

东北中部地区主要粮食中矿质 元素背景值的研究

孟宪玺 余中盛 康淑莲 汪淑哲
刘桂琴 俞穆清 齐少华

(中国科学院长春地理研究所)

农作物是陆生食物链的重要环节,与人类的关系十分密切。粮食中某些元素的丰欠,往往影响人及动物的健康,甚至引起一定类型的疾病(地方病或公害病)。粮食的元素背景值,是评价农产品质量优劣、判断其是否受到污染以及评价污染程度的重要依据;也是评定区域环境质量、预测环境发展趋势、制定环境标准的基础资料;对某些地方性疾病病因和防病措施的研究亦有重要的参考价值。

植物体内的各种元素,尤其是大多数金属元素主要来源于土壤。土壤中或多或少都含有各种元素,但其含量是否适合某种作物的需要,其一决定于土壤中该元素含量的多寡,其二则决定于土壤的类型、性质和利用方式,决定于土壤中该元素可转换为植物利用状态的比率。加之众所周知的植物选择吸收作用的制约,所以,农作物元素含量既与土壤有关,受控于土壤类型和性质,又不是土壤元素含量的机械重复。与农业利用方式、耕作措施(包括耕耘、施肥等)、作物品种、以至其它环境要素(如水、大气等)的质量都有密切关系。因而,不同地区各种作物的元素含量存在一定差异,粮食元素背景值也只能是一个相对的概念。本文是指相对于我国东北中部地区自然环境和当今农业生产水平情况下,粮食中某些矿质元素的含量水平。

一、区域概况

1. 自然环境特点

本工作以东北地区中部为代表,范围大致为第二松花江中、下游及其毗邻地区。东起龙岗山和威虎岭,西至松嫩平原腹地,大黑山斜穿其间,以东为丘陵半山区,其西为波伏起伏的山前台地和平原。地势东高西低。东部为海拔400—700米的低山丘陵,花岗岩及其风化物出露较普遍,河谷及山间盆地为冲积-洪积物充填,惟不及平原地区深厚。西部地势平坦,海拔多在200米以下,属松辽平原中部,地面物质主要是由河流冲积而成的第四纪松散沉积物。

本区地处温带湿润区向半湿润区的过渡带。冬季寒冷干燥,夏季温暖多雨,春季多风,

呈现明显的季风气候特点。由于地势影响,加之东北-西南走向的长白山脉矗立于东南部,恰与东南季风方向直交,所以由东向西降水量逐渐减少,日照和气温逐渐增加。无霜期普遍为125—140天,可满足一年一熟制农作物生长的需要。植被也由东部的森林逐渐过渡为森林草原和西部的草原。地带性土壤则由暗棕色森林土和白浆土过渡为平原黑土和黑钙土,沿江、河低地则为草甸土、水稻土和零星的沼泽土。肥沃的土地为农业生产的发展提供了十分有利的自然条件。

2. 经济特征和农作物构成

本区交通方便,人口集中,又有长春、吉林等工业较集中的大、中城市和一些县镇,是重要的工业区之一。除东部半山区兼营部分林业,西部牧业占一定比重外,大部分是以耕作业为主的农业区。耕地面积占土地总面积的40%以上,其中平原区耕地占总面积的60—70%,是著名的谷仓和大豆产区,也是全国闻名的松嫩平原粮食生产基地的重要组成部分。

旱田是该区耕地的主体,主要作物有玉米(*Zea mays*)、高粱(*Sorghum vulgare*)、大豆(*Glycine hispida*)、谷子(*Setaria italica*)等,尤以玉米占优势。玉米适应性强,易获高产,种植面积和产量均居粮食作物之首。高粱耐旱、耐碱,生长期较长,故在本区西部种植较多。平原地区是我国大豆重点产区。这里出产的大豆素以粒大、形圆、色佳和含油率高著称,在国内外市场享有盛誉。

水稻(*Oxyza sativa*)在粮食作物中所占比重亦较大,该区水稻播种面积和产量均占吉林省的60%左右,主要分布在地势平坦、水源充沛、水利设施较好的沿江、河低地和一些山间盆地。

二、样品的采集与分析

1. 样品的采集和制备

大、中城市及其郊区大都有多年的工、农业生产活动的历史,化肥、农药的施用历史长,用量大,多有引污灌溉点,大气烟尘亦多,这些都可能造成农作物污染。为了探求不同作物的元素含量水平及其地区性差异,采样点的选择主要考虑三个因素:(1)当地主要的农作物类型;(2)主要的土地类型分区;(3)远离县城以上的市、镇、铁路沿线和污水灌溉区。以期得到本区非污染和轻污染情况下,代表当地居民食物构成的粮食元素组成和其含量范围。

