒 Se content in grain	头发硒(儿童) Se content in hair(Children)	硒效应 Se effects	比例/% Proportion
缺乏 Lack	≤0.125	≤0.003	≤0.025	≤0.20	Se 不足	16.89
边缘 Margin	0.125~0.175	0.003~0.006	0.025~0.040	0.20~0.25	潜在 Se 不足	17.55
中等 Medium	0.175~0.34	0.006~0.008		0.25~0.50	足 Se	62.60
高 High	0.340~3.000	0.008	0.040	0.50	富 Se	2.96
过剩 Surplus	≥3.000	≥0.020	≥1.000	≥3.00	Se 中毒	0

2 有效硒分布特征

松嫩平原不同类型土壤有效硒含量,从表 3 中可知,不同类型土壤有效硒的平均值差异并不

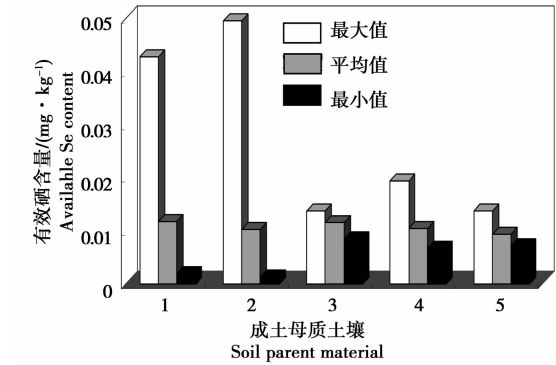
明显,有效硒平均含量由高到低依次为:草甸土>黑土>黑钙土>暗棕壤>沼泽土(其它)>风沙土^[5]。

表 3 不同类型土壤有效 Se 含量特征

Table 3 Characteristics of effective Se content in different types of soil

项目 Items	硒含量/(mg·kg ⁻¹) Se content						
	暗棕壤	草甸土	风沙土	黑钙土	黑土	沼泽土	其它
最大值 Max	0.019	0.049	0.024	0.046	0.034	0.015	0.013
最小值 Min	0.004	0.001	0.003	0.002	0.005	0.003	0.003
平均值 Average	0.009	0.012	0.007	0.010	0.011	0.008	0.008

不同成土母质土壤有效硒平均含量差异不明显,从图 1 中可知,变化范围在 0.009~0.012 mg·kg⁻¹,说明成土母质差异对土壤中有有效硒含量影响不大^[6-7]。



1: 冲积堆积层;2: 湖积、冲积或冰水堆积;3: 花岗岩;
4: 火山碎屑岩;5: 砂岩、砾岩、泥岩
1: Alluvial sedimentary layer;2: Lacustrine,
alluvial or ice accumulation;3: granite;4: Pyroclastic rocks;
5: Sandstone, conglomerate, mudstone

图 1 松嫩平原不同成土母质土壤有效硒含量

Fig. 1 A comparison on available Se content in different soil parent materials of Songnen plain

3 有效硒影响因素

3.1 总硒

从图 2 松嫩平原不同成土母质有效硒与总硒

含量散点图中可知,有效硒含量随总硒含量增大而增加^[8]。在总硒含量相对含量较高时(>0.2 mg·kg⁻¹),有效硒与总硒比值基本稳定在 4.7% 左右。而当总硒含量<0.2 mg·kg⁻¹时,有效硒/全硒比值随硒含量下降迅速上升,可用对数方程进行描述:有效硒/全硒=-4.725 1Ln(x)-2.588 9,r=0.54,n=254。

3.2 有机质

从图 3 土壤有机质与有效硒含量散点图中可以看出,土壤中有有效硒含量与有机质具有显著的正相关关系,有效硒与总硒比值随土壤有机碳含量下降而表现为缓慢上升的趋势。这说明,土壤有机质含量较低时,土壤总有机碳(TOC)对有效硒含量的控制高于有机质的含量,也即土壤有机质含量增加时,有效硒含量随之增加的幅度不大。一般情况下,与富里酸结合的硒能被植物吸收,而与胡敏酸结合的硒植物难以吸收^[9-10]。