粮食样品采自吉林省的通化、吉林、长春、四平、白城等5个地区,辉南、桦甸、永吉、九台、伊通、农安、扶余等13个县,34个公社。计有玉米、高粱、水稻、大豆4种主要粮食样品共108份。全部为作物籽实,取自生产队或公社粮库,并以公社为分样单位(如一公社取样多次,则按品种混匀保存一份),所以每一样品都是混合样。取样时已确认在贮运过程中只经晾晒而未接触农药和其它污染物,无霉变。可以代表该地区未污染农业土壤上生产的粮食状况。

粮食样品以布袋盛装带回室内后,水稻去壳成为糙米,其它为原粮,挑去石砾、杂物及被虫咬的颗粒,用不锈钢粉碎机磨碎,经50°—55℃烘干6—8小时,放磨口瓶中贮存备用。

2. 分析方法及其精度

根据元素性质和实验室条件,分别采用不同的测试方法。称取定量样品,经450℃灰化8—12小时至恒重,以硝酸-高氯酸消化;取其中一份用脉冲极谱阳极溶出法测镉、铅、铜,

取另一份用火焰原子吸收法测钾、钠、钙、镁、铁、锰、铬、镍、锌。称另一份粮样, 直接以硝酸-硫酸-五氧化二钒消化, 用冷原子吸收法测汞。称第三份粮样, 以硫酸-高氯酸消化, 用环己烷萃取后, 荧光光度法测硒。

各种元素的测定均为总量。样品重复测定的相对偏差不大于 10%, 样品加标回收率为 90—95%。

三、主要粮食中若干元素的含量

1. 粮食中若干矿质元素的一般含量

供分析用的粮食样品为一般食用的原粮, 由于其含水量变化较大, 所以除汞、硒等易挥发元素外, 粮食中其余元素的含量均以灰分重计算。为使用方便, 将各种粮食灰分占风干重的比率列于表 1。如需将灰分的元素平均含量转换为风干重的平均含量, 可用下式计算:

表 1 粮食灰分的百分率 $\left(\frac{\text{灰分重}}{\text{粮食干重}} \times 100 \right)$

品 名	测定范围	平均值	标准差	变异系数 (%)
玉 米	1.07—1.62	1.26	0.10	8.3
高 粱	0.98—2.33	1.93	0.30	15.4
糙 米	1.07—2.26	1.56	0.25	15.7
大 豆	3.83—5.11	4.56	0.60	13.2

$$M_D = M_A \times M_P / 100$$

式中: M_D 为风干粮中元素的近似平均值;

M_A 为粮食灰分中元素含量平均值;

M_P 为粮食灰分占风干重的百分数。

表 2 东北中部地区主要粮食的元素含量* (测定值)

元 素	玉 米				高 粱			
	范 围	平均值	标准差	平均离均差	范 围	平均值	标准差	平均离均差
K	8.4—26.2	18.7	4.5	3.4	13.9—23.0	19.9	2.7	2.3
Na	0.53—3.81	2.15	0.81	0.60	0.18—2.29	1.03	0.60	0.49
Ca	0.58—2.06	1.03	0.28	0.21	0.71—1.55	1.06	0.22	0.18
Mg	2.32—6.20	5.11	1.17	0.88	3.48—5.84	4.69	0.53	0.44
Fe	0.155—0.583	0.361	0.096	0.07	0.409—1.080	0.616	0.153	0.104
Mn	207—655	463	107	83	614—1220	822	130	88
Zn	696—1690	1400	250	190	861—1570	1160	191	159
Cu	40—441	213	119	100	63—268	168	59	45
Sr	15—114	60.4	22.5	17.5	10—102	40.5	19.0	13.7
Cr	<40—70	<40	—	—	<25—67	<25	—	—
Ni	<40	<40	—	—	<25—82	40.9	16.6	12.7
Pb	3.1—47	18.5	11.8	9.6	5.2—39.5	19.6	8.8	7.3
Cd	<0.04—0.41	0.19	0.11	0.09	0.03—0.49	0.15	0.11	0.08
Hg	1.1—18.8	8.32	5.92	4.04	4.3—31.2	16.88	8.37	7.40
Se	14—57	33.7	10.8	8.7	8—52	27.9	13.1	11.1

续表

元 素	糙 米				大 豆			
	范 围	平均值	标准差	平 均 离均差	范 围	平均值	标准差	平 均 离均差
K	8.9—21.8	15.9	3.0	2.1	20.4—28.4	24.9	1.5	1.0
Na	0.23—1.48	0.77	0.30	0.23	0.04—1.15	0.69	0.36	0.29
Ca	0.79—1.74	1.17	0.28	0.23	2.37—3.97	3.34	0.40	0.33
Mg	2.54—6.10	4.77	1.05	0.76	1.75—3.21	2.68	0.26	0.18
Fe	0.171—1.060	0.536	0.234	0.192	0.022—0.245	0.194	0.040	0.021
Mn	1480—3720	2370	560	430	344—635	526	59	43
Zn	867—1710	1300	220	181	563—876	743	67	50
Cu	124—379	253	73	60	80—231	142	43	36
Sr	14—56	34.3	12.2	10.4	55—144	83.1	22.0	17.8
Cr	<30—250	74.8	79.5	64.8	<10—50	<10	—	—
Ni	<35—280	92.8	78.8	59.9	53—120	85.8	21.7	17.8
Pb	3.8—63.9	24.4	16.2	12.8	0.4—328	9.0	8.4	6.3
Cd	0.05—0.52	0.21	0.12	0.11	<0.03—0.28	0.09	0.07	0.05
Hg	0.8—21.6	8.53	5.28	4.09	2.3—32.2	11.0	8.5	7.0
Se	30—155	67.6	30.1	22.9	13—90	38.9	18.2	14.2

* K、Na、Ca、Mg、Fe 为灰分中的百分含量(%), Hg、Se 为风干物中的微克/公斤(ppb), 其余元素为灰分中的毫克/公斤(ppm).

东北中部地区主要粮食品种(玉米、高粱、糙米、大豆)灰分中诸元素的含量列于表

2.

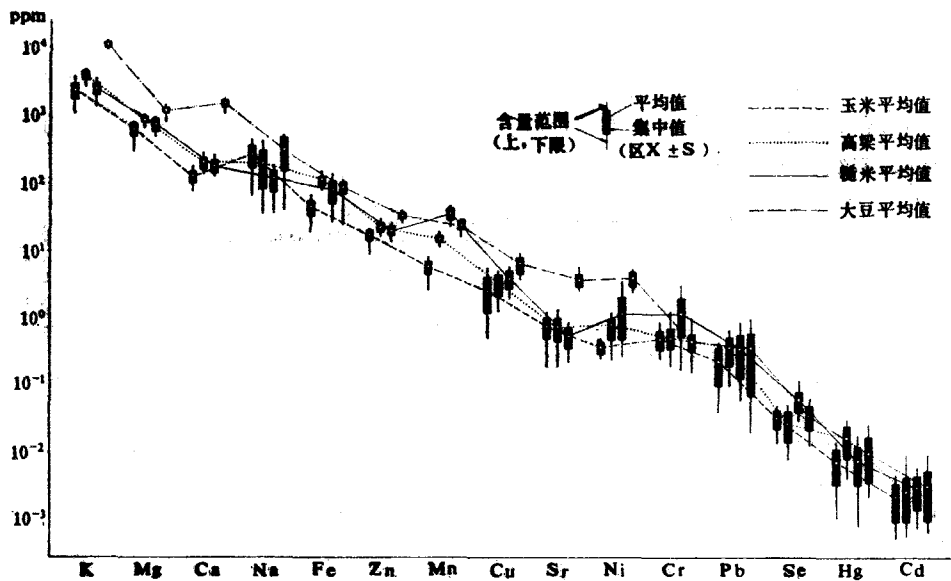


图1 东北中部地区玉米、高粱、糙米、大豆元素丰度图

为便于对主要粮食中的元素含量进行比较, 对各样品的元素含量按干重进行了统计, 并绘制成元素丰度图(图1)。除标明元素含量范围外, 还将样品的元素平均含量值加减标准差($\bar{x} \pm S$)作为集中值, 在图中以粗线标出。可见, 各类粮食中不同元素含量由高至低的顺序是: K($2-12 \times 10^{-3}$)、Mg($5-13 \times 10^{-4}$)、Ca($1-16 \times 10^{-4}$)、Na($0.8-4.5 \times 10^{-4}$)、Fe($3-$