3.3 pH

从图 4 不同土壤 pH 分布区间有效硒与总硒比值分布图可知,中酸性土壤中有有效硒与总硒比值差异不大,土壤中硒的有效性最低,随着 pH 升高,硒的有效性也相应提高。这是由于 pH 在很大程度上决定了硒存在的化学形态,所以影响了硒的有效性^[11]。

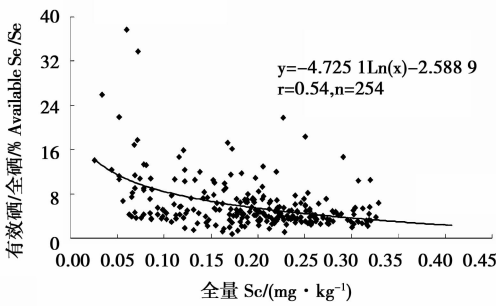
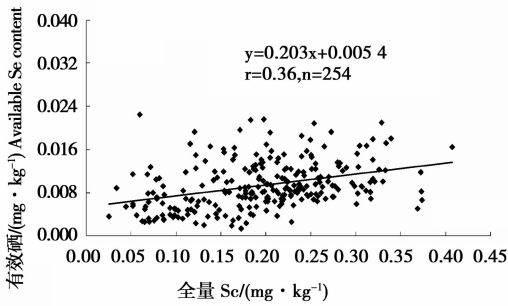


图 2 土壤有效硒与总硒散点图
Fig. 2 Soil available Se and total Se scatter plot

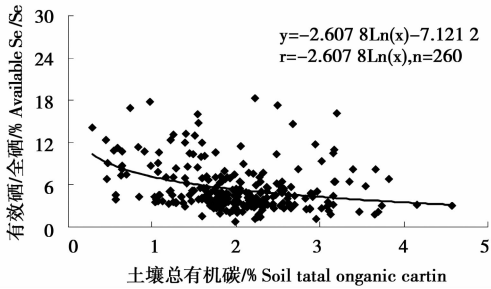
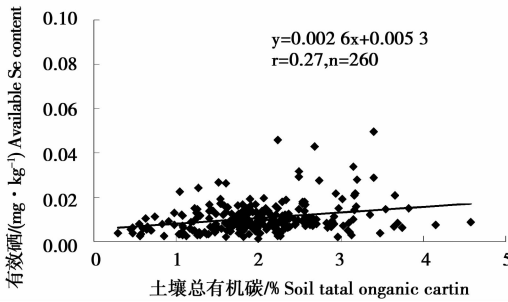
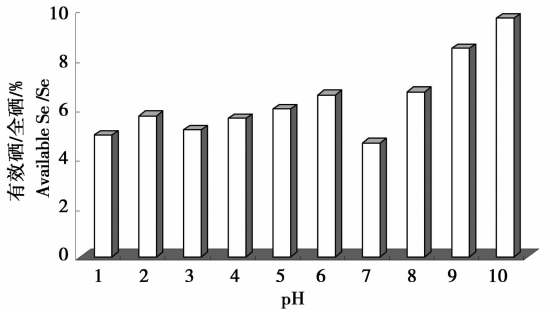


图 3 土壤有效 Se 与 TOC 散点图
Fig. 3 Soil effective Se and TOC scatter plot



1: pH<5. 0; 2: pH5. 0~5. 5; 3: pH5. 5~6. 0; 4: pH6. 0~6. 5;
5: pH6. 5~7. 0; 6: pH7. 0~7. 5; 7: pH7. 5~8. 0;
8: pH8. 0~8. 5; 9: pH8. 5~9. 0; 10: pH>9. 0

图 4 土壤不同 pH 段有效硒占总硒百分比
Fig. 4 Comparison on percentage of effective Se than soil total Se under different pH