13×10^{-5})、Zn($0.5-3.5 \times 10^{-5}$)、Mn($0.5-4.5 \times 10^{-5}$)、Cu($1.2-8 \times 10^{-6}$)、Sr($0.4-4 \times 10^{-6}$)、Ni($0.3-5 \times 10^{-6}$)、Cr($0.3-2 \times 10^{-6}$)、Pb($0.7-6 \times 10^{-7}$)、Se($1.5-8 \times 10^{-8}$)、Hg($0.3-2.5 \times 10^{-8}$)、Cd($1-5.5 \times 10^{-9}$)。

2. 不同粮食品种的元素含量

将不同粮食品种中各种元素的含量进行对比, 并以玉米中各元素含量为基数计算其它粮食作物中各元素的相对比值(图2)。可以看出, 各类粮食中的镁、钠、锌、铅、镉、硒含量比较接近, 其它元素含量的差异较大。就多数元素的含量而言, 由高至低的顺序为: 大豆 > 高粱 > 糙米 > 玉米。这一结果表明, 豆类富于矿质营养, 尤其钙、锰、铜、镉等的含量较高; 其次为高粱和糙米, 而玉米的矿质营养成分较少。这是大豆的食用和营养价值优于其它粮食品种的一个重要原因。同时还说明, 不同作物对于各种元素的选择吸收作用有较明显的差异。

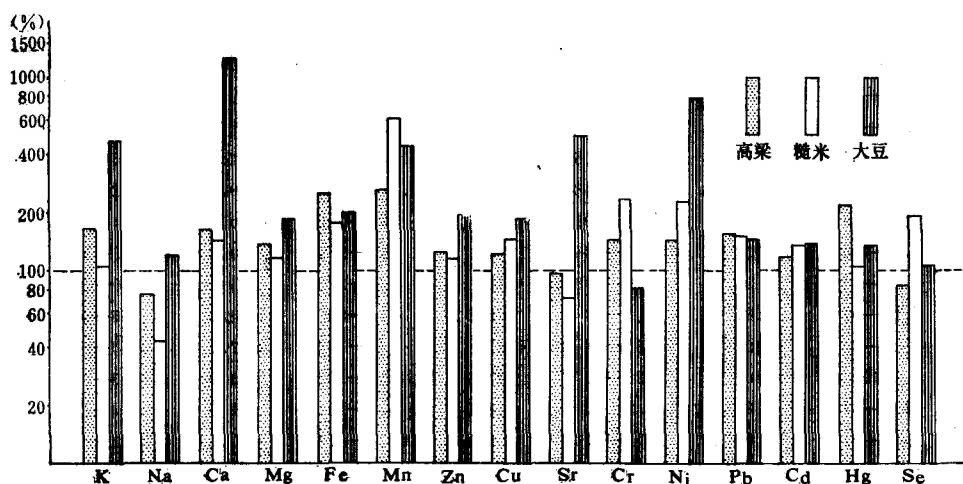


图2 不同粮食品种元素含量比较 (以玉米含量为100时的百分比)

四、主要粮食品种矿质元素的背景值

1. 测定值的检验

尽管在样品采集时已采取各种措施避免污染, 但由于当今环境污染已遍及各个角落, 受污染样品实为难免, 所以对样品的测得数值仍应作必要的检验, 以期获得的粮食背景值能符合实际情况。

对于各种环境要素背景值的检验, 尚可以从不同的角度进行研讨, 没有统一的方法。加以粮食作物元素背景含量的研究报道甚少, 许多问题难以找到遵循。结合工作实际, 我们采用平均值加二倍标准差法和 $4d$ 法两种检验方法, 以找出和剔除可能已遭污染的样品和测定值。

1) 平均值加二倍标准差法 大于平均值加二倍标准差的样本测定值视为异常 (可疑污染), 予以剔除。即:

若 $x_i > \bar{x} + 2S$, 则 x_i 为异常值, 剔除。

式中 x_i —— 某 i 样本的元素含量

$\bar{x}$ ——元素含量的算术平均值

S ——标准差

2) 4d法 某样本元素含量与该元素含量平均值的偏差(离均差)超过平均偏差(平均离均差)的4倍时,则视为异常,予以剔除。即:

若 $d_i > 4\bar{d}$, 则 d_i 为异常,

式中 $d_i = x_i - \bar{x}$ 为 i 样本的离均差, $\bar{d}$ 为平均离均差。

用上述两种方法剔除可疑污染样本后的元素含量,方可做为计算元素背景值的有效数据,并将其含量范围及平均值列于表3。

表3 东北中部地区主要粮食的元素含量水平* (用 $\bar{X} + 2S$ 和 4d 法剔除可疑值后)

元素	玉 米		高 粱		糙 米		大 豆	
	范 围	平均值	范 围	平均值	范 围	平均值	范 围	平均值
K	8.4—26.2	18.7	13.9—23.0	19.9	8.9—21.8	15.9	20.4—26.8	24.8
Na	0.53—3.53	2.09	0.18—2.23	1.03	0.23—1.20	0.73	0.04—1.15	0.69
Ca	0.58—1.43	0.99	0.71—1.48	1.04	0.79—1.72	1.14	2.37—3.97	3.34
Mg	2.32—6.20	5.11	3.48—5.60	4.65	2.54—6.10	4.77	1.75—2.91	2.65
Fe	0.155—0.535	0.353	0.409—0.815	0.584	0.171—0.914	0.511	0.022—0.245	0.196
Mn	207—655	463	614—1010	792	1480—3080	2310	344—635	526
Zn	696—1690	1400	860—1460	1150	867—1710	1300	563—876	743
Cu	40—441	213	63—268	168	124—379	253	80—205	139
Sr	15—97	58.6	10—68	38.0	14—56	34.3	55—127	80.8
Cr	<40—70	<40	<25—67	<25	<30—196	47.0	<10—50	<10
Ni	<40	<40	<25—62	37.0	<35—233	73.9	53—120	85.8
Pb	3.1—37	18.3	5.2—34.8	18.9	3.8—55.6	22.5	0.4—24.5	7.3
Cd	<0.04—0.39	0.18	0.03—0.37	0.14	0.05—0.41	0.20	<0.03—0.21	0.07
Hg	1.1—15.0	7.56	4.3—31.2	16.9	0.8—13.3	7.32	2.3—27.6	10.14
Se	14—50	33.0	8—52	27.9	30—114	63.4	13—64	35.6

* K、Na、Ca、Mg、Fe 为灰分中的百分数, Hg、Se 为风干物中的微克/公斤(ppb), 其余元素为灰分中的毫克/公斤(ppm)。

2. 主要粮食作物中元素含量的概率分布类型

为了正确地获得粮食中各元素的背景值,就要鉴别元素频率分布类型,以便采用适宜的统计方法。本文采用直方图和概率纸两种最基本而又简便易行的方法,对4种主要粮食中各种元素含量的分布类型进行检验。

先将剔除可疑值后的元素测定值列表分组,制成频数分布表,以分组含量值为横坐标,频数为纵坐标,制成直方图,初步观察其对称状况和分布类型。

接着,将相对累积频数换算成概率单位,以元素分组含量为横坐标,累积频数的概率单位为纵坐标,分别在正态概率纸和对数正态概率纸上作图。如果呈正态分布,则在正态概率纸上的图形为直线,而在对数正态概率纸上为曲线;若为对数正态分布,则在正态概率纸上为直线,而在对数正态概率纸上为曲线。

为了得到更确切的判断,又用 Vistelius (1960) 置信带法进行了检验。方法是:

若 u_i 代表理论正态分布直线上一点的标准化值, $\bar{u}_i$ 代表观测值, $\bar{u}_i (i=1, 2, \dots, n)$ 可能沿直线两侧作随机排列,则显著性水平 α 下的置信带满足:

$$u_i \pm u_{\frac{\alpha}{2}} \cdot \sigma(\bar{u}_i)$$

式中 $u_i = \frac{X_i - \bar{X}}{S}$ ($\bar{X}$ 为样本均值, S 为标准差)

$\bar{u}_i$ 可由经验分布函数值求出

$u_{\frac{\alpha}{2}}$ 为标准正态分布的两侧 100α 百分位点

$\sigma(\bar{u}_i)$ 是观测值 $\bar{u}_i$ 的标准差, 可由下式求:

$$\sigma(\bar{u}_i) = \frac{1}{g(u_i)} \sqrt{\frac{0.25 - [\phi(u_i)]^2}{n}}$$

(n 为样本数, $\phi(u_i)$ 为正态分布面积, $g(u_i)$ 为正态概率密度)

一般认为, 在显著水平 α 下, 若 $\bar{u}_i$ 满足

$$u_i - u_{\frac{\alpha}{2}} \cdot \sigma(\bar{u}_i) < \bar{u}_i < u_i + u_{\frac{\alpha}{2}} \cdot \sigma(\bar{u}_i)$$