4 硒元素的生态地球化学效应评价

4.1 不同植物籽实硒含量水平及富集特征

表 4 列出了不同植物或作物部分硒含量水平。根据 GB2762-2005 食品中污染物限量标准,测区作物总体上硒含量较低,玉米、水稻等作物籽实没有一件超标样品。根据 GB/T22499-2008《富硒稻谷》标准,以作物籽实中硒含量 ≥ 0.04 为富硒农产品,测区有 11 件水稻籽实样品和 10 件玉米籽实样品中硒含量达到富硒农产品要求^[12-13] (见图 5、图 6)。

4.2 富硒土壤区植物籽实硒含量水平及富集特征

在松嫩平原绥化一望奎以及甘南、富裕等富硒土壤区采集了玉米、水稻和大豆等大宗农作物籽实,玉米、水稻和大豆中硒元素的含量变化参数特征见表 5。大豆中硒元素的平均含量较高,其变化系数也最大,反映大豆对土壤中硒元素的利用程度较高,同时也反应松嫩平原不同产区所生产的大豆中硒含量水平差异较大。玉米中硒平均含量最低,反应玉米对硒元素的吸收利用程度较差^[14]。

按《富硒稻谷》(GB/T22499-2008)标准并参照谭见安《中华人民共和国地方病与环境图集》,对富硒区农作物富硒水平及其生态效应进行评价(见表 6)。富硒区生产出的玉米的富硒率为 24.46%,而玉米中硒不足和潜在不足所占比例为 75.54%;富硒区生产出的水稻的富硒率为 50%,水稻中硒不足和潜在不足所占比例为 50%;富硒区生产出的大豆的富硒率为 86.89%,大豆中硒不足和潜在不足所占比例为 13.11%。

4.3 人体硒含量的健康风险评价

人体硒含量在 14~21 mg,人体所需的硒有 90%来自食物,所以人体每天硒摄入量直接受食物含硒量的影响,间接取决于环境中水、土壤的硒

含量以及人们的饮食习惯。由于地区 and 环境的差异性,每人每天摄入的食物品种及数量不同,硒的摄入量 and 吸收量存在着明显的个体差异。1976 年的国际硒讨论会提出硒日推荐量为 $60\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$ 。中国医科院推荐最低需要量为 $30\sim 50\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$ 、最适摄入量为 $42\sim 232\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$ 。

表 4 松嫩平原不同作物部分硒含量水平

Table 4 In the Songnen Plain of different crops in Se level

项目 Items		硒含量/(mg•kg ⁻¹) Se content						
样品类型 Sample types		大豆 Soybean			玉米 Maize			
		根 Root	茎 Stem	壳 Pod	籽实 Seed	棒芯 Comcob	根 Root	茎 Stem
最大值 Max		0.06	0.03	0.09	0.09	0.08	0.11	0.04
最小值 Min		0.02	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.02
平均值 Average		0.04	0.02	0.07	0.02	0.03	0.03	0.02
统计个数 Statistical number		11	11	3	178	48	88	11

样品类型 Sample types	芦苇 Reed	牧草 Pasture		水稻 Rice		葵花籽 Sunflower	食品中硒限量值 Limiting value
		根 Root	茎 Stem	茎 Stem	籽实 Seed	seed	of Se in food
最大值 Max	0.07	0.36	0.19	0.09	0.10	0.02	≤0.3
最小值 Min	0.02	0.02	0.01	0.04	0.02	0.02	
平均值 Average	0.04	0.09	0.04	0.05	0.04	0.02	
统计个数 Statistical number	4	62	39	15	24	2	

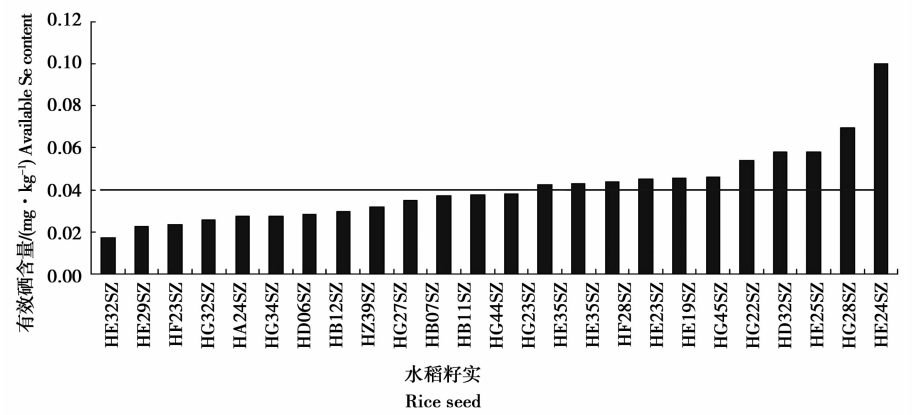


图 5 水稻籽实样品硒含量(红线为富硒大米标准)

Fig. 5 The Se content of rice seed samples (red for selenium rich rice standard)

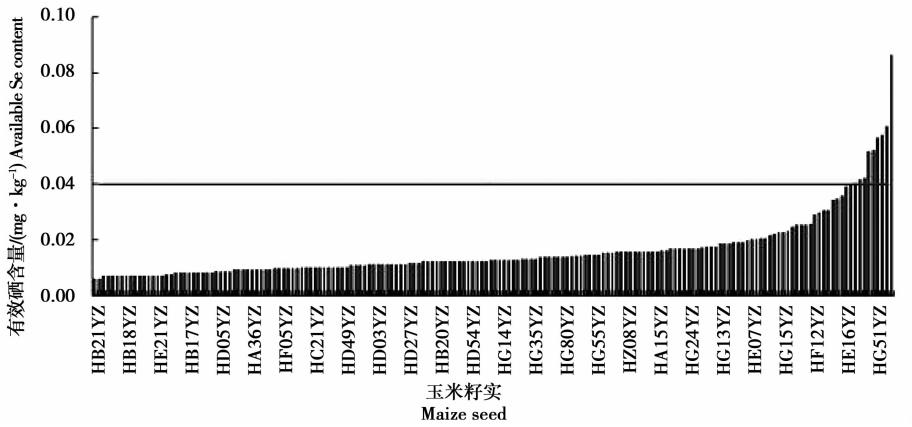


图 6 玉米籽实样品硒含量(红线为富硒大米标准)

Fig. 6 The content of Se in maize grain samples (red for selenium rich rice standard)

表 5 硒元素在不同农作物中的含量变化参数统计

Table 5 Parameter statistics of the content of Se in different crops

作物种类 Crops	硒含量/(mg·kg ⁻¹) Se content					
	平均值	中位数	标准离差	变化系数	最大值	最小值
	Average	Median	Standard deviation	Coefficient of variation	Max	Mins
玉米 Maize	0.031	0.026	0.021	0.68	0.141	0.003
水稻 Rice	0.041	0.04	0.016	0.381	0.083	0.006
大豆 Soybean	0.078	0.055	0.079	1.016	0.465	0.024

表 6 不同农作物中不同硒元素含量占有比例

Table 6 Proportion of different Se contents in different crops

作物类型 Crops	硒元素含量占有比例/% Proportion of Se contents		
	1.00~0.04	0.040~0.025	≤0.025
	mg·kg ⁻¹	mg·kg ⁻¹	mg·kg ⁻¹
玉米 Maize	24.46	30.22	45.32
水稻 Rice	50.00	35.87	14.13
大豆 Soybean	86.89	11.47	1.64

随着人的年龄增长,人体对硒的需求发生很大变化。一般而言我国成人对硒的最低需要量(预防克山病发生的界线)是 17 μg·d⁻¹,安全膳食最低需要量为 22 μg·d⁻¹,硒的中毒量界限(指甲变形)为 800 μg·d⁻¹。

4.3.1 饮用水硒评价 《生活饮用水卫生标准 GB5749-2006》和《地下水质量标准 GB/T14848-93》规定硒含量需小于 0.01 mg·L⁻¹。松嫩平原获取 28 个饮水样品硒含量在 1.0 ng·L⁻¹至 3.7 μg·L⁻¹,中位数 53 ng·L⁻¹。假设研究区人均日饮水量为 2 L,该区人均饮水硒摄入量平均约