则接受原假设, 即样本服从正态分布, 反之则不服从正态分布。

作为一个对数正态分布元素含量的样本, 其测值的对数值应呈正态分布, 所以每一组测值及其对数值同时进行检验, 从信度 (α) 大小看何者遵从正态分布, 以确定元素含量属何种分布。

由于此种检验计算工作量较大, 不仅费时, 而且计算中的错误也难发现和改正, 所以我们将统计处理的全过程用 BASIC 语言编制程序, 交由电子计算机完成。

实践表明, 两种检验结果基本一致 (表 4), 并且 4 种粮食作物绝大多数元素含量为正态分布。

表 4 粮食元素含量频率分布类型检验结果

粮 食	元 素	分布类型	概 率 纸 法			置 信 带 法	
			正 态	近似正态	对数正态	正 态	对数正态
玉 米			Na, Fe, Zn, Sr, Cd, Hg, Se	K, Ca, Mg, Mn	Cu, Pb	K, Na, Mg, Fe, Mn, Zn, Sr, Cd, Hg, Se	Ca, Cu, Pb
高 粱			K, Na, Mg, Mn, Zn, Cu, Sr, Ni, Hg, Se	Fe, Pb	Ca, Cd	K, Na, Mg, Fe, Mn, Zn, Sr, Ni, Pb, Hg, Se	Ca, Cd
糙 米			K, Na, Fe, Mn, Cu, Hg	Ca, Mg, Zn, Sr, Cd	Ni, Pb, Se	K, Na, Mg, Fe, Mn, Cu, Sr, Cd, Hg	Ca, Zn, Ni, Pb, Se
大 豆			K, Ca, Fe, Mn, Cu, Ni	Na, Mg, Sr, Zn, Se	Pb, Cd, Hg	K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Sr, Ni, Se	Pb, Cd, Hg

3. 主要粮食品种的元素背景值

在环境调查中, 表示环境要素背景值的方法并无统一规定。以往多用算术平均值加减一个标准差来表示, 也有不少用几何平均值加减标准差表示, 还有的用加减两倍标准差或用 95% 置信域表示。近年来, 随着环境背景值研究的不断深入, 较普遍地认为应根据元素含量的频率分布类型, 选择不同的统计方法。属于正态分布者, 宜采用算术平均值加减标准差 ($\bar{X} \pm S$) 表示; 对于呈对数正分布者, 则应采用几何平均值乘除标准差 ($M/D - M \cdot D$) 做为背景值范围; 属于其它偏态分布类型者, 则要经过正态化之后, 再求其平均值和标准差。

后者计算手续过于繁杂,而且在本检验过程中已按可信度大小分别归入正态和对数正态类型中去,未单独列出。

依照上述原则,根据元素含量频率分布类型,将4种粮食的元素背景值分别列于表5—8。

表5 东北中部地区玉米元素背景值*

元素	样品数	检出比例	含量范围	平均值	标准差	背景值范围
K	31	31:31	8.43—26.15	18.71	4.45	14.26—23.16
Na	30	30:30	0.53—3.53	2.09	0.77	1.32—2.86
Ca	30	30:30	0.58—1.42	0.97**	1.243**	0.78—1.21
Mg	31	31:31	2.32—6.20	5.11	1.17	3.94—6.28
Fe	30	30:30	0.155—0.535	0.353	0.089	0.264—0.442
Mn	31	31:31	207—655	463	107	356—570
Zn	31	31:31	696—1690	1398	252	1146—1650
Cu	30	30:30	40—444	182**	1.796**	101—327
Sr	30	30:30	15—97	58.6	20.5	38.1—79.1
Cr	31	4:31	<40—70	<40	—	<40
Ni	31		<40	<40	—	<40
Pb	30	30:30	3.1—37.6	15.4**	1.876**	8.19—28.82
Cd	30	29:30	<0.04—0.39	0.178	0.100	0.078—0.278
Hg	27	27:27	0.0011—0.0150	0.0076	0.0041	0.0035—0.0117
Se	30	30:30	0.0014—0.0500	0.0337	0.0108	0.0229—0.0445