0.10 μg·L⁻¹,而世界卫生组织建议成人硒日摄入量为 26~55 μg·d⁻¹,可见,饮用水不能成为人体硒摄入的主要来源^[15]。

4.3.2 食品硒摄入评价 在研究区采集了 27 个居民饮食混合样,测试了居民饮食样中硒等元素含量,并按照调查所得居民日饮食总量数据,计算了研究区居民硒饮食日摄入量(见图 7)。从中可以看出,不同个体由于生活环境、饮食结构、饮食量等差异,其硒摄入量差异非常大,最低值仅 1.8 μg·d⁻¹,最高值在 36 μg·d⁻¹。但总体上,研究区居民硒摄入量处于极低水平,按照安全膳食最低需要量 22 μg·d⁻¹计算,27 个样品中只有 2 个样品符合要求,因此,研究区 93%的居民硒摄入水平处于安全线以下(见表 7)。

4.3.3 人发硒水平 为了确定松嫩平原人体中硒含量水平,采集了 28 个人发样品,分析其中硒等元素含量(见图 8)。根据谭见安(1987)划定的人发硒含量与健康关系标准,28 个样品中 6 个样品显示硒缺乏状态,9 个存在亚缺乏的边缘水平,13 个为中等水平,即松嫩平原约 53.5%人群处于缺硒状态。

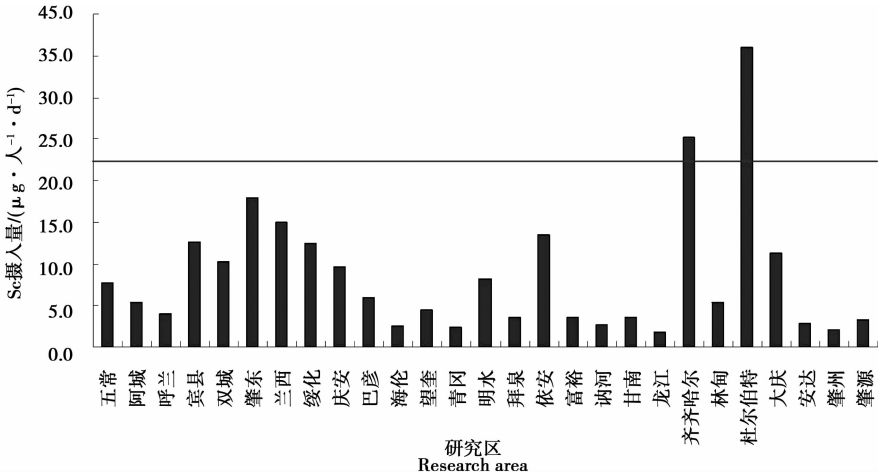


图 7 松嫩平原南部各地人体日饮食硒摄入量

Fig. 7 The human daily intake of Se diet in southern of Songnen Plain

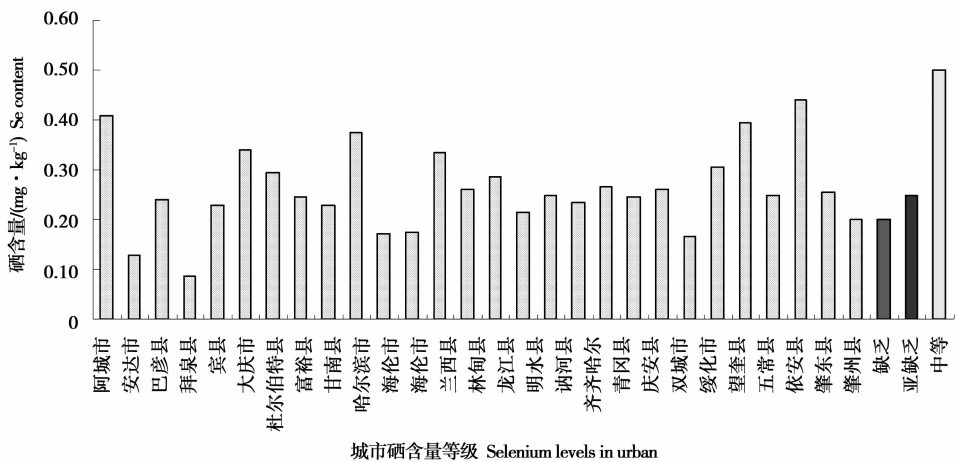


图8 松嫩平原南部各地人发硒含量水平及其与评价标准的对比

Fig.8 Comparison of Se content levels of human hairin South of Songnen Plain and evaluation criteria

表7 成人饮食日摄入硒量及生态含义
Table 7 Dietary intake Se quantity and its ecological implications in adults

摄入量界限值/ (mg·人 ⁻¹ ·d ⁻¹) Intake threshold value	生态含义 Ecological implications	样品个数/总样品数 Sample number/ total number of samples
<17	危险,易患克山病	24/27
17~22	偏低	1/27
22~50	较安全	2/27
50~250	最适	0/27
250~400	偏高	0/27
>400	中毒	0/27

5 结论

松嫩平原南部土表层土壤中硒含量为0.204 mg·kg⁻¹,达到了中等程度,在全国硒的地球化学分带中,处于低硒带分布区。土壤中硒含量属于足硒面积为62.60%;反应不足和潜在不足面积为34.44%。

有效硒平均含量,由高依次降低,草甸土>黑土>黑钙土>暗棕壤>沼泽土(其它)>风沙土且成土母质对土壤中有效硒含量影响不大。

在总硒含量相对含量>0.2 mg·kg⁻¹,有效硒与总硒比值基本稳定在4.7%左右。而当总硒含量<0.2 mg·kg⁻¹时,有效硒/全硒比值随硒含量下降迅速上升。有效硒与总硒比值随土壤有机碳含量下降而表现为缓慢上升的趋势。中酸性土壤中有效硒与总硒比值差异不大,土壤中硒的有效性最低,随着pH升高,硒的有效性也相应提高。

大豆中硒元素的平均含量较高,反映大豆对土壤中硒元素的利用程度较高。玉米中硒平均含量最低,反应玉米对硒元素的吸收利用程度较差。

松嫩平原南部地区居民硒摄入量处于极低水平,93%的居民硒摄入水平处于安全线以下,约53.5%人群处于缺硒状态。

参考文献:

[1] 崔玉军. 黑龙江省(松嫩平原南部)农业地质调查总体综合评价报告[R]. 哈尔滨:黑龙江省地质调查研究总院,2012.

[2] 李嘉熙,吴功建,黄怀曾,等. 区域地球化学与农业和健康[M]. 北京:人民卫生出版社,2000.

[3] 陈亚新,史海滨,魏占民,等. 土壤盐信息空间变异的预测理论与条件模拟[M]. 北京:科学出版社,2005.

[4] 陆景冈. 土壤地质学[M]. 北京:地质出版社,2006.

[5] 张树文,张养贞,李颖,等. 东北地区土地利/覆被时空特征分析[M]. 北京:科学出版社,2006.

[6] 杨林章,徐琪. 土壤生态系统[M]. 北京:科学出版社,2005.

[7] 中国环境监测总站. 中国土壤元素背景值[M]. 北京:中国环境科学出版社,1990.

[8] 黑龙江省土地管理局,黑龙江省土壤普查办公室. 黑龙江土壤[M]. 北京:农业出版社,1992.

[9] 杨克敌. 微量元素与健康[M]. 北京:科学出版社,2003.

[10] 迟清华,鄢明才. 应用地球化学元素丰度数据手册[M]. 北京:地质出版社,2007.

[11] 李瑞敏,刘永生,陈有鑑,等. 农业地质地球化学评价方法研究——土地生态安全之地学探索[M]. 北京:地质出版社,2007.

[12] 奚小环. 多目标区域地球化学调查与生态地球化学[J]. 第四纪研究,2005,2(3):269-274.

[13] 奚小环. 土壤污染地球化学标准及等级划分问题讨论[J]. 物探与化探,2006,30(6):471-474.