* K、Na、Ca、Mg、Fe 为灰分中的%, Hg、Se 为风干物中的ppm,其余元素为灰分中的ppm。

** 几何平均值和几何标准差,其余为算术平均值和标准差。

表6 东北中部地区高粱元素背景值*

元素	样品数	检出比例	含量范围	平均值	标准差	背景值范围
K	26	26:26	13.90—22.97	19.85	2.70	17.15—22.55
Na	25	25:25	0.18—2.23	1.03	0.60	0.43—1.63
Ca	25	25:25	0.71—1.48	1.02**	1.205**	0.85—1.23
Mg	25	25:25	3.48—5.60	4.65	0.48	4.11—5.13
Fe	24	24:24	0.409—0.815	0.584	0.104	0.480—0.688
Mn	24	24:24	614—1010	790	80	710—870
Zn	25	25:25	860—1460	1150	180	970—1330
Cu	26	26:26	63—268	168	59	109—227
Sr	25	25:25	10.3—67.9	38.0	14.6	23.4—52.6
Cr	26	10:26	<25—17	<25	—	<25
Ni	24	22:24	<25—62	37.0	13.6	23.4—54.6
Pb	25	25:25	5.2—34.8	18.8	8.1	10.7—26.9
Cd	25	26:26	0.03—0.37	0.113**	2.046**	0.055—0.231
Hg	19	19:19	0.0043—0.0312	0.0169	0.0084	0.0085—0.0253
Se	23	23:23	0.008—0.052	0.0277	0.0126	0.0151—0.0403

* 同表5 ** 同表5

表 7 东北中部地区糙米元素背景值*

元素	样品数	检出比例	含量范围	平均值	标准差	背景值范围
K	22	22:22	8.91—21.80	15.89	3.02	12.87—18.71
Na	20	20:20	0.23—1.20	0.73	0.26	0.47—0.99
Ca	20	20:20	0.79—1.72	1.11**	1.244**	0.89—1.38
Mg	22	22:22	2.54—6.10	4.77	1.05	3.72—5.82
Fe	21	21:21	0.171—0.914	0.511	0.208	0.303—0.717
Mn	21	21:21	1480—3080	2306	485	1821—2791
Zn	21	21:21	867—1710	1280**	1.188**	1083—1528
Cu	21	21:21	124—379	253	73	180—326
Sr	21	21:21	14.3—56.5	34.3	12.2	22.1—46.5
Cr	19	8:19	<30—196	30.1**	2.48**	12.1—74.7
Ni	20	19:20	<35—233	61.3**	1.795**	34.2—110.1
Pb	21	21:21	3.8—55.6	18.0**	2.070**	8.69—37.23
Cd	21	21:21	0.05—0.41	0.199	0.104	0.095—0.303
Hg	19	19:19	0.0008—0.0133	0.0073	0.0038	0.0035—0.0111
Se	21	21:21	0.030—0.114	0.0593**	1.459**	0.0406—0.0865

* 同表 5

** 同表 5

表 8 东北中部地区大豆元素背景值*

元素	样品数	检出比例	含量范围	平均值	标准差	背景值范围
K	26	26:26	30.43—26.83	24.77	1.30	23.47—26.07
Na	26	26:26	0.04—1.15	0.69	0.36	0.33—1.05
Ca	27	27:27	2.37—3.97	3.34	0.40	2.94—3.74
Mg	26	26:26	1.75—2.91	2.65	0.24	2.41—2.89
Fe	27	27:27	0.022—0.245	0.194	0.040	0.154—0.234
Mn	27	27:27	344—635	526	59	467—585
Zn	27	27:27	563—876	743	67	676—810
Cu	26	26:26	81—205	139	40	99—179
Sr	26	26:26	55.4—126.8	80.8	18.6	62.2—99.4
Cr	26	9:26	<10—50			
Ni	27	27:27	53—122	85.8	21.7	64.1—107.5
Pb	27	27:27	0.4—24.5	4.92**	2.859**	1.72—14.07
Cd	27	24:27	<0.03—0.21	0.056**	2.092**	0.027—0.117
Hg	25	25:25	0.0023—0.0276	0.0079**	2.054**	0.0038—0.0162
Se	27	27:27	0.013—0.064	0.0356	0.0135	0.0271—0.0491

* 同表 5

** 同表 5

4. 东北中部地区粮食矿质元素背景值与国外资料比较

粮食背景值既有区域差异, 又有同一品种同一元素的相对一致性。为了认识本区粮食的矿质元素背景含量水平, 将日本糙米和美国大陆玉米、大豆中相应元素的背景含量列于表 9, 以便对比。