[14] 杨忠芳,成杭新,奚小环,等. 区域生态地球化学评价思路及建议[J]. 地质通报,2005,24(8):687-693.

[15] 崔玉军,时永明,刘国栋,等. 黑龙江省松嫩平原南部黑土的元素含量特征[J]. 现代地质,2008,22(6):929-933.

黄瓜苗期主要根部病害生防菌筛选及应用研究

赵长龙¹,赵慧妍²

(1. 黑龙江省依安县农技推广中心,黑龙江 依安 161500;2. 东北农业大学 食品学院,黑龙江 哈尔滨 150030)

摘要:为减轻和控制黄瓜苗期根部病害的发生,以黄瓜苗期立枯病、猝倒病和枯萎病为防治对象,进行生防细菌的筛选及应用研究。结果表明:枯草芽孢杆菌 KC1、KC6 和 KC20 对黄瓜苗期根部 3 种病原菌具有较好的拮抗作用;将 3 种生防菌制成混合的粉剂,保存 13 个月后有效含量低保持在较高水平;生防菌剂使用剂量在 10 g·m⁻² 对黄瓜苗期根部病害防治效果最佳达到 64.12%。

关键词:黄瓜;生防菌剂;枯草芽孢杆菌;苗期病害

中图分类号:S476⁺.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2016)09-0049-04 **DOI:**10.11942/j.issn1002-2767.2016.09.0049

蔬菜是我国人民日常生活中的重要食物,在蔬菜栽培过程中,育苗是最基础的一步,培育健壮无病虫的优质菜苗是设施蔬菜生产的关键环节,是蔬菜丰产丰收的基础^[1]。种子带菌和土壤苗期侵染是这些种传或土传病害的初侵染源,如何采用简单有效的技术措施,在苗期就能很好地控制住这些病害的初侵染,尽量减少因病害带来的经济损失,已成为蔬菜生产发展中迫切需要解决的问题。目前已报道的蔬菜苗期病害主要有猝倒病、立枯病、枯萎病、根腐病、灰霉病和沤根等^[2]。这些苗期病害中,危害较重的多为土传病害。

化学防治黄瓜根部病害是目前主要防治手段,但由于化学农药对环境和农产品的污染日益严重,加之病菌易对化学药剂产生抗药性^[3],因此利用生物防治对土传病害进行控制作为一种无公害生防手段倍受关注。其中,芽孢杆菌因产生芽孢而具有较强的抗逆性可延长产品的保存期,是生防菌剂发展的趋势^[4]。

收稿日期:2016-08-08
第一作者简介:赵长龙(1970-),男,黑龙江省依安县人,学士,农艺师,从事植物保护研究。E-mail:yaxzcl@163.com。

Effectiveness and Ecological Effects of Soil Selenium in Southern of Songnen Plain of Heilongjiang Province

SUN Zi-yao,WANG Fei,CUI Yu-jun

(Geological Survey Institute of Heilongjiang Province,Harbin,Heilongjiang 150036)

Abstract:Based on the research project of comprehensive evaluation for agricultural geological survey in southern of Songnen Plain in Heilongjiang Province,taking 1:250 000 target geochemical survey area for the study of southern of Songnen Plain as research object,the area about 8.29 km²,collecting surface soil,deep soil,typical crops (maize,rice,soybean) and the corresponding root zone soil samples,selenium element test was analyzed to identify geochemical characteristics of selenium in study area,its soil effectiveness was described,the geochemical and ecological effects of selenium were comprehensively evaluated. The results showed that the selenium content of surface soils in southern of Songnen Plain was 0.204 mg·kg⁻¹,reached a moderate level,it was low selenium zonation. Average selenium content of soybean was higher,reflecting its utilization degree was higher. Average selenium content of maize was the lowest,reflecting its utilization degree was poor. The selenium intake of resident in southern of Songnen Plain was very low level,selenium intake of 93% of residents was in the following security level,that of approximately 53.5% were lack.

Keywords:southern of Songnen Plain; soil; selenium; effectiveness; ecological effects; evaluation