通过对比可以看到, 本文提出的东北中部地区粮食矿质元素背景值, 除糙米中的镉和汞明显低于日本, 大豆中的镉、硒和玉米中的镉、硒低于美国之外, 其余元素的含量均与其比较接近。此种状况也正好反映了我国目前粮食作物受现代工业污染的程度比日、美等国轻这一客观事实。

表 9 日本、美国粮食元素背景值

元素	日 本 糙 米*		美 国 玉 米**		美 国 大 豆**	
	范 围	平 均 值	范 围	平 均 值	范 围	平 均 值
K	—	—	24—40	29—35	37—46	39—41
Na	—	—	<0.25—1.00	0.25—0.39	<0.25—0.75	0.25—0.37
Ca	—	—	0.18—3.60	0.29—1.80	3.4—7.4	5.0—6.2
Mg	—	—	2—12	3.7—6.5	1—5	2.5—3.6
Fe	—	—	0.03—0.50	0.09—0.17	0.1—0.2	0.10—0.13
Mn	—	—	15—1000	230—350	200—1000	310—400
Zn	15.5—50.8	18.95	400—2800	840—1900	700—1500	870—1100
Cu	1.92—15.5	2.87	30—150	69—150	100—300	170—230
Sr	—	—	<7—150	14—52	70—500	170—430
Cr	—	—	<2—7	<2	—	—
Ni	0.14—0.97	0.36	<5—70	2.7—38	30—500	87—130
Pb	0.07—0.14	0.11	<10—150	<20	—	—
Cd	0.02—0.74	0.09	0.2—8.2	0.37—0.64	0.2—7.0	0.6—2.3
Hg	0.01—0.09	0.045	—	—	—	—
Se	—	—	0.01—0.50	0.04—0.07	0.04—1.25	0.07—0.17

* 引自参考文献山添文雄(1978),以含水量15%计(ppm)。

** 引自参考文献康纳著王景华译(1980),其中K、Na、Ca、Mg、Fe为灰分中之%,Hg、Se为干重中的ppm,其余元素为灰分中的ppm。

五、小 结

用原子吸收、荧光光度、阳极溶出等方法,测定了东北中部地区未受污染的玉米、高粱、糙米和大豆等4种主要农作物籽实中钾、钠、钙、镁、铁、锰、锌、镉、铜、铬、镍、铅、镉、汞和硒等15种矿质元素的含量。经过统计学检验,去除可疑污染异常值后,分别得出了4种粮食中各元素的背景值。根据元素含量频率分布类型,背景值分别用算术平均值加减标准差($\bar{X} \pm S$)或几何平均值乘、除标准差($M/D-M \cdot D$)表示。并将本地区粮食元素背景值与国外有关资料进行了对比。

粮食元素背景值的高低,主要决定于作物的种类,与作物对各种元素的选择性吸收能力密切相关,同时也受当地土壤等环境条件制约。

参 考 文 献

- 中国科学院南京土壤研究所微量元素组 1979 土壤和植物中微量元素分析方法。科学出版社。
 刘璋温等 1980 概率论浅说。1—31页,科学出版社。
 J.J.康纳等(王景华等译) 1980 美国大陆某些岩石、土壤、植物及蔬菜的地球化学背景值。科学出版社。
 山添文雄等 1978 环境保全。日本土壤肥科学杂志 45(3): 172—180。

A STUDY ON THE BACKGROUND VALUES OF MINERAL ELEMENTS IN MAIN GRAIN CROPS OF THE NORTHEAST MIDDLE PART IN CHINA

MENG XIANXI SHE ZHONGSHENG KANG SHULIAN WANG SHUZHE
LIU GUIQIN YU MUQING QI SHAOHUA

(Changchun Institute of Geography, Academia Sinica)

The northeast middle part of the China, which lies in the humid and semi-humid climatical regions of the temperate zone, is a very important soybean and other main grain crops production region in China.

The contents of chemical elements, such as K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Sr, Cu, Cr, Ni, Pb, Cd, Hg, Se etc., in the unpolluted seeds of maize, sorghum, rice and soybean are determined by atomic absorption spectrophotometry, anodic stripping voltammetry and fluorescence spectrophotometry. The data are treated through statistics and a comparison between the background values of chemical elements in the main grain crops of this area and those of other countries.

It is shown in the paper that the background values of the chemical elements in grain crops mainly depend on kinds of crops, and are closely related to the selective adsorption of elements by crops. Moreover, the background values vary with the environmental conditions.